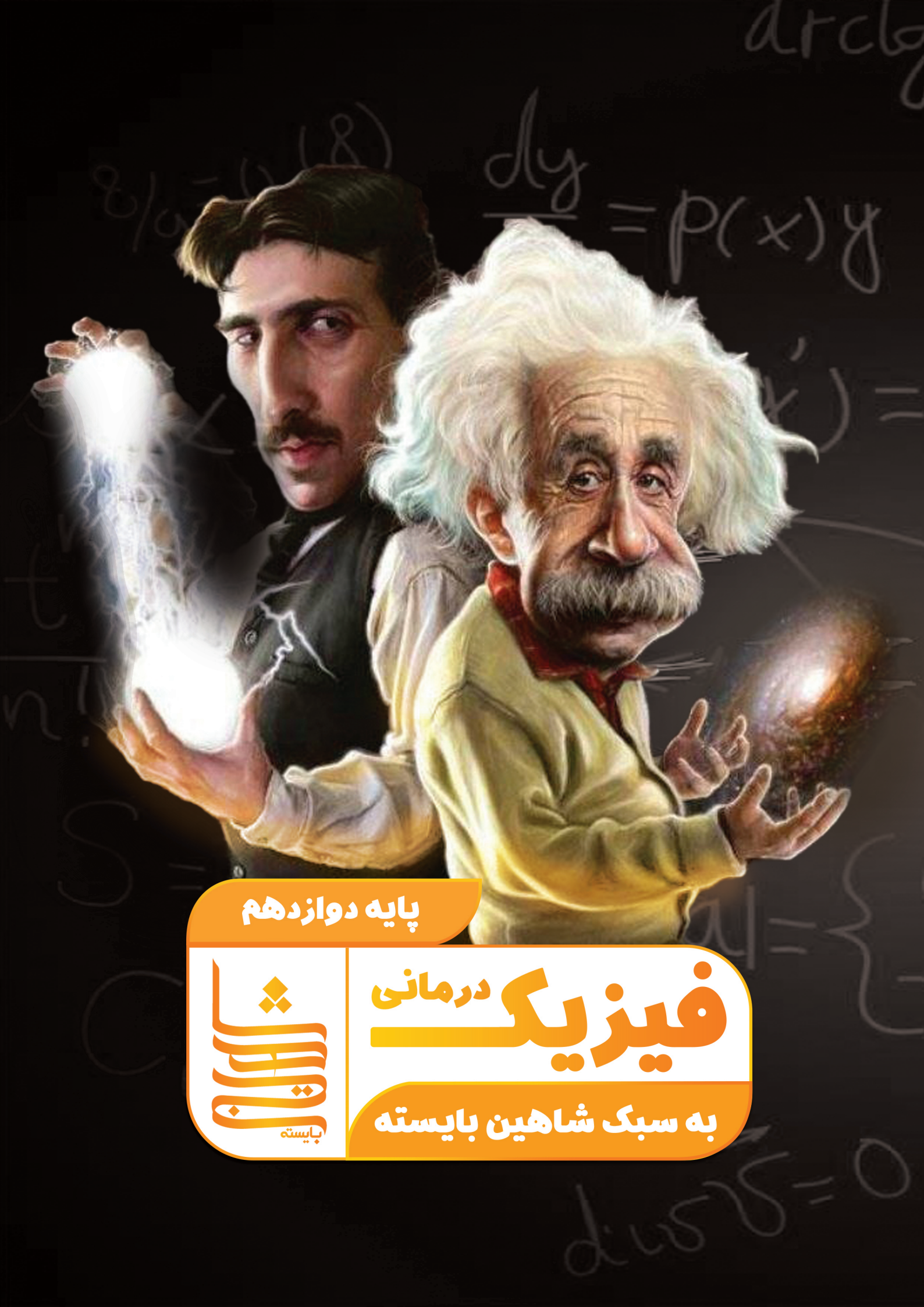




پایه دوازدهم



فیزیک درمانی

به سبک شاهین بایسته

فهرست مطالب

صفحه

مبحث

فصل اول ۱

سینماتیک ۲

فصل دوم ۸۴

دینامیک ۸۵

فصل سوم ۱۴۸

نوسان و موج ۱۴۹

فصل چهارم ۲۷۵

فیزیک اتمی و هسته‌ای ۲۷۶

فصل سینماٹیک



سینماتیک حرکت:

هر گاه حرکتی را ظاهری بدون توجه به علل به وجود آورنده‌ی حرکت بررسی کنیم اصطلاحاً می‌گوئیم سینماتیک حرکت بررسی شده؛ در این روش ما باید قادر باشیم در هر لحظه مکان جسم و سرعت جسم و ... را مشخص کنیم. برای این کار ابتدا مبدائی می‌گیریم که می‌تواند ساکن باشد یا متحرک پس بسته به نوع حرکت؛ دستگاه مختصاتی یک بعدی، دو بعدی یا سه بعدی انتخاب می‌کنیم.

حرکت:

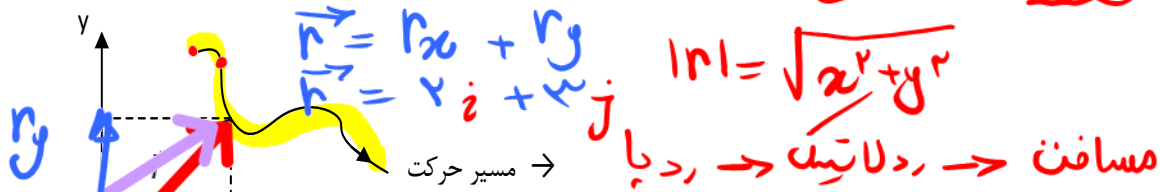
(I) تغییر مکان یک جسم نسبت به یک مبدأ را حرکت گویند.

(II) هر جسم نسبت به یک نقطه تغییر موقعیت و هر آن جسم حرکت کرده است.

نکته: با تغییر مبدأ مختصات بردار مکان تغییر می‌کند

بردار مکان:

بردار مکان که مبدأ مختصات را به مکان جسم وصل می‌کند و موقعیت ذره را در هر لحظه نشان می‌دهد.

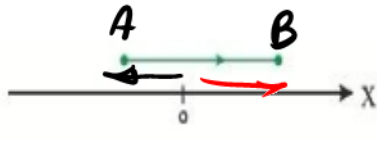


نقطه تغییر حرکت بردار مکان -> عبور از مبدأ

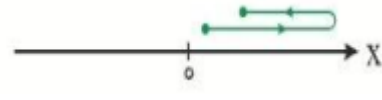
هر یک از گزینه‌های زیر مسیر حرکت متحرکی که روی محور x ها حرکت می‌کند را نشان می‌دهد. در کدام گزینه بردار مکان متحرک تغییر جهت داده است؟

$$x = 2t - 4$$

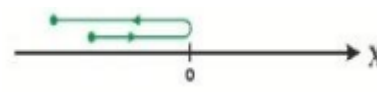
$$x = (t - 2)^2$$



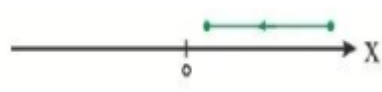
(۲)



(۱)



(۴)



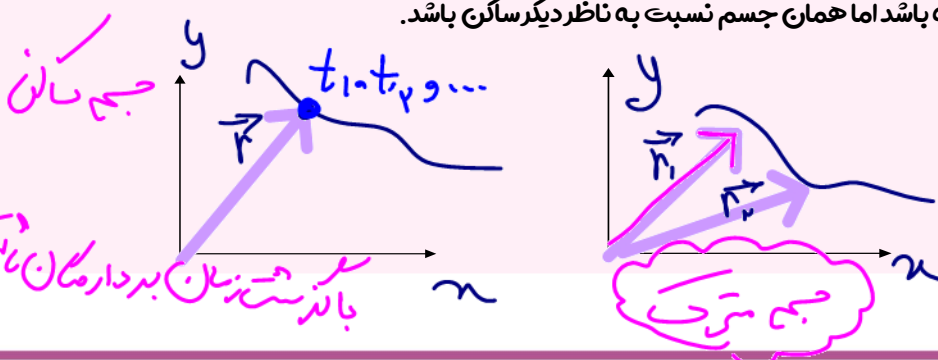
(۳)

در رشت‌های صحیح فرد -> تغییر علامت منفی -> تغییر علامت ندارد

نکته: دانه ما به نظر بابا -> از دید من است اما از دید من متحرک

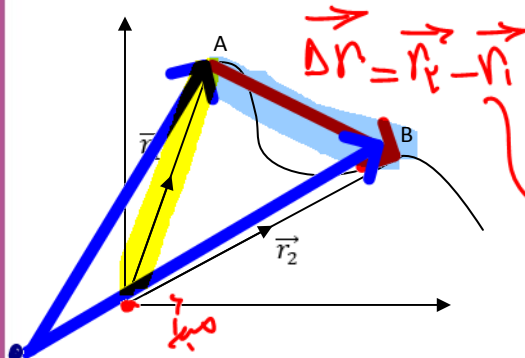
حرکت یک امر نسبی است یعنی باید ناظر مشخص شود. چون ممکن است جسم نسبت به یک ناظر

حرکت داشته باشد اما همان جسم نسبت به ناظر دیگر ساکن باشد.



نکته: با تغییر مبدأ مختصات بردار جابه جایی تغییر نمی کند. $\vec{r}_2 = \vec{r}_1 - \vec{r}_0$

فیزیک ۳ - سینماتیک

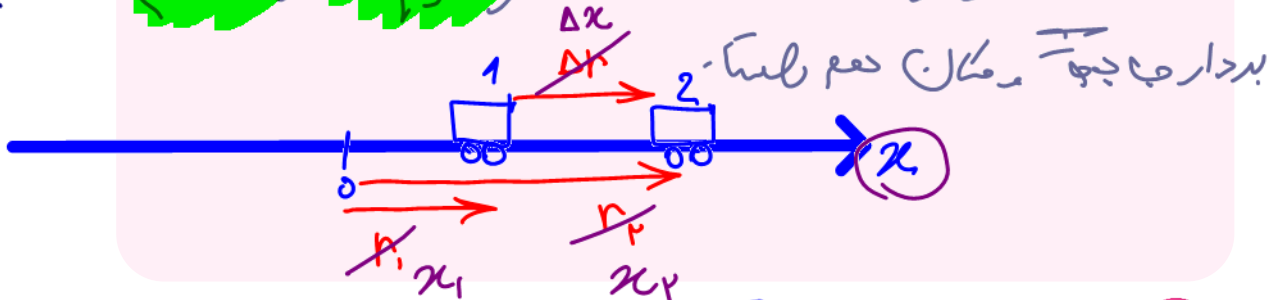


برداری جابه جایی: کوتاه ترین طول از مبدأ به مقصد؛ اندازه‌ی جابجایی را مشخص می کند و جهت آن از مبدأ به مقصد است یا برداری که انتهای بردارهای مکان اولیه و ثانویه را به هم وصل می کند.

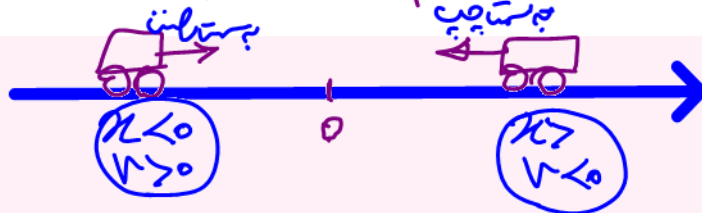
$$\Delta x \hat{i} + \Delta y \hat{j} \quad |\Delta r| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

نکته

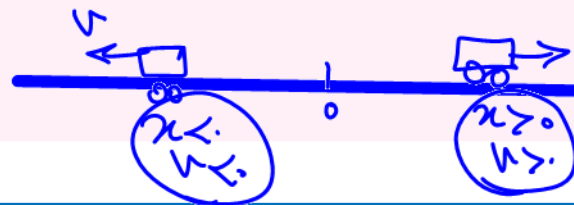
اگر متنی روی خط راست حرکت کند (مستقیم الخط = مستقیم خطی)



نکته



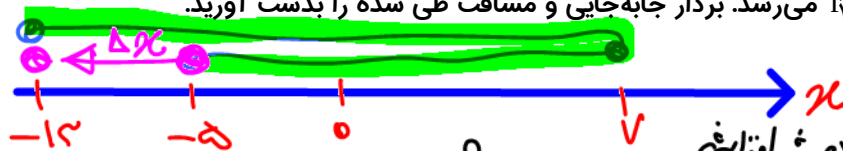
اگر $x_1 < x_2$ لزوماً مبدأ نزدیک می شود



اگر $x_1 > x_2$ لزوماً مبدأ دور می شود

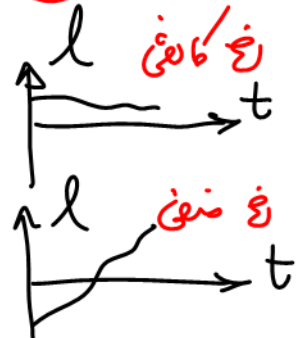
تجرباتی

جسمی روی محور x حرکت می کند به طوری که از شروع حرکت از مکان $r_0 = -5\hat{i}$ می گذرد و بدون تغییر جهت به حرکت خود ادامه می دهد. در لحظه $t = 5s$ به نقطه $r_5 = 7\hat{i}$ می رسد بلافاصله تغییر جهت می دهد در لحظه $t = 15s$ به نقطه $r_{15} = -13\hat{i}$ می رسد. بردار جابه جایی و مسافت طی شده را بدست آورید.



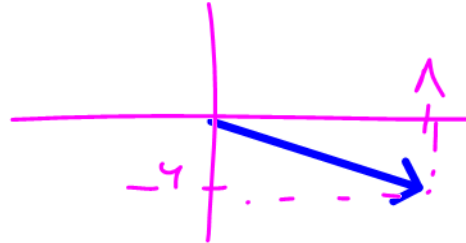
مسافت = $l = 5 + 7 + 7 + 13 = 32m$

$$\Delta x = x_{\text{نقطه ۲}} - x_{\text{نقطه ۱}} = -13 - (-5) = -8 \hat{i} = \Delta x$$

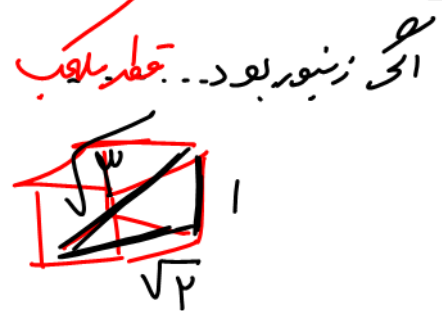
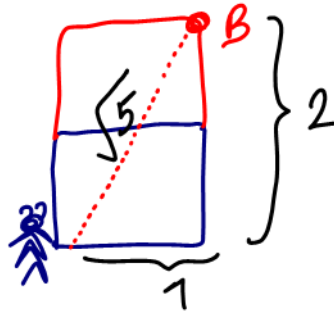
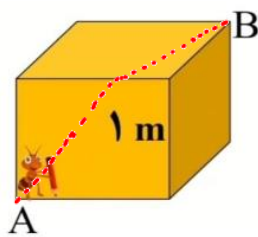


ذره‌ای در لحظه‌ی t در نقطه‌ی $A \begin{pmatrix} 8m \\ -6m \end{pmatrix}$ قرار دارد؛ بزرگی و جهت بردار مکان این لحظه به ترتیب برابر است با:

- (۱) ۸ - شمال شرقی (۲) ۶ - شمال غربی (۳) ۱۰ - جنوب غربی (۴) ۱۰ - جنوب شرقی

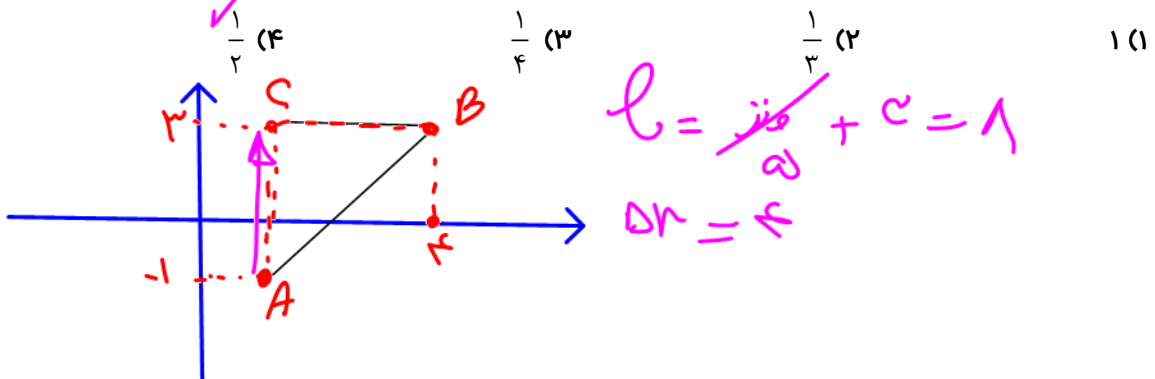


کمترین مسافتی که مورچه می‌تواند طی کند تا خود را از نقطه‌ی A به B برساند چند متر است؟ دقت کنید مورچه نمی‌تواند پرواز کند؟



متحرکی در صفحه‌ی مختصات از نقطه‌ی $A \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$ روی خط راست حرکت می‌کند و به نقطه‌ی $B \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}$ می‌رسد؛ سپس از نقطه‌ی

B روی خط راست خود را به نقطه‌ی $C \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$ می‌رود. اندازه‌ی جابه‌جایی متحرک چند برابر مسافت طی شده است؟



تمرین ۵

تست

مگسی در راستای عمود بر سطح زمین به پرواز درمی آید و ۹m به طرف بالا رفته، سپس ۱۲m به سمت شرق و در ادامه، ۲۰m به سمت شمال می رود. در این حرکت، مسافت طی شده توسط مگس چند برابر جابه جایی آن است؟

$$\frac{41}{35} \quad (4)$$

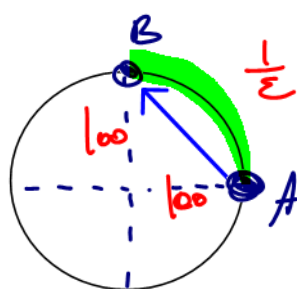
$$\frac{35}{41} \quad (3)$$

$$\frac{41}{25} \quad (2)$$

$$\frac{25}{41} \quad (1)$$

تست

اتومبیلی بر مسیر دایره ای به شعاع ۱۰۰m، ربع مسیر را طی می کند. نسبت جابه جایی طی شده به مسافت پیموده شده را حساب کنید.



$$r = 100$$

$$\frac{1}{4} \text{ مسافت} = \frac{\pi r}{4} = 125\pi \text{ m}$$

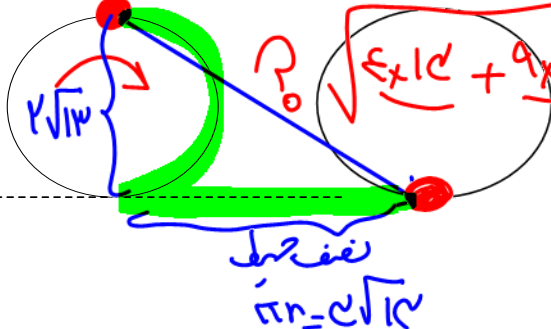
$$\Delta r = 100\sqrt{2}$$

$$\frac{200}{125\pi}$$

$$\frac{2\sqrt{2}}{\pi}$$

تست

در شکل زیر وقتی بالاترین نقطه ی حلقه به زمین می رسد، جابه جایی را حساب کنید. ($R = \sqrt{13}$, $\pi \approx 3$)



$$\sqrt{4 \times 13 + 9 \times 13} = 13$$

$$\Delta r = 13\sqrt{13}$$



در شکل زیر، سطح شیب دار با سطح افق زاویه 37° می‌سازد. اگر حلقه نیم دور بدون لغزش بچرخد، جابه‌جایی نقطه A چند برابر حالتی خواهد بود که یک دور کامل می‌چرخد؟ ($\pi \simeq 3$)



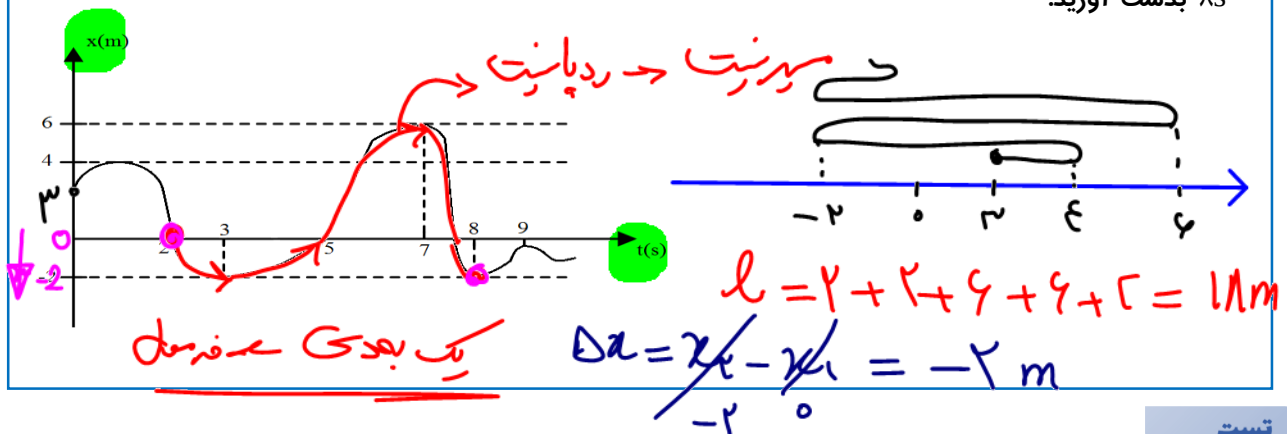
(۲) $\frac{1}{3}$

(۱) $\frac{\sqrt{13}}{6}$

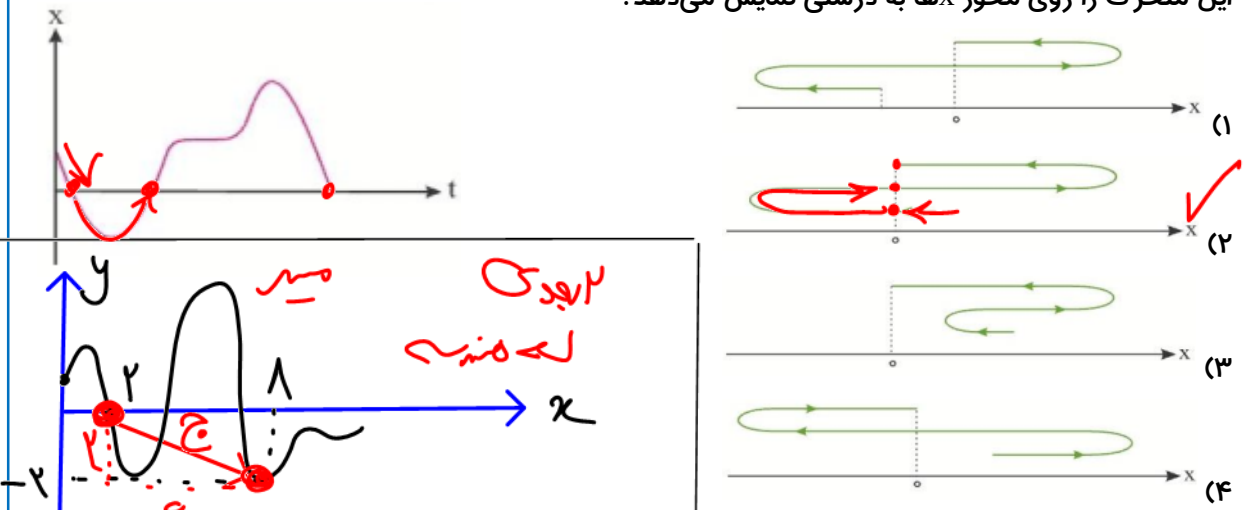
(۴) $\frac{2}{7}$

(۳) $\frac{1}{2}$

نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل است؛ جابه‌جایی و مسافت طی شده متحرک را بین دو لحظه‌ی ۲s و ۸s بدست آورید.

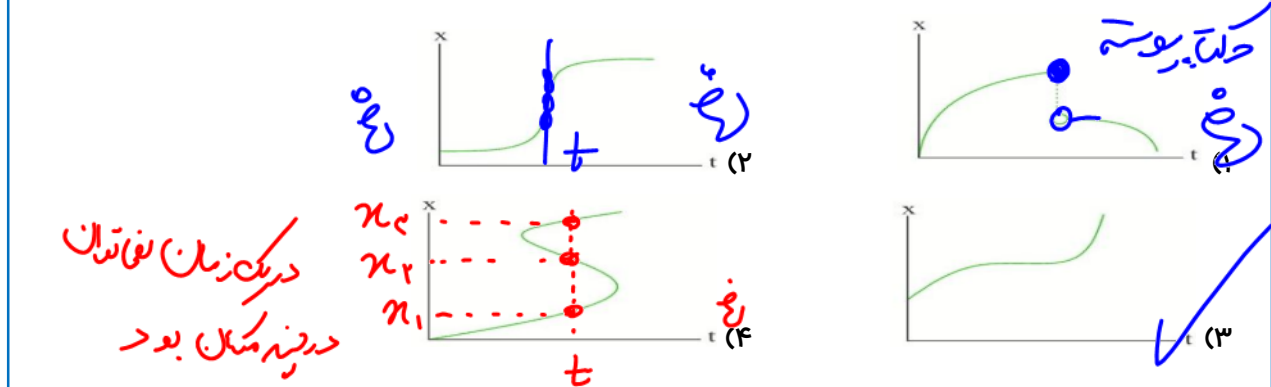


نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور xها در حرکت است، مطابق شکل زیر می‌باشد. کدام گزینه مسیر حرکت این متحرک را روی محور xها به درستی نمایش می‌دهد؟



$\Delta r = 20 = \sqrt{16 + 4} = 2\sqrt{5}$

کدامیک از نمودارهای مکان - زمان داده شده، می‌تواند نشان‌دهنده نمودار $x-t$ یک متحرک باشد؟



معادله‌ی حرکت x به t $x = at^2 + vt - 1$ و $x = vt - 1$ $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ $x = v_0 t$

معادله‌ای که بردار مکان را در هر لحظه‌ی t مشخص می‌کند (مکان تابعی از زمان)؛ توسط این معادله می‌توان سرعت - شتاب یا نوع حرکت را مشخص کرد.

حرکت مستقیم‌الخط یکنواخت (راست خط یکنواخت):

علامت در فیزیک بیانگر سو و جهت است به طوریکه اگر علامت سرعت "+" یعنی در جهت قرار داد حرکت می‌کند و اگر منفی باشد یعنی در خلاف جهت قرار دارد.

$v = 40 \frac{m}{s}$

$\Delta x = vt$

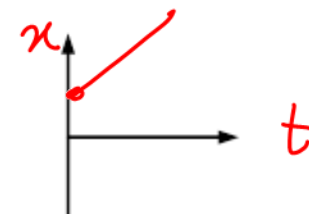
هر ۱۵ کیلومتر به سمت راست

$x = vt + x_0$
مبدأ مکان - مکان اولیه

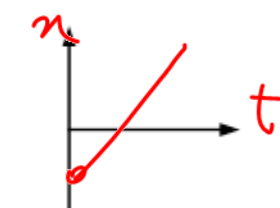
$x = +vt + 0$



$x = +vt + x_0$



$x = +vt - x_0$



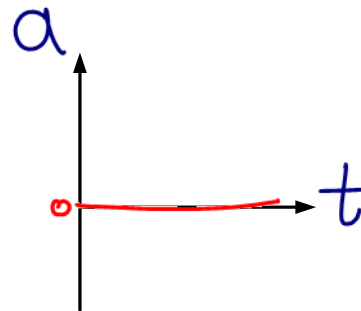
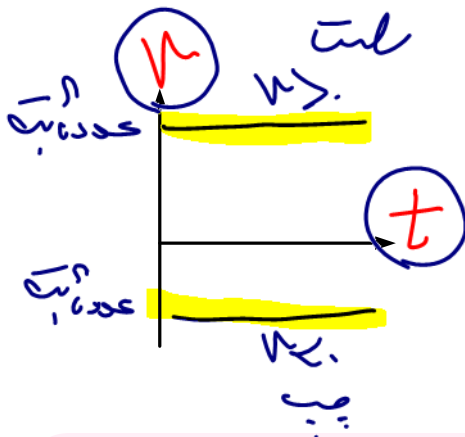
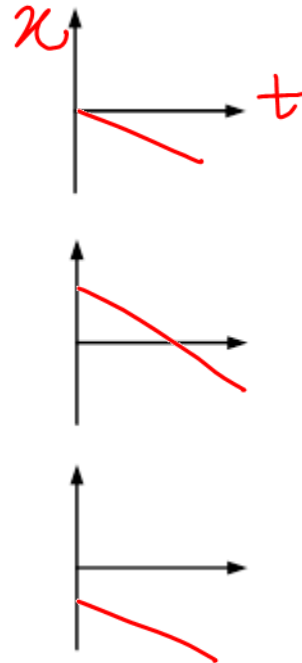
$$x = -vt + x_0$$



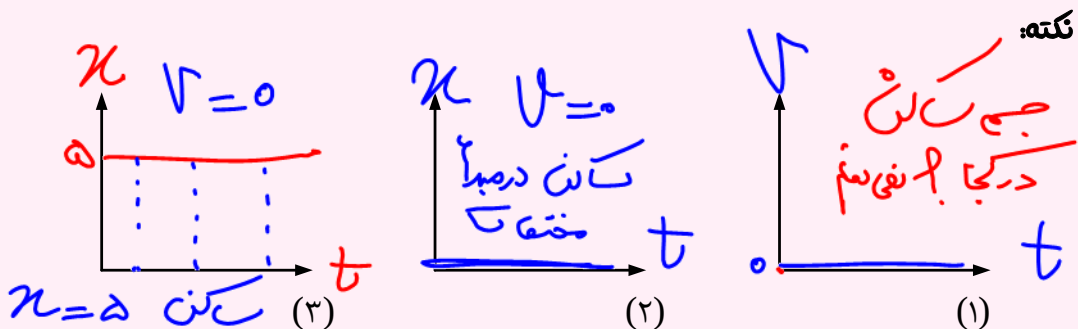
$$x = -vt + x_0$$



$$x = -vt - x_0$$



نکته



نکته: در حرکت مستقیم یکنواخت در نمودار مکان - زمان (x - t) شیب خط معرف سرعت است. اگر شیب

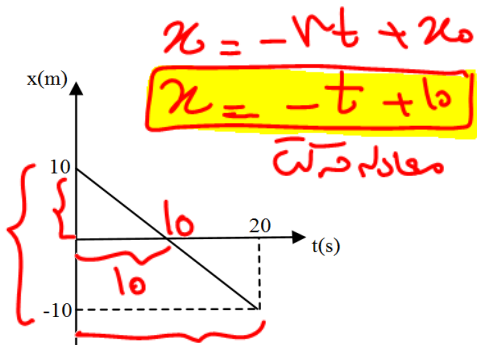
() V مثبت است و اگر شیب () V منفی است.



غیر

مثال: با توجه به نمودار مکان - زمان زیر، اولاً معادله‌ی حرکت متحرک را بنویسید. ثانیاً مشخص کنید در چه

لحظه‌ای متحرک به مبدأ ~~رسیده~~ رسیده است؟



راه اول: $x = 0 \rightarrow -t + 10 = 0$

$t = 10$

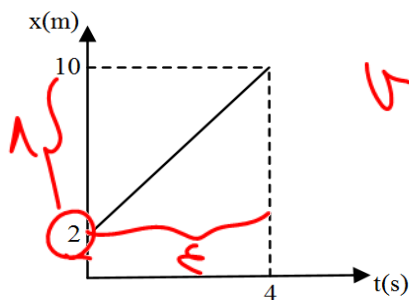
راه دوم:

$\Delta x = -1.5t \rightarrow 10 = 1.5t$

$v = \text{بیشینه} = \frac{20}{20} = 1$

راه دوم: $\Delta x = 20 \Rightarrow \frac{20}{20} = 1$

نمودار مکان - زمان متحرکی به شکل مقابل است؛ معادله‌ی حرکت آن در SI کدام است؟



$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = 2$

$x = \frac{1}{2}t + 2$ (1)

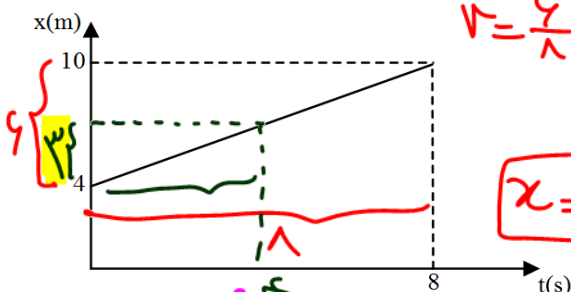
$x = \frac{1}{2}t + 2$ (2)

$x = 2t + 2$ (3)

$x = 2t + 4$ (4)

شکل مقابل نمودار مکان - زمان متحرکی را که روی خط راست در حرکت است نشان می‌دهد. جابه‌جایی متحرک

در ۴s اول حرکت چند متر است؟



$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{3}{4}$

معادله حرکت

$x = \frac{3}{4}t + 4$

$t = 0 \rightarrow x = 4$

$t = 4 \rightarrow x = 7$

$\Delta x = 3$

$\Delta x = v \cdot t = \frac{3}{4} \times 4 = 3 \text{ m}$

راه دوم: $\frac{6}{8} = \frac{3}{4}$

$\frac{km}{h} \rightarrow \frac{m}{s}$

تذکره: در دستگاه SI که حالت استاندارد یکاهای کمیت‌های فیزیکی است.

واحد زمان ثانیه (s) - واحد طول متر (m) و واحد سرعت $\frac{m}{s}$ است.

$18 \rightarrow 5$
 $36 \rightarrow 10$
 $54 \rightarrow 15$
 $72 \rightarrow 20$
 $90 \rightarrow 25$

$108 \rightarrow 30$
 $144 \rightarrow 40$
 $180 \rightarrow 50$

ما در لغو کد تکرار خلاف کمال عویرم

$50 \rightarrow 30$
 $30 \rightarrow 50$
 $50 \rightarrow 30$
 $30 \rightarrow 50$

قطاری که طول آن ۱۲۰m است با سرعت $72 \frac{km}{h}$ از روبه‌رو به قطار دیگری که طول آن ۱۸۰m و با سرعت $108 \frac{km}{h}$ حرکت می‌کند؛ نزدیک می‌شود. مشخص کنید چند ثانیه طول می‌کشد تا این دو قطار از کنار هم عبور کنند؟

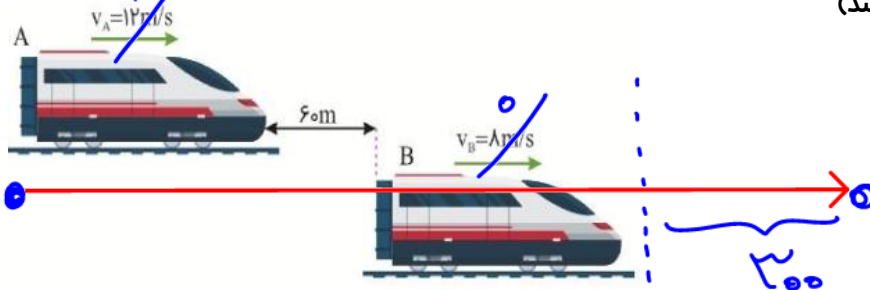
$300 \Delta x = 180 t$
 $t = 91$

دو قطار که طول آن‌ها به ترتیب ۱۰۰m و ۵۰m است با سرعت $90 \frac{km}{h}$ و $54 \frac{km}{h}$ بر روی ریل موازی حرکت می‌کنند. اگر قطار تندرو پشت سر قطار کندرو باشد، مشخص کنید بعد از چند ثانیه از آن سبقت می‌گیرند؟

$150 \Delta x = 150 t$
 $t = 108$



مطابق شکل دو قطار A و B به ترتیب با طول‌های 100m و 200m در یک جهت در حال حرکت‌اند. چند ثانیه پس از لحظه نشان داده شده، انتهای قطار A به اندازه 300 متر جلوتر از ابتدای قطار B قرار می‌گیرد؟ (قطارها روی خط راست و موازی هم حرکت می‌کنند)



۹۰ (۱)

۱۱۵ (۲)

۱۳۰ (۳)

✓ ۱۶۵ (۴)

$$100 + 60 + 200 + 300 = \Delta x = 660 = \cancel{12} t$$

قطاری به طول 200 متر از روی پلی به طول 300 متر با سرعت ثابت 25m/s عبور می‌کند. اگر t_1 ثانیه طول بکشد تا قطار از روی پل رد شود و t_2 ثانیه قطار به طور کامل روی پل واقع شده باشد نسبت $\frac{t_1}{t_2}$ کدام است؟

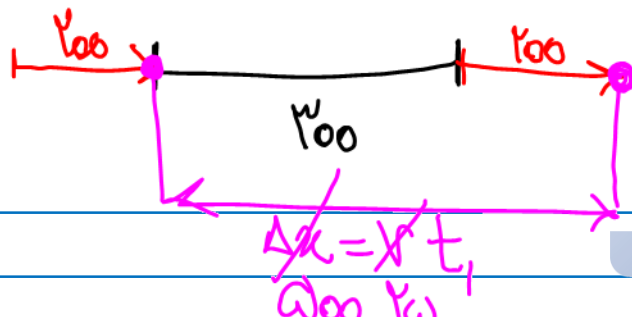
$$\Delta x = vt_1$$

$$500 = 25t_1$$

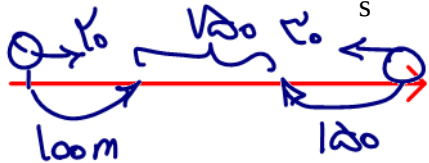
۴ (۳)

۲/۵ (۲)

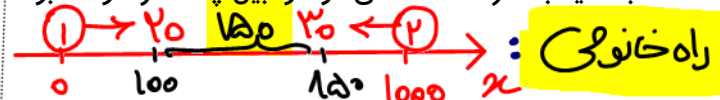
۱ (۱)



دو اتومبیل از فاصله 1km از یکدیگر همزمان با سرعت‌های ثابت $20\frac{\text{m}}{\text{s}}$ و $30\frac{\text{m}}{\text{s}}$ به سمت هم حرکت می‌کنند.

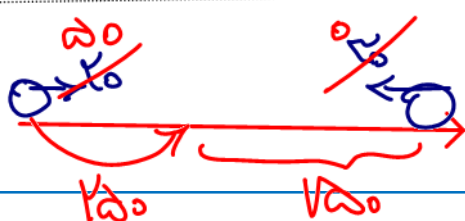


محاسبه کنید بعد از Δs فاصله دو اتومبیل چند متر خواهد بود؟



$$x_1 = 20t + 0 \xrightarrow{t=50} x_1 = 1000$$

$$x_2 = -30t + 1000 \xrightarrow{t=50} x_2 = 850$$



دو اتومبیل از فاصله‌ی ۳ km از یکدیگر با سرعت‌های ثابت $40 \frac{m}{s}$ و $60 \frac{m}{s}$ به سمت هم حرکت می‌کنند. محاسبه کنید بعد از چند ثانیه دو اتومبیل به هم برخورد می‌کنند؟

دو متحرک A و B بر روی محور x ها با تندیه‌های ثابت $8 \frac{m}{s}$ و $12 \frac{m}{s}$ در خلاف جهت یکدیگر در حرکت‌اند. در مبدأ زمان این دو جسم به ترتیب در $x_A = 44m$ و $x_B = -60m$ قرار دارند. در لحظه‌ای که متحرک A به $x = -4m$ می‌رسد. فاصله‌ی دو متحرک چند متر است؟

۲۰ (۴)

۱۸ (۳)

۱۶ (۲)

۱۲ (۱)

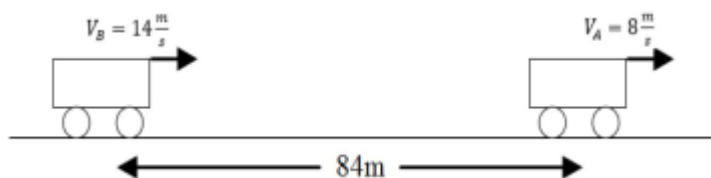
شکل مقابل موقعیت دو متحرک را در مبدأ زمان نشان می‌دهد. اگر سرعت دو جسم ثابت باشد در چه لحظه‌هایی فاصله‌ی دو جسم ۳۶ متر می‌شود؟

۲۰s و ۸s (۴)

۱۶s و ۲۰s (۳)

۱۶s و ۱۲s (۲)

۱۲s و ۸s (۱)



قایق فاصله دو نقطه مشخص و ثابت را در جهت آب در مدت t طی می کند. همین فاصله هنگامی که قایق، خلاف جهت آب حرکت می کند، در مدت $3t$ طی می شود. سرعت قایق چند برابر سرعت آب است؟

- ۲ (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴)

قایقرانی اگر در جهت جریان آب پارو بزند مسافتی را در مدت 10 ثانیه طی می کند و اگر خلاف جهت آب پارو بزند همان مسافت را در مدت 50 ثانیه طی می کند، اگر قایقران پارو بزند همان مسافت را توسط جریان آب در چند ثانیه طی می کند؟ (سرعت جریان آب و قایقران ثابت بوده و سرعت قایقران نسبت به زمین بیش از سرعت جریان آب است)

- ۱۲/۵ (۱) ۱۵ (۲) ۲۰ (۳) ۲۵ (۴)

دو اتومبیل از یک نقطه با سرعت های ثابت $(30 \frac{m}{s}, 20 \frac{m}{s})$ همزمان به سمت مقصدی در $1200m$ حرکت می کنند. مشخص کنید اولاً اتومبیل سریع تر چند ثانیه زودتر می رسد؟ ثانیاً ضمن این حرکت بیشترین فاصله ی دو متحرک از هم چند متر خواهد شد؟

علی با سرعت ثابت 4 m/s به سمت مقصدی در فاصله 80 m خود در راه است. اگر امیر با تأخیر t ثانیه‌ای نسبت به علی و 4 m عقب‌تر از مکان اولیه حرکت علی با تندی ثابت 7 m/s به سمت همان مقصد به راه بیفتد هر دو با هم به پایان مسیر می‌رسند. t چند ثانیه است؟

۱۰/۵ (۴)

۶ (۳)

۸ (۲)

۱۲ (۱)

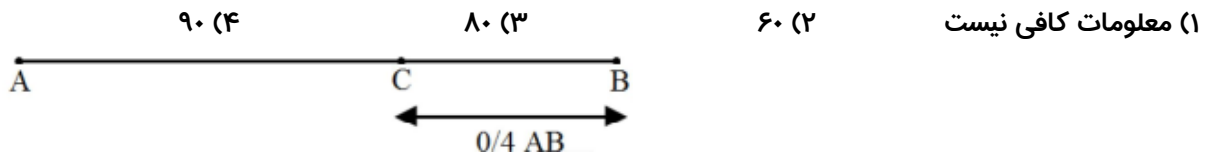
نکته



دو متحرک با سرعت‌های ثابت V_1 و V_2 به سوی هم حرکت می‌کنند (از فاصله‌ای) پس از گذشت t ثانیه به هم می‌رسند. متحرک اول بقیه‌ی مسیر را در مدت t_1 می‌پیماید متحرک دوم بقیه‌ی مسیر را در مدت t_2 می‌پیماید متحرک دوم بقیه‌ی مسیر را در مدت t_2 ؛ اگر بخواهیم رابطه‌ای بین t_1 و t_2 را بدست آوریم؛ خواهیم داشت:



دو متحرک هم‌زمان از نقاط A و B با سرعت‌های ثابت به سمت یکدیگر حرکت می‌کنند و در نقطه‌ی C به هم می‌رسند؛ ۴s پس از این متحرک اول به B می‌رسد. چند ثانیه طول می‌کشد تا متحرک دوم از C به A برسد؟

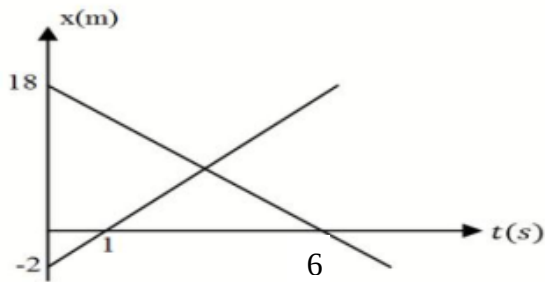


دو متحرک A و B با تندی‌های ثابت $v_A = v$ و $v_B = \frac{1}{5}v$ مطابق شکل زیر از شهرهای (۱) و (۲) به سمت شهر دیگر حرکت می‌کنند. اگر اختلاف زمان رسیدن آن‌ها به مقصد برابر t باشد، در چه لحظه‌ای دو متحرک به یکدیگر می‌رسند؟



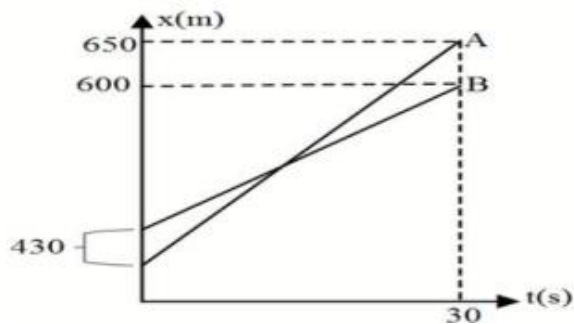
- (۱) $\frac{3}{5}t$
 (۲) $\frac{4}{5}t$
 (۳) $\frac{6}{5}t$
 (۴) $\frac{7}{5}t$

نمودار مکان - زمان دو متحرک که بر روی یک خط راست در حال حرکت اند، مطابق شکل مقابل است. این دو متحرک پس از چند ثانیه از کنار هم عبور کرده اند؟



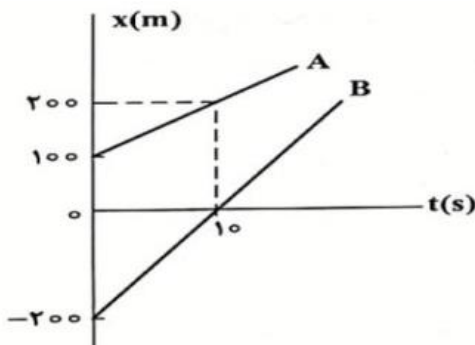
- (۱) ۲
(۲) ۳
(۳) ۳/۵
(۴) ۴

نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B به صورت شکل روبه رو است؛ سرعت متحرک A چند متر بر ثانیه بیشتر از سرعت متحرک B است؟ (تجربی شارچ ۹۴)



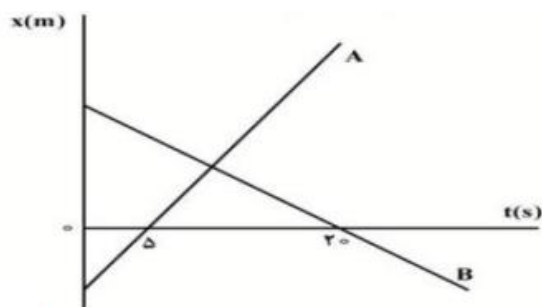
- (۱) ۱۲
(۲) ۱۲/۶
(۳) ۱۶
(۴) ۱۶/۳

شکل زیر، نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B را نشان می دهد. در این مسیر، به مدت چند ثانیه فاصله دو متحرک از هم، کمتر یا مساوی ۲۰ متر است؟ (سراسری ۱۴۰۱)



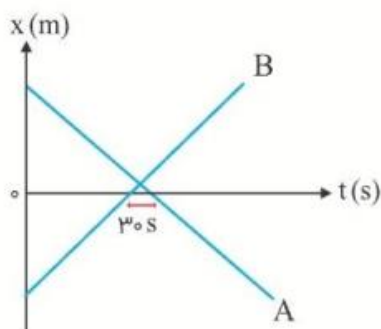
- (۱) ۴
(۲) ۲
(۳) ۸
(۴) ۶

نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B مطابق شکل زیر است. اگر در لحظه $t = 0$ فاصله دو متحرک ۱۵۰ متر باشد و تندی متحرک A، ۲ برابر تندی متحرک B باشد، فاصله دو متحرک در لحظه $t = ۲۰s$ چند متر است؟ (سراسری ۱۴۰۰)



- (۱) ۵۰
(۲) ۱۰۰
(۳) ۱۵۰
(۴) ۲۰۰

شکل زیر، نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B که با تندی‌های یکسان $۲m/s$ در حرکت هستند را نشان می‌دهد. اختلاف فاصله دو متحرک از مبدأ مکان در مبدأ زمان ($t = 0s$) چند متر است؟

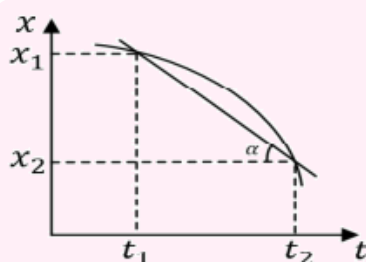


- (۱) ۳۰
(۲) ۶۰
(۳) ۹۰
(۴) ۱۲۰

سرعت متوسط: اگر متحرکی در بازه‌ی زمانی Δt جابه‌جایی $\Delta \vec{r}$ انجام دهد سرعت متوسط آن برابر است با:

$$\vec{V} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

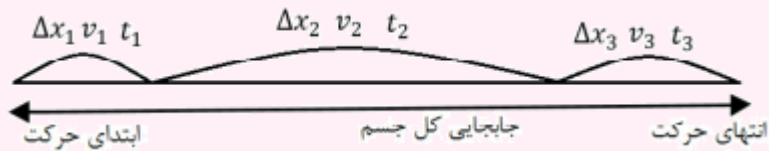
نکته



در نمودار مکان - زمان ($x - t$) شیب خط واصل بین دو نقطه از نمودار تعیین کننده سرعت متوسط بین آن دو نقطه است.



فرمول های محاسبه ی سرعت متوسط متحرک در حرکت های یکنواخت متوالی روی خط راست و در یک جهت پشت سر هم در حالت کلی:



$$\bar{V} = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{\Delta x_{\text{کل}}}{t_{\text{کل}}} = \frac{\Delta x}{t}$$

تست

متحرکی بر روی خط راست ابتدا مسافت ۴۰ متر را در مدت ۶s و مسافت ۳۰m بعدی در همان جهت را در مدت ۸s طی کرده است. سرعت متوسط در کل زمان حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟

۷ (۴)

۶ (۳)

۵ (۲)

۴ (۱)

تست

متحرکی بر مسیر مستقیم مدت ۲۰s با سرعت ثابت $۳۶ \frac{km}{h}$ و مدت ۳۰s با سرعت ثابت $۷۲ \frac{km}{h}$ در یک جهت حرکت می کند؛ سرعت متوسط آن در کل مسیر چند $\frac{m}{s}$ است؟

۱۴ (۴)

۱۵ (۳)

۱۸ (۲)

۱۶ (۱)

متحرکی در حرکت روی خط راست $\frac{1}{4}$ زمان حرکت خود را در جهت مثبت محور با سرعت 30 m/s طی می‌کند و سپس باقیماندهٔ زمان حرکتش را با سرعت 8 m/s در خلاف جهت محور حرکت می‌کند. سرعت متوسط متحرک در این مدت چند m/s است؟

۱۳/۵ (۴)

۱۳ (۳)

۷/۵ (۲)

۱/۵ (۱)

نکته



نکته تستی:

اتومبیلی روی خط راست $\frac{1}{3}$ مسیر را با سرعت $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و بقیه‌ی مسیر را با سرعت $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ طی می‌کند؛ سرعت متوسط در کل مسیر چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

نکته



نکته تستی ۲:

متحرکی روی خط راست مسافت x را در t ثانیه طی می‌کند. اگر در مدت $\frac{3}{4}t$ با سرعت $\frac{30}{s} \frac{m}{s}$ و بقیه‌ی زمان با سرعت $\frac{20}{s} \frac{m}{s}$ حرکت کند. سرعت متوسط در کل مسیر چند $\frac{m}{s}$ است؟

متحرکی روی خط راست مسافت‌های x ، $2x$ و $3x$ را با سرعت‌های v ، $2v$ و $3v$ طی می‌کند. در این صورت سرعت متوسط در کل مسیر چند برابر v است؟

تجربیت

متحرکی روی خط راست نصف مسیر را با سرعت $20 \frac{m}{s}$ و نصف زمان لازم برای طی بقیه‌ی مسیر را با سرعت $30 \frac{m}{s}$ و باقیمانده‌ی زمان را با سرعت $20 \frac{m}{s}$ طی می‌کند. در این صورت سرعت متوسط در کل مسیر چند $\frac{m}{s}$ است؟

تجربیت

جسمی در مدت Δs از مکان $A \left| \begin{smallmatrix} 2m \\ 7m \end{smallmatrix} \right.$ به مکان $B \left| \begin{smallmatrix} 10m \\ 13m \end{smallmatrix} \right.$ می‌رود؛ سرعت متوسط آن در این حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟

تجربیت

معادله‌ی حرکت جسمی در SI در دو بعد به صورت $\begin{cases} x = 2t \\ y = 4t - t^2 \end{cases}$ است. سرعت متوسط بر حسب i و j و اندازه‌ی آن را در دو ثانیه محاسبه کنید.

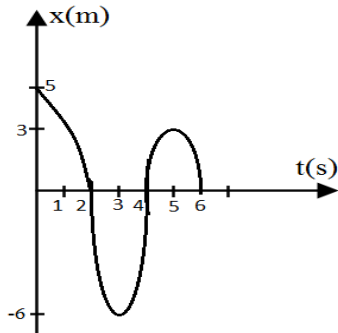
ذره‌ای در لحظه‌ی $t_1 = 3s$ دارای بردار مکان $\vec{r}_1 = 3\hat{i} - 4\hat{j}$ و در لحظه‌ی $t_2 = 8s$ دارای بردار مکان $\vec{r}_2 = 9\hat{i} + 4\hat{j}$ می‌باشد. بزرگی سرعت متوسط در بازه‌ی فوق چند $\frac{m}{s}$ است؟

معادله‌ی حرکت متحرکی در SI به صورت $x = t^2 + 4t + 5$ می‌باشد.
 (I) سرعت متوسط از لحظه‌ی $t = 1s$ تا $t = 3s$
 (II) سرعت متوسط در ۲ ثانیه‌ی سوم
 (III) سرعت متوسط در ثانیه‌ی سوم



تجربیت

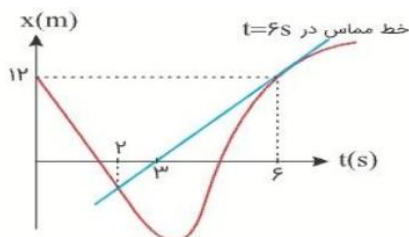
سرعت متوسط متحرکی که نمودار مکان - زمان آن به صورت مقابل است. در بازه‌ی $t = 0\text{ s}$ تا $t = 6\text{ s}$ چند برابر تندی متوسط آن در این بازه‌ی زمانی است؟



- (۱) $\frac{4}{6}$ (۲) $\frac{5}{23}$ (۳) $\frac{5}{11}$ (۴) ۱

تجربیت

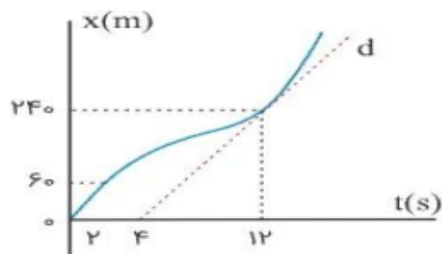
نمودار مکان - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند به صورت شکل زیر است. سرعت متوسط متحرک در بازه $(1\text{ s}, 6\text{ s})$ چند برابر سرعت آن در لحظه $t = 6\text{ s}$ است؟ (حرکت متحرک در سه ثانیه نخست سرعت ثابت است)



- (۱) $\frac{0}{2}$ (۲) $\frac{0}{3}$ (۳) $\frac{0}{4}$ (۴) $\frac{0}{5}$

تجربیت

نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است. اگر تندی در لحظه $t = 12\text{ s}$ برابر تندی متوسط در بازه $t_1 = 2\text{ s}$ تا $t_2 = 14\text{ s}$ باشد، سرعت متوسط ۲ ثانیه اول چند برابر سرعت متوسط ۲ ثانیه هفتم است؟ (خط d مماس بر نمودار در لحظه $t = 12\text{ s}$ است) (تجربی خارج ۱۴۰۰)



- (۱) $\frac{1}{3}$ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) $\frac{3}{5}$ (۴) $\frac{2}{3}$

نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند. به صورت سهمی و مطابق شکل زیر است. چه تعداد

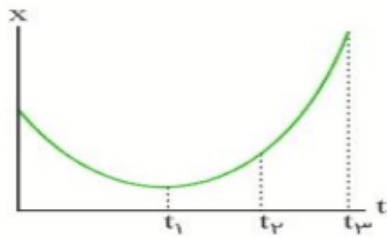
از موارد زیر درباره حرکت این متحرک درست است؟ ($t_1 > 1s$)

الف) بزرگی سرعت متوسط در بازه (t_1, t_2) بیشتر از (t_1, t_3) است.

ب) تندى متوسط متحرک در بازه $(0, t_2)$ بیشتر از $(0, t_3)$ است.

پ) کم‌ترین تندى متوسط در بازه زمانی ۲ ثانیه‌ای در بازه

$((t_1 - 1)s, (t_1 + 1)s)$ رخ می‌دهد.



۴) صفر

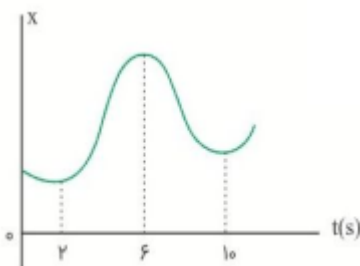
۳) ۳

۲) ۲

۱) ۱

نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل است. تندى متوسط در کدامیک از بازه‌های زمانی مشخص شده در

گزینه‌ها بیشتر است؟ (تجربی دافل ۱۴۰۰)



۱) صفر تا ۲s

۲) صفر تا ۶s

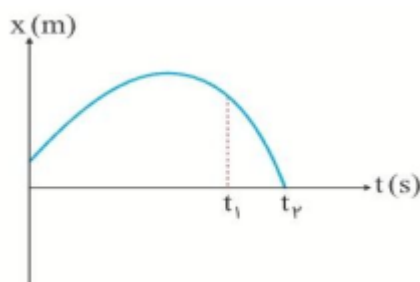
۳) ۲s تا ۱۰s

۴) ۶s تا ۱۰s

نمودار مکان - زمان اتومبیلی که با شتاب ثابت روی محور x حرکت می‌کند به صورت شکل زیر است. تندى

متوسط اتومبیل در بازه $(0, t_1)$ برابر S_1 و در بازه $(0, t_2)$ برابر S_2 و در بازه (t_1, t_2) برابر S_3 است. کدام گزینه

درست است؟



۱) $S_3 > S_1 > S_2$

۲) $S_3 > S_2 > S_1$

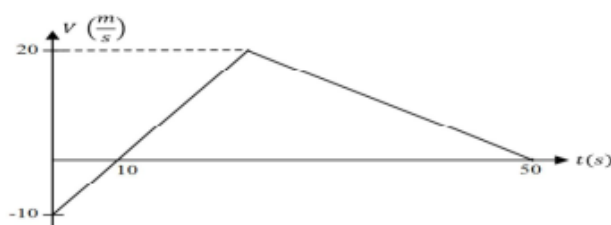
۳) $S_2 > S_1 > S_3$

۴) $S_2 > S_3 > S_1$



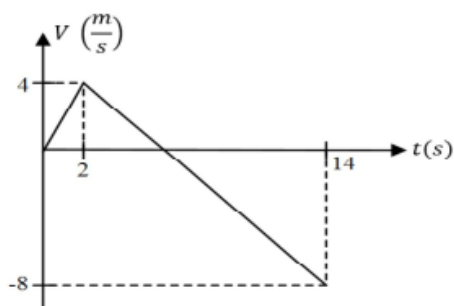
تست

با توجه به نمودار سرعت - زمان زیر، سرعت و تندی متوسط را در کل زمان حرکت محاسبه کنید.



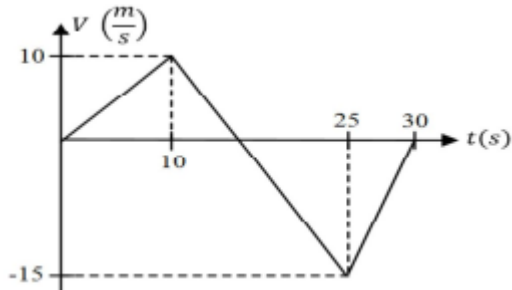
تست

متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و نمودار سرعت - زمان آن مطابق شکل روبه‌رو است. متحرک در $14s$ اول چند ثانیه در سوی مخالف محور x حرکت کرده است؟ (ریاضی ۹۸)



- ۴ (۱)
- ۶ (۲)
- ۸ (۳)
- ۱۲ (۴)

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می کند مطابق شکل روبه رو است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در مدتی که در سوی مخالف محور x جابه جا می شود چند $\frac{m}{s}$ است؟ (تقریبی غارج ۹۰)



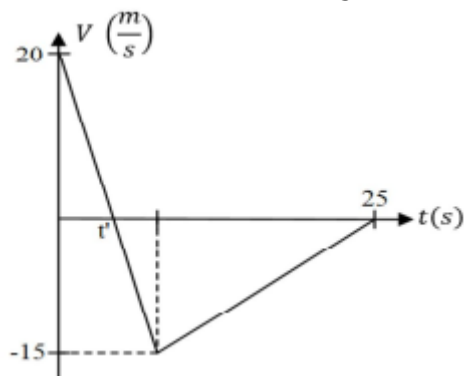
۷/۵ (۲)

۲/۵ (۱)

۱۲/۵ (۴)

۱۰/۵ (۳)

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می کند مطابق شکل مقابل است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در بازه‌ی زمانی که حرکت متحرک در خلاف جهت محور x است. چند $\frac{m}{s}$ است؟ (ریاضی ۹۴)



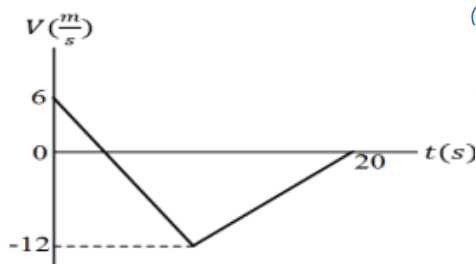
۲/۵ (۲)

صفر (۱)

۱۰ (۴)

۷/۵ (۳)

شکل زیر، نمودار سرعت - زمان متحرکی است که روی محور x حرکت می کند. تندی متوسط متحرک در مدتی که در خلاف جهت محور حرکت می کند، چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)



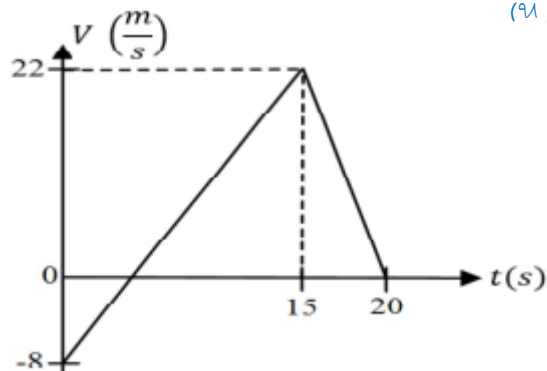
۶ (۲)

صفر (۱)

۹ (۴)

۸ (۳)

نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم در حرکت است، به صورت شکل زیر است. مسافت پیموده شده توسط این متحرک در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۲۰ چند متر است؟ (ریاضی ۹۸)



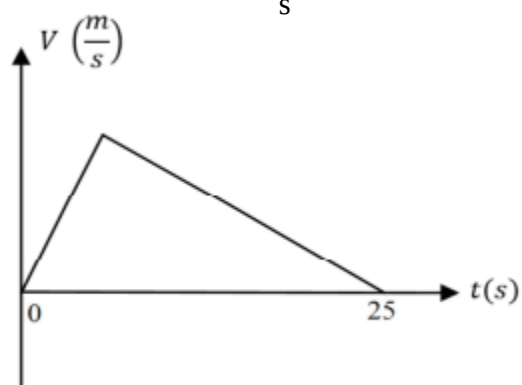
۱۷۶ (۲)

۱۶۰ (۱)

۱۹۲ (۴)

۱۸۰ (۳)

نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم در حرکت است؛ به صورت شکل زیر است اگر سرعت متوسط متحرک در این ۲۵s برابر $10 \frac{m}{s}$ باشد. بیشینه سرعت متحرک در ضمن حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟ (تقریبی ۹۸)



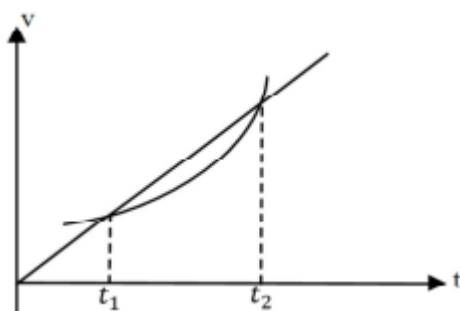
۲۵ (۲)

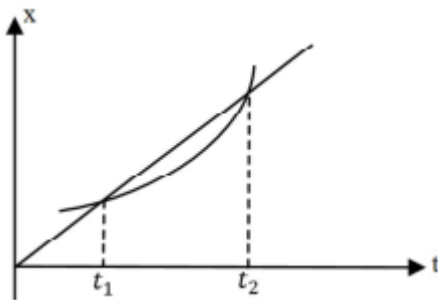
۲۰ (۱)

۵۰ (۴)

۴۰ (۳)

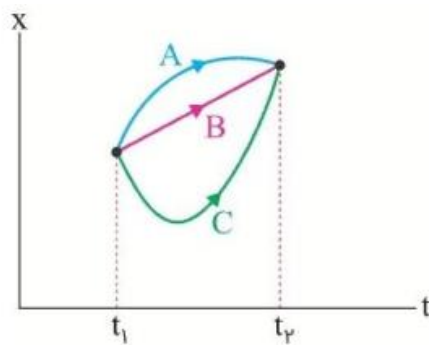
با توجه به نمودارهای زیر، سرعت متوسط متحرک A و B را در بازه‌ی زمانی t_1 تا t_2 با هم مقایسه کنید.





تجربیت

نمودار مکان - زمان سه متحرک A، B و C بر روی محور x، مطابق شکل است. در کدام گزینه تندی متوسط و سرعت متوسط این سه متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_2 درست مقایسه شده است؟



۱) $S_{avA} = S_{avB} < S_{avC}$ و $V_{avA} = V_{avB} = V_{avC}$

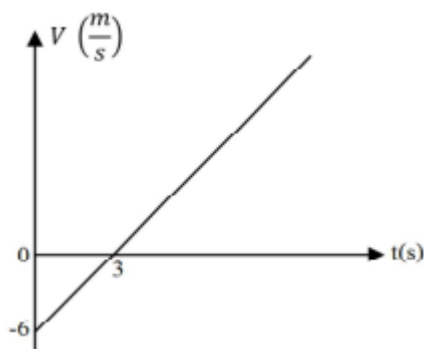
۲) $S_{avB} < S_{avA} < S_{avC}$ و $V_{avA} = V_{avB} = V_{avC}$

۳) $S_{avA} = S_{avB} < S_{avC}$ و $V_{avA} > V_{avB} > V_{avC}$

۴) $S_{avB} < S_{avA} < S_{avC}$ و $V_{avA} > V_{avB} > V_{avC}$

تجربیت

با توجه به نمودارهای زیر، سرعت متوسط در $1^{\circ}S$ اول حرکت چند $\frac{m}{s}$ است؟



- اگر معادله‌ی مکان - زمان متحرکی به صورت زیر باشد $x = 2t^2 - 12t + 3$
- (I) سرعت متوسط در ۵s اول حرکت؟
- (II) مسافت طی شده در ۵s اول حرکت؟
- (III) از لحظه‌ی صفر تا چه زمانی سرعت متوسط متحرک صفر می‌شود؟

رابطه مکان - زمان که روی خط راست حرکت می‌کند، در دستگاه SI به صورت $x = -4t^3 + 6t^2 + 2$ است. سرعت متوسط این متحرک در ۲ ثانیه اول حرکت چند متر بر ثانیه است؟

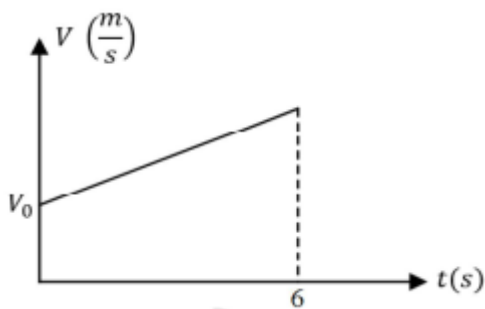
-۱۲ (۴)

۲ (۳)

۴ (۲)

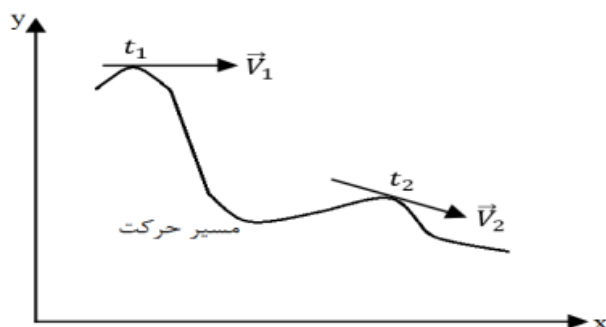
-۴ (۱)

نمودار سرعت - زمان متحرکی در مدت ۶s رسم شده است؛ در چه لحظه‌ای سرعت متحرک برابر با سرعت متوسط آن در مدت نشان داده شده در نمودار است؟



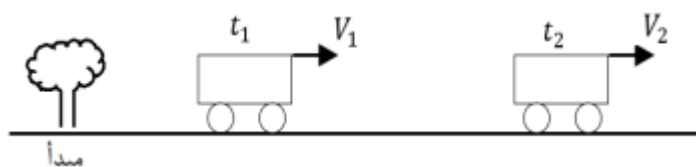
حرکت شتاب‌دار:

اگر در یک حرکت، اندازه یا جهت سرعت تغییر کند؛ اصطلاحاً به آن حرکت شتاب‌دار می‌گوییم و تغییر بردار سرعت در واحد زمان را بردار شتاب متوسط می‌نامیم. در حرکت روی خط راست علاوه بر بردار با عددی علامت‌دار نیز می‌توان شتاب را مشخص کرد. می‌توان نوشت:

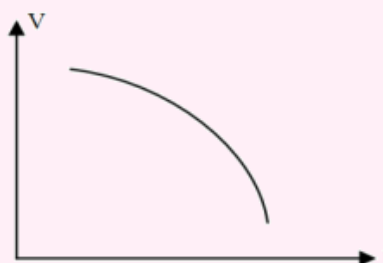
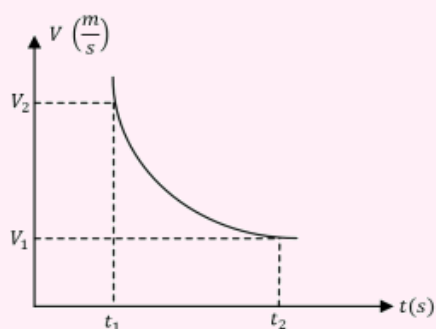


$$\Delta \vec{V} = \vec{V}_2 - \vec{V}_1$$

در حرکت مستطیل الخط: (راست خط)

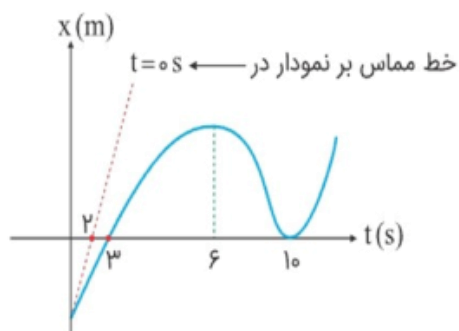


نکته



تست

نمودار مکان - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، به صورت شکل زیر است. اگر تندی متوسط متحرک در مدتی که بردار مکان آن خلاف جهت محور x است برابر 4 m/s باشد، بزرگی شتاب متوسط متحرک در 10 ثانیه نخست حرکت چند متر بر مربع ثانیه است؟



(۱) 0.2

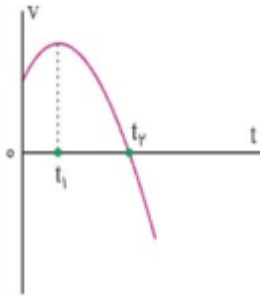
(۲) 0.3

(۳) 0.4

(۴) 0.6

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر قسمتی از یک سهمی است. کدام

مورد درست است؟ (تقریبی دافل ۱۴۰۰)



(۱) در بازه صفر تا t_1 تندی در حال کاهش است.

(۲) بزرگی شتاب در لحظه صفر و t_2 برابر است.

(۳) در بازه صفر تا t_2 شتاب خلاف جهت محور x است.

(۴) بزرگی شتاب متوسط در بازه t_1 تا t_2 بیشتر از بزرگی شتاب

متحرکی روی محور x در حال حرکت است. بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی $t_1 = 5s$ تا $t_2 = 10s$ در SI برابر

$-4\vec{i}$ و در بازه زمانی $t_2 = 10s$ تا $t_3 = 12s$ برابر $2\vec{i}$ است. بردار شتاب متوسط آن در بازه زمانی $t_1 = 5s$ تا

$t_3 = 12s$ در SI، کدام است؟ (تقریبی دافل ۱۴۰۰)

(۴) $8\vec{i}$

(۳) $4\vec{i}$

(۲) $-\frac{16}{7}\vec{i}$

(۱) $-\frac{2}{7}\vec{i}$

متحرکی مطابق شکل زیر روی مسیر دایره‌ای شکل با تندی ثابت در حال حرکت است. اگر در آغاز زمان (موقعیت

A) بردار سرعت متحرک $4\vec{j} (m/s)$ باشد و $\sqrt{3}(s)$ بعد، بردار سرعت $-2\sqrt{3}\vec{i} - 2\vec{j} (m/s)$ بشود (موقعیت B)،

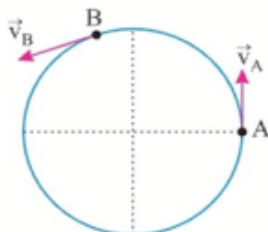
اندازه شتاب متوسط این متحرک در این مدت چند m/s^2 است؟

(۲) $2\sqrt{2}$

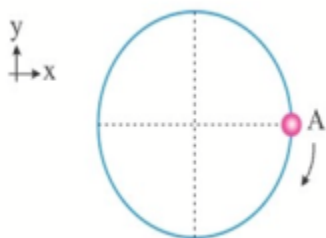
(۱) ۲

(۴) $4\sqrt{2}$

(۳) ۴



متحرکی روی یک مسیر دایره‌ای شکل به شعاع 8m ، حرکت خود را از موقعیت A آغاز می‌کند و با تندی ثابت 6m/s ، مسافتی به اندازه 24m را طی می‌کند. اندازه شتاب متوسط این متحرک در این بازه زمانی چند m/s^2 است؟ ($\pi \simeq 3$)



۱ (۲)

۱ (۱) صفر

۳ (۴)

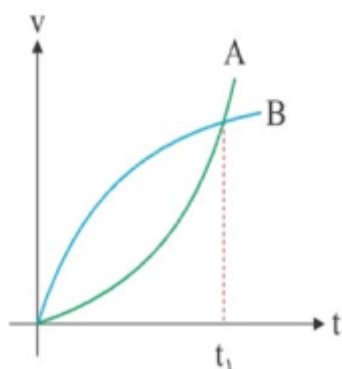
۲ (۳)

نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B در یک دستگاه مطابق شکل زیر رسم شده‌اند. کدام گزینه‌ها به ترتیب عبارات زیر را کامل می‌کنند؟

* در بازه زمانی ۰ تا t_1 اندازه سرعت متوسط متحرک A متحرک B است.

* در بازه زمانی ۰ تا t_1 اندازه شتاب متوسط متحرک A متحرک B است.

* در بازه زمانی ۰ تا $\frac{t_1}{2}$ اندازه شتاب متوسط متحرک A متحرک B است.



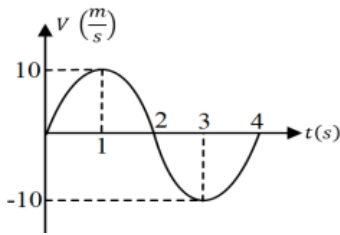
۱) کمتر از - کمتر از - کمتر از

۲) بیشتر از - برابر با - برابر با

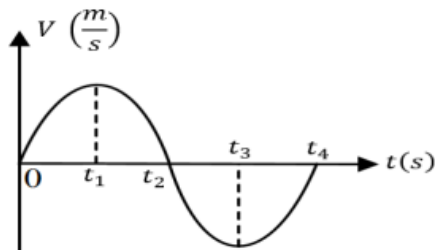
۳) کمتر از - برابر با - کمتر از

۴) برابر با - برابر با - بیشتر از

با توجه به نمودار، شتاب متوسط و سرعت متوسط بین لحظات ۱ تا ۳ ثانیه را حساب کنید.



نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در چه زمانی، بردار شتاب متحرک در جهت مثبت محور x است؟



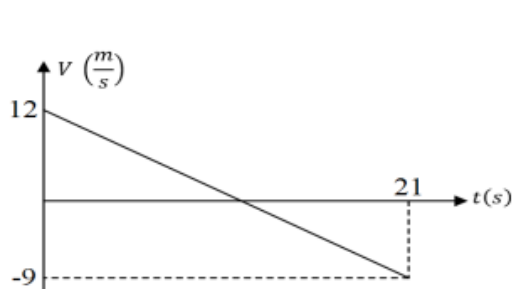
(۲) صفر تا t_2

(۱) صفر تا t_1

(۴) t_3 تا t_2

(۳) t_4 تا t_2

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند مطابق شکل روبه‌رو است. بزرگی جابه‌جایی متحرک در فاصله‌ی زمانی $t = 6s$ تا $t = 12s$ چند متر است؟ (تیربی ۹۳)



(۲) ۱۸

(۱) ۱۲

(۴) ۳۲/۵

(۳) ۲۲/۵

حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت:

در این نوع حرکت سرعت ثابت نیست بلکه مرتباً آهنگ افزایشی یا کاهش‌ی دارد. اما مقدار شتاب یعنی تغییرات سرعت در مدت Δt ثابت است.

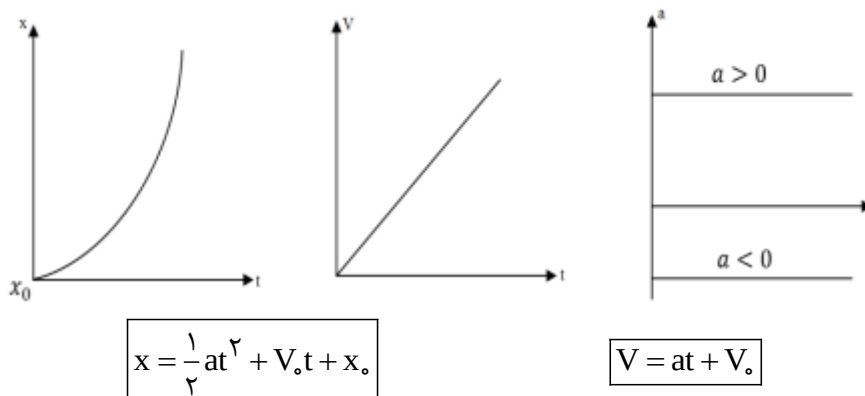
نکته



نکته



تذکره





در حرکت‌های مستقیم‌الخط می‌توان شتاب را معادل مقادیری دانست که در واحد زمان () به سرعت اضافه یا از آن کم می‌شود. اگر این مقادیر ثابت باشند، حرکت را با شتاب ثابت گوئیم.

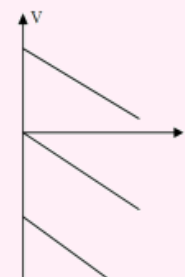
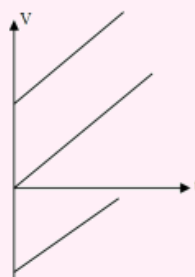
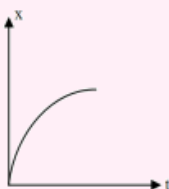
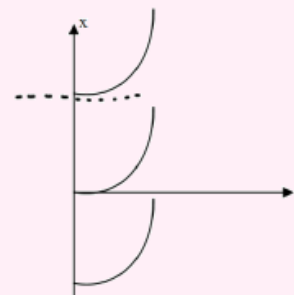
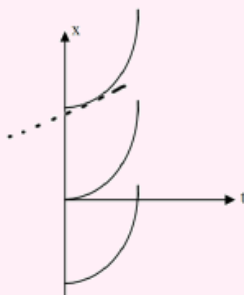
t	۰	۱	۲	۳
v	۵	۵	۵	۵

t	۰	۱	۲	۳
v	۰	۲	۴	۶

t	۰	۱	۲	۳
v	-۱۱	-۹	-۷	-۵

t	۰	۱	۲	۳
v	۱	۵	۸	۶

نمودارهای حرکت مستقیم‌الخط شتاب ثابت:





حرکت تندشونده: هنگامی که:

(۱)

(۲)

(۳)

حرکت کندشونده: هنگامی که:

(۱)

(۲)

(۳)

نکته:

(I) اگر معادله‌ی مکان - زمان بر حسب درجه ۱ باشد، حرکت یکنواخت بر روی خط راست است. مثلاً:

$$x = 3t + 6$$

(II) اگر معادله‌ی مکان - زمان بر حسب بالاترین درجه ۲ باشد، حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت است. که در

آن علامت ضریب t^2 ، علامت شتاب را می‌دهد. مثلاً:

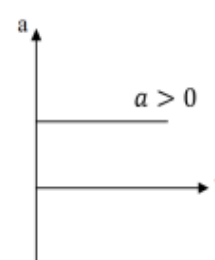
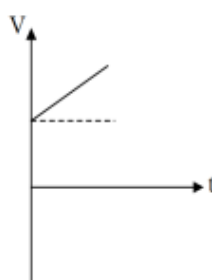
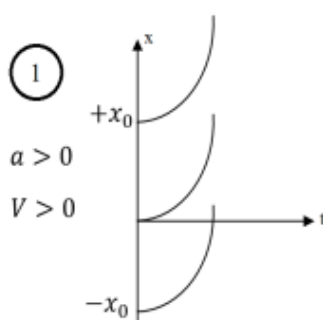
$$x = 25t^2 + 36t - 7$$

(III) اگر معادله‌ی مکان - زمان بر حسب t از درجه‌ی ۲ بیشتر بود یا تابع دوره‌ای باشد، حرکت شتاب‌دار با

شتاب متغیر می‌باشد. مثلاً:

$$x = t^4 + 3t^2 + 6$$

رسم نمودارهای حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت و بررسی تند و کندشوندگی حرکت در آن‌ها:

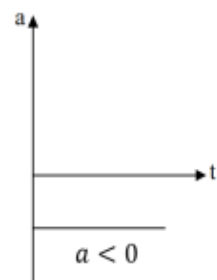
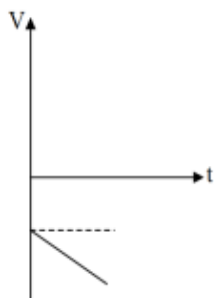
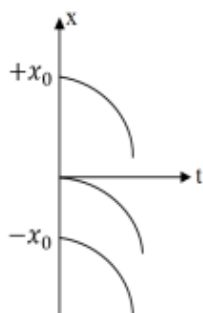




فیزیک ۳ - سینماتیک

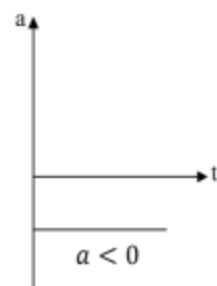
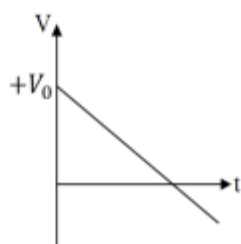
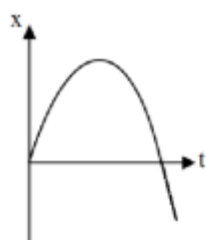
2

$$a < 0$$
$$V < 0$$



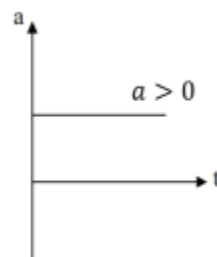
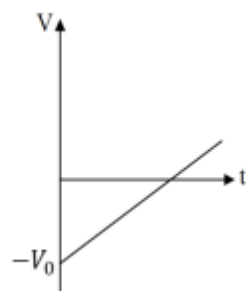
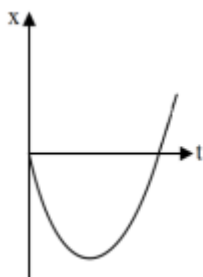
3

$x =$



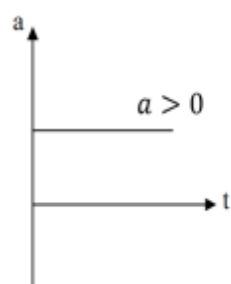
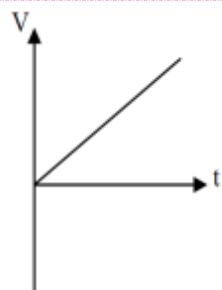
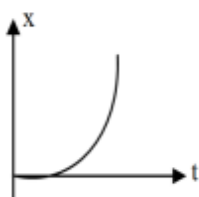
4

$x =$



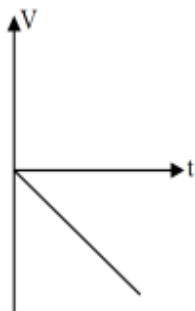
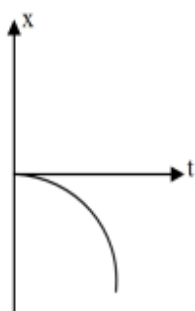
5

$$a > 0$$
$$V_0 = 0$$

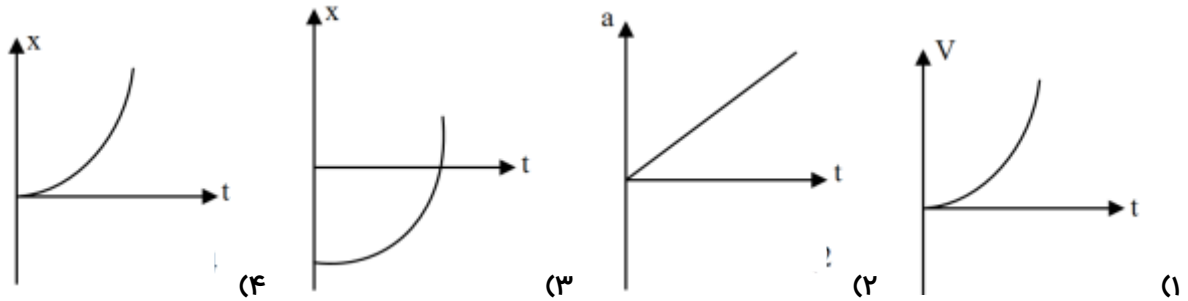


6

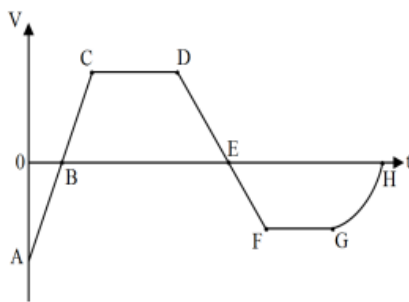
$$a < 0$$
$$V_0 = 0$$



کدام نمودار مربوط به حرکت شتابدار با شتاب ثابت و بدون سرعت اولیه است؟



پرسش: به کمک نمودار سرعت - زمان نوع حرکت را در هر شاخه مشخص کنید.



شاخه AB :

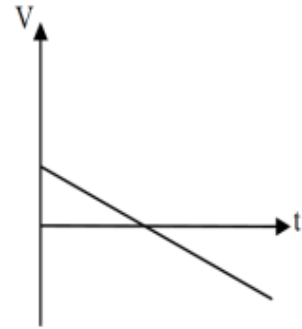
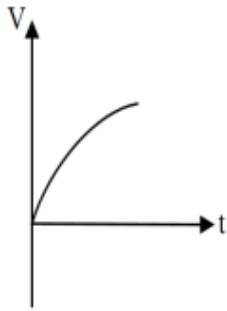
شاخه CD :

شاخه GH :

نکته



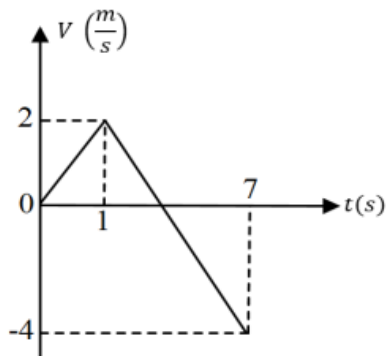
? پرسش: با توجه به نمودارهای $v - t$ نوع حرکت را مشخص کنید.



تست

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند؛ مطابق شکل روبه‌رو است. از لحظه‌ی $t = 0$ s تا

$t = 7$ s چند ثانیه حرکت متحرک کندشونده است؟ (قلم‌پی ۹۸)



۲ (۱)

۳ (۲)

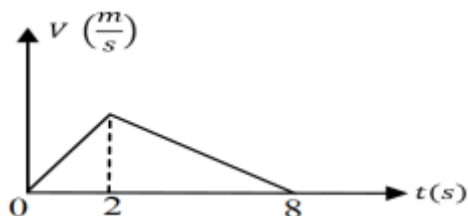
۴ (۳)

۵ (۴)

تست

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند به شکل مقابل است. اندازه‌ی شتاب حرکت در

مرحله‌ی تندشونده چند برابر اندازه‌ی شتاب در مرحله‌ی کندشونده است؟



۳ (۲)

$\frac{1}{2}$ (۱)

$\frac{1}{4}$ (۴)

$\frac{1}{3}$ (۳)

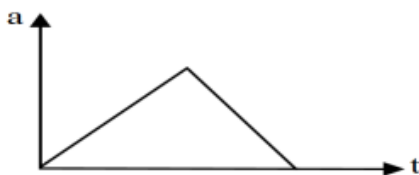
معادله‌ی $v-t$ متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $v = -4t - 8$ است. حرکت این متحرک چگونه است؟

- (۱) پیوسته کندشونده (۲) پیوسته تندشونده (۳) ابتدا کند و سپس تند (۴) ابتدا تند و سپس کند

کدامیک از جملات زیر در مورد یک حرکت با شتاب ثابت صحیح نیست؟

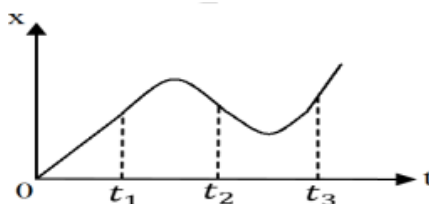
- (۱) جسمی می‌تواند همواره حرکت تندشونده داشته باشد.
(۲) جسمی که حرکتش ابتدا کندشونده است می‌تواند پس از مدتی حرکتش تندشونده شود.
(۳) جسمی که حرکتش ابتدا تندشونده است می‌تواند پس از مدتی حرکتش کندشونده شود.
(۴) جسمی که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند، قطعاً حرکتش تندشونده خواهد بود.

نمودار شتاب - زمان حرکت مستقیم‌الخطی به شکل مقابل است. نوع این حرکت چیست؟



- (۱) ابتدا کند و سپس تند (۲) پیوسته تندشونده
(۳) پیوسته کندشونده (۴) هر سه حالت ممکن است

متحرکی بر روی خط راست حرکت می‌کند. در کدامیک از زمان‌های نشان داده شده، حرکت جسم تندشونده است؟



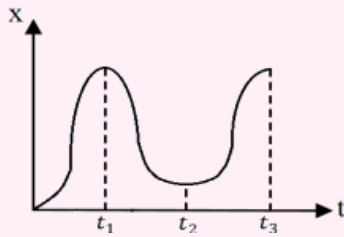
- (۱) t_1 (۲) t_2
(۳) t_2 (۴) t_1 و t_2



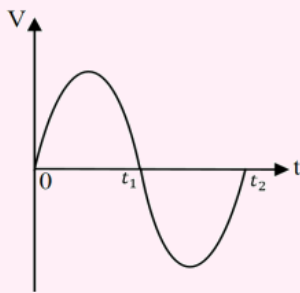
نکته: تغییر جهت حرکت

- (1) باید سرعت صفر شود $V = \frac{dx}{dt} = 0$
- (2) علامت سرعت قبل و بعد از تغییر جهت متفاوت باشد

نکته: ممکن است نقاط



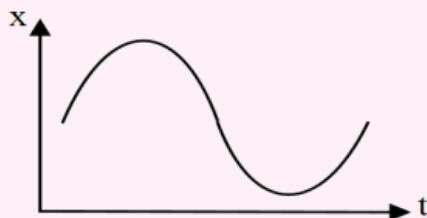
نکته: اگر نمودار سرعت - زمان داده شده باشد.



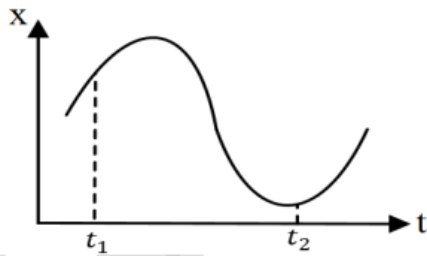
نکته:

- (1)
- (2)

نکته:



؟ مثال: بین لحظات t_1 تا t_2 چند بار تغییر جهت حرکت و چند بار تغییر جهت نیرو داریم ...



تست

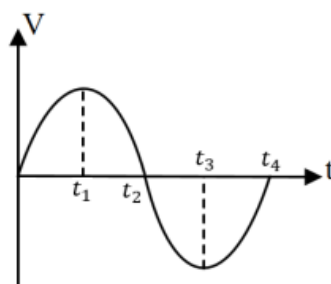
نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل زیر است.

(I) در چه زمانی بردار شتاب در جهت محور x و در کدام بازه‌ی زمانی در خلاف

جهت محور x است؟

(II) بین 0 تا t_4 چند مرتبه جهت حرکت تغییر می‌کند و چند بار نیرو تغییر جهت

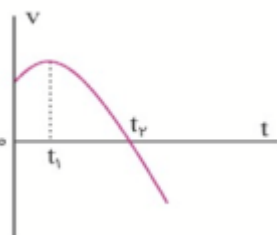
می‌دهد؟



تست

نمودار سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. کدام موارد زیر درست است؟

(تبریز ۱۴۰۰)



الف) جهت سرعت و شتاب در لحظه t_1 تغییر کرده است.

ب) در بازه‌ی زمانی t_1 تا t_2 حرکت در جهت محور x است.

پ) در بازه‌ی زمانی صفر تا t_1 تندی در حال کاهش است.

ت) بردار شتاب در بازه‌ی زمانی صفر تا t_2 خلاف جهت محور x است.

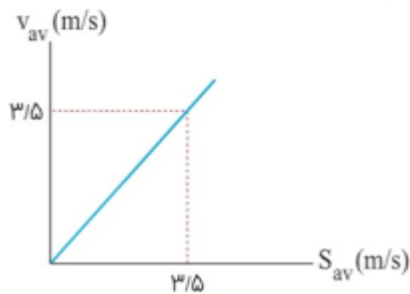
۱) ب

۲) پ

۳) الف و ت

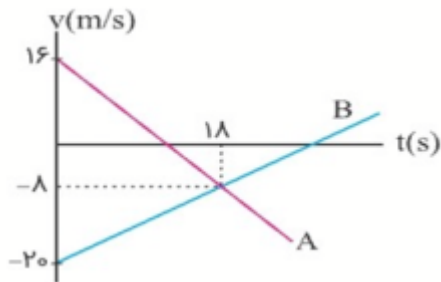
۴) ب و ت

نمودار سرعت متوسط بر حسب تندی متوسط جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند مطابق شکل است. کدامیک از عبارات زیر در مورد حرکت جسم درست است؟



- (۱) علامت سرعت تغییر کرده است.
- (۲) شتاب حرکت جسم مثبت است.
- (۳) جهت شتاب حرکت تغییر کرده است.
- (۴) علامت سرعت تغییر نکرده است.

نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که روی محور x حرکت می‌کنند مطابق شکل زیر است. چند ثانیه پس از تغییر جهت متحرک A، متحرک B تغییر جهت می‌دهد؟



- | | |
|--------|--------|
| ۱۸ (۲) | ۱۲ (۱) |
| ۳۰ (۴) | ۲۴ (۳) |



تجربیت

معادله‌ی مکان - زمان متحرکی به صورت $x = 4t^2 - 16t + 11$ است. تعیین کنید آیا متحرک تغییر جهت می‌دهد. اگر پاسخ مثبت است.

تجربیت

معادله‌ی حرکت جسمی به صورت $x = \frac{1}{3}t^3 - 2t^2 + 4t$ می‌باشد. این متحرک در مدت حرکت خود حداکثر چند بار تغییر جهت داده است؟

(۱) یک بار (۲) دوبار (۳) سه بار (۴) تغییر جهت نمی‌دهد

تجربیت

معادله‌ی سرعت زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند به شکل $v = t^5(t-1)^4(t-2)^3(t-3)^2(t-4)^1$ است. این متحرک تا قبل از $t = 4s$ چند بار تغییر جهت می‌دهد؟

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

معادله سرعت - مکان متحرکی که در مبدأ زمان از مبدأ مکان در خلاف جهت محور x ها عبور می کند در SI به صورت $v^2 = -4x + 9$ است. در چه لحظه ای بر حسب ثانیه بردار مکان متحرک تغییر جهت می دهد؟

(۱) ۰ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) بردار مکان تغییر جهت نمی دهد.

تعیین نوع حرکت به وسیله معادلات حرکت:



پرسش: معادله حرکت متحرکی که بر روی محور x حرکت می کند در SI به صورت $x = -5t^2 + 6t + 12$ است. نوع حرکت و جهت حرکت را مشخص کنید.

پرسش: معادله حرکت متحرکی که بر روی محور x به صورت $x = -t^3 + 6t^2 - 5$ است. چگونگی حرکت و جهت حرکت را مشخص کنید.

اگر معادله سرعت - زمان متحرکی که بر مسیر مستقیم حرکت می کند در SI به صورت $v = t^2 - 10t + 16$ باشد، در کدام یک از بازه های زمانی زیر، حرکت متحرک همواره تندشونده است؟

(۱) ۱/۵ ثانیه دوم (۲) ۲/۵ ثانیه دوم (۳) ۰/۵ ثانیه دوم (۴) ۳/۵ ثانیه دوم

معادله‌ی مکان - زمان متحرکی در SI به صورت $x = -4t^2 + 16t - 15$ است. این متحرک در بازه‌ی زمانی که حرکتش کندشونده است، چند متر و در چه جهتی می‌پیماید؟

- (۱) 16 m در جهت مثبت محور x (۲) 16 m در جهت منفی محور x
(۳) 15 m در جهت منفی و 1 m در جهت مثبت (۴) 15 m در جهت مثبت و 1 m در جهت منفی محور x

معادله‌ی سرعت - زمان متحرکی که بر مسیر مستقیم حرکت می‌کند در SI به صورت $V = t^2 + V_0$ است. اگر تندی این متحرک در لحظه‌های $t_1 = 1\text{ s}$ و $t_2 = 7\text{ s}$ برابر $24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، متحرک در چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه تغییر جهت می‌دهد؟

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) $4/25$ (۴) ۵

معادله‌ی سرعت - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند در SI به صورت $x = -5t^2 + 6t + 12$ است. در مورد جهت حرکت و نوع آن کدام درست است؟ (تقریبی ۷۳ - ریاضی ۸۱ - مشابه کانون ۹۷)

- (۱) همواره در جهت محور و کند (۲) ابتدا در جهت محور و کند
(۳) ابتدا در خلاف جهت و کند (۴) همواره در خلاف جهت و کند

معادله‌ی سرعت - زمان متحرکی در SI به صورت $a = 3t^2 + 2t$ است. اگر سرعت اولیه‌ی متحرک $V_0 = -10 \frac{m}{s}$ باشد. کدام یک از عبارتهای زیر نادرست است؟

(۱) حرکت ابتدا کندشونده و سپس تندشونده است.

(۲) شتاب در لحظه‌ی $t = \frac{2}{3} s$ تغییر جهت می‌دهد.

(۳) شتاب اولیه متحرک صفر است.

(۴) متحرک در ابتدا در خلاف جهت محور x ها و سپس در جهت آن حرکت می‌کند.

معادله‌ی حرکت جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند در SI به صورت $x = t^3 - 4t^2 + 4t$ می‌باشد. در کدام بازه‌ی زمانی بر حسب ثانیه فاصله‌ی جسم از مبدأ مختصات در حال کاهش است؟

(۱) $0 < t < 2$ (۲) $\frac{2}{3} < t < 2$ (۳) $0 < t < 1$ (۴) $\frac{2}{3} < t < 3$

معادله‌ی سرعت - زمان متحرکی که روی محور x در حال حرکت است، $v = t^3 - 4t^2 + 4t$ می‌باشد چند مورد از عبارتهای زیر درست است؟

الف) متحرک در طول حرکت دو بار تغییر جهت می‌دهد.

ب) مسافت طی شده توسط متحرک بیشتر از اندازه‌ی جابه‌جایی آن است.

پ) بردار سرعت متحرک در طول حرکت یک بار تغییر جهت می‌دهد.

ت) شتاب متوسط در دو ثانیه‌ی اول مثبت است.

ث) حرکت جسم در دو ثانیه‌ی دوم کندشونده است.

(۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

نتیجه‌گیری:

تجربه

معادله‌ی حرکت جسمی که روی خط راست حرکت می‌کند در SI به صورت $x = \frac{1}{3}t^3 - t^2$ است. در بازه‌ی حرکت

آن، چه تعداد از جملات زیر نادرست است؟

- بردار سرعت در لحظه‌ی $t = 1$ تغییر جهت می‌دهد.
- بردار شتاب در بازه‌ی زمانی $t = 0$ تا $t = 2$ در خلاف جهت محور x ها است.
- در بازه‌ی زمانی $t = 1$ تا $t = 2$ حرکت تندشونده است.
- در بازه‌ی زمانی $t = 0$ تا $t = 1$ حرکت تندشونده است.

۴ (۴)

۳ (۳)

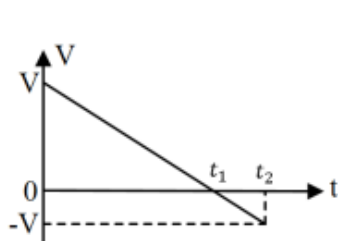
۲ (۲)

۱ (۱)

رسم نمودارها از روی یکدیگر:

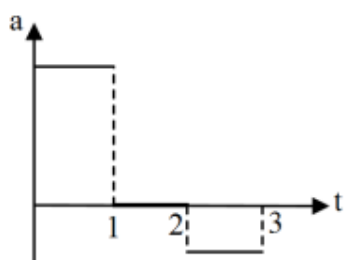


پرسش: به کمک نمودار سرعت - زمان نمودار مکان - زمان و شتاب - زمان آن را رسم کنید.

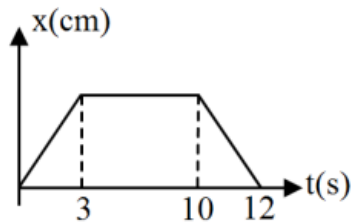


پرسش: با توجه به نمودار شتاب - زمان به صورت تقریبی نمودارهای $(x - t)$ و $(v - t)$ آن را رسم کنید.

(فرض شود $v_0 = 0$, $x_0 = 0$)

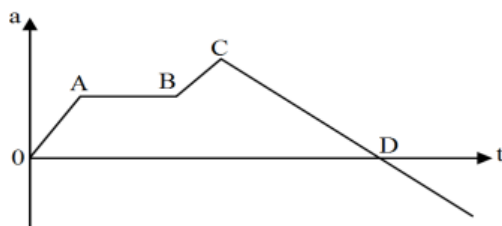


? تمرین: نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است. نمودارهای $(v - t)$ و $(a - t)$ آن را رسم کنید.



تست

نمودار شتاب - زمان متحرکی که روی محور x ها از حال سکون شروع به حرکت کرده است؛ مطابق شکل مقابل است. حداکثر سرعت متحرک در کدام نقطه است؟



B (۲)

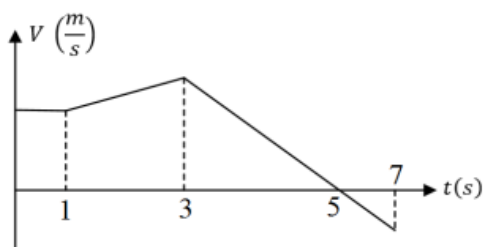
A (۱)

D (۴)

C (۳)

تست

نمودار سرعت - زمان متحرکی مطابق شکل است. در چه لحظه‌ای متحرک دارای بیشترین فاصله از مبدأ حرکت خود می‌باشد؟



$t = 3$ (۲)

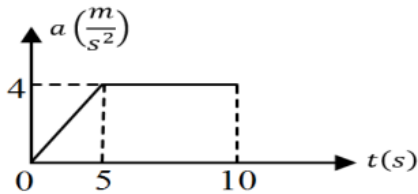
$t = 1$ (۱)

$t = 2$ (۴)

$t = 5$ (۳)

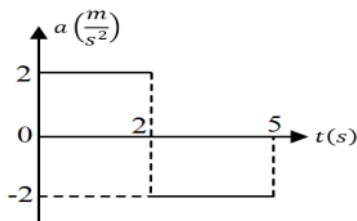
در یک مسیر مستقیم نمودار شتاب - زمان متحرکی به صورت شکل مقابل است. اگر سرعت اولیه متحرک $5 \frac{m}{s}$

باشد، سرعت آن در لحظه‌ی $t = 10s$ چند $\frac{m}{s}$ است؟



نمودار شتاب - زمان متحرکی بر مسیر مستقیم مطابق شکل است. اگر سرعت متوسط متحرک در این مدت $6 \frac{m}{s}$

باشد؛ سرعت اولیه‌ی آن چند $\frac{m}{s}$ است؟ (ریاضی ۱۵)



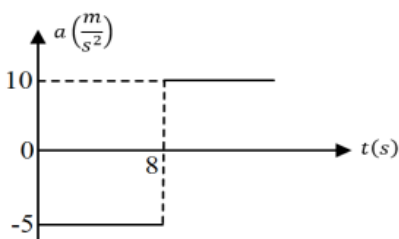
۵ (۲)

۴ (۱)

۸ (۴)

۶ (۳)

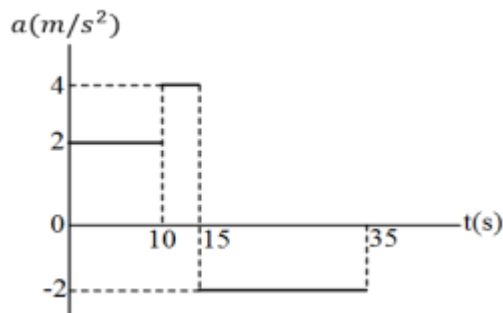
نمودار شتاب - زمان ذره‌ای که از حال سکون بر مسیر مستقیم به حرکت درمی‌آید به صورت شکل مقابل است. چند ثانیه پس از شروع حرکت سرعت صفر می‌شود.



نمودار شتاب - زمان متحرکی که روی محور x در لحظه $t = 0$ از مبدأ می‌گذرد، مطابق شکل روبه‌رو است؛ اگر

$v_0 = -10 \frac{m}{s}$ باشد؛ بیشترین فاصله متحرک از مبدأ در بازه زمانی $t = 0$ تا $t = 35s$ ، چند متر است؟ (سراسری تهرانی)

(۹۵)



۲۲۵ (۲)

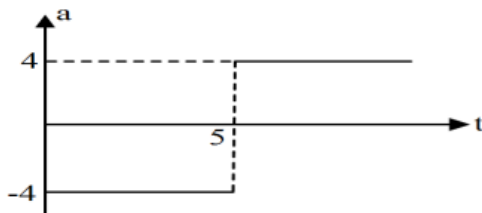
۲۱۰ (۱)

۳۲۵ (۴)

۳۰۰ (۳)

نمودار شتاب - زمان متحرکی که سرعتش در مبدأ زمان $+5 \frac{m}{s}$ است به صورت شکل زیر است. سرعت متوسط

متحرک در این ۱۲s چند $\frac{m}{s}$ است؟ (ریاضی ۹۴)



۱۴ (۲)

۱۳/۵ (۱)

۲۸ (۴)

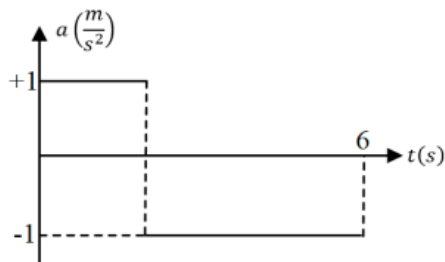
۲۷ (۳)

متحرکی بر خط مستقیم روی محور x با سرعت اولیه $10 \frac{m}{s}$ در جهت محور حرکت می‌کند. اگر نمودار شتاب - زمان آن مطابق شکل باشد..

(I) سرعت متحرک در لحظه‌ی $10 \frac{m}{s}$ را حساب کنید.

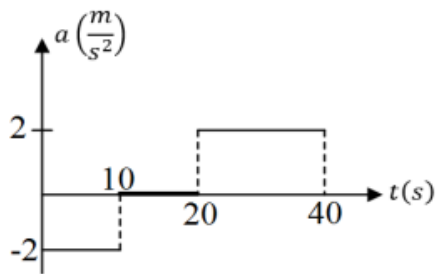
(II) سرعت متوسط را در $2s$ شروع حرکت محاسبه کنید.

متحرکی از مبدأ مختصات بدون سرعت اولیه در جهت مثبت محور x شروع به حرکت می‌کند. اگر نمودار شتاب - زمان متحرک به صورت مقابل باشد، در مدت $6s$ اول حرکت متحرک چه مسافتی را بر حسب m طی می‌کند؟



نمودار شتاب - زمان متحرکی که از حال سکون روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. در بازه‌ی

زمانی $t_1 = 20\text{ s}$ تا $t_2 = 35\text{ s}$ کدام مورد درست است؟ (تقریبی ۹۶)



(۱) حرکت تندشونده

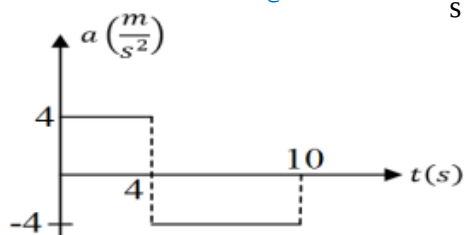
(۲) حرکت کندشونده

(۳) جهت حرکت ۱ بار تغییر می‌کند.

(۴) متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند.

نمودار شتاب - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند به صورت شکل روبه‌رو است. اگر جابه‌جایی

متحرک در این 10 s برابر 156 m باشد. سرعت اولیه‌ی متحرک چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟ (تقریبی فارغ ۹۶)



(۲) ۱۵

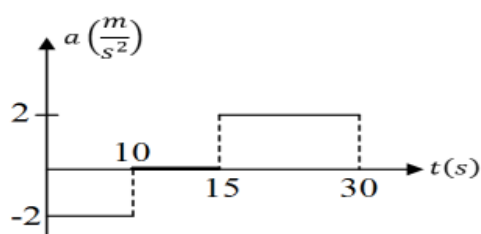
(۱) ۲۰

(۴) ۵

(۳) ۱۰

نمودار شتاب - زمان متحرکی که با سرعت اولیه $\frac{30}{s}$ در جهت محور x حرکت می کند مطابق شکل زیر است.

سرعت متوسط متحرک در بازه‌ی زمانی $t_1 = 10s$ تا $t_2 = 30s$ چند $\frac{m}{s}$ است؟ (تپیری خارج ۹۸)



۲۰ (۲)

۱۵ (۱)

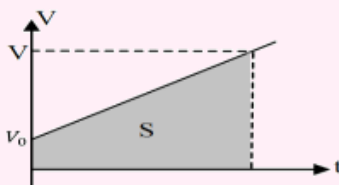
۴۲/۵ (۴)

۲۱/۲۵ (۳)

نکته



در حرکت مستقیم الخط یکنواخت اگر بخواهیم جابه جایی را حساب کنیم، می توان از روابط زیر استفاده کرد.



$$\rightarrow \Delta x = x - x_0 = x = s = \frac{1}{2}(t)(V + V_0) \rightarrow x - x_0 = \Delta x = \left(\frac{V + V_0}{2}\right)t$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= \left(\frac{V + V_0}{2}\right)t \\ V &= at + V_0 \end{aligned} \right\} \rightarrow \Delta x = \left(\frac{(V_0 + at) + V_0}{2}\right)t = \left(\frac{1}{2}at + V_0\right)t \rightarrow \Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t$$

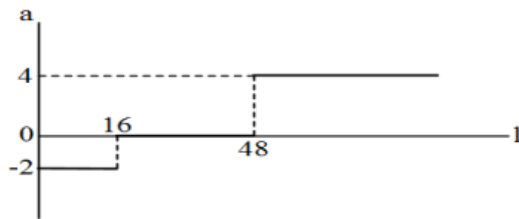
$$\rightarrow x - x_0 = \boxed{\Delta x = \frac{1}{2}at^2 + V_0t}$$

$$V = at + V_0 \rightarrow t = \frac{V - V_0}{a} \rightarrow \Delta x = \left(\frac{V + V_0}{2}\right)\left(\frac{V - V_0}{a}\right) \rightarrow \boxed{\frac{V^2 - V_0^2}{2a} = \Delta x}$$

نتیجه‌ی اخلاقی:



نمودار شتاب - مسافت متحرکی که از حال سکون شروع به حرکت کرده است، مطابق شکل زیر است. در چه لحظه‌ای متحرک تغییر جهت داده است؟



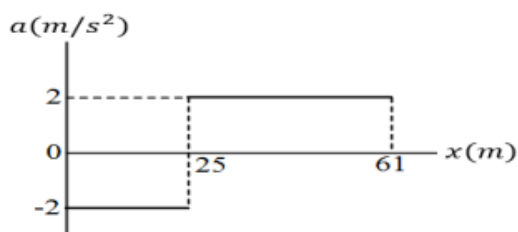
۸ (۱)

۱۰ (۲)

۱۲ (۳)

۴) اطلاعات مسئله کافی نیست

نمودار شتاب - مکان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. اگر متحرک در لحظه $t = 0$ از مبدأ با سرعت $10 \frac{m}{s}$ عبور کند، سرعت آن در مکان $x = 61m$ چند متر بر ثانیه است؟



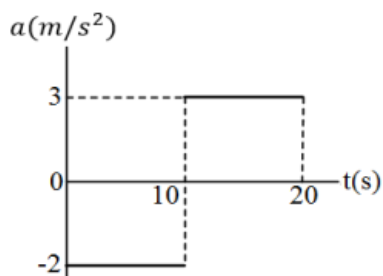
۱۲ (۲)

۲۲ (۱)

۳۲ (۴)

۸ (۳)

نمودار شتاب - زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند و در لحظه $t = 0$ با سرعت اولیه $\vec{v}_0 = (10 \frac{m}{s})\vec{i}$ برای اولین بار از مبدأ مکان عبور می‌کند، مطابق شکل زیر است. در چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه، متحرک برای سومین بار از مبدأ عبور می‌کند؟ (تقریبی ۹۹)



$\frac{40}{3}$ (۲)

۱۰ (۱)

$\frac{50}{3}$ (۴)

۱۵ (۳)

اتومبیلی روی خط راست با شتاب ثابت $\frac{1}{2} \frac{m}{s^2}$ حرکت می‌کند. اگر در مکان $x = 3m$ سرعت اتومبیل $\frac{5}{s}$ باشد،

در چه مکانی سرعت اتومبیل $\frac{6}{s}$ خواهد شد؟

۱۵ (۴)

۱۱ (۳)

۸ (۲)

۵ (۱)

گلوله‌ای در راستای افقی با سرعت $\frac{50}{s}$ به تخته‌ای به ضخامت $10cm$ برخورد کرده با سرعت $\frac{30}{s}$ از تخته

بیرون می‌آید. اگر حرکت گلوله داخل تخته با شتاب ثابت باشد، زمان حرکت گلوله داخل تخته چند ثانیه است؟

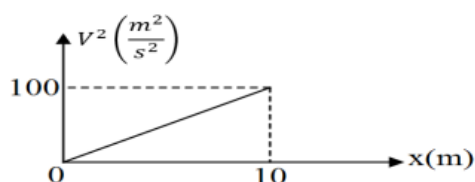
$\frac{1}{40}$ (۴)

$\frac{1}{20}$ (۳)

$\frac{1}{400}$ (۲)

$\frac{1}{200}$ (۱)

در یک حرکت بر خط مستقیم نمودار تغییرات مجذور سرعت متحرک نسبت به مکان آن در SI به صورت مقابل



است. شتاب حرکت بر حسب $\frac{m}{s^2}$ کدام است؟

۵ (۲)

۱۰ (۱)

۰/۵ (۴)

۲ (۳)

اتومبیلی روی خط راست با شتاب ثابت حرکت می‌کند. اگر لحظه‌ی $t = 3s$ دارای سرعت $20 \frac{m}{s}$ و در لحظه‌ی $t = 5s$ دارای سرعت $26 \frac{m}{s}$ باشد، سرعت اولیه و شتاب متحرک را حساب کنید.

نکته



متحرکی با سرعت $72 \frac{km}{h}$ با شتاب $2 \frac{m}{s^2}$ حرکت می‌کند. مشخص کنید در ثانیه‌ی هفتم، چند متر را پشت سر می‌گذارند؟

تست

متحرکی با سرعت اولیه‌ی $2 \frac{m}{s}$ شروع به حرکت کرده و در ثانیه‌ی پنجم و ششم حرکت روی خط راست کلاً $34m$ جابه‌جا می‌شود. بزرگی شتاب حرکت چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

۳ (۴)

۱/۵ (۳)

۲ (۲)

۲/۵ (۱)

تست

اتومبیلی روی خط راست با شتاب ثابت $50m$ اول مسیر را در یک ثانیه سپس $50m$ دوم مسیر را در $2s$ طی می‌کند. سرعت اولیه و شتاب متحرک را بدست آورید.

تست

اتومبیلی از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند. بعد از t ثانیه سرعت اتومبیل به $20 \frac{m}{s}$ می‌رسد. سپس به مدت $2t$ ثانیه اتومبیل با همین سرعت حرکت می‌کند. بعد از آن راننده ترمز کرده و در مدت $3t$ ثانیه اتومبیل متوقف می‌شود. اگر کل مسافت طی شده از شروع تا توقف $800m$ باشد، مقدار t و شتاب در هر مرحله را حساب کنید.

نکته



(۱)

(۲)

اتومبیلی از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت نموده؛ مسیری به طول 100m را در t ثانیه طی می‌کند. اگر این متحرک 35 متر آخر مسیر را در 100m طی کند، شتاب این متحرک چند $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است؟

متحرکی با سرعت اولیه‌ی $10\frac{\text{m}}{\text{s}}$ در خلاف جهت محور x شروع به حرکت نموده و به مدت 8s به حرکت خود ادامه می‌دهد. اگر این متحرک در 2 ثانیه‌ی آخر به اندازه‌ی 48m در خلاف جهت محور x جابه‌جا شود، شتاب حرکت آن چند $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است؟

-۳ (۴)

-۲ (۳)

-۱/۵ (۲)

-۱ (۱)

نکته



اتومبیلی از حال سکون با شتاب $\frac{2}{3} \frac{m}{s^2}$ به مدت ۱۰s حرکت می‌کند جابه‌جایی طی شده در ۲s آخر حرکت را بدست آورید.

معادله‌ی سرعت - زمان متحرکی که روی محور xها حرکت می‌کند در SI به صورت $v = -2t + 4$ است. بزرگی جابه‌جایی متحرک در ۲ ثانیه‌ی سوم حرکت چند متر است؟

نکته



متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند با شتاب ثابت a ترمز کرده و در آخرین ثانیه‌ی حرکت خود Δm را طی می‌کند تا متوقف شود. اندازه‌ی a چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

۲ (۴)

۱۶ (۳)

۴ (۲)

۸ (۱)

تست

متحرکی در مسیر مستقیم و با شتاب ثابت فاصله‌ی 80m از A به B را در مدت 8s طی می‌کند و در لحظه‌ی

رسیدن به نقطه‌ی B سرعتش به $15\frac{\text{m}}{\text{s}}$ می‌رسد. اندازه شتاب متحرک چند $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است؟ (ریاضی ۱۹)

$\frac{5}{4}$ (۴)

$\frac{5}{2}$ (۳)

$\frac{3}{4}$ (۲)

$\frac{3}{2}$ (۱)

تست

خودرویی با سرعت V_0 در مسیری مستقیم در حال حرکت است. ناگهان ترمز کرده و با شتاب ثابت سرعتش کاهش می‌یابد تا بایستد. اگر جابه‌جایی این خودرو در 2 ثانیه‌ی اول بعد از ترمز کردن برابر 24m و جابه‌جایی آن در ثانیه

آخر قبل از توقف 2m باشد، V_0 چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

16 (۴)

8 (۳)

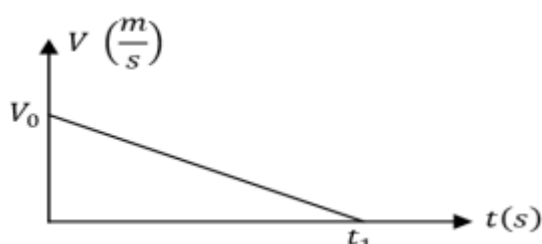
14 (۲)

4 (۱)

تست

نمودار سرعت - زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. اگر این متحرک در

2s اول 36m و در 2s آخر 4m جابه‌جا شده باشد، t_1 چند ثانیه است؟ (ریاضی ۹۷ فارغ)



10 (۲)

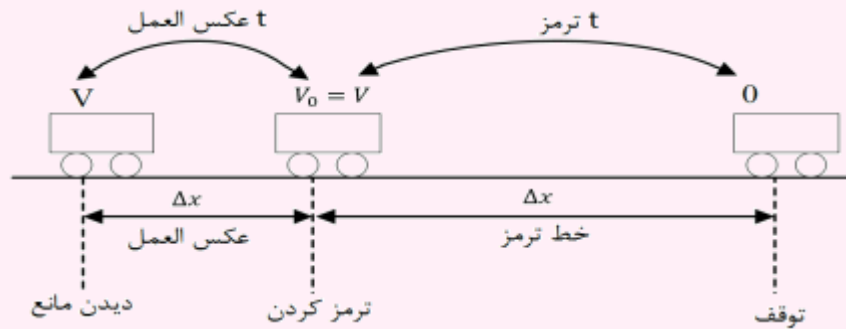
8 (۱)

15 (۴)

12 (۳)



از لحظه‌ی ترمز تا توقف کامل مدت زمانی طول کشیده مسافتی طی می‌شود که به ترتیب زمان توقف و مسافت توقف (طول خط ترمز) نام دارد. از لحظه‌ی دیدن مانع تا لحظه‌ی ترمز را عکس العمل گوییم.



$$V = at + V_0 \rightarrow 0 = at + V_0 \rightarrow t = \frac{V_0}{|a|}$$

$$V^2 - V_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow 0 - V_0^2 = 2a\Delta x \rightarrow \Delta x = \frac{V_0^2}{2|a|}$$

تمرین

اتومبیلی با سرعت ثابت $40 \frac{m}{s}$ در حرکت است. راننده ناگهان مانعی را دیده با شتاب ثابت $4 \frac{m}{s^2}$ ترمز می‌کند. اگر

زمان عکس‌العمل راننده ۱s باشد، کل زمان و مسافت طی شده از دیدن مانع تا توقف کامل چقدر است؟

تست: اتومبیلی با سرعت $72 \frac{km}{h}$ در حرکت است. راننده مانعی را در $60m$ دیده با شتاب ثابت $4 \frac{m}{s^2}$ ترمز می‌کند.

عکس‌العمل راننده چند ثانیه باشد تا اتومبیل قبل از مانع متوقف شود؟

۰/۷ (۴)

۰/۶ (۳)

۰/۴ (۲)

۰/۵ (۱)



؟ تمرین: اتومبیلی با سرعت ثابت $72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ در حال حرکت است که ناگهان مانعی را در 50 m خود می‌بیند. اگر زمان عکس‌العمل راننده نیم ثانیه باشد ولی اتومبیل را با چه شتابی متوقف کند تا درست کنار مانع بایستد؟
 (II) سرعت متوسط متحرک از لحظه‌ی دیدن مانع تا لحظه‌ی توقف چقدر است؟
 (III) نمودارهای حرکت را رسم کنید.

تجربیت



هرگاه معادله‌ی مکان - زمان متحرکی داده شده باشد برای محاسبات مسافت طی شده توسط متحرک از روی این معادله

تذکره

معادله‌ی مکان - زمان متحرکی در SI به صورت $x = t^2 - 4t + 15$ است. مسافت طی شده توسط این متحرک در بازه‌ی زمانی $t = 0$ تا $t = 5$ s چند m است؟

تذکره

چنانچه معادله‌ی حرکت متحرکی به صورت $V = 2t - 4$ باشد، پس از چه مدت، متحرک به موقعیت اولیه‌ی خود بازمی‌گردد؟

$$\frac{1}{2} (4)$$

$$1 (3)$$

$$2 (2)$$

$$4 (1)$$

تذکره

اتومبیلی با سرعت ثابت $4 \frac{m}{s}$ بر روی خط راست حرکت می‌کند. در یک لحظه به گونه‌ای حرکت خود را شتابدار می‌کند که هر ثانیه، سرعتش $2 \frac{m}{s}$ افزوده گردد. چند ثانیه پس از شتابدار شدن حرکت، سرعت متوسط این متحرک $14 \frac{m}{s}$ خواهد شد؟ (شتاب متحرک ثابت است)

$$3 (4)$$

$$7 (3)$$

$$5 (2)$$

$$10 (1)$$

متحرکی در مبدأ زمان در فاصله 2m از مبدأ است. پس از t ثانیه، سرعتش 3 برابر سرعت اولیه می‌شود و در مکان 6m قرار می‌گیرد. کدام گزینه صحیح است؟ (شتاب ثابت)

- (۱) $|V_0| = \sqrt{a}$ (۲) $|V_0| = |a|$ (۳) $|V_0| = |at|$ (۴) $|V_0| = |2at|$

معادله‌ی مکان - زمان متحرکی در SI به صورت $x = 5t^2 - 10t + 40$ است. پس از مبدأ زمان در لحظه‌ای که اندازه‌ی سرعت متوسط متحرک برابر صفر می‌شود. متحرک در چه مکانی خواهد بود؟

- (۱) 20m (۲) 40m (۳) 5m (۴) 45m

جسمی که از حال سکون با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند. در لحظه‌ی $t_1 = 2\text{s}$ در 1m مبدأ و در لحظه‌ی $t_2 = 4\text{s}$ در 13m مبدأ است. در شروع حرکت در چند متری مبدأ بوده است؟

- (۱) 3 (۲) 2 (۳) -2 (۴) -3

متحرکی بر خط مستقیم با شتاب ثابت $\frac{2}{3} \frac{m}{s}$ ترمز نموده و پس از طی مسافت $196m$ می‌ایستد. نسبت زمان پیمودن $96m$ اول به $100m$ آخر کدام است؟

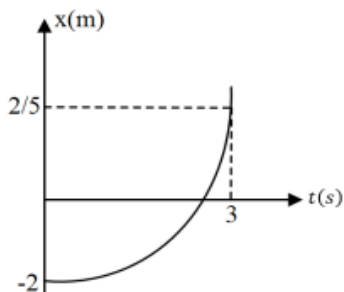
۰/۴ (۴)

۰/۸ (۳)

۱/۲۵ (۲)

۲/۵ (۱)

نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. متحرک در چه لحظه‌ای از مبدأ مکان عبور کرده است؟



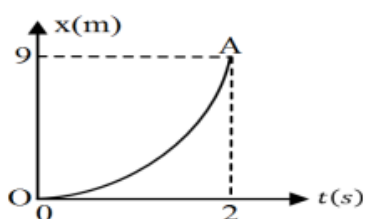
(۱) $0/5$

(۲) 1

(۳) $1/5$

(۴) 2

نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است (قسمتی از یک سهمی) شیب مماس در نقطه‌ی A ، $\frac{3}{2}$ شیب



خط واصل در نقطه‌ی O و A است. سرعت اولیه‌ی متحرک چند $\frac{m}{s}$ است؟

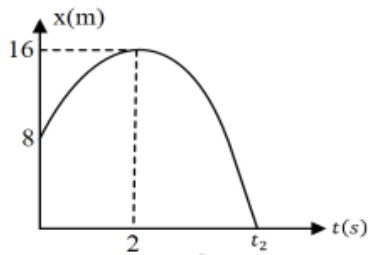
(۱) 5

(۲) $2/5$

(۳) $2/25$

(۴) 10

نمودار مکان - زمان متحرکی با شتاب ثابت رسم شده است. در لحظه t_2 اندازه‌ی سرعت جسم چند $\frac{m}{s}$ است؟



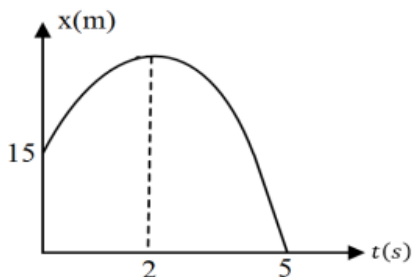
(۲) $8\sqrt{2}$

(۱) ۸

(۴) $10\sqrt{2}$

(۳) ۱۰

شکل روبه‌رو نمودار مکان - زمان متحرکی است که با شتاب ثابت بر روی محور x حرکت می‌کند. بردار مکان این متحرک در لحظه‌ای که جهت حرکت آن تغییر می‌کند کدام است؟



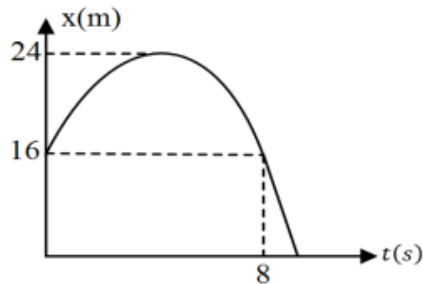
(۲) $24\hat{i}$

(۱) $20\hat{i}$

(۴) $27\hat{i}$

(۳) $25\hat{i}$

نمودار مکان - زمان متحرکی مطابق شکل روبه‌رو است (قسمتی از یک سهمی) در بازه‌ی زمانی ۰ تا ۸s، بزرگی شتاب متوسط و سرعت متوسط در SI کدام است؟ (ریاضی ۹۷)



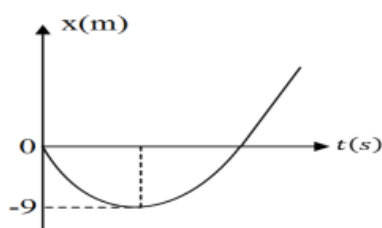
(۲) ۲ و صفر

(۱) ۱ و صفر

(۴) ۲ و ۲

(۳) ۱ و ۱

نمودار مکان - زمان متحرکی که با سرعت ثابت روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر سرعت جسم در مکان $x = ۲۷\text{m}$ برابر $۱۲ \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، سرعت اولیه‌ی متحرک چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟



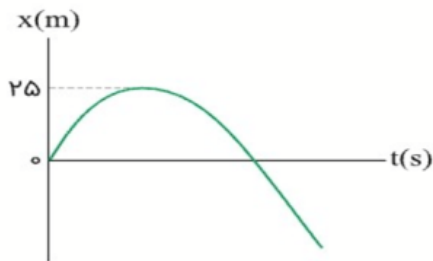
(۲) -۳

(۱) ۳

(۴) ۶

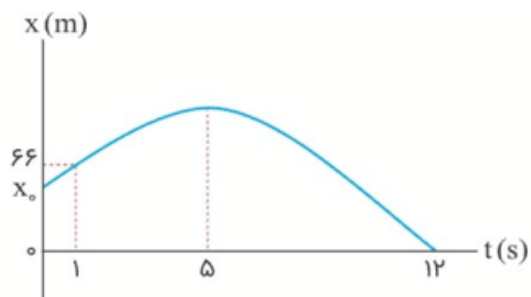
(۳) -۶

نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر تندی متحرک در مکان $x = -375\text{m}$ برابر 40m/s باشد، چند ثانیه بردار مکان متحرک در جهت محور x است؟ (تهرانی خارج از کشور ۱۴۰۱)



- (۱) ۲۰
(۲) ۱۵
(۳) ۱۰
(۴) ۵

نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. مکان اولیه متحرک (x_0) چند متر است؟ (تهرانی ۱۴۰۱)



- (۱) ۵۸
(۲) ۵۲
(۳) ۴۸
(۴) ۴۲



تست

متحرکی روی محور x با شتاب ثابت حرکت می‌کند. اگر سرعت متحرک در لحظه $t = 0$ در جهت محور x باشد و بردار سرعت متوسط در ۱۰ ثانیه اول حرکت برابر $\vec{v}_{av} = (7/5 \frac{m}{s})\vec{i}$ و تندى متوسط در این بازه $8/5 \frac{m}{s}$ باشد، مسافت طی شده در ۲ ثانیه اول حرکت چند متر است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

۳۵ (۴)

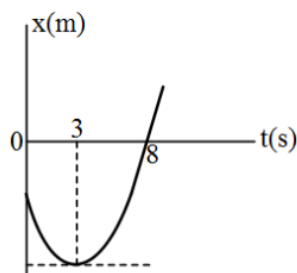
۲۵ (۳)

۱۵ (۲)

۵ (۱)

تست

نمودار مکان - زمان متحرکی که با شتاب ثابت حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. جابه‌جایی متحرک در بازه زمانی $t_1 = 0s$ تا $t_2 = 8s$ چند برابر مسافت طی شده در این بازه زمانی است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)



$\frac{5}{14}$ (۲)

$\frac{5}{17}$ (۱)

$\frac{9}{14}$ (۴)

$\frac{8}{17}$ (۳)

تست

متحرکی با شتاب ثابت روی محور x حرکت می‌کند و در لحظه‌های $t_1 = 3s$ و $t_2 = 5s$ از مبدأ محور عبور می‌کند و در لحظه‌ای که به مکان $x = -1m$ می‌رسد، جهت حرکتش عوض می‌شود. تندى متوسط متحرک از لحظه $t_1 = 0s$ تا $t_2 = 5s$ چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

۶ (۴)

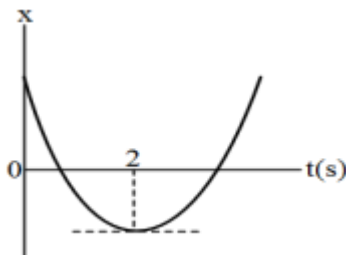
$\frac{17}{5}$ (۳)

۳ (۲)

$\frac{13}{5}$ (۱)

دو متحرک A و B از یک نقطه شروع به حرکت می‌کنند، متحرک A، ۲s زودتر از B شروع به حرکت می‌کند. هر دو در یک زمان به نقطه‌ای به فاصله‌ی 10^3 m نقطه‌ی شروع حرکت می‌رسند، اگر شتاب حرکت متحرک B، $\frac{2}{3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ باشد، زمان حرکت و شتاب متحرک اول را حساب کنید.

نمودار مکان- زمان متحرکی که با شتاب ثابت حرکت می‌کند، مطابق شکل زیر است. اگر سرعت متوسط متحرک در بازه‌ی زمانی $t_1 = 1 \text{ s}$ تا $t_2 = 6 \text{ s}$ برابر $3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد، مسافتی که متحرک در این بازه‌ی زمانی طی می‌کند، چند متر است؟



(تجربیه ۹۹)

۱۵ (۲)

۱۳ (۱)

۱۹ (۴)

۱۷ (۳)

دو متحرک روی محور x از حال سکون با شتاب‌های a و $\frac{9}{16}a$ هم‌زمان از یک نقطه به سوی مقصدی معین به حرکت درمی‌آیند و با فاصله‌ی زمانی ۲ ثانیه به مقصد می‌رسند. زمان حرکت جسمی که زودتر به مقصد می‌رسد، چند ثانیه است؟ (تجربیه ۹۹)

۱۰ (۴)

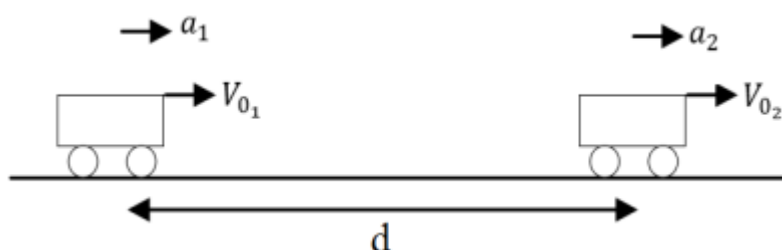
۸ (۳)

۶ (۲)

۴ (۱)

مسائل اتومبیل‌های شتاب‌دار وقتی نسبت به هم دارای حرکت می‌باشند:

فرض کنید دو متحرک با سرعت‌های اولیه‌ی V_{01} و V_{02} با شتاب‌های a_1 و a_2 به دنبال هم در حال حرکت هستند.



نکته



پرسش: متحرکی با سرعت $10 \frac{m}{s}$ و شتاب $1 \frac{m}{s^2}$ از نقطه‌ی B می‌گذرد. در همان لحظه اتومبیل دیگری با شتاب

$5 \frac{m}{s^2}$ و سرعت $5 \frac{m}{s}$ از A می‌گذرد.

(I) معادله‌ی حرکت هر یک از دو متحرک را نسبت به A بنویسید.

(II) پس از چه مدت و در چه مکانی دو متحرک به هم می‌رسند؟

(III) سرعت آن‌ها زمانی که به هم می‌رسند؟

دو متحرک روی خط راست به طرف یکدیگر در حال حرکت هستند. در لحظه‌ای که فاصله‌ی آن‌ها 1125m است، سرعت متحرک اول $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و شتاب آب $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ و حرکتش تندشونده است. در این لحظه سرعت متحرک دوم $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و شتاب $4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ و حرکت آن تندشونده است. پس از چند ثانیه به هم می‌رسند؟

دو متحرک از یک لحظه از دو نقطه‌ی A و B به فاصله‌ی 10m به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند. اولی با سرعت اولیه‌ی $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ و شتاب $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ و از A و B و دومی از حال سکون با شتاب $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ از B به A می‌رود، بعد از چه مدت این دو به هم می‌رسند؟

- | | | | |
|--------|--------------------|--------|--------------------|
| (۱) ۱۰ | (۲) $\frac{10}{3}$ | (۳) ۲۰ | (۴) $\frac{20}{3}$ |
|--------|--------------------|--------|--------------------|

دو قطار بر روی یک ریل با سرعت‌های $30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در خلاف جهت هم در حرکت‌اند. وقتی فاصله‌ی دو قطار 875m می‌رسد، حرکت هر یک از آن‌ها با شتاب $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ کند می‌شود. دو قطار بعد از چند ثانیه به هم برخورد می‌کنند؟

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (۱) ۳۰ | (۲) ۳۵ | (۳) ۱۵ | (۴) ۲۵ |
|--------|--------|--------|--------|

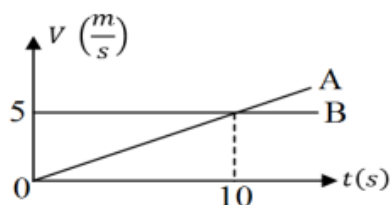
اتومبیلی با سرعت ثابت 10 m/s در حال حرکت است. از d متر جلوتر اتومبیل دیگری از حال سکون با شتاب ثابت 2 m/s^2 شروع به حرکت می‌کند. d چند متر باشد تا دو اتومبیل به هم نرسند؟

(۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) با تمام مقادیر d به هم می‌رسند.

دو اتومبیل با سرعت 15 m/s و 25 m/s روی یک جاده به سمت هم در حال حرکتند. وقتی فاصله دو اتومبیل به 1700 متری می‌رسد با یک شتاب ثابت یکسان حرکت خود را کند می‌کنند، حداقل این شتاب چند m/s^2 باشد تا دو اتومبیل به هم برخورد نکنند؟

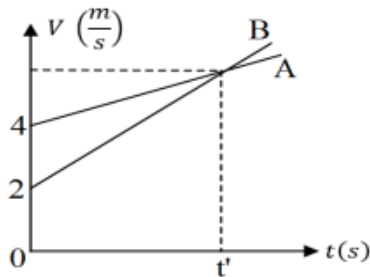
- (۱) $\frac{4}{17}$ (۲) $\frac{1}{5}$ (۳) $\frac{2}{17}$ (۴) $\frac{1}{4}$

شکل مقابل نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B را که روی خط راست از یک نقطه و در یک سو حرکت می‌کنند، نشان می‌دهد. چند ثانیه پس از لحظه $t = 0$ متحرک A به B می‌رسد؟



- (۱) ۲۰ (۲) ۱۵ (۳) ۱۰ (۴) ۵

نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که در $t_0 = 0$ از مبدأ مکان عبور کرده‌اند، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر در لحظه‌ی t' فاصله‌ی دو خودرو از هم $4m$ باشد. شتاب متحرک B چند متر مربع ثانیه از شتاب A بیشتر است؟



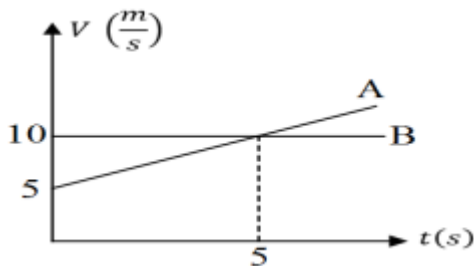
۲ (۲)

۰/۵ (۱)

۳ (۴)

۱ (۳)

نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که بر خط راست حرکت می‌کنند، به صورت روبه‌رو است. اگر متحرک B در مبدأ زمان از متحرک A، $12m$ جلوتر باشد، در چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه دو متحرک به هم می‌رسند؟



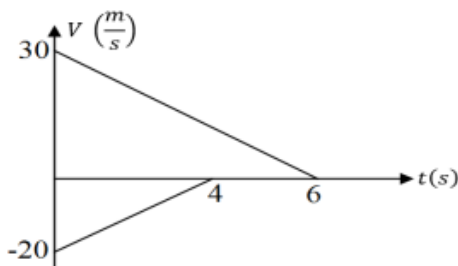
۱۰ (۲)

۵ (۱)

۱۲ (۴)

۲/۴ (۳)

دو قطار در امتداد یک خط راست به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند. نمودار تغییرات سرعت بر حسب زمان دو قطار مطابق شکل است. اگر در لحظه‌ی $t = 0$ فاصله‌ی دو قطار از هم $200m$ باشد، وقتی دو قطار متوقف می‌شوند، چند متر از هم فاصله دارند؟ (فارج تهرانی ۸۷)



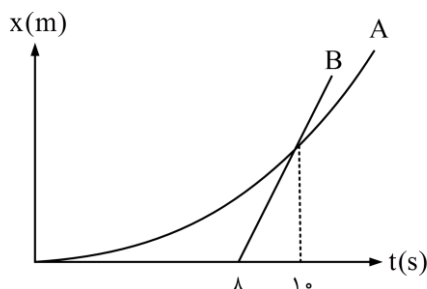
۷۰ (۲)

۲۰ (۱)

۱۵۰ (۴)

۱۰۰ (۳)

نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B که روی محور x حرکت می‌کند مطابق شکل روبه‌رو است. اگر این دو متحرک از مبدأ مکان شروع به حرکت کرده باشند، سرعت متحرک A چند ثانیه پس از شروع حرکتش با سرعت متحرک B برابر می‌شود؟ (متحرک A با شتاب ثابت شروع به حرکت می‌کند)



۱۷ (۲)

۱۳ (۱)

۲۵ (۴)

۲۱ (۳)

قطار A به طول ۲۰۰m با سرعت ثابت $۴۰ \frac{m}{s}$ در حال حرکت است. قطار B به طول ۲۲۵m که روی ریل مجاور توقف کرده است. به محض اینکه قطار A کاملاً از آن عبور کرد، با شتاب ثابت $۲ \frac{m}{s^2}$ در همان جهت حرکت قطار A شروع به حرکت می‌کند و سرعت خود را به $۵۰ \frac{m}{s}$ می‌رساند و با همان سرعت، حرکت خود را ادامه می‌دهد قطار B چند ثانیه پس از شروع حرکت از قطار A سبقت گرفته و از کنار آن کاملاً عبور می‌کند؟ (سراسری ریاضی ۹۲)

۱۰۵ (۴)

۸۰ (۳)

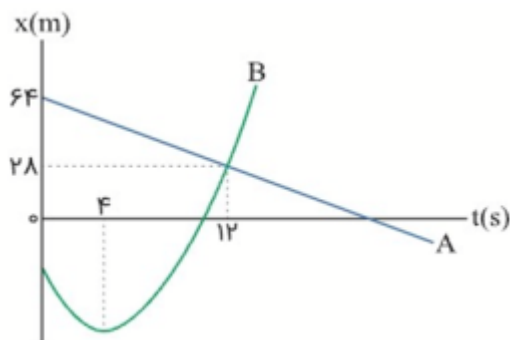
۸۲/۵ (۲)

۵۷/۵ (۱)





نمودار مکان - زمان دو متحرک A و B مطابق شکل به صورت خط راست و سهمی است. در لحظه‌ای که دو متحرک به هم می‌رسند، تندی متحرک B، $\frac{16}{3}$ برابر تندی متحرک A است. لحظه‌ای که جهت بردار مکان B عوض می‌شود، دو متحرک در چند متری از هم قرار دارند؟



۸۸ (۱)

۵۶ (۲)

۴۲ (۳)

۳۴ (۴)

دینامیک فصل ۲

DYNAMIC

DYNAMIC

DYNAMIC

DYNAMIC

DYNAMIC

نیرو: نتیجه‌ی تأثیر متقابل دو جسم بر یکدیگر است. تأثیر دو جسم برهم ممکن است ناشی از تماس دو جسم باشد یا دو جسم از راه دور برهم نیرو وارد کنند.

نکته



نیرو کمیتی برداری است، یعنی دارای بزرگی (اندازه) و جهت است و از محاسبه‌های برداری پیروی می‌کند. بزرگی نیرو را به کمک نیروسنج اندازه‌گیری می‌کنند و یکای SI آن نیوتن (N) است.

انواع نیروهای موجود در طبیعت را که میان کوچکترین ذرات تا بزرگترین ذرات موجود است از نظر عامل پیدایش به چهار نوع تقسیم کرده‌اند:

(۱) نیروی گرانشی:

هر دو جسم با نیروی یکدیگر را جذب می‌کنند که به آن نیروی گرانشی می‌گوئیم. نیروی گرانشی همواره جاذبه است. اندازه این نیرو در صورتی قابل ملاحظه است که حداقل جرم یکی از دو جسم بسیار بزرگ باشد. نیروی وزن اجسام نیروی گرانش زمین بر آن اجسام است.

(۲) نیروی الکترومغناطیسی

(۳) نیروی هسته‌ای قوی

(۴) نیروی هسته‌ای ضعیف

نکته



تمام نیروهایی که با آن‌ها سروکار داریم به جز نیروی وزن بقیه‌ی نیروها از نوع الکتریکی - مغناطیسی هستند مثلاً نیروی اصطکاک، نیروی کشسانی فنر، نیروهای بین مولکولی و ...

قانون اول نیوتن:



یک جسم حالت سکون و یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ می‌کند اگر و تنها اگر برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد.

نکته



از قانون اول می‌توان به این نتیجه رسید که اگر برآیند نیروهایی که به یک جسم وارد می‌شود (نیروی خالص) صفر باشد جسم ساکن همچنان ساکن می‌ماند و اگر در حرکت باشد به حرکت خود با سرعت ثابت روی خط راست ادامه می‌دهد.

لختی (اینرسی):

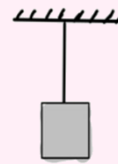
تمایل جسم به حفظ کردن وضعیت (سرعت) خود را لختی آن جسم گویند؛ به عبارت دیگر جسم ساکن می‌خواهد وضعیت سکون خود را حفظ کند و جسم در حال حرکت می‌خواهد بصورت یکنواخت بر خط راست حرکتش را ادامه دهد.

نکته



هر چه جرم یک جسم بیشتر باشد ممانعت آن در مقابل تغییر وضعیت بیشتر است یعنی اینرسی یا لختی آن بیشتر است.

نکته



قانون دوم نیوتن:

هر گاه بر جسمی نیرویی وارد شود، آن جسم در راستای وارد شدن نیرو حرکت کرده و شتاب می‌گیرد بصورتی که خواهیم داشت:

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

نکته



اگر چند نیرو بر یک جسم وارد شده باید از آن نیروها برای آیدگیری کنیم پس با توجه به قانون دوم داریم:

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

تست

سه نیروی ۱۲ و ۶ و ۸ نیوتونی به جسم ۴kg وارد و جسم ساکن است اگر نیروی ۱۲N حذف شود بزرگی شتاب جسم چند $\frac{m}{s^2}$ می‌شود؟



تست

معادله حرکت جسمی در SI بصورت $x = 2t^2 + 4t + 3$ است؛ برآیند نیروهای وارد بر جسم $8N$ باشد. جرم جسم چند گرم است؟

تست

معادله حرکت جسمی در SI بصورت $x = t^3 - 2t^2$ است، چند ثانیه پس از شروع حرکت برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر می‌شود؟

$\frac{4}{3}$ (۴)

$\frac{3}{2}$ (۳)

$\frac{2}{3}$ (۲)

$\frac{3}{4}$ (۱)

تست ۴

سه نیرو هم‌زمان بر وزنه‌ای به جرم $5kg$ اثر می‌کنند. اگر بردار نیروها برحسب نیوتون به صورت $\vec{F}_1 = 2\vec{i} - 5\vec{j}$ و $\vec{F}_2 = 1\vec{i} + 2\vec{j}$ و $\vec{F}_3 = -1\vec{j}$ باشد. بزرگی شتاب حاصل از این نیروها چند متر بر مربع ثانیه خواهد شد؟ (ریاضی شارچ)

(۹۳)

$10\sqrt{2}$ (۴)

۱۰ (۳)

$5\sqrt{2}$ (۲)

۵ (۱)

بر دو جسم ساکن m_1 و m_2 هم‌زمان نیروی خالص $\vec{F} = 6\vec{i} - 8\vec{j}$ وارد می‌شود. پس از t ثانیه سرعت دو جسم به ترتیب $\vec{V}_1 = 9\vec{i} - 12\vec{j}$ و $\vec{V}_2 = 3\vec{i} - 4\vec{j}$ می‌شود. نسبت مسافتی که جسم m_1 در مدت t می‌پیماید به مسافتی که جسم m_2 در این مدت می‌پیماید، کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{3}$ (۲) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (۳) ۳ (۴) $\sqrt{3}$

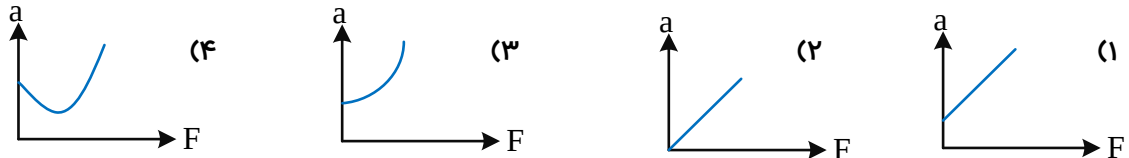
بر جسمی 5kg دو نیروی $\vec{F}_1 = \alpha\vec{i} + \beta\vec{j}$ و $\vec{F}_2 = \beta\vec{i} - \alpha\vec{j}$ وارد می‌شود. اگر اندازه‌ی $\vec{F}_2$ برابر 10N باشد. شتاب حرکت جسم چند $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است؟

- (۱) ۱۰ (۲) $2\sqrt{2}$ (۳) ۵ (۴) $5\sqrt{2}$

جسمی به جرم 1kg تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F}_1 = \vec{i} - \vec{j}$ و $\vec{F}_2$ با سرعت $\vec{V} = \vec{i} + 2\vec{j}$ در صفحه‌ی xoy حرکت می‌کند $\vec{F}$ در SI کدام است؟

- (۱) $-\vec{i} + \vec{j}$ (۲) $2\vec{i} + \vec{j}$ (۳) $-\vec{i} + 3\vec{j}$ (۴) $3\vec{j}$

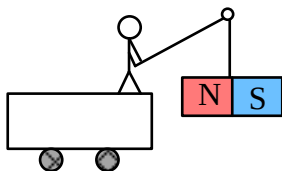
اندازه‌ی نیروی وارد بر جسمی طبق رابطه‌ی $F = t^2 - 2t + 1$ تغییر می‌کند نمودار شتاب حرکت جسم بر حسب نیروی وارد بر آن چگونه است؟



نیروی F به جرم m_1 شتاب 12 و به جرم m_2 شتاب 6 این نیرو به جرم $m_2 - m_1$ چه شتابی می‌دهد؟

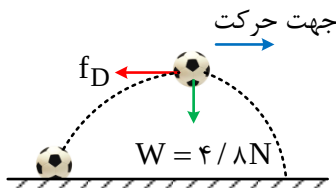
- (۱) ۴ (۲) ۸ (۳) ۱۲ (۴) ۱۸

مطابق شکل مقابل شخصی بر روی یک ارابه‌ی آهنی قرار می‌گیرد. آهنربایی را در مقابل ارابه قرار می‌دهد. در این صورت چه اتفاقی برای مجموعه می‌افتد؟ (از اصطکاک با سطح زمین صرف نظر شود)



- (۱) حرکت نمی‌کند
(۲) شروع به حرکت می‌کند
(۳) حرکت می‌کند
(۴) بسته به جرم آن ممکن است حرکت کند یا حرکت نکند

شکل زیر، نیروهای وارد بر توپی را در بالاترین نقطه مسیرش نشان می‌دهد که در آن $\vec{f}_D$ نیروی مقاومت هوا و $\vec{W}$ وزن توپ است. اگر بزرگی شتاب در این لحظه $\frac{65}{6} \frac{m}{s^2}$ باشد، f_D چند نیوتن است؟ (از نیروهای دیگر وارد بر توپ صرف نظر کنید و $g = 10 \frac{m}{s^2}$ (ریاضی ۹۹))



- (۱) ۱ (۲) ۱/۵ (۳) ۲ (۴) ۲/۵



هر گاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم به جسم اول نیرویی هم‌اندازه، هم‌راستا و در خلاف سوی آن وارد می‌کند.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \rightarrow |F_1| = |F_2|$$

نکته



معمولاً نیروی جسم اول به جسم دوم را نیروی کنش (عمل) می‌نامیم و نیروی جسم دوم که بر جسم

اول وارد می‌شود را واکنش (عکس‌العمل) می‌نامیم.

نیروهای عمل و عکس‌العمل هرکدام به دو جسم جداگانه اثر می‌کنند بنابراین نمی‌توان نیروهای عمل

و عکس‌العمل را برآیندگیری کرد یعنی نمی‌توان گفت که برآیند آن‌ها صفر است.

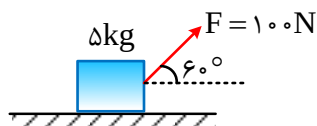
این دو نیرو هم‌زمان به وجود می‌آیند و هم‌زمان از بین می‌روند.

این دو نیرو هم‌نوع هستند، به عنوان مثال یا هر دو گرانشی هستند یا هر دو الکتریکی و ...

پرسش: جسمی روی یک سطح افقی ساکن است؛ چه نیروهایی بر جسم وارد می‌شود؛ واکنش آن‌ها چیست؟



مثال: در شکل زیر اگر از اصطکاک با سطح افقی صرف‌نظر شود مشخص کنید بعد از ۴S سرعت متحرک که از



حال سکون بحث شده است چند $\frac{m}{s}$ است؟

تست

دو ذره‌ی باردار یکی جرم ۱۵g و بار ۳μC و دیگری به جرم ۱۲g و بار q_۲ در فاصله‌ی ۶۰cm هم قرار می‌دهیم و سپس رها می‌کنیم. اگر در لحظه‌ای که دو جسم رها می‌شوند شتاب حرکت ذره ۱۲g $\frac{m}{s^2}$ باشد، در لحظه‌هایی

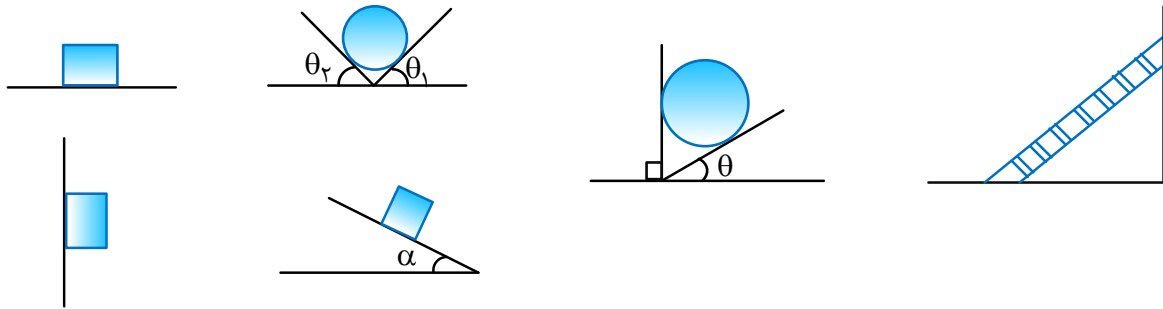
که فاصله دو ذره از هم ۳۰cm است. شتاب ذره ۱۵g چند $\frac{m}{s^2}$ است؟ $(k = 9 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2})$

نیروی عمودی سطح:

برای سطح دو نیرو مطرح است:

- ۱- نیروی عمودی سطح
- ۲- نیروی مماسی سطح (اصطکاک)

وقتی که جسمی به سطحی تکیه کند آن سطح نیروی عمودی به جسم وارد می کند که به آن نیروی عمودی سطح و یا نیروی عمودی تکیه گاه گوئیم.



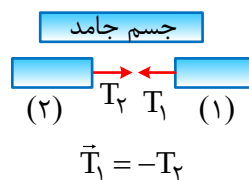
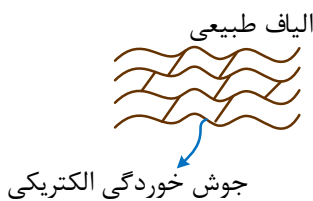
نیروی کشش جامدات پیوسته (میله - نخ - طناب - سیم و ...)

می دانیم هر طناب از الیافی به هم تابیده درست شده که جوش خوردگی های موقت الکتریکی می خواهد مانع سر خوردن الیاف کنار هم شود. اگر طناب کشیده شود به دو سر آن نیرویی وارد می شود اندازه ی کشش نخ در یک نقطه معادل اندازه نیرویی است که اگر به ریسمان پاره شد در آن نقطه وارد سیستم وضعیت قبل از پاره شدن طناب را داشته باشد.

نکته

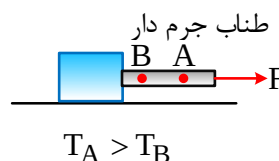
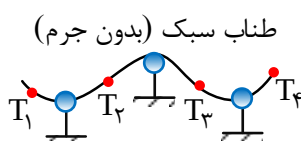


اگر طناب سبک باشد و بتواند به آزادی و بدون اصطکاک حرکت کند کشش در همه ی نقاط آن برابر است. اما اگر طناب جرم داشته باشد، هر چه یک نقطه جرم بیشتری را به دنبال خود بکشد کشش طناب در آن نقطه بیشتر است.

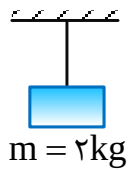


نیروی گرانش ۲ بر ۱ $\vec{T}_1$

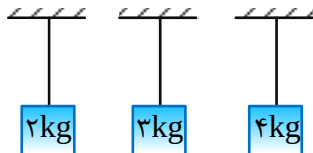
نیروی گرانش ۱ بر ۲ $\vec{T}_2$



مثال؟ در شکل زیر کشش طناب را با فرض آنکه برای طناب جرمی قائل نیستیم محاسبه کنید.



پرسش؟ طناب یکسان بدون جرمی را در سه آزمایش مختلف به جرم‌های متفاوت وصل می‌کنیم (شرایط فیزیکی

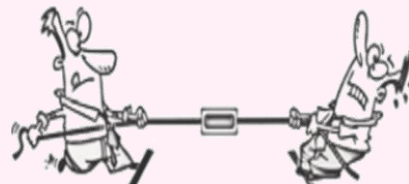
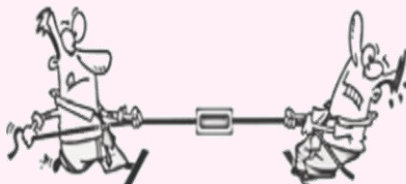
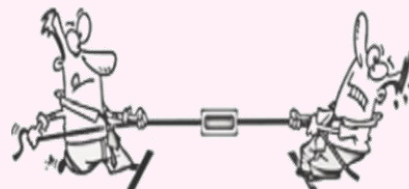
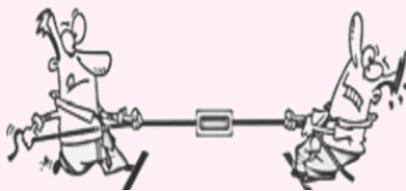


طناب در هر سه آزمایش یکسان است)

الف) کشش طناب را در هر آزمایش محاسبه کنید.

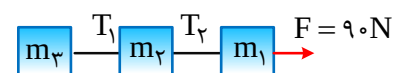
ب) نتیجه فیزیکی محاسباتتان را بیان کنید.

نکته

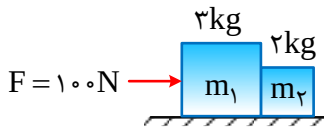


مثال؟ در شکل زیر از اصطکاک و جرم طناب صرف نظر می‌کنیم؛ شتاب حرکتی دستگاه و کشش نخ‌ها را به دست

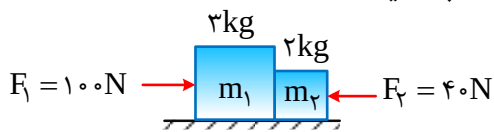
آورید.



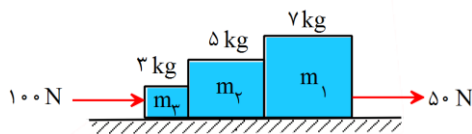
مثال؟ در شکل زیر از اصطکاک صرف نظر نموده، شتاب حرکت دستگاه و نیروی m_2 بر m_1 (نیروی تماس) برآیند نیروهای وارد بر m_1 و برآیند نیروهای وارد بر m_2 را به دست آورید.



مثال؟ در شکل زیر شتاب حرکت و نیروی تماسی m_2 بر m_1 را محاسبه کنید.



مثال؟ در شکل زیر جهت و اندازه نیروی ۲ بر ۳ را مشخص کنید.



نکته

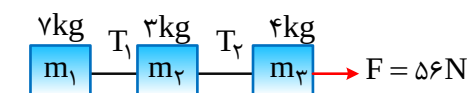


آگر

تست

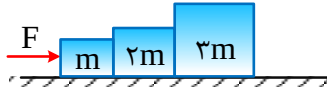
در شکل روبه‌رو دستگاه با سرعت ثابت $\frac{m}{s}$ در حال حرکت است. اگر ضریب اصطکاک همه

سطوح تماس μ_k باشد. $T_2 - T_1$ چند نیوتون است؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$ و جرم نخ ناچیز است)



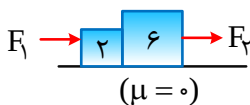
۱۶ (۲)	۱۲ (۱)
۴۰ (۴)	۲۸ (۳)

در شکل روبه‌رو نیروی افقی F سیستم را از حال سکون به حرکت درمی‌آورد نیرویی که در این حالت وزنه‌های m و $2m$ به هم وارد می‌کنند F' ، و نیرویی که وزنه‌های $2m$ و $3m$ به هم وارد می‌کنند F'' است. کدام رابطه درست است؟ (تجربی ۹۵)



- (۱) $F > F' > F''$
 (۲) $F < F' < F''$
 (۳) $F > F' = F''$
 (۴) $F = F' = F''$

در شکل روبه‌رو نیروهای اصطکاک ناچیز هستند اگر اندازه‌ی نیروها در SI و در لحظه‌ی t برابر $F_1 = 2t + 3$ و $F_2 = 7t + 4$ باشد. در چه لحظه‌ای بر حسب S دو وزنه از یکدیگر جدا می‌شوند؟



- (۱) $2/5$
 (۲) 3
 (۳) 5
 (۴) 6

$$a_2 \geq a_1 \rightarrow a_2 - a_1 \geq 0 \rightarrow \frac{7t+4}{6} - \frac{2t+3}{2} \geq 0 \rightarrow t \geq 5 \quad \boxed{t=5s}$$

تا وقتی با هم هستند سرعت و شتاب یکسانی دارند.

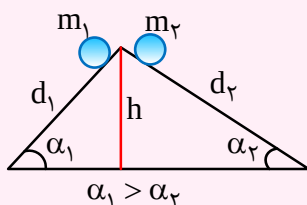
جسمی به جرم 1 kg از ارتفاع 5 m روی توده‌ی شنی می‌افتد اگر جسم 5 m در شن فرو رود و در حرکت با شتاب ثابت متوقف شود اندازه‌ی نیرویی که توده‌ی شنی به جسم وارد می‌کند چند N است؟ (ارشر فیزیک)

- (۱) 1010
 (۲) 1000
 (۳) 250
 (۴) 10

نکته



در شکل زیر دو جسم روی سطح شیب‌دار بدون اصطکاک پایین می‌آیند (از حال سکون)



(۱) مقایسه شتاب

(۲) مقایسه‌ی سرعت رسیدن

(۳) مقایسه زمان رسیدن پایین سطح

فنر و بررسی آن:

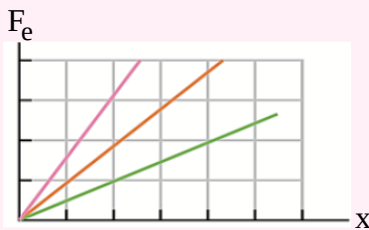
فنر از جمله وسایلی است که می‌تواند در دینامیک کاربرد اساسی داشته باشد و مهمترین ویژگی آن ثابت فنر - کشیدگی و یا فشردگی فنر و همچنین نیروی فنر است که می‌توان این نیرو را از رابطه‌ی کلی زیر بدست آورد.

$$F = K\Delta x$$

نکته



ثابت فنر به موارد زیر وابسته است:



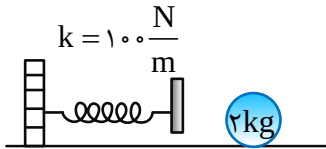
(۲) قطر حلقه‌ها

(۱) تعداد حلقه‌های فنر

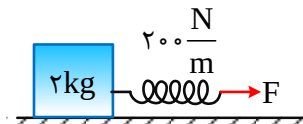
(۴) ضخامت حلقه‌ها

(۳) جنس یا ترکیب

مثال؟ مطابق شکل گلوله‌ای به جرم 2 kg با سرعت ثابت $\frac{72}{h}\text{ km}$ به فنر برخورد می‌کند و بعد از 2 s متوقف می‌شود مشخص کنید؛ حداکثر فشردگی فنر چند سانتی‌متر است؟



مثال؟ در شکل زیر اگر متحرک بعد از 50 m حرکت سرعتش به $\frac{72}{h}\text{ km}$ از حال سکون رسیده باشد مشخص کنید کشیدگی فنر چند سانتی‌متر است؟



نکته



✧ مطابق شکل جسمی به جرم m را به فنری که به سقف متصل است آویخته و جسم در حال تعادل است.



✧ اگر به انتهای فنری وزنه‌ی w_1 را بیاویزیم طول فنر به x_1 برسد و به ازای وزنه‌ی w_2 طول فنر به x_2 برسد برای به دست آوردن ضریب سختی فنر می‌توان:

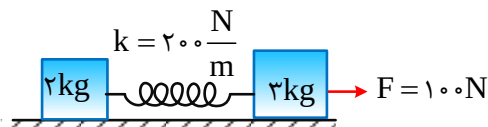
؟ مثال: از یک فنر سبک در حالت قائم وزنه‌ای 200 g آویزان می‌کنیم. طول فنر در حالت تعادل به 16 cm می‌رسد و اگر از آن وزنه‌ی 500 g آویزان کنیم طول فنر به 22 cm می‌رسد. ثابت این فنر چند $\frac{\text{N}}{\text{m}}$ است؟ و طول اولیه‌ی فنر را محاسبه کنید.

تجربیت

ورزشکاری دو انتهای فنری را که ضریب ثابت آن $250 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ است را کشیده و 40 cm افزایش طول در آن ایجاد کرده است. نیرویی که فنر به هریک از دست‌های او وارد می‌کند چند نیوتون است؟

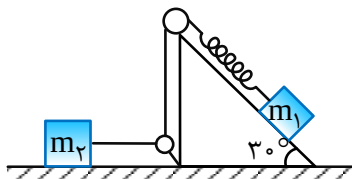
تجربیت

در شکل زیر تغییر طول فنر را محاسبه کنید. از جرم فنر و اصطکاک‌ها صرف‌نظر کنید.



تجربیت

در شکل زیر از اصطکاک و جرم نخ‌ها صرف‌نظر کنید. فنر k چند سانتی‌متر کشیده می‌شود. ($K = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$)





تجربیت

در شکل مقابل سه وزنه‌ی مشابه که جرم هر کدام 1 kg است به هم بسته در شده و بالاتر از سطح زمین نیروی 12 N در راستای قائم بر آن‌ها وارد می‌شود. بر آیند نیروهای وارد بر وزنه‌ی وسط چند نیوتون است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

$$F = 12\text{ N}$$

m_1

m_2

m_3

۱۳ (۴)

۶ (۳)

۴ (۲)

۱ (۱)

تجربیت

مطابق شکل دو جسم A و B با طناب سنگین و یکنواختی به جرم 2 kg به هم متصل هستند، نیروی رو به بالای $F = 100\text{ N}$ به جسم A وارد می‌شود. نیروی کشش در وسط طناب چند نیوتون است؟

$$F = 100\text{ N}$$

A

B

$$(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}} ; m_B = 2\text{ kg} ; m_A = 4\text{ kg})$$

۶۲/۵ (۴)

۴۲ (۳)

۳۷/۵ (۲)

۳۶ (۱)

تجربیت

مطابق شکل وزنه‌های m_1 و m_2 را با یک ریسمان نازک به هم بسته و آن‌ها را رها می‌کنیم تا سقوط کنند. نیروی کشش نخ در زمان سقوط چند نیوتن است؟

m_1

m_2

جسمی به جرم 5 kg بر اثر نیروی ثابت $\vec{F}$ از حال سکون با شتاب $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند و پس

از $S = 10$ نیروی F حذف می‌شود:

الف) مقدار نیروی F چند نیوتن است؟

ب) جسم تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟ (مقاومت هوا ناچیز)

مطابق شکل یک زنجیر که از ۵ حلقه مشابه تشکیل شده و جرم هر حلقه 200 g است. توسط نیروی $F = 12\text{ N}$ رو به بالا کشیده می‌شود. اندازه نیرویی که حلقه‌ی سوم به حلقه‌ی چهارم وارد می‌کند چند نیوتن است؟ (مشابه ریاضی ۹۰ و

ریاضی خارج ۹۴)



وزنه‌ای به جرم 2 kg را با طناب سبکی با شتاب $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ تندشونده رو به بالا می‌کشیم. اگر نیروی کشش طناب را دو

برابر کنیم، شتاب حرکت جسم چند برابر می‌شود؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (ریاضی ۹۹)

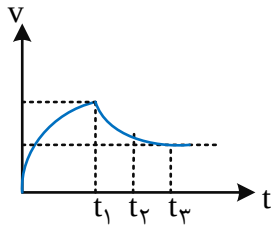
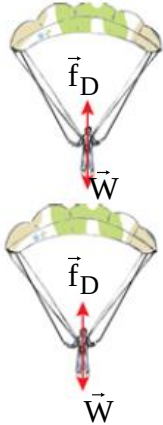
۲ (۴)

۴ (۳)

۷ (۲)

۱۴ (۱)

نیروی مقاومت شاره:



نمودار مقابل تغییرات تندی یک چتر باز را نشان می‌دهد.

(۱) چتر باز در لحظه‌ی t_1 به تندی حدی بدون چتر خود رسیده است.

(۲) در لحظه‌ی t_2 بزرگ نیروی مقاومت هوا از بزرگی نیروی وزن بیشتر

(۳) بزرگی نیروی مقاومت هوا در لحظه‌های t_1 و t_3 با هم برابر است.

(۴) در لحظه‌ی t_3 اقدام به باز کردن چتر خود می‌کند و به سرعت حدی می‌رسد.

تمرین کتاب: چتر بازی به جرم 60 kg مدتی پس از یک پرش آزاد چترش را باز می‌کند ناگهان نیروی مقاومت هوا به 1140 N افزایش می‌یابد. شتاب چتر باز را در این حالت به دست آورید و حرکت آن را تحلیل کنید.

$$f - mg = ma \quad 1140 - 60 = ma \Rightarrow a = 9 \quad \text{رو به بالا}$$

شتاب بر خلاف حرکت پس حرکت کند شونده و تندی به تدریج کاهش یافته و مقاومت هوا نیز کم می‌شود تا جایی که $f = mg$ ← نیروها متوازن می‌شود ← تندی ثابت تندی حدی پایین می‌رود.

$$\text{چتر باز} \quad 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{باران} \quad 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

تمرین کتاب: دو گوی هم‌اندازه که جرم یکی m و دیگری $2m$ از بالای برجی به ارتفاع h بطور همزمان رها می‌کنیم.

- اگر مقاومت هوا ثابت و یکسان باشد بحث کنید.

- اگر مقاومت هوا نباشد



اصطکاک حاصلضرب ضریب تماس (μ) در برآیند نیروهای عمود بر سطح نشین (N) می‌باشد. و می‌توان آن را از رابطه‌ی کلی زیر به‌دست آورد:

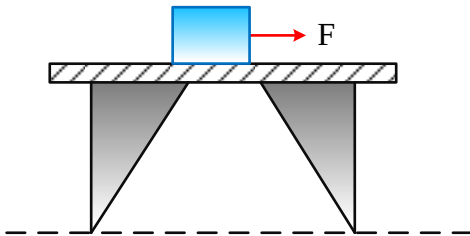
$$f = \mu N$$

نیروی اصطکاک: f

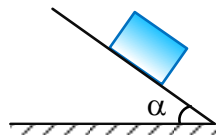
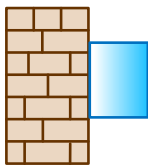
○ نیروی اصطکاک ایستایی $f_s \leftarrow$

○ نیروی اصطکاک در آستانه حرکت $f_{s_{\max}} \leftarrow$

○ نیروی اصطکاک لغزشی (جنبشی) $f_k \leftarrow$



I **نیروی اصطکاک ایستایی (f_s):** هر گاه به جسمی نیرو وارد شود و بخواهد آن را به حرکت درآورد ولی قادر به حرکت در آوردن جسم نباشد، نیروی اصطکاک تولید شده را اصطکاک ایستایی گوئیم.



II نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت ($f_{s_{\max}}$) $\leftarrow$

اگر جسمی در سطحی قرار داشته باشد، چنانچه نیروی کششی موازی سطح به تدریج زیاد شود تا جسم در آستانه‌ی حرکت قرار گیرد. اصطکاک ایستایی به بیشترین مقدار خود می‌رسد که به آن نیروی اصطکاک در آستانه‌ی حرکت می‌گویند و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.



III نیروی اصطکاک جنبشی (لغزشی) f_k :

هر گاه جسمی بر روی سطحی در حال لغزش باشد نیروی اصطکاک وارد بر جسم را اصطکاک جنبشی گوئیم که این نیرو از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.



؟ مثال: در شکل مقابل ضریب اصطکاک در آستانه حرکت و ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح افق به

$m = 4 \text{ kg}$

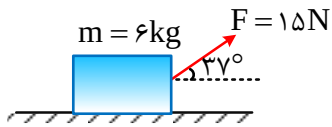
$F = 20 \text{ N}$

$\mu_k = 0.3$

ترتیب ۰/۶ و ۰/۴ است. نیروی اصطکاک بین جسم و سطح افق چند نیوتن است؟



مقال: در شکل مقابل اگر ضریب اصطکاک بین جسم و سطح $1/5$ باشد. نیروی اصطکاک چند نیوتن است؟



توجه



اگر در مسئله خواستید نیروی اصطکاک را محاسبه کنید باید مشخص کنید جسم در کدام وضعیت قرار دارد. حال اگر وضعیت جسم مشخص نباشد ابتدا باید با توجه به رابطه $f_{s\max} = \mu_s N$ مقدار $f_{s\max}$ را محاسبه کرد

و ...

-۱

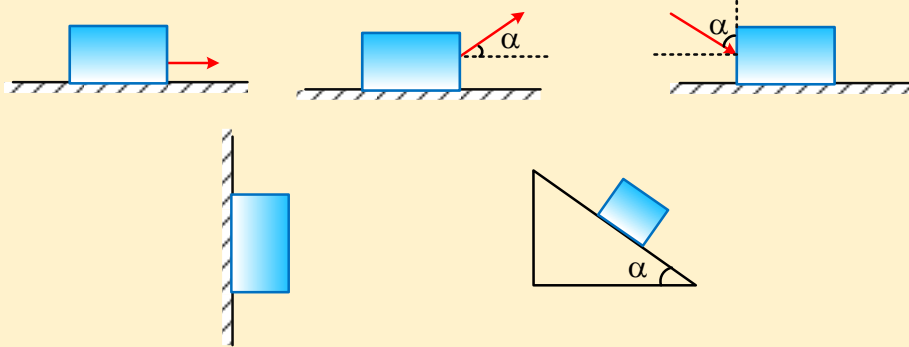
-۲

-۳

تذکر



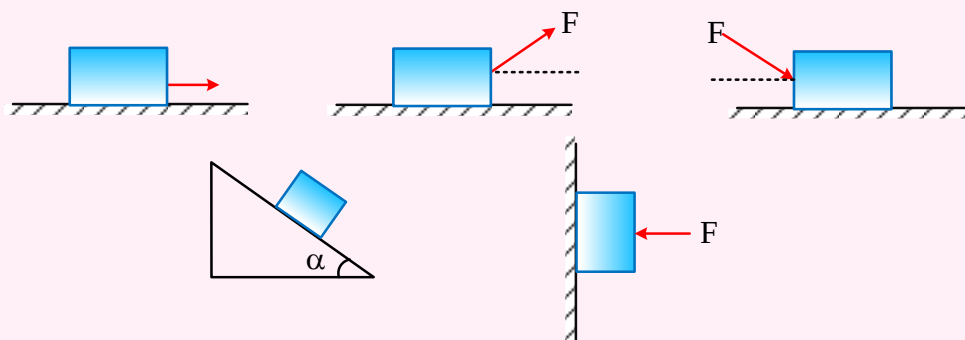
اگر بخواهیم نیروی حرکت دهنده در اشکال پنج گانه را مورد بحث و بررسی قرار دهیم می توان آن ها را بصورت کلی زیر در نظر گرفت:



نکته



بررسی اصطکاک در اشکال پنج گانه:





$\mu_s \geq \mu_k$ است.

عواملی که نیروی اصطکاک f_k ، $f_{s \max}$ به آن‌ها بستگی دارند.

۱- به مساحت سطح واقعی تماس دو جسم بستگی دارد.

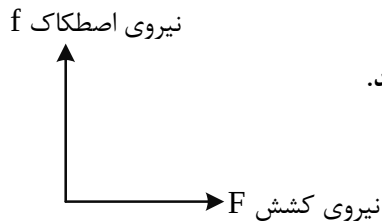
۲- نیروی عمودی تکیه گاه

۳- به جنس سطح تماس دو جسم و همچنین صیقلی بودن و یا زبری سطوح

۴- به دمای دو جسم و میزان رطوبت هوا بستگی دارد.



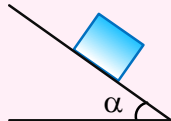
پرسش: جسمی را روی سطح افقی قرار دهید و آن را با یک نیروی افقی بکشید و به تدریج نیروی F را افزایش دهید تا اینکه جسم در آستانه‌ی حرکت قرار گیرد و سپس حرکت کند. بطور کیفی نمودار تغییراتی نیروی اصطکاک را بر حسب نیروی کشش رسم کنید.



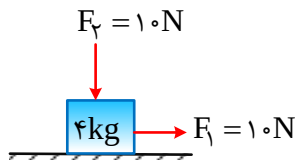
جسمی بر روی سطح که شیب آن نسبت به افق قابل تغییر است قرار دارد. اگر به تدریج زاویه‌ی سطح با

افق زیاد شود در لحظه‌ای که جسم در آستانه‌ی حرکت قرار می‌گیرد شیب سطح $\tan \alpha = \mu_s$ می‌شود.

* α زاویه‌ای است که به واسطه‌ی آن جسم



در شکل زیر، دو نیروی افقی و قائم به جسم وارد می‌شود و جسم روی سطح افقی با سرعت ثابت حرکت می‌کند و نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویه‌ی θ_1 با سطح افقی می‌سازد. اگر نیروی F_y را خلاف جهت نشان داده شده در شکل به جسم وارد کنیم، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، زاویه‌ی θ_2 با سطح افقی می‌سازد، کدام درست است؟ (تجربیه ۹۹)

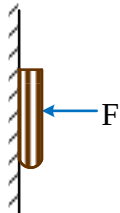


$$\theta_2 = \theta_1 = 90^\circ \quad (2)$$

$$\theta_2 = \theta_1 < 90^\circ \quad (1)$$

$$\theta_2 > \theta_1 \quad (4)$$

$$\theta_2 < \theta_1 \quad (3)$$



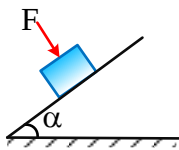
پرسش: کتابی را مانند شکل روبه‌رو به دیوار فشرده و ثابت نگه می‌داریم...

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

ب) اگر کتاب را بیشتر به دیوار فشار دهیم آیا نیروی اصطکاک تغییر می‌کند؟ با این کار چه نیرویی افزایش می‌یابد؟

تجربیت

جسمی به جرم m بر روی سطح شیب‌داری ساکن است و نیروی F که امتداد آن بر سطح شیب‌دار عمود است بر جسم وارد شده است. نیروی اصطکاک بین جسم و سطح برابر کدام گزینه است؟

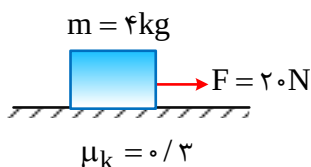


(۱) $\mu_s mg \cos \alpha$ (۲) $\mu_s (mg \cos \alpha + F)$

(۳) $mg \sin \alpha$ (۴) $\mu_s mg \cos \alpha + F$

تجربیت

در شکل مقابل جسمی از حال سکون و در مسیر افقی و در لحظه‌ی $t = 0$ تحت نیروی ثابت به حرکت درمی‌آید و بعد از $3s$ نخ بسته شده به جسم پاره می‌شود. کل مسافتی که جسم در شروع حرکت تا لحظه‌ی ایستادن طی می‌کند چند متر است؟



تجربیت

در شکل زیر به سطح بدون اصطکاک وزنه‌ها از حال سکون توسط نیروی افقی به حرکت درمی‌آیند بعد از مدت $5s$ نخ کوتاه بین وزنه‌ها پاره می‌شود. فاصله‌ی وزنه‌ها بعد از $10s$ از شروع حرکت چند متر می‌شود؟



چوب مکعب شکلی به جرم 5 kg را به نخ بسته و با نیروی ثابت و افقی 15 N روی سطح افقی می کشیم و از حال سکون به حرکت درمی آوریم و بعد از 2 ثانیه نخ پاره می شود. اگر ضریب اصطکاک جنبشی 0.2 باشد، کل

مسافتی که چوب از ابتدای حرکت تا لحظه ایستادن طی می کند، چند متر است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (سراسری ۱۴۰۰ ریاضی)

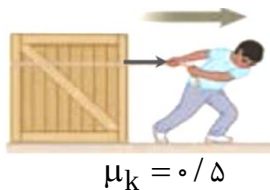
۳ (۴)

۲/۵ (۳)

۲ (۲)

۱/۵ (۱)

100 kg را از حال سکون به حرکت درمی آورد و پس از 4 s طناب پاره می شود. مسافتی که جعبه از شروع حرکت تا



توقف طی می کند، چند متر است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (تجربی ۹۹)

۲/۴ (۲)

۲/۲ (۱)

۴/۴ (۴)

۴/۲ (۳)

دو وزنه A و B با سرعت اولیه ی یکسان مماس بر سطح افقی پرتاب می شوند. اگر جسم وزنه ی A نصف جرم وزنه ی B و ضریب اصطکاک وزنه ی B باشد. مسافتی که وزنه A طی می کند تا بایستد چند برابر مسافتی است که

وزنه ی B طی می کند تا بایستد؟ (سراسری ۹۵)

$\frac{1}{2}$ (۴)

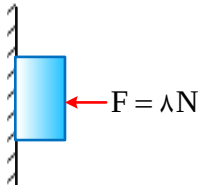
$\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۳)

۱ (۲)

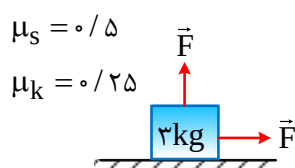
۲ (۱)



در شکل مقابل با نیروی افقی ۸N جسمی به وزن ۵N را به یک دیوار قائم می‌فشاریم اگر ضریب اصطکاک ایستایی و جنبشی جسم به دیوار به ترتیب ۰/۶ و ۰/۵ باشد، نیرویی که از طرف دیوار بر جسم وارد می‌شود چند نیوتن است؟



در شکل زیر، جسمی روی سطح افقی در آستانه حرکت قرار دارد و دو نیروی افقی و عمودی هم‌اندازه $\vec{F}$ به آن وارد می‌شود. اگر اندازه نیروهای $\vec{F}$ هر کدام ۴ نیوتن کاهش یابند، نیروی اصطکاک چند نیوتن می‌شود؟



$$\mu_s = 0.5$$

$$\mu_k = 0.25$$

$$(g = 10 \frac{m}{s^2}) \text{ (تقریبی ۱۴۰۰)}$$

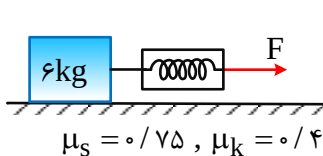
$$6 \quad (2)$$

$$13 \quad (4)$$

$$4 \quad (1)$$

$$6.5 \quad (3)$$

در شکل زیر، جسم روی سطح افقی ساکن است. اگر با نیروسنج، نیروی افقی $F = 25N$ بر آن وارد کنیم، نیرویی



$$\mu_s = 0.75, \mu_k = 0.4$$

که جسم به سطح افقی وارد می‌کند، چند نیوتن است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ (ریاضی ۱۴۰۰)

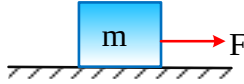
$$12\sqrt{29} \quad (2)$$

$$75 \quad (4)$$

$$15\sqrt{13} \quad (1)$$

$$65 \quad (3)$$

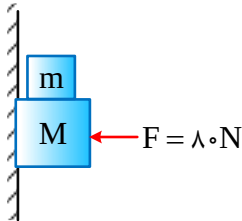
مطابق شکل زیر، به جسمی به جرم 36 kg که روی سطح افقی ساکن است، نیروی افقی $F = 177\text{ N}$ وارد می‌شود و تندی جسم 4 ثانیه پس از شروع حرکت به $\frac{3}{5}\text{ m/s}$ می‌رسد. نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، چند نیوتن



است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (سراسری تهرانی ۱۴۰۰)

- (۱) 360 (۲) 390
(۳) 400 (۴) 500

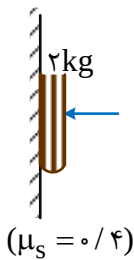
در شکل مقابل $M = 1\text{ kg}$ ، توسط نیروی افقی F به دیوار قائم فشرده و ثابت نگه داشته است جسمی به جرم m قرار می‌دهیم؛ ضریب اصطکاک ایستایی بین سطح جسم M و دیوار $0/2$ است.



الف) نیروی وارد بر M را رسم کنید.

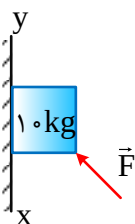
ب) بیشینه m چقدر باشد تا جرم M در آستانه حرکت قرار گیرد.

کتابی به جرم 2 kg مطابق شکل توسط نیروی F به دیواری تکیه داده شده است؛ حداقل نیروی F برای نگه داشتن کتاب چند نیوتن است؟



$(\mu_s = 0/4)$

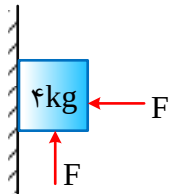
مطابق شکل روبه‌رو نیروی $\vec{F} = -8\hat{i} + 6\hat{j}$ بر جسمی به جرم 1 kg که در ابتدا ساکن بوده است وارد می‌شود اگر ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و دیوار $0/45$ و ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و دیوار $0/4$ باشد. کدام گزینه نحوه‌ی حرکت جسم را به‌درستی نشان می‌دهد؟



- (۱) ساکن (۲) با سرعت ثابت پایین
(۳) با شتاب ثابت $0/8$ پایین (۴) با شتاب $7/2$ به سمت بالا

تست

در شکل زیر، جسم در آستانه حرکت روبه بالا قرار دارد و نیرویی که جسم به سطح وارد می کند، برابر R است. اگر F را 20 N کاهش دهیم، نیرویی که سطح به جسم وارد می کند، برابر R' می شود، $\frac{R'}{R}$ کدام است؟

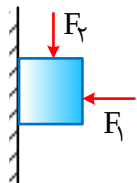


$(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (سراسری تیرگی ۱۴۰۰) $\mu_s = 0.5, \mu_k = 0.2$

- (۱) $\frac{\sqrt{2}}{4}$ (۲) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۳) $\frac{\sqrt{5}}{2}$ (۴) $\frac{\sqrt{5}}{4}$

تست

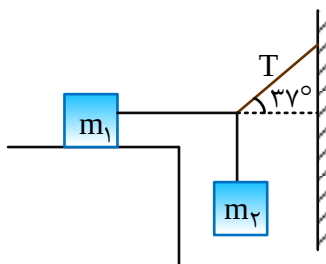
قطعه چوبی به جرم 250 گرم با نیروی افقی F_1 مطابق شکل زیر، به دیوار قائم فشرده شده است. اگر با وارد کردن نیروی $F_2 = 3/5\text{ N}$ ، چوب در آستانه لغزش قرار گیرد و در این حالت نیرویی که دیوار به چوب وارد می کند، 10 N باشد، ضریب اصطکاک ایستایی بین دیوار و چوب، چقدر است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (تیرگی ۱۴۰۱)



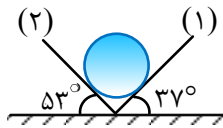
- (۱) 0.75 (۲) 0.6 (۳) 0.5 (۴) 0.25

تست

در شکل مقابل اگر ضریب اصطکاک ایستایی $m_1 = 4\text{ kg}$ با سطح افق 0.5 باشد، جرم وزنه m_2 چند kg باشد تا m_1 در آستانه لغزش قرار گیرد، در این حالت نیروی کشش نخ T چند نیوتن است؟

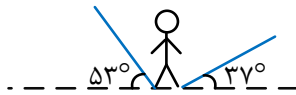


یک کره فلزی به وزن 40 N درون ناوهای با دیوارهای صیقلی قرار دارد. نیرویی که کره فلزی به دیوار (۱) وارد می‌کند چند نیوتن است؟

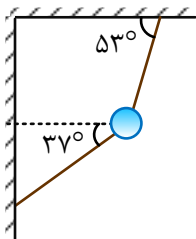


- (۱) ۲۴
(۲) ۳۲
(۳) ۴۰
(۴) ۴۸

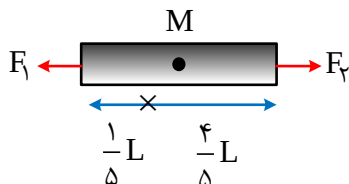
یک بازیگر سیرک به جرم 60 kg مطابق شکل روی طنابی در حال تعادل است. نیروی کشش طناب را حساب کنید.



در شکل تمامی نخ‌هایی که به گره وصل شده‌اند همسان هستند و حداکثر کششی که می‌تواند تحمل کنند 360 N است. حداکثر W برای اینکه هیچ نخ پاره نشود چقدر است؟



تست: در شکل زیر یک میله همگن توسط دو نیرو کشیده می‌شود. نیروی کشش در نقطه M کدام است؟



- (۱) $\frac{2F_1 + 3F_2}{5}$
(۲) $\frac{F_1 + 4F_2}{5}$
(۳) $\frac{4F_1 + F_2}{5}$
(۴) $\frac{F_1 + F_2}{5}$

وزنه‌ای به جرم 2 kg را به انتهای فنری به طول 30 cm می‌بندیم و آن را بار اول با شتاب روبه بالای $2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ در راستای قائم بالا می‌بریم و طول فنر به 42 cm می‌رسد. بار دیگر این وزنه را به همین فنر بسته و آن را روی سطح افقی در راستای افق با شتاب $2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ به حرکت درمی‌آوریم، اگر در این حالت طول فنر به 36 cm برسد. ضریب اصطکاک

جنبشی جسم با سطح افقی چقدر است؟ $(g = 10\frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (ریاضی ۹۹)

۰/۵ (۴)

۰/۴ (۳)

۰/۳ (۲)

۰/۲ (۱)

آیا می‌شود اصطکاک محرک جسم باشد؟

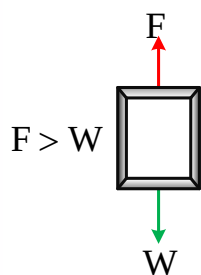


پرتاب جسم روی سطح افقی

آسانسور و بررسی ویژگی‌های آن:

آسانسور وسیله‌ای است که می‌تواند در دو راستای قائم بالا و پایین حرکت کند و در هر کدام دارای ویژگی‌های خاصی بوده که این ویژگی‌ها به قرار زیر است:

(I) آسانسور به سمت بالا حرکت کند:



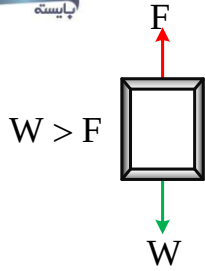
در این حالت نیروی موتور، نیروی بالابرنده و وزن کابین نیروی بازدارنده در نظر گرفته می‌شود و می‌توان روابط کلی زیر را در حل مسائل در نظر گرفت:

$$\sum F = ma$$

$$F_{\text{محرک}} = F_{\text{بازدارنده}} = ma$$

$$F - w = ma \Rightarrow$$

(II) اگر آسانسور به سمت پایین حرکت کند:



در اینصورت نیروی حرکت دهنده وزن در نظر گرفته می شود و نیروی بازدارنده نیروی موتور خواهد بود و می توان مانند بالا رفتن به حالت کند شونده، تند شونده و یکنواخت را برای آن در نظر گرفت بطوریکه خواهیم داشت:

$$\sum F = ma$$

$$F_{\text{بازدارنده}} = F_{\text{محرک}} = ma$$

$$W - F = ma \Rightarrow$$

تست

شخصی به جرم 80 kg درون آسانسوری قرار دارد. در لحظه ای که آسانسور با شتاب ثابت $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ تند شونده رو به پایین حرکت می کند. نیرویی که از طرف شخص به آسانسور وارد می شود چند نیوتن است؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) (ریاضی ۹۳)

(۱) ۹۶۰ (۲) ۸۰۰ (۳) ۱۶۰ (۴) ۶۴۰

تست

وزنه ای توسط یک نیروسنج از سقف یک آسانسور آویزان است. در حالت اول آسانسور با شتاب $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ تند شونده بالا می رود و نیروسنج F_1 را نشان می دهد. در حالت دوم آسانسور با شتاب $2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ تند شونده پایین می رود و نیروسنج نیروی F_2 را نشان می دهد. نسبت $\frac{F_2}{F_1}$ چه قدر است؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$) (تجربی ۹۶ فارغ)

(۱) $\frac{5}{4}$ (۲) $\frac{2}{3}$ (۳) ۲ (۴) ۴

تست

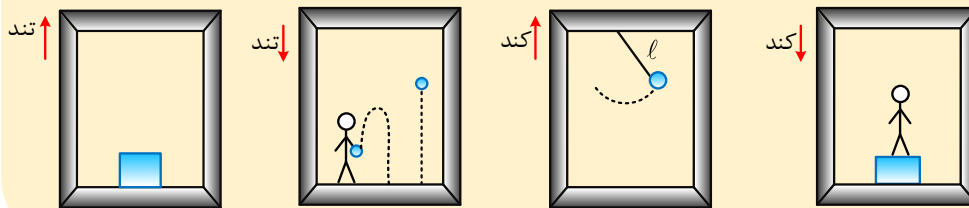
شخصی به وزن 600 N درون آسانسوری، روی یک ترازوی فنری ایستاده است و ترازو عدد 480 N را نشان می دهد. شتاب آسانسور چند $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ و به کدام جهت است؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) (ریاضی ۸۶ فارغ)



تذکر



برای تحلیل تمامی سوالات آسانسور ابتدا شتاب مجموعه را حساب کرده و به جای g در تمامی روابط خوانده شده قرار می‌دهیم...



تست

فنر سبکی با ثابت $\frac{N}{m} = 200$ به سقف آسانسور بسته شده و از آن وزنه $m = 5 \text{ kg}$ آویزان است و آسانسور با شتاب روبه پایین $\frac{m}{s^2} = 2$ پایین می‌آید و طول فنر L_1 است. وقتی این آسانسور با شتاب $\frac{m}{s^2} = 1$ کندشونده پایین می‌آید، طول

فنر L_2 می‌شود. اختلاف L_1 و L_2 چند سانتی‌متر است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ (سراسری ۱۴۰۰ ریاضی)

۲/۵ (۴)

۵ (۳)

۷/۵ (۲)

۱۵ (۱)

وزنه‌ای به جرم m را به یک فنر که ثابت آن $k = 200 \frac{N}{m}$ و طول آن 50 cm است، می‌بندیم و از سقف یک آسانسور ساکن آویزان می‌کنیم. وقتی وزنه ساکن می‌شود، طول فنر به 65 cm می‌رسد. آسانسور با چه شتابی بر حسب متر بر مربع ثانیه حرکت کند که طول فنر به 60 cm برسد؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ (سراسری تهرانی ۱۴۰۰)

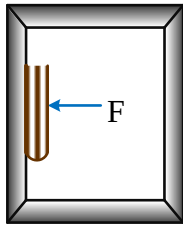
(۴) $\vec{a} = \frac{20}{3} \vec{j}$

(۳) $\vec{a} = -\frac{20}{3} \vec{j}$

(۲) $\vec{a} = \frac{10}{3} \vec{j}$

(۱) $\vec{a} = -\frac{10}{3} \vec{j}$

شخصی درون آسانسوری که با شتاب ثابت $2 \frac{m}{s^2}$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند، کتابی به جرم 2 kg را مطابق شکل زیر با نیروی افقی $F = 32 \text{ N}$ به دیوار قائم آسانسور فشرده و کتاب نسبت به آسانسور ساکن است. نیرویی که کتاب به دیوار آسانسور وارد می‌کند، چقدر است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ (تهرانی ۹۹)



(۲) ۲۴

(۱) ۲۰

(۴) ۴۰

(۳) ۳۲

آسانسوری با شتاب ثابت $2 \frac{m}{s^2}$ به صورت کند شونده بالا می‌رود ناگهان پیچ شلی از سقف آسانسور رها شده و پس از $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ثانیه به کف آسانسور می‌رسد. فاصله سقف تا کف آسانسور چند متر است؟

(۴) ۲/۴

(۳) ۲/۳

(۲) ۲

(۱) ۱/۸

داخل ظرفی مایعی به چگالی p ریخته‌ایم. اگر ظرف را با شتاب ثابت $\frac{g}{4}$ به صورت کند شونده در راستای قائم پایین ببریم، فشار وارد بر کف ظرف از طرف مایع چند برابر خواهد شد؟

$\frac{4}{5}$ (۴)

$\frac{5}{4}$ (۳)

$\frac{3}{4}$ (۲)

$\frac{1}{4}$ (۱)

تکانه:

حاصلضرب جرم یک جسم در سرعت آن را، تکانه (اندازه حرکت) جسم نامیده و با $\vec{P}$ نمایش می‌دهند.

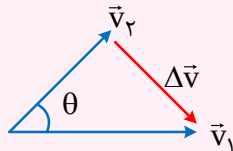
$$\vec{P} = m\vec{v}$$

نکته

❖ نگاه یک کمیت برداری و در راستای $\vec{v}$ است.

❖ واحد اندازه حرکت $\frac{m}{s}$ یا $kg \cdot s$ است.

❖ تغییرات اندازه حرکت () :



$$\Delta \vec{P} = \Delta(m\vec{v}) = m\Delta v$$

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$



$$|\Delta v| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos \theta} \Rightarrow \begin{cases} \theta = 90^\circ \Rightarrow |\Delta v| = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} \\ \theta = 0^\circ \Rightarrow |\Delta v| = |v_1 - v_2| \\ \theta = 180^\circ \Rightarrow |\Delta v| = |v_1 + v_2| \end{cases}$$

*If $v_1 = v_2 \Rightarrow \Delta v = 2v_1 \sin \frac{\theta}{2}$

❖ رابطه‌ی بین نیرو و تکانه: با بکارگیری قانون دوم نیوتون به سادگی داریم:



$$\sum F = m\vec{a} = m \frac{dv}{dt} \xrightarrow{m = \text{ثابت}} \sum F = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

$$\Rightarrow \sum F = \frac{d\vec{p}}{dt} \text{ یا } \sum F = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

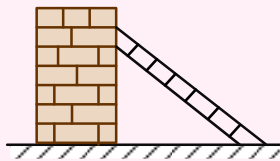


نکته



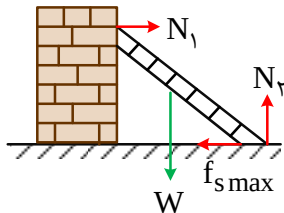
باشد، تگانه آن جسم ثابت می ماند.

✧ اگر برآیند نیروهای وارده بر جسمی



تست

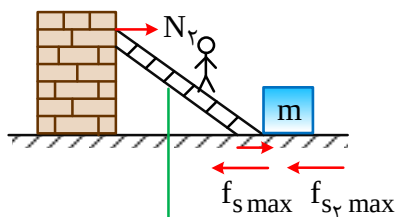
در شکل روبه رو نردبانی به دیوار قائم بدون اصطکاک تکیه داده شده است. ضریب اصطکاک ایستایی بین زمین و پایه ی نردبان 0.75 است و نردبان در آستانه سر خوردن روی زمین است. نیروی که به سطح افقی نردبان وارد می کند، چند برابر نیرویی است که دیوار به آن وارد می کند.



- | | |
|-----|-------------------|
| (۱) | $\frac{3}{4}$ (۲) |
| (۳) | $\frac{4}{3}$ (۴) |

تست

در شکل روبه رو یک نردبان یکنواخت به جرم 24 kg به دیوار قائم و بدون اصطکاک تکیه دارد که شخصی به جرم 66 kg در وسط نردبان به صورت قائم ایستاده است اگر ضریب اصطکاک ایستایی در همه سطوح تماس با زمین 0.4 و جرم جعبه $m = 10\text{ kg}$ باشد. در آستانه سر خوردن نردبان نیروی وارد از طرف نردبان به دیوار چند N است.



$$W = (24 + 66) \cdot 10 = 900$$

- | | | | |
|-----|-------|-----|-------|
| (۱) | 320 | (۲) | 360 |
| (۳) | 400 | (۴) | 440 |

در شکل مقابل وزنه‌ایی به جرم $m = 4 \text{ kg}$ بر روی کف صاف بارکشی قرار دارد و بارکش با شتاب $a = 0.2 \text{ m/s}^2$ از حال سکون بر روی سطح افقی شروع به حرکت می‌کند. کار برآیند نیروهای وارد بر وزنه درست 10 s چند ژول است؟ (وزنه روی کف نمی‌لغزد)



- (۱) ۸
(۲) -۸
(۳) ۸۰
(۴) -۸۰

$$\sum F = ma \rightarrow f_s = ma = 4 \times 0.2 = 0.8 \quad a = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 10^2 = 10 \text{ m}$$

$$W_t = W_N + W_{mg} + W_f = 0.8 \times 10 \times 1 = 8 \quad \boxed{+8}$$

نکته



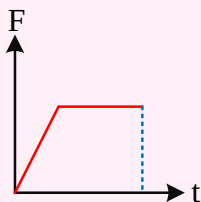
رابطه‌ی انرژی جنبشی با تکانه:

اصطلاحاً به حاصلضرب نیرو در زمان اثر نیرو ضربه می‌گوئیم، ضربه معادل تغییر اندازه حرکت جسم

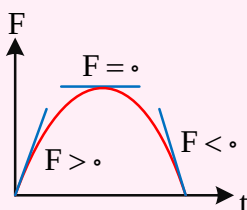
است. $\text{زمان اثر نیرو} \times \text{نیرو} = \text{ضربه}$

$$\begin{cases} F = \frac{dP}{dt} \rightarrow dP = F \cdot dt \\ F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \rightarrow \Delta P = F \cdot \Delta t \end{cases}$$

در نمودار $F-t$ ، مساحت سطح زیر نمودار برابر تغییر تکانه جسم است:

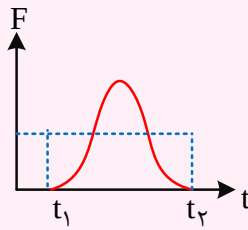
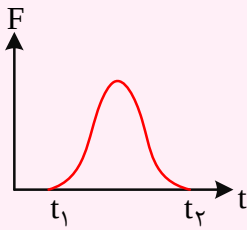


در نمودار (تکانه-زمان)، شیب خط مماس بر نمودار برابر نیروی وارد بر جسم است:



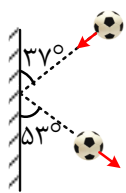


✧ نیروی خالص وارد بر یک جسم می‌تواند بر حسب زمان متغیر باشد.



تست

مطابق شکل توپی با سرعت v به دیوار برخورد کرده و با همان سرعت باز می‌گردد. تغییرات اندازه حرکت کدام



است؟

(۲) $-2mv$

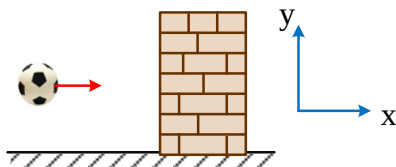
(۱) $2mv$

(۴) صفر

(۳) $\sqrt{2}mv$

تست

توپی در راستای افقی با سرعت v به دیواری برخورد می‌کند و در همان راستای افق با سرعت v برمی‌گردد. تغییرات



تکانه‌ی آن کدام است؟

(۲) $-2mv$

(۱) $2mv$

(۴) صفر

(۳) $\sqrt{2}mv$

تست

اندازه حرکت جسمی در فاصله زمانی $0/1s$ از 25 به -25 واحد SI می‌رسد. نیروی ثابت وارد بر جسم چند نیوتن

است؟

دو جسم به جرم‌های m و $m' = 2m$ در یک زمان تحت اثر نیروهای مساوی قرار گرفته‌اند و از حال سکون به حرکت درمی‌آیند. بین اندازه حرکت آن‌ها (p', p) چه رابطه‌ای برقرار است؟

- (۱) $p' = 4p$ (۲) $p' = 4p'$
(۳) $p' = p$ (۴) $p' = 2p$

نکته



توبی به جرم $500g$ با سرعت $40 \frac{m}{s}$ در امتداد جاده‌ی افقی در حرکت است. ضربه‌ای به اندازه $10N.s$ در خلاف جهت حرکت توپ به آن وارد می‌کنیم، سرعت توپ پس از دریافت ضربه چند $\frac{m}{s}$ است؟

- (۱) $10 \frac{m}{s}$ در جهت اولیه (۲) $10 \frac{m}{s}$ در خلاف جهت اولیه
(۳) $20 \frac{m}{s}$ در جهت اولیه (۴) $20 \frac{m}{s}$ در خلاف جهت اولیه

جسمی به جرم $5kg$ دارای تابع سرعت $v = t^2 - 2t$ در SI است. برآیند نیروهای وارد بر جسم در لحظه‌ی $t = 3s$ چند نیوتن است؟

- (۱) ۲۰ (۲) ۱۰ (۳) ۳ (۴) معلومات کافی نیست

اتومبیلی به جرم 4 ton با سرعت $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ روی سطح افقی در مسیر مستقیم حرکت می کند. این اتومبیل در اثر ترمز با شتاب ثابت در مدت 4 s متوقف می شود. نیروی ترمز چند نیوتن است؟

(۱) 20000 (۲) 10000 (۳) 8000 (۴) 4000

چکشی به جرم 250 g با سرعت $4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ به میخی برخورد کرده و آن را 5 mm در چوب فرو می برد. نیروی مقاومت متوسط چوب چند نیوتن است؟

(۱) 4 (۲) 40 (۳) 400 (۴) 450

نیروی متوسط 50 N به جسمی که روی سطح بدون اصطکاک قرار دارد وارد می شود و جسم در اثر این نیرو شروع به حرکت کرده و در مدت 5 s مسافت 75 m را طی می کند، جرم جسم چند kg است؟

(۱) $\frac{25}{3}$ (۲) $\frac{3}{25}$ (۳) 5 (۴) $\frac{1}{5}$



تست

جسمی به جرم 400g را با سرعت $20\frac{\text{m}}{\text{s}}$ در راستای قائم به سمت بالا پرتاب می‌کنیم، تغییرات اندازه حرکت پس

از 2s چند N.S است؟

(۱) ۲ (۲) ۴

(۳) ۸ (۴) معلومات مسئله کافی نیست

تست

جسمی به جرم 20kg با سرعت ثابت $\vec{v} = (5\frac{\text{m}}{\text{s}})\vec{i}$ در مسیر مستقیم در حرکت است. نیروی خالص

$\vec{F}_{\text{net}} = (4\text{N})\vec{i}$ به مدت چند ثانیه بر جسم اثر کند تا تکانه آن دو برابر شود؟ (ریاضی ۱۴۰)

(۱) ۴۰ (۲) ۵۰ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵

تست

اگر جرم جسم B، $\frac{5}{8}$ جرم جسم A و تکانه جسم A، $\frac{4}{3}$ تکانه جسم B باشد، نسبت انرژی جنبشی جسم A

به انرژی جنبشی جسم B، کدام است؟ (ریاضی ۹۹)

(۱) $\frac{10}{9}$ (۲) $\frac{9}{10}$ (۳) $\frac{6}{5}$ (۴) $\frac{5}{6}$

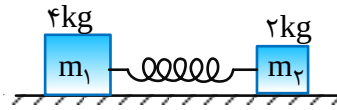
پایستگی تکانه:



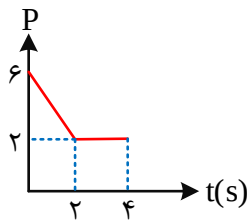
اگر نیروهای خارجی وارد بر یک سیستم صفر باشد، آنگاه تکانه‌ی آن سیستم ثابت است

یعنی:

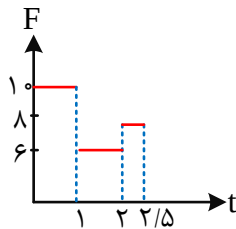
در شکل زیر مجموعه ساکن است، اگر با دست مجموعه را فشرده کنیم و سپس آن را رها سازیم m_1 با سرعت $20 \frac{m}{s}$ حرکت می‌کند، سرعت m_2 را محاسبه کنید.



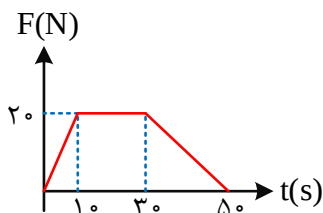
نمودار $(p-t)$ برای جسمی به جرم $2kg$ مطابق شکل است، سرعت متوسط این جسم در $4s$ اول حرکتش چند متر بر ثانیه است؟



شکل زیر نمودار نیروی وارد بر جسمی به جرم $5kg$ را نسبت به زمان نشان می‌دهد اگر تحت تأثیر این نیرو جسم از حال سکون شروع به حرکت کند، سرعت آن پس از $2/5s$ چند $\frac{m}{s}$ است؟



نمودار نیرو- زمان متحرکی به صورت زیر است. نیروی خالص متوسط وارد بر جسم در 50° ثانیه داد شده، چند نیوتن است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)



$$\frac{9}{10} (2)$$

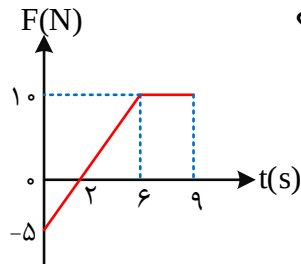
$$\frac{10}{9} (1)$$

$$\frac{5}{6} (4)$$

$$\frac{6}{5} (3)$$

تجربیات

جسمی به جرم 2 kg تحت تأثیر نیروی کشش افقی در حرکت است. اگر نمودار نیرو- زمان به شکل روبه‌رو باشد، متوسط نیروی برآیند وارد بر جسم در مدت 9 s از مبدأ زمان تقریباً چند نیوتن است؟



تجربیات

گلوله‌ای به جرم 20 g روی مسیر دایره‌ای به شعاع 40 cm بطور یکنواخت با سرعتی $5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ دور می‌زند. تغییرات اندازه حرکت آن را ...
الف) در نصف مسیر

تجربیات

در یک لوله‌ی آتش‌نشانی آب با آهنگ $5\frac{\text{kg}}{\text{s}}$ با سرعت افقی $5\frac{\text{m}}{\text{s}}$ به دیوار مقابل برخورد می‌کند بزرگی نیروی متوسط وارد بر دیوار توسط آب چند نیوتن است؟ (از برگشت آب از روی دیوار چشم‌پوشی کنید)

تجربیات

معادله‌ی تکانه- زمان ذره‌ای که بر محور m حرکت می‌کند در SI بصورت $P = t^3 - 2t - 3$ است. نوع حرکت از لحظه‌ی $t=0$ تا $t=3\text{ s}$ چگونه است؟

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| (۱) همواره کند شونده | (۲) همواره تند شونده |
| (۳) ابتدا کند شونده سپس تند شونده | (۴) ابتدا تند شونده سپس کند شونده |

معادله‌ی تکانه‌ی جسمی به جرم 5 kg در SI بصورت $P = t^2 - 3t - 20$ است. شتاب متوسط حرکت جسم در بازهٔ $(0, 5\text{ s})$ چند متر بر مربع ثانیه است؟ (ریاضی خارج ۹۲)

۴/۴ (۴)

۳/۲ (۳)

۲/۸ (۲)

۱/۸ (۱)

گلوله‌ای در شرایط خلاء از ارتفاع 45 m زمین رها می‌شود. این گلوله بعد از رسیدن به زمین 3 s طول می‌کشد تا سرعتش به صفر برسد. بزرگی نیروی متوسط که در این 3 s به گلوله وارد می‌شود، چند برابر وزن گلوله است؟

$(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (ریاضی ۹۷ خارج)

۴۰ (۴)

۳۰ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

حرکت دایره‌ای:



حرکتی است که در آن جسم بر روی مسیر دایره‌ای با گذشت زمان زاویه‌ای طی می‌کند و در هر لحظه سرعت جسم مماس بر مسیر است و جهت آن دائماً تغییر می‌کند.

دو نوع دوران وجود دارد:

(۱) دوران در سطح افقی: در این حالت مسیر دایره‌ای ما در سطح افقی قرار می‌گیرد. مثل: پنکه‌های سقفی، صفحه‌ی درامافون و ...

(۲) دوران بر سطح قائم: هر گاه مسیر دایره‌ای در یک سطح قائم قرار گرفته باشد، مثل پنکه‌های ایستاده، آتش گردان، چرخ و فلک و ...



برای آنکه دوران را درک کنیم کمیت‌های جدیدی را مطرح می‌کنیم که عبارت‌اند از:

$T \leftarrow$ دوره تناوب

f یا $V \leftarrow$ فرکانس یا بسامد یا تواتر

$W \leftarrow$ بسامد زاویه‌ای، سرعت زاویه‌ای

دوره تناوب (T):

به زمان یک دورهی کامل دورهی تناوب گویند؛ مثلاً دورهی تناوب عقربه‌ی ساعت شمار ۱۲ ساعت است عقربه‌ی دقیقه شمار ۱ ساعت است و ثانیه شمار یک دقیقه است؛ دوره تناوب حرکت مداری زمین معروف به حرکت انتقالی یک سال و دورهی تناوب حرکت اسپینی زمین معروف به حرکت وضعی ۲۴ ساعت است.

○ فرکانس (f): به تعداد دوران‌های کامل در واحد زمان یا یکای زمان فرکانس می‌گویند.

○ بسامد زاویه‌ای یا سرعت زاویه‌ای (W امگا): به زاویه‌ای پیموده شده (زاویه برحسب رادیان) در یکای زمان سرعت زاویه‌ای می‌گوئیم.

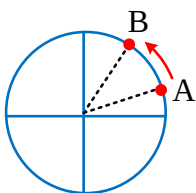
? پرسش: رابطه‌ی بین T و f چیست؟

تجربیت

جسم دوران کننده‌ای در هر دقیقه ۱۲۰ دور کامل می‌زند؛ فرکانس آن را محاسبه نموده، تعبیر فیزیکی کنید.

? پرسش: فرکانس دوران کننده‌ای $\frac{1}{4}$ هرتز است؛ تعبیر فیزیکی آن چیست؟

? پرسش: رابطه‌ی بین w و T چیست؟



بحث پیرامون سرعت زاویه‌ای:

$$\bar{W} = \frac{\text{زاویه‌ی پیموده شده}}{\text{زمان}} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (\text{بسامد زاویه‌ای متوسط یا سرعت زاویه‌ای متوسط})$$

$$W = \frac{\text{زاویه‌ی پیموده شده}}{\text{زمان}} = \frac{d\theta}{dt} \quad (\text{بسامد زاویه‌ای لحظه‌ای یا سرعت زاویه‌ای لحظه‌ای})$$

جسم دوران کننده‌ای در ۲s دوم حرکتش 30° را می‌پیماید، سرعت زاویه‌ای متوسط آن در این بازه در SI چقدر است؟

ارتباط بین سرعت دوران و سرعت زاویه‌ای دوران:



$$W = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$
 سرعت زاویه‌ای

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

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$
 سرعت خطی

پره یک هلیکوپتر با سرعت 90° دور در دقیقه می‌چرخد. اگر قطر دایره‌ای که پره طی می‌کند، ۴m باشد. تندی لبه پره چند متر بر ثانیه است؟ (تقریبی ۹۲)

- (۱) ۸ (۲) ۹ (۳) 6π (۴) 12π

جسمی به جرم ۵kg در حرکت دایره‌ای یکنواخت در هر دقیقه 30° دور می‌چرخد. اگر شعاع مسیر ۲ متر باشد، انرژی جنبشی جسم، چند ژول است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

- (۱) ۸۰ (۲) ۴۰ (۳) $10\pi^2$ (۴) $20\pi^2$

بحث پیرامون رابطه‌ی $v = r\omega \Rightarrow v = r \frac{2\pi}{T} \Rightarrow v = 2\pi r f$



در این رابطه سه کمیت سرعت خطی دوران - سرعت زاویه‌ای دوران (دوره ، فرکانس) و شعاع دوران به هم مربوط شده‌اند در این صورت برای:

- ۱- یک دوران کننده با دوران یکنواخت
- ۲- یک دوران کننده با دوران غیر یکنواخت

۳- برای دوران‌های مختلف ولی دوره تناوب یا فرکانس یکسان

۴- دوران‌های مختلف و امگاهای مختلف

تست

گلوله‌ای به انتهای نخ به طول $1/5\text{m}$ بسته می‌شود و در صفحه‌ی قائم بطور یکنواخت آن را می‌چرخانیم. اگر در هر دقیقه ۴۰ دور کامل بزند، سرعت زاویه‌ای و سرعت خطی گلوله را حساب کنید.

؟ مثال: جسمی با سرعت ثابت روی دایره‌ای به شعاع 2m می‌چرخد اگر زاویه‌ی جسم در لحظات ۱ و ۳ ثانیه به ترتیب 45° و 105° باشد به سؤالات زیر پاسخ دهید.

الف) فرکانس ، دوره تناوب

ب) سرعت خطی، بسامد زاویه‌ای

تست

طول عقربه‌ی دقیقه شمار ساعتی $\frac{5}{3}$ طول عقربه‌ی ساعت شمار است.

الف) دوره تناوب عقربه‌ی دقیقه شمار چند برابر عقربه‌ی ساعت شمار است؟

ب) سرعت خطی عقربه‌ی دقیقه شمار چند برابر عقربه‌ی ساعت شمار است؟

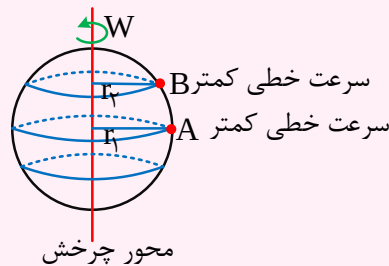
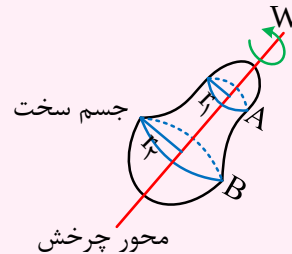


فرض می‌کنیم جسمی سخت حول یک محور بچرخد در این صورت T چرخش همه‌ی نقاط حول محور یکسان است. و در نتیجه W همه‌ی نقاط یکسان ولی هر چه فاصله‌ی یک نقطه از محور چرخش بیشتر باشد، سرعت خطی آن نقطه بزرگتر است.

$$T_A = T_B \xrightarrow{W = \frac{2\pi}{T}} W_A = W_B$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = \text{یکسان} \rightarrow W = \text{یکسان} \rightarrow \text{همه نقاط} \\ r_2 > r_1 \Rightarrow r_B > r_A \\ v = rw = r \frac{2\pi}{T} = r 2\pi f \end{array} \right.$$

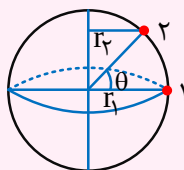
$$r_1 > r_2 \rightarrow v_A > v_B$$



* W همه نقاط سطح زمین یکسان است *

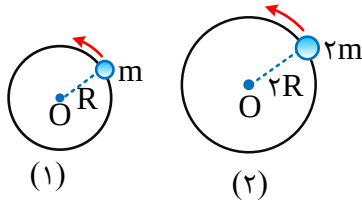
تجربیه

سیاره‌ای به شعاع 4000 km هر 6280 s یک دور حول محور خود می‌چرخد. سرعت خطی نقطه‌ی واقع در سطح سیاره در عرض جغرافیایی 90° چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟



$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

در شکل زیر اگر انرژی‌های جنبشی دو ذره m و $2m$ یکسان باشد؛ بسامد چرخش m چند برابر بسامد چرخش $2m$ است؟



نکته

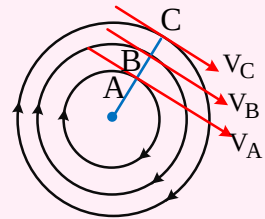


تمامی نقاط روی یک صفحه‌ی دوار در مدت معین زاویه‌ی مساوی را طی می‌کنند.

بنابراین سرعت زاویه‌ای تمامی نقاط روی یک صفحه‌ی دوار یکسان می‌باشد اما سرعت خطی نقاط مختلف متناسب با شعاع مسیر حرکت آن‌ها می‌باشد یعنی سرعت خطی نقاط دورتر از مرکز دوران بیشتر می‌باشد.

$$\Delta\theta_A = \Delta\theta_B = \Delta\theta_C \Rightarrow \begin{cases} \omega_A = \omega_B = \omega_C \\ T_A = T_B = T_C \\ f_A = f_B = f_C \end{cases}$$

$$V_A < V_B < V_C \Rightarrow \frac{V_A}{r_A} = \frac{V_B}{r_B} = \frac{V_C}{r_C} = \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

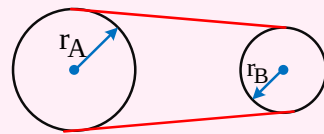


سرعت خطی دو قرقره یا چرخ که مستقیماً توسط زنجیر یا تسمه با یکدیگر ارتباط دارند یکسان می‌باشد اما سرعت زاویه‌ای آن‌ها با شعاع آن‌ها رابطه‌ی عکس دارد.

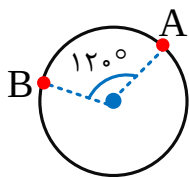
$$V_A = V_B \Rightarrow r_A \omega_A = r_B \omega_B$$

$$\Rightarrow r_A \frac{2\pi}{T_A} = r_B \frac{2\pi}{T_B} \Rightarrow r_A 2\pi f_A = r_B 2\pi f_B$$

$$\Rightarrow \frac{r_A}{r_B} = \frac{\omega_B}{\omega_A} = \frac{T_A}{T_B} = \frac{f_B}{f_A}$$



یک متحرک روی دایره‌ی شکل مقابل در ۵s بطور باد ساعتگرد از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B می‌رود برای این متحرک تعداد دور بر واحد زمان برحسب rpm چقدر است؟



- (۱) ۴
(۲) ۱۲
(۳) ۲۰
(۴) ۱/۳



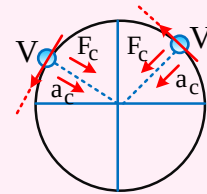
$$a = \frac{v^2}{r} \rightarrow$$



☆ می‌دانیم برای داشتن شتاب، نیرو نیاز داریم بنابراین در این جا در هر لحظه باید به جسم نیرویی با اندازه‌ی مناسب به سمت مرکز وارد شود تا حرکت دایره‌ای تداوم یابد. اصطلاحاً به این نیرو، نیروی جانب مرکز می‌گوئیم، در حقیقت جسم به خاطر ایندسی می‌خواهد به خط راست حرکت کند اما نیروی جانب مرکز مناسب مسیر را دایره نگاه می‌دارد.



$$F = ma \rightarrow F_C = ma_C = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$$



تذکر



نیروی جانب مرکز نیرویی است که تمام مشاهده‌گرها

? مثال: جسمی به جرم m را به نخ‌ی بسته و آن را در سطح افق به دوران درمی‌آوریم: علت دوران چیست؟
نیروی جانب مرکز لازم برای دوران چیست؟ بیشترین سرعتی که جسم می‌تواند به آن برسد چیست؟

دینامیک حرکت بر مسیر دایره:



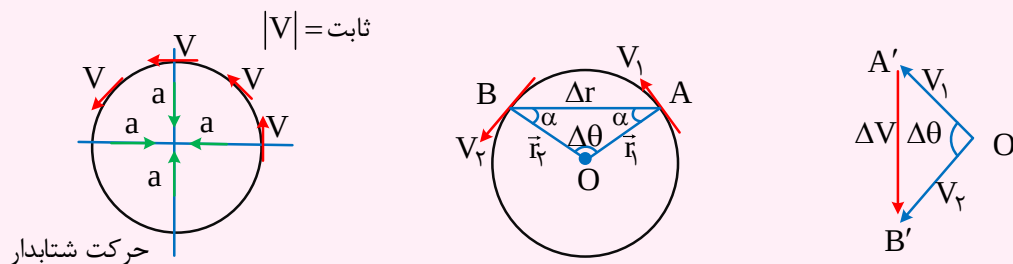
فرض می‌کنیم جسمی با سرعت ثابت روی دایره بچرخد، چون جهت سرعت دائماً تغییر می‌کند حرکت شتاب‌دار است. می‌خواهیم شتاب ناشی از تغییر جهت را در این جا حساب کنیم.

محاسبات زیر نشان می‌دهد اندازه‌ی این شتاب همیشه ثابت است ولی جهت آن لحظه به لحظه تغییر می‌کند زیرا این شتاب باید همیشه به سمت مرکز باشد. اصطلاحاً به این شتاب؛ شتاب جانب مرکز می‌گوئیم.

نکته

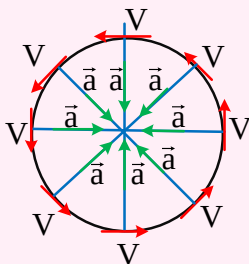


این شتاب نباید اندازه‌ی سرعت را تغییر دهد پس باید بر سرعت عمود باشد و چون سرعت مماس بر مسیر است لذا این شتاب شعاعی است به سمت مرکز...



$|V_1| = |V_2| = V$
 $\Rightarrow \Delta\theta = \Delta\theta$ و هر دو متساوی الساقین OAB به $OA'B'$
 $|r_1| = |r_2| = r$

نسبت تشابه: $\frac{\Delta V}{\Delta r} = \frac{V}{r} \rightarrow \Delta V = \frac{V}{r} \Delta r \xrightarrow{\div \Delta t}$
 $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{r}{r} \times V \Rightarrow a = \frac{V^2}{r}$



$a = \frac{V^2}{r}$

چگونه مسائل دوران را حل کنیم:



- (۱) نیروهای مسئله را تعیین می‌کنیم.
- (۲) برآیند نیروهای وارد بر جسم در راستای شعاع دایره نقش نیروی جانب مرکز را بازی می‌کنند.

اتومبیلی با سرعت $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ روی مسیر دایره‌ای با شعاع 20m حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام می‌دهد.
الف) شعاع حرکت اتومبیل را حساب کنید.
ب) اگر جرم اتومبیل $1/5\text{ton}$ باشد نیروی جانب مرکز وارد بر اتومبیل چند نیوتن است.

جسمی به جرم 1kg بر روی دایره‌ای به شعاع 100cm حرکت دایره‌ای یکنواخت انجام می‌دهد اگر نیروی مرکز‌گرایی وارد بر جسم 4N باشد. سرعت خطی جسم چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

ذره‌ای در هر دقیقه ۶ بار مسیر دایره‌ای به محیط 12m را به طور یکنواخت طی می‌کند با فرض $n=3$ اندازه‌ی شتاب مرکز‌گرایی ذره چند $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ است؟

خودرویی به جرم 3تن در سطح افقی، مسیر دایره‌ای را به صورت یکنواخت طی می‌کند. اگر بزرگی نیرویی که از طرف سطح زمین بر خودرو وارد می‌شود، $10^4 \times \sqrt{10}\text{N}$ باشد، نیروی مرکز‌گرایی وارد بر خودرو چند نیوتن است؟
(ریاضی ۹۹) $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$

3×10^4 (۴)

3×10^3 (۳)

10^4 (۲)

10^3 (۱)

محركی در یک مسیر دایره‌ای نسبت به مبدأ مکان از نقطه‌ی A با بردار مکان $\vec{r}_A = 2\vec{i} + 2\vec{j}$ به نقطه‌ی B با بردار مکان $\vec{r}_B = -2\vec{i} + 2\vec{j}$ رفته است. اگر زمان حرکت یکنواخت ۲s باشد. بسامد زاویه‌ای متوسط و شتاب جانب مرکز آن را حساب کنید.

طول عقربه‌ی ثانیه شمار ۱۲cm و دقیقه شمار ۹cm است. شتاب نوک عقربه‌ی ثانیه شمار چند برابر شتاب نوک عقربه‌ی دقیقه شمار است؟

اگر یک خودرو در پیچ جاده‌ای ۲۰ درصد سرعتش را افزایش دهد بزرگی شتاب مرکزگرای آن چند درصد زیاد می‌شود؟

متحرکی با تندی ثابت $v = 10\pi \frac{m}{s}$ روی دایره‌ای به شعاع ۲۰ متر حرکت می‌کند. شتاب متوسط این متحرک در هر ثانیه چند برابر شتاب مرکزگرای آن است؟ (سراسری ۱۴۰۰ ریاضی)

$$\sqrt{2} \quad (۴)$$

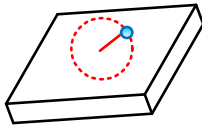
$$5\sqrt{2} \quad (۳)$$

$$\frac{5}{\pi} \quad (۲)$$

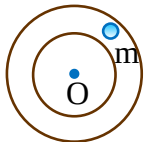
$$\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \quad (۱)$$

متحرکی بر روی یک دایره بصورت یکنواخت حرکت می‌کند در لحظه‌ی t بردار سرعت متحرک بصورت $\hat{i} - 3\hat{j}$ و ۲ ثانیه بعد از آن بردار سرعت بصورت $\hat{j} - 3\hat{i}$ می‌شود، کمترین مقدار شتاب مرکزگرای متحرک چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

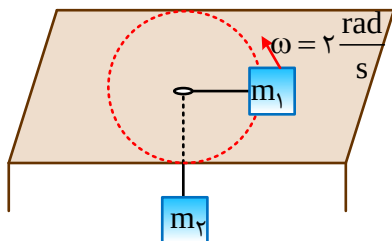
در شکل زیر جرم گلوله‌ای $100g$ و طول نخ $25cm$ است. اگر گلوله در هر دقیقه ۱۲۰ دور بزند اندازه‌ی نیروی کشش نخ را محاسبه کنید. (سطح افق بدون اصطکاک است) ($\pi^2 = 10$)



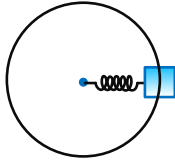
صفحه‌ی گرامافونی را در نظر بگیرید که با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد جسمی به جرم m را روی صفحه‌ی گرامافون قرار می‌دهیم حداکثر T را چنان تعیین کنید که جسم به جرم m روی صفحه‌ی گرامافون نلغزد.



مطابق شکل دو وزنه با نخ سبک به هم متصل هستند m_2 چقدر باشد تا حرکت m_1 بر مسیر دایره‌ای تداوم یابد؟
($m_1 = 2kg$)
سطح افق بدون اصطکاک



طول فنر سبکی در حالت عادی 20 cm و ضریب آن $100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ است. وزنه‌ی 80 gr را به انتهای فنر بسته و روی میز افقی بدون اصطکاک با سرعت زاویه‌ای $5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ می‌چرخانیم. انتهای دیگر فنر در مرکز این دایره ثابت شده است.



افزایش طول فنر چند cm است؟

- (۱) ۵
(۲) ۱۰
(۳) ۲۰
(۴) ۲۵

نکته



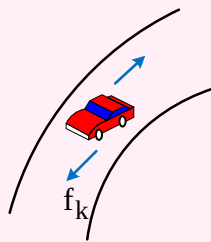
✧ حرکت در یک جاده‌ی افقی دارای اصطکاک ولی فاقد شیب عرضی:

هرگاه اتومبیلی به پیچ جاده‌ای برسد که کاملاً افقی است ولی دارای اصطکاک است تنها نیرویی که باعث دوران اتومبیل و نگه داشتن آن در پیچ جاده می‌شود نیروی اصطکاک ایستایی بین چرخ‌ها و جاده است در این

صورت:

برآیند نیروها در راستای شعاع دایره = نیروی جانب مرکز لازم برای دوران

$$\frac{mV^2}{r} = f_s$$



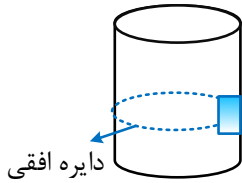
✧ حرکت موتورسوارها در دیوار مرگ:

موتورسوار برای اینکه بتواند دایره‌های افقی را طی کند و در پائین استوانه باید سرعت خود را به یک حداقل برساند حال اگر بالا رود عکس العمل سطح نقش نیروی جانب مرکز لازم برای چرخش را بازی می‌کند.

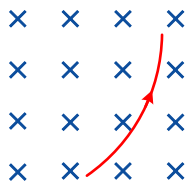
می‌خواهیم حداقل سرعت لازم برای طی دایره افقی را پیدا کنیم؛ می‌توان نوشت:

موتور سواری یک دیوار دیوار مرگ استوانه‌ای را به قطر 18m دور می‌زند؛ ضریب اصطکاک ایستایی بین دیوار و چرخ

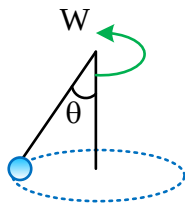
موتور 0.4 است. حداقل سرعت موتور چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد تا سقوط نکند؟



مطابق شکل ذره‌ای به جرم m و بار الکتریکی $+q$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی B روی یک مسیر دایره‌ای به شعاع R در حرکت است. اندازه سرعت خطی آن را محاسبه کنید.



جسمی به جرم m به نخ بطول L بسته و مجموعه را به یک میله قائم در حال دوران متصل می‌کنیم W میله را چنان تعیین کنید که مجموع نخ و جرم متصل به آن بتواند روی یک مسیر دایره‌ای بچرخد.



قانون گرانش نیوتون:

نیروی گرانشی که دو ذره به یکدیگر وارد می‌کنند با حاصلضرب جرم دو جسم نسبت مستقیم و با مجذور فاصله‌ی آن‌ها از هم نسبت وارون دارد.

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



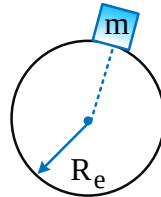
$G = 6.67 \times 10^{-11}$ و G ثابت جهانی گرانش نام دارد که واحد آن

نیروی گرانش زمین (نیروی وزن W):



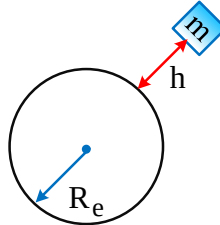
نیروی گرانشی که از طرف کره‌ی زمین بر یک جسم مجاور آن اثر می‌کند، وزن آن جسم نامیده می‌شود.
(I) اگر جسم روی سطح زمین باشد ...

$$W = G \frac{m_e \times m}{R_e^2}$$



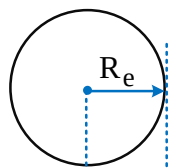
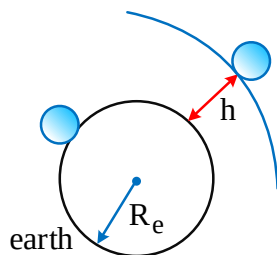
(II) اگر جسم در ارتفاع h نسبت به زمین قرار داشت ...

$$W_h = G \frac{m_e \times m}{(R_e + h)^2}$$



برای مقایسه‌ی نیروی وزن جسم در ارتفاع h و جسم روی سطح زمین خواهیم داشت ...

شتاب گرانش g :



g

9.8

فاصله از مرکز زمین

r

؟ مثال: اگر روی سطح زمین از استوا به سمت قطب شمال حرکت کنیم، تغییرات g که مشاهده می‌کنیم چگونه است؟

در چه فاصله‌ای از سطح زمین (خارج زمین) شدت گرانش $\frac{16}{25}$ شتاب سطح زمین است؟

ماهواره‌هایی به جرم 60 kg روی مدار دایره‌ای که شعاع آن 10 برابر شعاع ماه است به دور ماه می‌چرخد نیروی گرانشی که ماه به ماهواره وارد می‌کند چند نیوتن است؟ (زمین $g = \frac{1}{6}g$ ماه و $g = 10 \frac{m}{s^2}$ زمین)

فرض کنید سیاره‌ای باشد که شعاع آن نصف شعاع زمین و جرم آن $\frac{1}{4}$ جرم کره‌ی زمین باشد. شتاب گرانشی در سطح آن سیاره چند برابر شتاب گرانی در سطح کره‌ی زمین خواهد شد؟ (ریاضی ۹۶)

- (۱) $\frac{1}{4}$ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) ۱ (۴) ۲

ماهواره‌ای به جرم m در ارتفاع h از سطح زمین به دور آن می‌چرخد، اگر نیروی مرکزگرای ماهواره $\frac{1}{16}$ وزن ماهواره در سطح زمین باشد، ارتفاع h چند برابر شعاع زمینه است؟ (تقریبی ۹۳)

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۹ (۴) ۱۶

در کدام فاصله از سطح زمین، شتاب گرانشی در مقایسه با سطح زمین، ۹۹ درصد کاهش می‌یابد؟ (R_E شعاع زمین است.) (تجربی ۱۴۰۱)

- (۱) $100R_E$ (۲) $99R_E$ (۳) $10R_E$ (۴) $9R_E$

در نقطه‌ای که فاصله‌اش تا سطح زمین n برابر شعاع زمین است. شتاب گرانش، $\frac{1}{4}$ شتاب گرانش در روی زمین است. n کدام است؟ (تجربی ۹۱ خارج کشور)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

نکته



☆ حرکت ماهواره به دور زمین و محاسبه‌ی پریود چرخش ماهواره:

ماهواره وقتی در مدار قرار گرفت به‌خاطر اینرسی می‌خواهد به خط راست حرکت کند اما نیروی گرانش نقش نیروی جانبی مرکز را بازی می‌کند و به ماهواره مدار تقریباً دایره‌ای شکل می‌دهد. اگر ارتباط مناسب بین سرعت و شعاع مدار برقرار باشد ماهواره می‌تواند برای مدت‌های طولانی روی مدار به حرکتش ادامه دهد: هر چه فاصله‌ی ماهواره از مرکز زمین بیشتر باشد پریود چرخش بیشتر خواهد شد، بطوریکه نسبت $\frac{T^2}{r^3}$ برای ماهواره همیشه مقدار ثابتی است. شعاع دوران مریخ به دور خورشید دو برابر شعاع دوران زمین به دور خورشید است. یک سال در مریخ معادل چند سال بر روی کره‌ی زمین است؟



$$\left. \begin{aligned} V &= \sqrt{\frac{GM_e}{r}} \\ g &= G \frac{M_e}{R_e^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

تست

یک ماهواره چه سرعتی داشته باشد تا همواره در ارتفاع $360 \cdot km$ از سطح زمین به دور زمین گردش کند در این

محل شدت گرانش چه اندازه است؟ ($Re = 6400 \cdot km$; $g = 10 \frac{m}{s^2}$ سطح زمین)

تست

اگر دو ماهواره با شعاع مدار یکسان اولی به دور زمین و دومی به دور ماه گردش کند نسبت پریود دومی به پریود چرخش اولی چقدر است؟

تست

فاصله‌ی ماهواره‌ی A از سطح زمین به اندازه‌ی شعاع زمین و فاصله‌ی ماهواره B تا سطح زمین ۷ برابر شعاع زمین است. دوره‌ی گردش ماهواره‌ی B چند برابر دوره‌ی گردش ماهواره A است؟ (تقریبی ۹)

۱۶ (۴)

۸ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

تجربیت

ماهواره‌ای به جرم m روی مداری به شعاع r به دور زمین می‌چرخد؛ دوره‌ی گردش ماهواره متناسب با کدام است؟ (R_e شعاع زمین است) (تجربی ۹۰)

(۴) $\frac{R_e}{3}$

(۳) $\frac{r}{m}$

(۲) $\frac{2}{r^3}$

(۱) $\frac{3}{r^2}$

تجربیت

دو ماهواره A و B هریک به جرم m به دور زمین می‌چرخند، فاصله‌ی ماهواره A تا سطح زمین R_e و فاصله‌ی ماهواره B تا سطح زمین $3R_e$ است. بزرگی تکانه‌ی ماهواره A چند برابر بزرگی تکانه ماهواره B است؟ (R_e شعاع کره زمین) (ریاضی ۹۳ خارج)

(۴) ۳

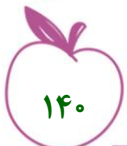
(۳) ۲

(۲) $\sqrt{3}$

(۱) $\sqrt{2}$

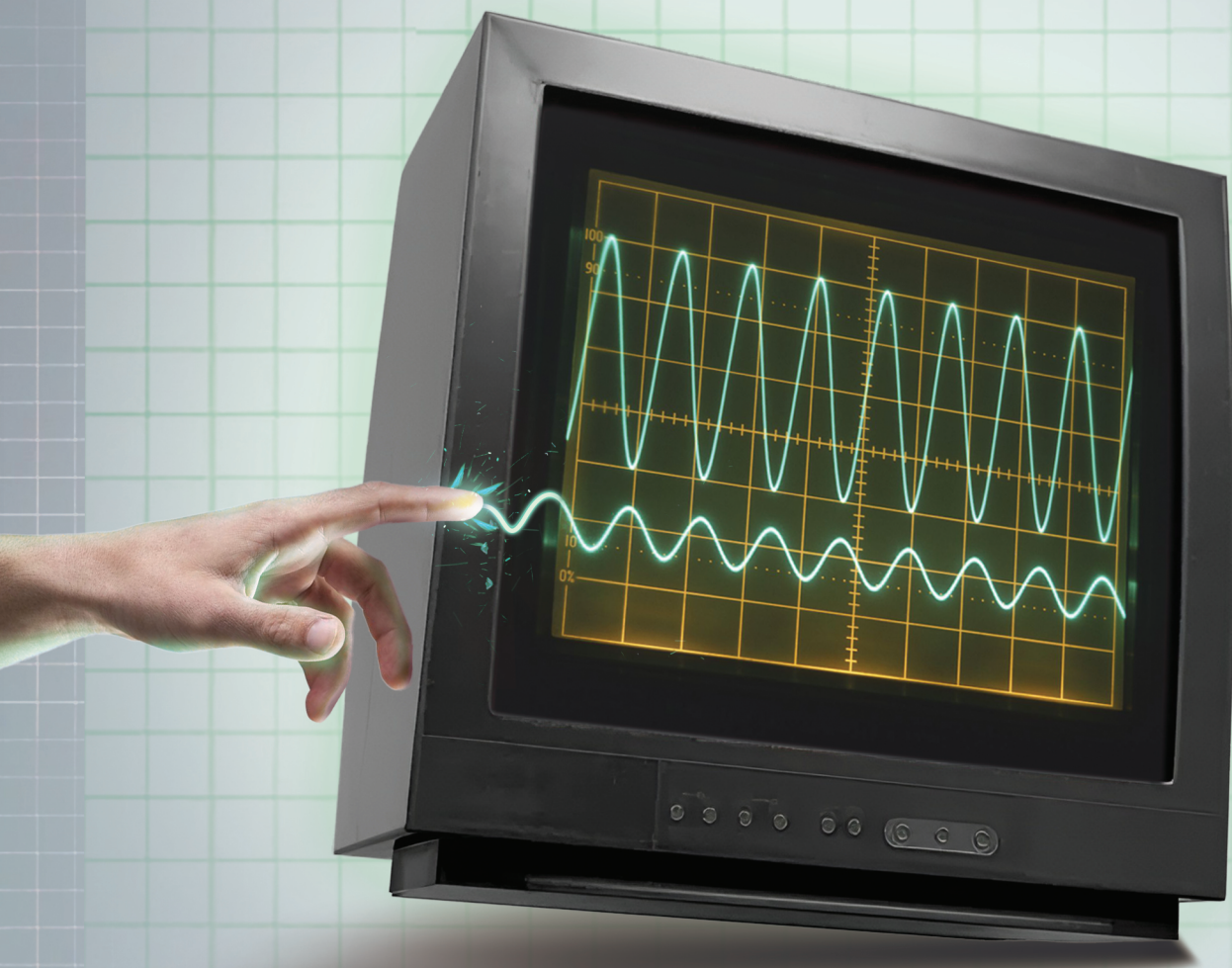


فیزیک ۳ - دینامیک



نوسان و موج

فصل ۳



نوسان دوره‌ای:

نوسان‌ها می‌توانند دوره‌ای یا غیردوره‌ای باشند. به نقش‌هایی که به طور منظم تکرار می‌شوند چرخه (سیکل) گفته می‌شود؛ به نوسان‌هایی که در آن یک چرخه دقیقاً تکرار می‌شود، نوسان دوره‌ای می‌گوییم.

مثال: ضرباهنگ (ریتم) قلب یک شخص



نکته



هرگاه متحرک مسیری را همواره در حال رفت و برگشت باشد دارای حرکت نوسانی است و اگر مسیر حرکت یک خط راست باشد، حرکت را نوسانی ساده می‌گوییم.

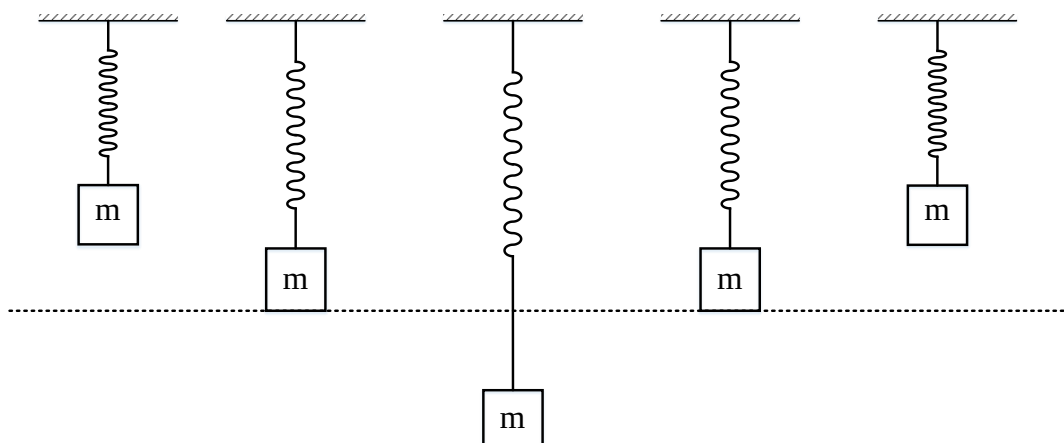
تذکره: به نوسان‌های سینوسی، حرکت هماهنگ ساده (Simple Harmonic Motion) می‌گوییم.

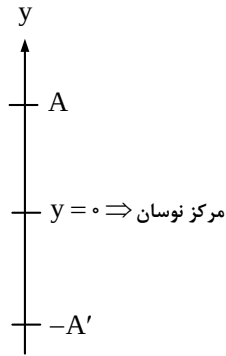
تذکره: هر نوسان دوره‌ای را می‌توان مجموعه‌ای از نوسان‌های سینوسی در نظر گرفت.

◀ حرکت نوسانی ساده حرکتی است که ...

- (۱) مسیر حرکت آن خط راست است (مسیر مستقیم)
- (۲) حرکت دو طرف مکانی است که آنجا وسط مسیر بوده و به نام‌های مرکز نوسان - نقطه تعادل - نقطه استراحت - مبدأ فاصله‌سنجی گفته می‌شود.
- (۳) نوسانگر همواره تحت تأثیر نیرویی است به نام نیروی بازگرداننده که می‌خواهد آن را به وضع اولش بازگرداند.
- (۴) محیطی که نوسانگر در آن نوسان می‌کند خلأ و بدون مقاومت می‌باشد بنابراین نوسانات تا هر زمان ممکن ادامه دارد.

◀ معروف‌ترین نوسان‌ها دستگاه وزنه - فنر و آهنگ کم دامنه می‌باشد.





$$OA = OA'$$

مفاهیم اولیه حرکت نوسانی ساده:

- ▶ پاره خطی که جسم روی آن حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد خط نوسان گوئیم، در هر نوسان کامل خط نوسان دو بار به طور کامل طی می‌شود.
- ▶ بعد (Y یا X): فاصله‌ی نوسانگر در هر لحظه از مبدأ (مرکز نوسان)
- ▶ بیشترین فاصله‌ی نوسانگر از وضع تعادل یعنی بعد ماکزیمم را دامنه‌ی نوسان گوئیم و با A نمایش می‌دهیم و نصف طول خط نوسان است.

$$X_{\max} \text{ یا } Y_{\max} = A$$

$$\text{دامنه (A)} = \frac{\text{طول خط نوسان}}{2}$$

مدت زمان یک نوسان کامل را دوره یا زمان تناوب گوئیم و با T نمایش می‌دهیم و تعداد نوسان‌های کامل در یک ثانیه را بسامد یا فرکانس گوئیم و با f نمایش می‌دهیم.

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{t}{N} \rightarrow$$

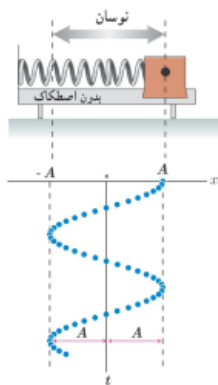
تذکره:

نکته





پرسش: فرض کنید وقتی به نوسانگری نگاه می‌کنید در مبدأ زمان در بیشترین فاصله از مرکز نوسان در طرف مثبت باشد یک نوسان کامل افقی آن را رسم کنید. (دستگاه وزنه - فنر)



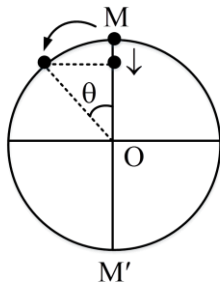
تذکره

طول مسیر حرکت نوسانگری 10 cm است و نوسانگر در مدت $1/5\text{ min}$ ، 450 بار طول پاره خط مسیر را می‌پیماید. دامنه و دوره این نوسانگر کدام گزینه است؟

- (۱) $10\text{ cm}, 2\text{ s}$ (۲) $5\text{ cm}, 2\text{ s}$ (۳) $10\text{ cm}, 4\text{ s}$ (۴) $5\text{ cm}, 4\text{ s}$

تذکره: چون محاسبات حرکت نوسانی ساده از نظر ریاضی کمی پیچیده است در این حرکت یک شبیه‌سازی انجام می‌دهیم، این شبیه‌سازی از حرکت دورانی یکنواخت حاصل می‌شود.

برای درک بهتر فاز حرکت دایره‌ای یکنواخت را در نظر گرفته با حرکت جسم روی محیط دایره تصویر آن روی محور قائم، حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد و زاویه بین شعاع حامل جسم و قسمت مثبت محور افقی همان θ یا φ است.



دامنه نوسان $\rightarrow OM = OM' = A$

$MO \rightarrow$

$OM' \rightarrow$

$M'O \rightarrow$

$OM \rightarrow$

بسامد زاویه‌ای (سرعت زاویه‌ای) ω : زاویه‌ای که متحرک در مدت زمان Δt طی می‌کند.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta T}$$

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

$$\omega = 2\pi f$$

? پرسش: طول مسیر نوسان بر حسب دامنه چیست؟

? پرسش: در یک نوسان کامل مسافتی که نوسانگر طی می‌کند بر حسب دامنه چیست؟

? پرسش: جابه‌جایی یک نوسانگر در یک نوسان کامل چقدر است؟

تذکره: یک نوسانگر می‌تواند هر مقداری از دامنه‌های انتخابی خود را تا حد کشسان برای یک نوسان اختیار کند، ولی وقتی نوسان شروع شد، دیگر آن مقادیر تغییر نمی‌کند؛ پس وقتی می‌گوییم نوسانگری داریم یعنی f و T و ω ثابت ولی وقتی می‌گوییم نوسانگری داریم در حال نوسان T و f و ω و A ثابت.

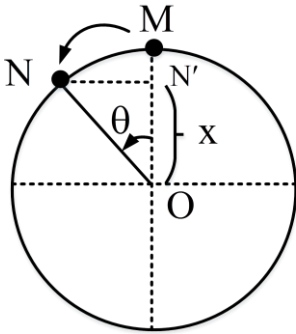
نکته



طبق قانون هوک (

)

با استفاده از شبیه‌سازی دایره‌ای می‌توان معادله‌ی حرکت نوسانی ساده را به راحتی محاسبه نمود در این صورت:



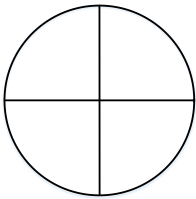
$OM = ON \Rightarrow$ دامنه نوسان (A)

$$\Delta ONN' = \cos \theta = \frac{ON'}{ON} \Rightarrow \cos \theta = \frac{x}{A}$$

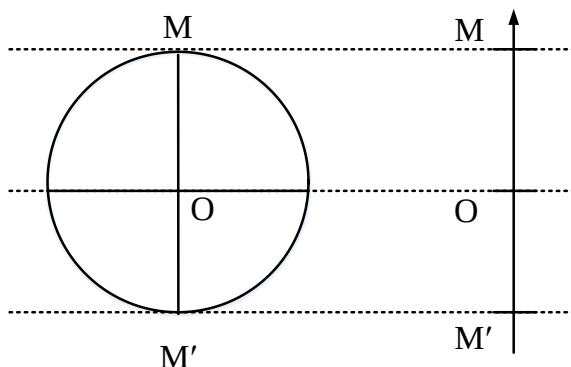
$$x = A \cos \theta \xrightarrow{\theta = \omega t} x = A \cos(\omega t)$$

شناسه تابع کسینوسی $\Leftarrow$ در هر زمان می‌توان مکان نوسانگر را محاسبه کرد.

پرسش: نوسانگری در مبدأ زمان در $x = +A$ است، این عبارت به چه معناست؟

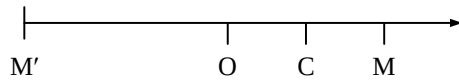


پرسش: نوسانگری روی پاره خط MM' حرکت نوسانی انجام می‌دهد اگر در مبدأ زمان در بیشترین فاصله نسبت به نقطه‌ی تعادل در طرف مثبت باشد در چه لحظاتی در O ، M' و مجدداً M قرار خواهد گرفت؟ در مورد مکان آن چطور؟

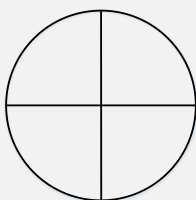
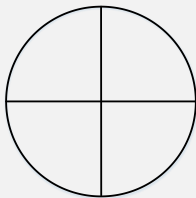
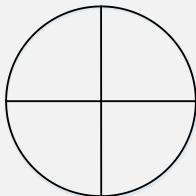


	t	x

پرسش: نوسانگری حرکت خود را از $x = +A$ شروع کرده چه مدت بر حسب دوره تناوب به نقطه‌ی C می‌رسد. به طوری که $OC = CM$ می‌باشد.



نکته طلایی





برای بدست آوردن مدت زمان لازم بر حسب دوره برای تغییر فاز $\Delta\theta$ ، کافیست π را به T تبدیل کرده و مخرج $\Delta\theta$ را در ۲ ضرب کنیم.

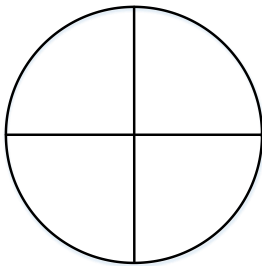
$$\Delta\theta = \frac{4\pi}{3} \rightarrow \Delta t =$$

$$\Delta\theta = \frac{9\pi}{5} \rightarrow \Delta t =$$

$$\Delta\theta = \frac{\pi}{4} \rightarrow \Delta t =$$

پرسش: نوسانگری از نقطه‌ی $x = +A$ حرکت خود را شروع می‌کند در یک نوسان کامل در چه زمان‌هایی بر

حسب دوره تناوب در $+\frac{\sqrt{3}}{2}A$ قرار دارد؟

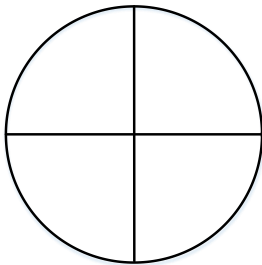


تجرب

نوسانگری روی پاره خط MN به طول 10 cm نوسان می‌کند و در هر دقیقه ۹۰ بار طول پاره خط می‌پیماید. معادله حرکت نوسانگر را بنویسید؟ (در لحظه‌ی $t = 0$ نوسانگر در $x = +A$ قرار دارد)

تست

معادله‌ی حرکت یک نوسانگر به صورت $x = 0.3 \cos(4\pi t)$ است. چند ثانیه پس از لحظه‌ی $t = 0$ برای سومین بار بعد (مکان) نوسانگر بیشینه می‌شود؟

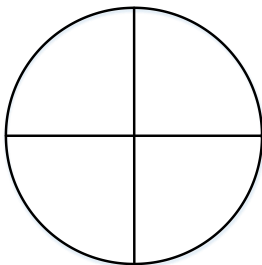


تست

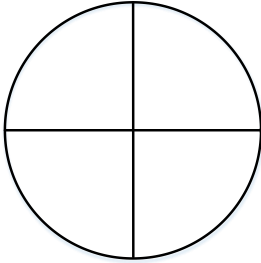
معادله‌ی حرکت یک نوسانگر به صورت $x = 0.1 \cos(5\pi t)$ است. این نوسانگر در یک فاصله زمانی 10° ثانیه‌ای چند نوسان انجام می‌دهد؟

تست

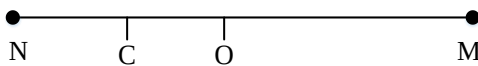
یک نوسانگر در مدت Δt_1 از $x = +A$ به مکان $x = +\frac{A}{2}$ رفته و سپس در مدت Δt_2 از مکان $x = +\frac{A}{2}$ به مکان $x = 0$ می‌رود، نسبت $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$ کدام است؟ (T دوره نوسان فرض شود)



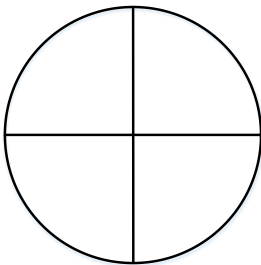
نوسانگری با دامنه A نوسان می‌کند. اگر کمترین زمان لازم برای آنکه مکان نوسانگر از $+\frac{A}{2}$ به $-\frac{A}{2}$ برسد برابر $\frac{1}{8}$ s باشد، دوره نوسان آن چند ثانیه است؟



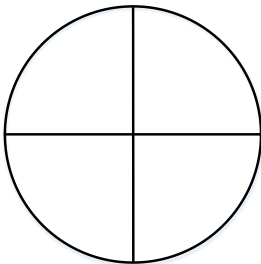
در شکل زیر نوسانگر NC را در مدت $\frac{1}{2}$ s می‌پیماید. دوره نوسان آن چند ثانیه است؟



(نقطه‌ی O مرکز نوسان و $NC = OC$)

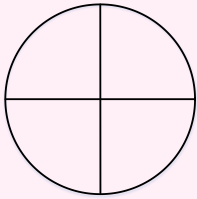
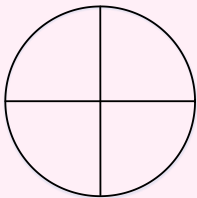


معادله‌ی حرکت نوسانگری به صورت $x = 0.3 \cos\left(\frac{\pi}{4} t\right)$ است. این نوسانگر در فاصله‌ی زمانی $[0, 4]$ چند سانتی‌متر مسافت را می‌پیماید؟

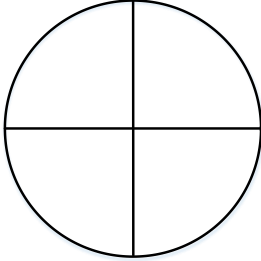


تمرین کتاب: در حرکت هماهنگ ساده، مکان $x(t)$ باید پس از گذشت یک دوره تناوب برابر مقدار اولیه‌اش شود. یعنی اگر $x(t)$ مکان در زمان دلخواه باشد، آن‌گاه نوسانگر باید در زمان $t + T$ دوباره به همان مکان بازگردد و بنابراین $A \cos \omega t = A \cos \omega(t + T)$. بر این اساس نشان دهید $\omega = 2\pi / T$.

نکته



معادله‌ی حرکت نوسانگری به صورت $x = 0.06 \cos\left(\frac{5\pi}{3}t\right)$ است. بیشترین سرعت متوسط نوسانگر در بازه زمانی ۰/۰۲ ثانیه چند متر بر ثانیه است؟



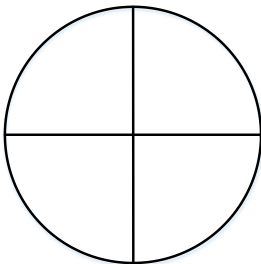
در یک حرکت هماهنگ ساده، در مدت دلخواه $\frac{1}{4}$ دوره، کمترین مسافتی که نوسانگر طی می‌کند چند برابر دامنه است؟ $(\sqrt{2} = 1/4)$ «سراسری ریاضی ۹۳ خارج از کشور»

۱/۴ (۴)

۰/۷ (۳)

۰/۶ (۲)

۰/۳ (۱)



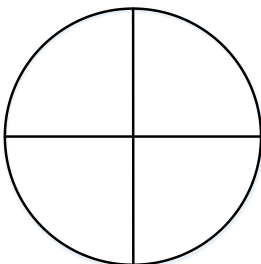
در یک حرکت هماهنگ ساده با دامنه‌ی نوسان A و دوره‌ی تناوب T ، کمترین مقدار تندى متوسط نوسانگر در یک بازه‌ی زمانی به اندازه‌ی $\frac{T}{6}$ چند برابر کسر $\frac{A}{T}$ است؟

$6(2 - \sqrt{3})$ (۴)

$3(2 - \sqrt{3})$ (۳)

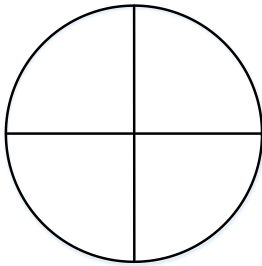
$6\sqrt{3}$ (۲)

$3\sqrt{3}$ (۱)



نوسانگری بر روی پاره‌خطی به طول 20 cm با دوره‌ی $\frac{12}{100}\text{ s}$ نوسان می‌کند، سرعت متوسط نوسانگر وقتی از $x = -5$ سانتی‌متر بدون تغییر جهت به $x = 5\text{ cm}$ می‌رود چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟

۲۵ (۴) ۱۰ (۳) ۵ (۲) ۲/۵ (۱)



معادله حرکت نوسانگری در SI به صورت $x = 0.02 \cos \frac{\pi}{2} t$ است. تندی متوسط نوسانگر در بازه زمانی $t_1 = \frac{1}{12}\text{ s}$ تا $t_2 = \frac{25}{12}\text{ s}$ ، چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

۴ (۴) ۳ (۳) ۲ (۲) ۱ (۱)

در یک حرکت هماهنگ ساده، اگر برای اولین بار مسافت طی شده توسط متحرک در ثانیه‌های پنجم و ششم برابر باشد، دوره تناوب این حرکت چند ثانیه است؟

۲۰ (۴) ۱۵ (۳) ۱۰ (۲) ۵ (۱)

نوسانگری در مبدأ زمان در بیشینه فاصله از مرکز نوسان است (در طرف مثبت) مکان این ذره پس از $\frac{1}{6}$ دور چه کسری از دامنه آن است؟

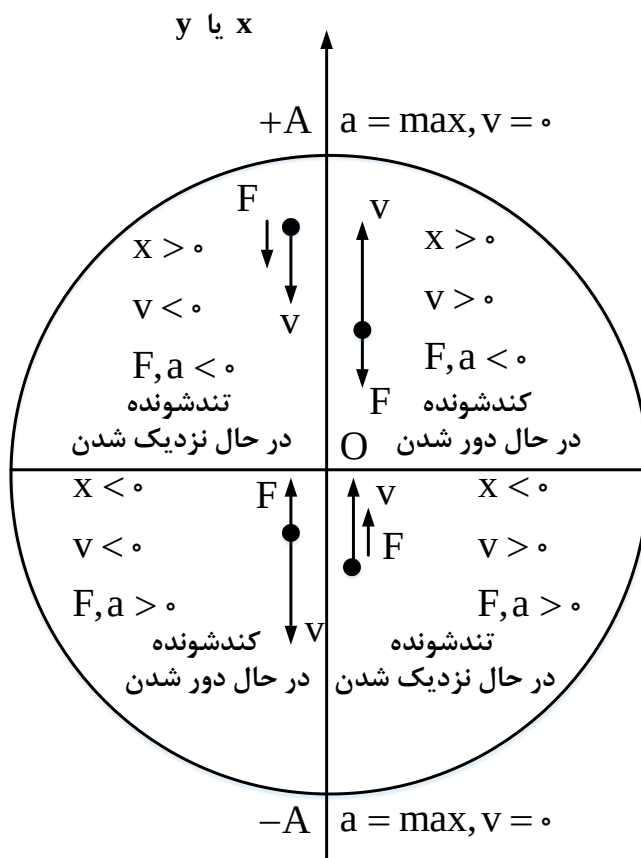
(۴) $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(۳) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

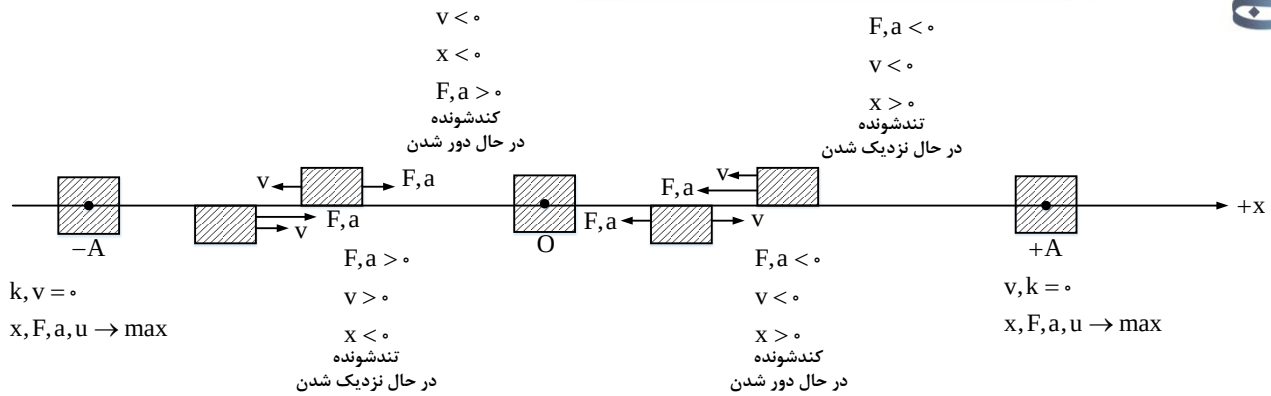
(۲) $\frac{1}{4}$

(۱) $\frac{1}{2}$

بررسی وضعیت حرکتی نوسانگر در یک نوسان کامل:



فیزیک ۳ - نوسان و موج



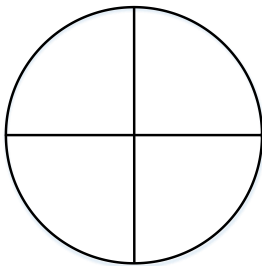
نکته



اگر نوسانگر در حال دور شدن از وضع تعادل باشد، حرکت نوسانگر کندشونده و رفته رفته v و k کاهش و a افزایش می‌یابد و برعکس.

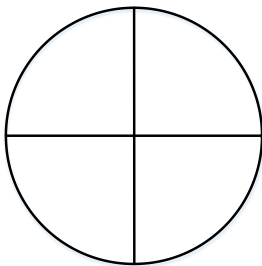
تجربیت

معادله‌ی حرکت یک نوسانگر به صورت $x = 0.04 \cos(100\pi t)$ است. چند ثانیه پس از آغاز حرکت، سرعت نوسانگر برای دومین بار به بیشینه مقدار خود می‌رسد؟

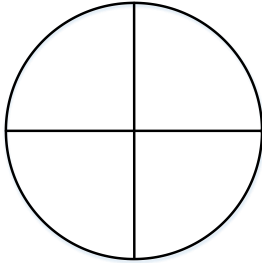


تجربیت

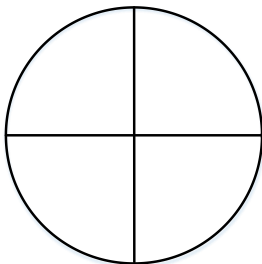
نوسانگری با بسامد 20 Hz در حال نوسان است. حداقل زمان لازم برای آنکه سرعت نوسانگر از صفر به $\max$ برسد چقدر است؟



نوسانگری با دوره $\frac{3}{2}s$ از $x = +A$ شروع به حرکت می‌کند. بین دو لحظه‌ی $t = 0$ تا $t = \frac{2}{4}s$ چند ثانیه سرعت و شتاب نوسانگر هم‌سو هستند؟



معادله‌ی حرکت نوسانگری $x = 0.1 \cos(10\pi t)$ است. در بازه زمانی صفر تا $\frac{1}{12}$ ثانیه چه مدت حرکت نوسانگر کندشونده است؟



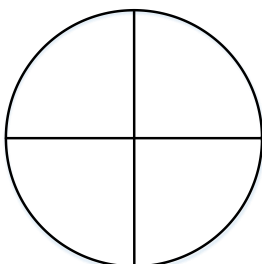
معادله‌ی مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.4 \cos(20\pi t)$ است. در بازه‌ی زمانی بین $t = 0$ تا $t = \frac{1}{24}s$ ، چند ثانیه سرعت و شتاب متحرک هم‌جهت نیستند؟ (مشابه تپیری فارغ ۹۲)

$\frac{1}{120}$ (۴)

$\frac{1}{60}$ (۳)

$\frac{1}{40}$ (۲)

$\frac{1}{20}$ (۱)



تست

معادله‌ی حرکت هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $y = A \cos(40\pi t)$ است. در فاصله زمانی $t = \frac{1}{12}$ s تا $t = \frac{1}{120}$ s

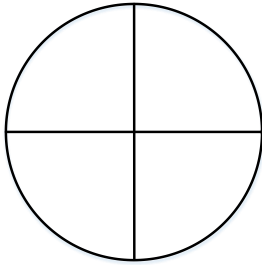
جهت حرکت نوسانگر چند بار عوض می‌شود؟ (مشابه ریاضی ۱۹)

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)



تست

معادله مکان نوسانگر ساده‌ای در SI به صورت $x = 0.02 \cos(\frac{\pi}{2}t)$ است. در کدام بازه زمانی (بر حسب ثانیه)

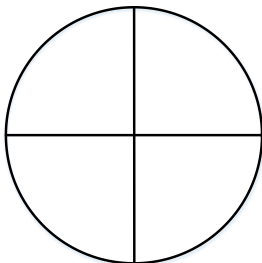
شتاب و سرعت در جهت مثبت محور x اند؟

۴ تا ۳ (۴)

۳ تا ۲ (۳)

۲ تا ۱ (۲)

۱ صفر تا ۱



تست

معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = 0.02 \cos 4\pi t$ است. در بازه زمانی $t_1 = \frac{1}{12}$ s و

$t_2 = \frac{7}{6}$ s، حرکت نوسانگر، چند ثانیه تندشونده است؟ (تقریبی ۱۴۰)

$\frac{13}{24}$ (۴)

$\frac{7}{12}$ (۳)

$\frac{7}{6}$ (۲)

$\frac{5}{6}$ (۱)



برای محاسبه‌ی دوره‌ی تناوب و پسماند زاویه‌ای سامانه جرم - فنر داریم:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= -m\omega^2 x \\ F &= -kx \end{aligned} \Rightarrow k = m\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



افزایش جرم m در سامانه جرم - فنر (با فنر یکسان) به کند شدن نوسان‌ها یعنی افزایش دوره‌ی تناوب T می‌انجامد.

همچنین با وزنه‌ای به جرم ثابت ولی فنرهایی با سختی متفاوت (k متفاوت) با افزایش ثابت فنر k دوره‌ی تناوب T نوسان‌ها کوتاه‌تر می‌شود.

وزنه‌ای را از انتهای فنر سبکی آویزان می‌کنیم. در حالتی که وزنه به حالت تعادل قرار گیرد و بایستد طول فنر 10 cm افزایش یافته است. وزنه‌ها را از این حالت کمی پایین‌تر کشیده و رها می‌کنیم تا در راستای قائم به نوسان درآید.

دوره نوسان چند ثانیه است؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) (ریاضی ۹۰)

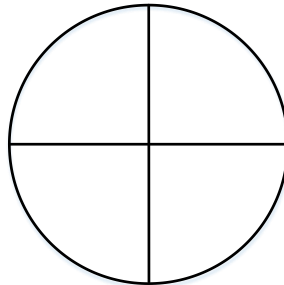
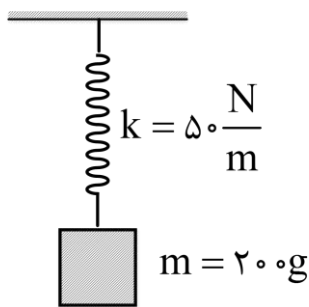
(۴) $\frac{2}{5}$

(۳) $\frac{\pi}{5}$

(۲) $\frac{2\pi}{5}$

(۱) $\frac{1}{5}$

در شکل روبه‌رو، طول فنر 40cm است. اگر جسم متصل به فنر را به اندازه 10cm به سمت پایین کشیده و سپس رها کنیم، چند ثانیه پس از رها کردن جسم، برای اولین بار طول فنر به 35cm می‌رسد؟ ($\pi^2 = 10$)



$$\frac{2}{30} \quad (2)$$

$$\frac{4}{30} \quad (4)$$

$$\frac{1}{30} \quad (1)$$

$$\frac{3}{30} \quad (3)$$

جسمی به جرم m به فنری با ثابت $5 \frac{\text{N}}{\text{cm}}$ متصل است. فنر را به اندازه 4cm می‌کشیم و سپس رها می‌کنیم و جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک شروع به نوسان می‌کند. لحظه‌ای که تندی نوسانگر به $\frac{\sqrt{2}}{2}$ تندی بیشینه می‌رسد، انرژی مکانیکی آن چند ژول از انرژی جنبشی آن بیشتر است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

$$0.2 \quad (4)$$

$$0.1 \quad (3)$$

$$0.4 \quad (2)$$

$$0.3 \quad (1)$$



با توجه به معادله مکان - زمان حرکت نوسانی ساده $x = A \cos(\omega t)$ می توان نوشت:

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

$$V = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t) \rightarrow V_{\max} =$$

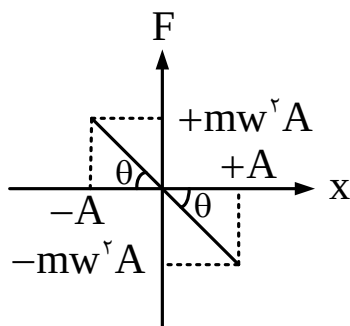
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 = -\omega^2 x \Rightarrow \begin{cases} a_{\max} = \\ a = -\omega^2 x \end{cases}$$

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

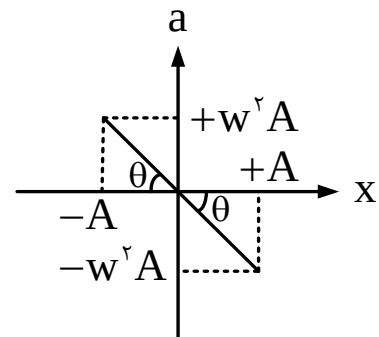
$$\text{II دیدگاه: } F = -kx \rightarrow k = -\frac{F}{x}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow k = m\omega^2 \Rightarrow \begin{cases} F = -m\omega^2 x \\ F = ma \end{cases} \Rightarrow a = -\omega^2 x$$

تذکره



$$\text{شیب خط} = \tan \alpha = -\omega^2$$



$$\text{شیب خط} = \tan \alpha = -\omega^2$$



نکته ۱:

$$x = 0 \rightarrow V = \pm A\omega = \pm V_m$$

$$x = \pm A \rightarrow V = 0$$

$$x = \pm \frac{\sqrt{2}}{2} A \rightarrow V = \pm \frac{1}{2} V_m$$



$$\frac{|a_{\max}|}{|V_{\max}|} = \frac{A\omega^2}{A\omega} = \omega \quad \text{نکته ۲:}$$

جمع بندی:

تست

ذره‌ای به جرم 50°g روی پاره‌خطی به طول 10cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر دوره نوسان، $\frac{1}{2}$ ثانیه

باشد، بیشینه نیروی وارد بر نوسانگر چند نیوتون است؟ ($\pi^2 = 10$) (سراسری تهرانی ۹۱)

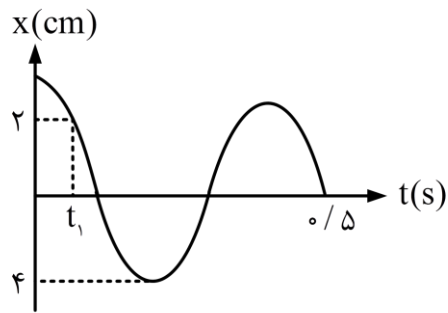
$\frac{1}{2}$ (۴)

۱ (۳)

۲ (۲)

۴ (۱)

؟ مثال: نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است:



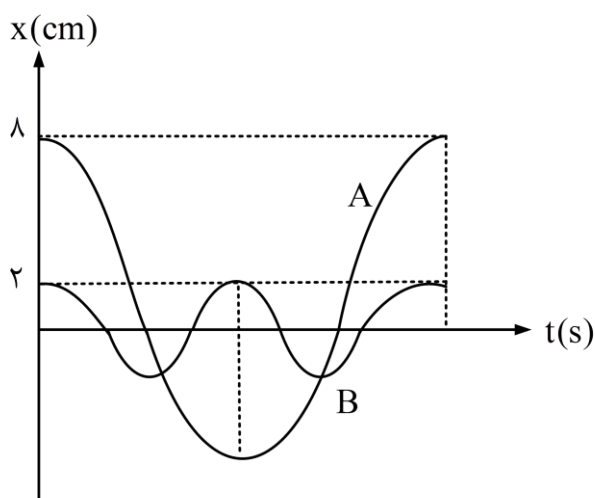
الف) معادله حرکت

ب) مقدار t_1

ج) شتاب در لحظه t_1

تست

با توجه به نمودار روبه‌رو که مربوط به مکان - زمان دو نوسان کننده A و B است و جرم جسم A چهار برابر جرم جسم B است، بیشینه نیروی وارد بر جسم A چند برابر بیشینه نیروی وارد بر جسم B است؟ (ریاضی ۹۲)



- | | |
|--------|-------------------|
| ۶۴ (۱) | $\frac{1}{4}$ (۲) |
| ۱۶ (۳) | ۴ (۴) |



تست

معادله شتاب - زمان نوسانگری در SI به صورت $a = -\pi^2 \cos(2/\delta\pi t)$ است. در بازه زمانی $0/4s \leq t \leq 0/8s$ کدام مطلب در مورد این نوسانگر درست است؟ (ریاضی فارغ ۹۳)

(۱) شتاب متوسط نوسانگر صفر است. (۲) سرعت متوسط نوسانگر صفر است.

(۳) جهت شتاب نوسانگر ثابت می ماند. (۴) جهت سرعت نوسانگر یک بار عوض می شود.

تست

متحرکی روی پاره خطی به طول 20cm حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد. اگر اندازه شتاب متحرک در فاصله 4cm نقطه‌ی بازگشت برابر با $2/4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ باشد، دوره تناوب حرکت چند ثانیه است؟ ($\pi^2 = 10$)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) $\frac{\pi}{20}$ (۴) $\frac{\pi}{10}$

در یک حرکت هماهنگ ساده در لحظه‌ای که شتاب نوسانگر $\frac{3}{5}$ برابر شتاب پیشینه‌اش است. فاصله‌اش از نقطه تعادل چند برابر دامنه نوسان است؟

(۴) $\frac{16}{25}$

(۳) $\frac{9}{25}$

(۲) $\frac{4}{5}$

(۱) $\frac{3}{5}$

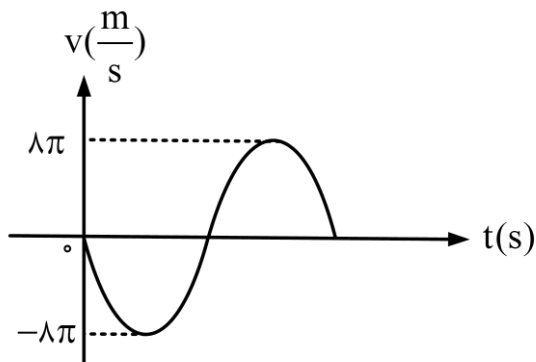
نمودار سرعت - زمان سامانه جرم و فنری مطابق شکل زیر بوده و در لحظه‌ی $t = \frac{3}{8} \text{ s}$ ، متحرک برای دومین بار از مبدأ عبور می‌کند. اگر بیشترین نیروی وارد بر فنر 480 N باشد، ثابت این فنر چند نیوتون بر متر است؟

(۲) ۹۶۰

(۱) ۱۴۴۰

(۴) ۲۴۰

(۳) ۱۲۸۰



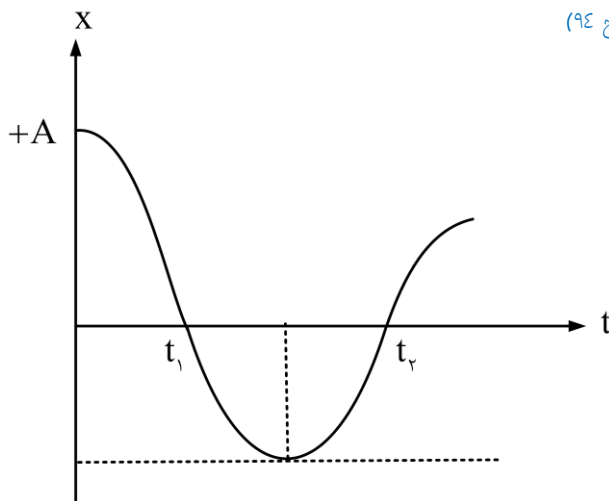
نمودار حرکت هماهنگ ساده‌ای مطابق شکل مقابل است. شتاب متوسط نوسانگر در بازه (صفر تا t_1) چند برابر شتاب متوسط آن در بازه (t_1 تا t_2) است؟ (مشابه تیربی خارج ۹۴)

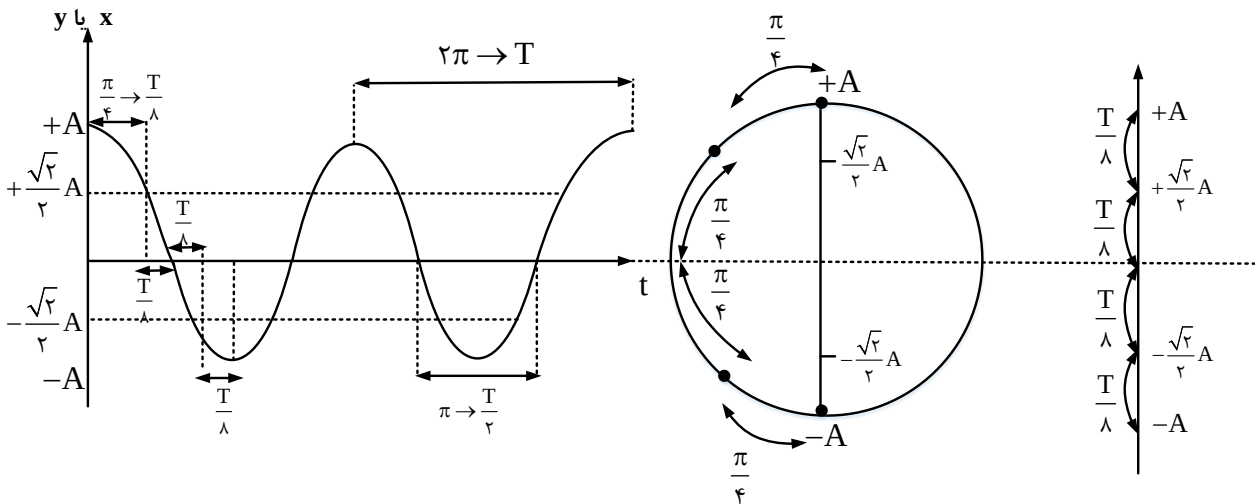
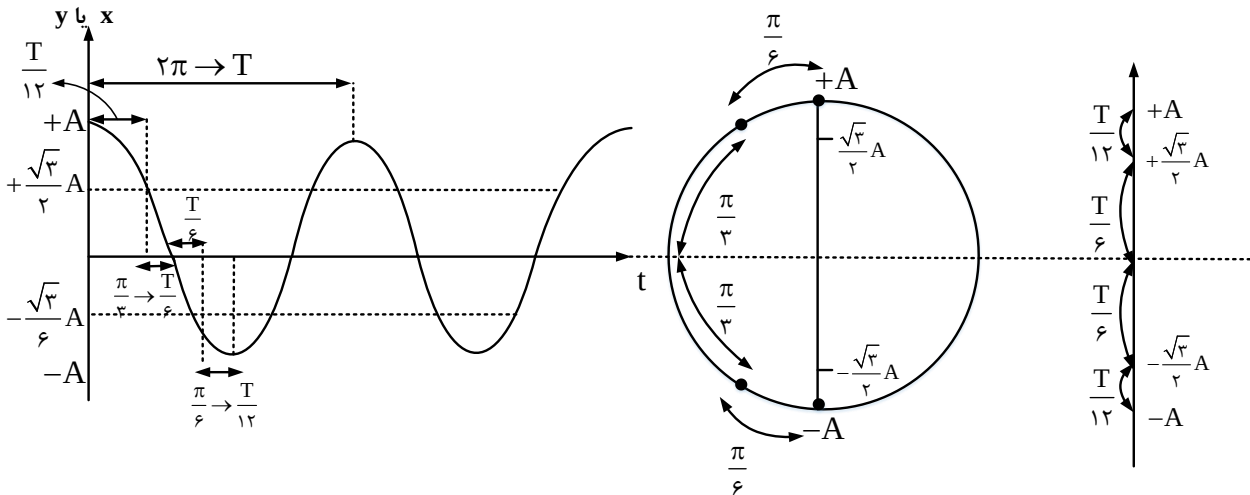
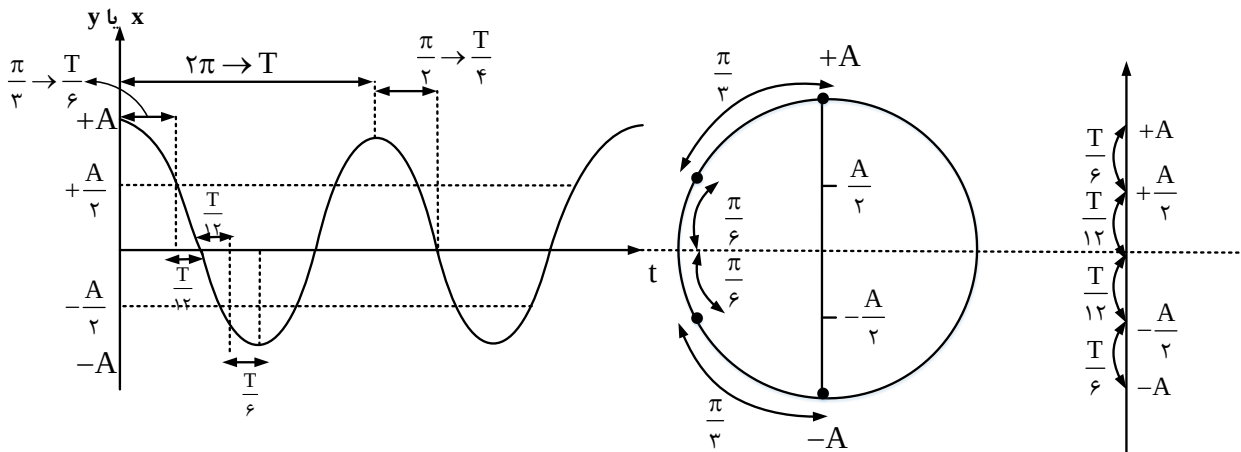
(۲) $\frac{3}{4}$

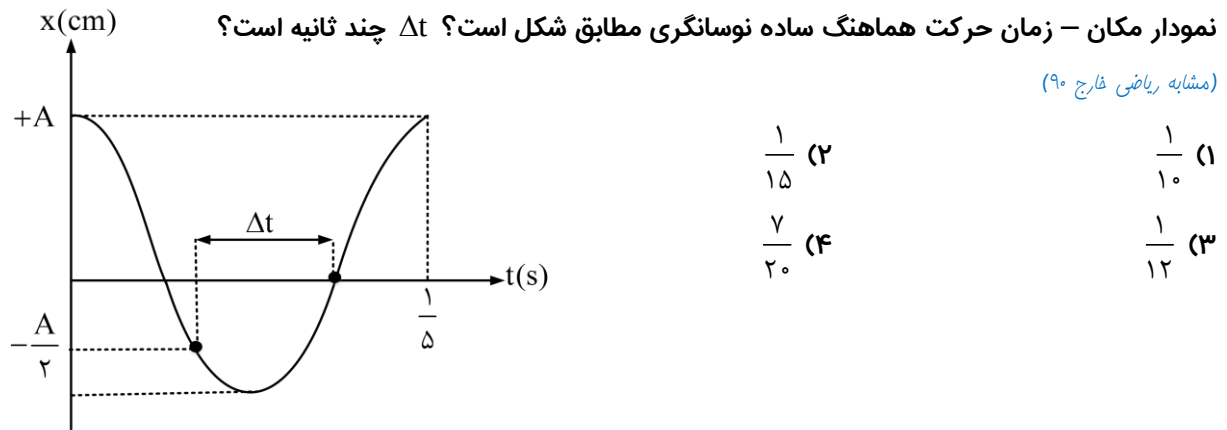
(۱) $\frac{8}{9}$

(۴) $\frac{1}{3}$

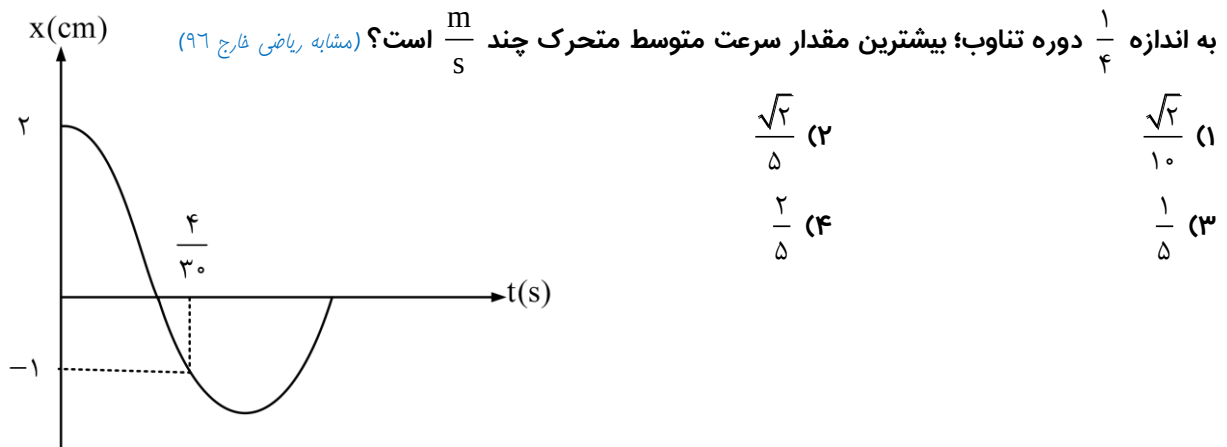
(۳) $\frac{2}{3}$



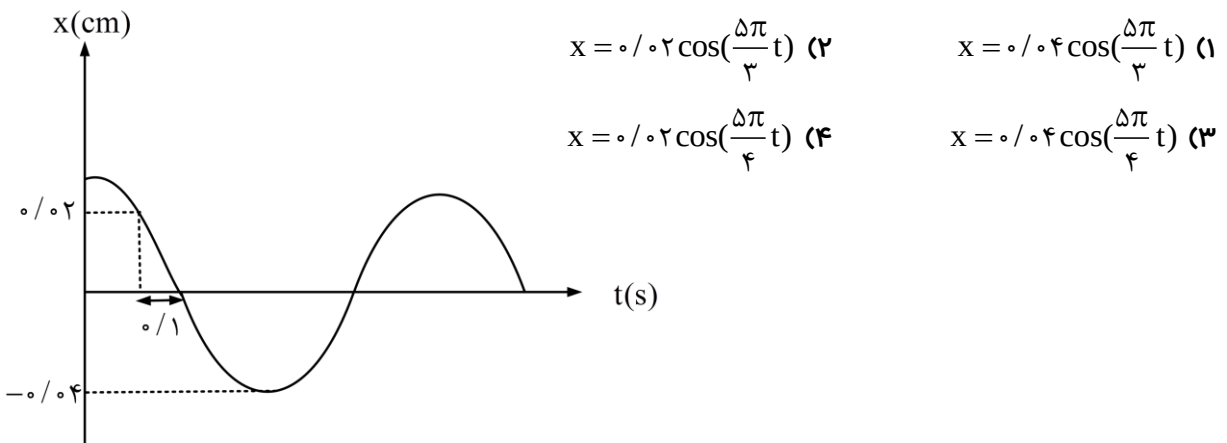




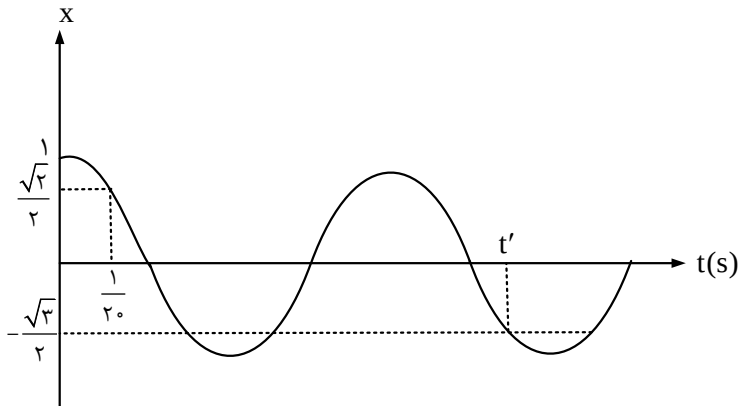
نمودار مکان - زمان متحرکی که حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد مطابق شکل روبه‌رو است. در مدت دلخواهی به اندازه $\frac{1}{4}$ دوره تناوب؛ بیشترین مقدار سرعت متوسط متحرک چند $\frac{m}{s}$ است؟ (مشابه ریاضی فارغ ۹۶)



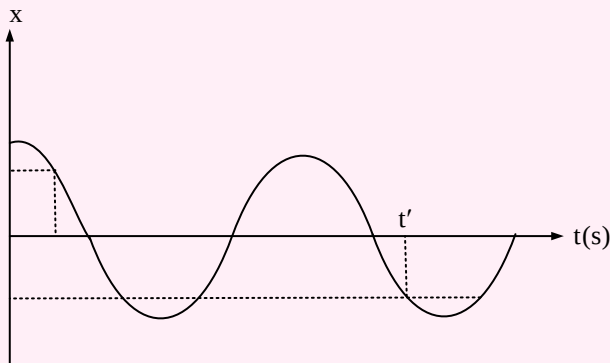
نمودار مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای مطابق شکل مقابل است. معادله‌ی حرکت آن در SI کدام است؟



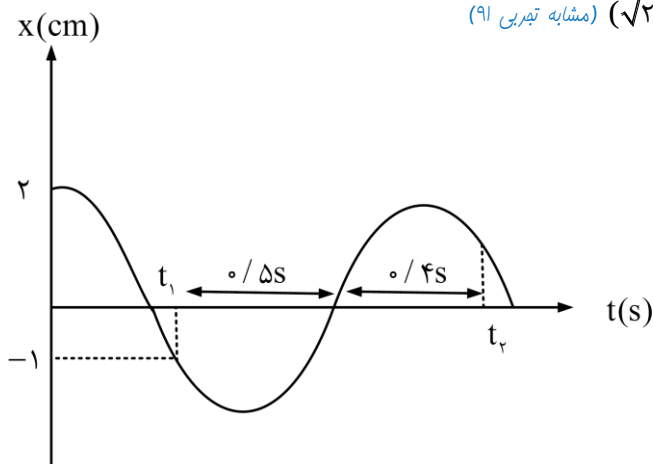
نمودار مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای مطابق شکل زیر است. t' چند ثانیه است؟



نکته



نمودار مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده‌ای مطابق شکل است. سرعت متوسط آن در فاصله زمانی بین t_1 تا t_2 چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ ($\sqrt{2} = 1/4, \sqrt{3} = 1/7$) (مشابه تفریبی ۹۱)



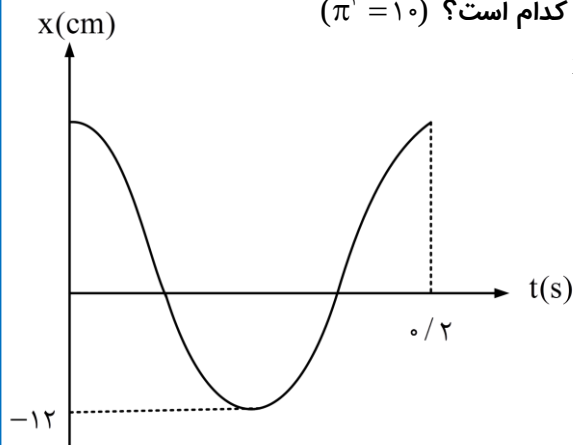
۳ (۲)

۲ (۱)

۶ (۴)

۴ (۳)

نمودار مکان - زمان وزنه‌ای را که وسیله فنری با ثابت $200 \frac{N}{m}$ روی سطح افقی بدون اصطکاکی به نوسان‌های هماهنگ ساده وادی داریم، مطابق شکل زیر است. اگر وزنه دیگری را که جرم آن ۱۵۰ گرم از جرم وزنه کنونی کمتر می‌باشد، جایگزین کرده و به همین فنر متصل نماییم و مجدداً آن را وادار به حرکت هماهنگ ساده با دامنه مشابه کنیم، معادله مکان - زمان حرکت هماهنگ وزنه جدید در SI کدام است؟ ($\pi^2 = 10$)



$$x = 0.12 \cos(40\pi t) \quad (2)$$

$$x = 0.12 \cos(20\pi t) \quad (1)$$

$$x = 0.12 \cos(5\pi t) \quad (4)$$

$$x = 0.12 \cos(2/5\pi t) \quad (3)$$

انرژی‌های نوسانگر و نسبت آن‌ها و نمودارهای مربوط به انرژی‌های نوسانگر:

$$\begin{aligned} \text{انرژی جنبشی نوسانگر: } k &= \frac{1}{2} m v^2 \\ V &= -A\omega \sin(\omega t) \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} k = \frac{1}{2} A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t) \\ V = 0 \rightarrow k_{\max} = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = E \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر: } V &= \frac{1}{2} k x^2 \\ \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \rightarrow k = m\omega^2 \\ x &= A \cos(\omega t) \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} U = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \cos^2(\omega t) \\ k = 0 \rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = E \end{cases}$$

$$\text{انرژی مکانیکی نوسانگر: } E = U + K = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} k A^2$$

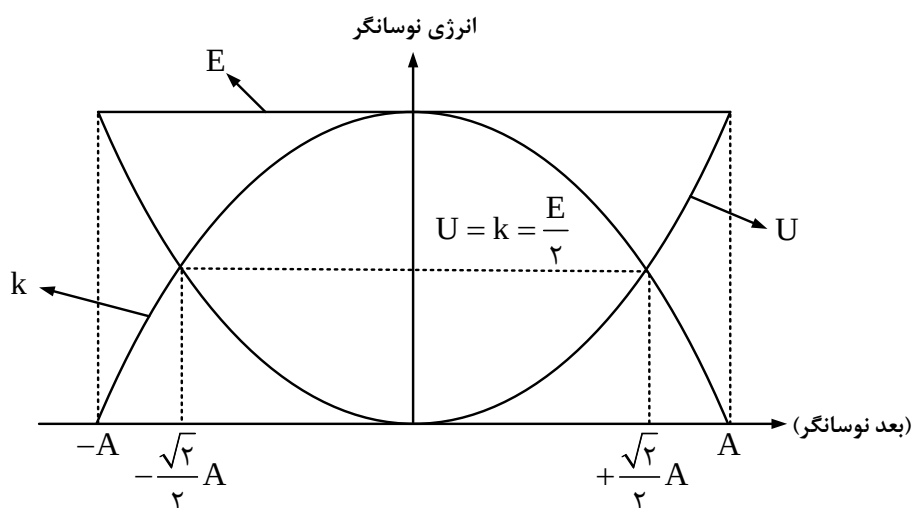
نکته



نکته ۱: انرژی مکانیکی نوسانگر مقدار ثابتی است و به فاصله‌ی نوسانگر از وضع تعادل (بعد نوسانگر) بستگی ندارد.

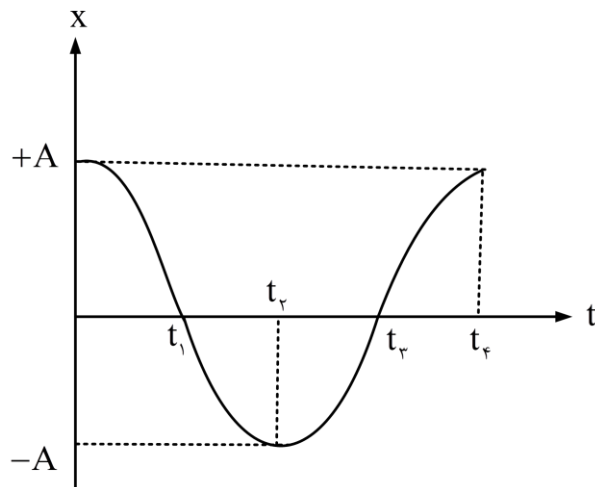
نکته ۲: در فاصله‌های $\pm \frac{\sqrt{2}}{2} A$ و در فازهای حرکت مضرب فرد $\frac{\pi}{4}$ انرژی جنبشی و پتانسیل نوسانگر با هم برابر و برابر نصف انرژی مکانیکی نوسانگر می‌باشد.

نمودارهای انرژی نوسانگر بر حسب بعد نوسانگر:



شکل مقابل نمودار مکان - زمان یک نوسانگر ساده است. در کدام بازه زمانی پتانسیل رو به افزایش و شتاب

نوسانگر منفی است؟ (مشابه ریاضی ۹۰)



- (۱) صفر تا t_1 (۲) t_1 تا t_2
(۳) t_2 تا t_3 (۴) t_3 تا t_4

انرژی مکانیکی نوسانگری به جرم 100 gr برابر 20 mJ است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر 15 mJ است، بزرگی سرعت نوسانگر چند سانتی‌متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۹۶ شارچ)

- (۱) $10\sqrt{10}$ (۲) $20\sqrt{10}$ (۳) $\frac{\sqrt{3}}{10}$ (۴) $\frac{\sqrt{3}}{20}$

در لحظه‌ای که انرژی جنبشی یک نوسانگر ۳ برابر انرژی پتانسیل آن است. سرعت نوسانگر چند برابر بیشترین سرعت آن است؟ (تجربی ۸)

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{\sqrt{3}}{2}$ (۳) $\frac{2\sqrt{3}}{2}$ (۴) ۲

رابطه انرژی جنبشی نوسانگر ساده‌ای بر حسب زمان در SI بصورت $k = 0.36 \sin^2(40\pi t)$ است در لحظه

$t = \frac{1}{120}$ s انرژی پتانسیل نوسانگر چند ژول است؟ (مشابه تیربی ۸۷)

- (۱) ۰/۰۰۹ (۲) ۰/۰۲۷ (۳) ۰/۰۳۶ (۴) ۰/۰۱۸√۳

نوسانگری به جرم ۱۰۰g روی پاره‌خط به طول ۲۰cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در مدت $\frac{1}{4}$ ثانیه از

مرکز نوسان به انتهای مسیر می‌رسد. انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان، چند میلی‌ژول است؟ ($\pi^2 = 10$) (تیربی ۹۵)

- (۱) ۲ (۲) ۸ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵

معادله‌ی نیرو - مکان نوسانگر ساده به جرم ۲۰۰g در SI به صورت $F = -180x$ است. اگر بیشینه انرژی جنبشی

این نوسانگر ۲۲۵ میلی‌ژول باشد، معادله مکان - زمان این نوسانگر در SI کدام است؟ (مشابه ریاضی خارج ۹۷)

- (۱) $x = 0.05 \cos 30t$ (۲) $x = 0.03 \cos 30t$ (۳) $x = 0.05 \cos 30\pi t$ (۴) $x = 0.03 \cos 30\pi t$

نوسانگری روی پاره‌خطی به طول 12cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. این نوسانگر دو جابه‌جایی مساوی و متوالی را بدون تغییر جهت انجام می‌دهد که مجموع آن‌ها برابر دامنه و نوسان است. اگر هر یک از این جابه‌جایی‌ها

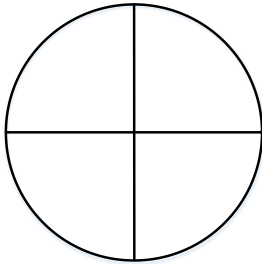
در مدت 0.4s انجام شود، بیشینه سرعت این نوسانگر چند $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ است؟ $(\pi = 3)$ (سراسری تپری ۹۴)

(۴) $\frac{3}{2}$

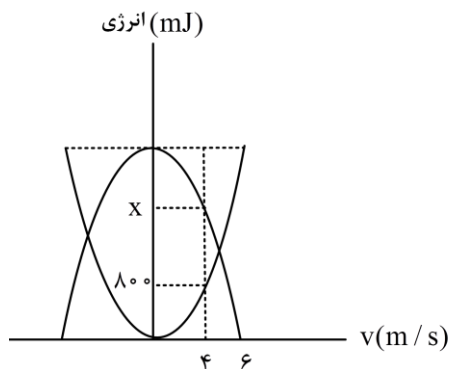
(۳) $\frac{3}{4}$

(۲) $\frac{4}{3}$

(۱) صفر



نمودار انرژی‌های جنبشی و پتانسیل کشسانی بر حسب سرعت نوسانگر هماهنگ ساده‌ای، مطابق شکل زیر داده شده است. x چند ژول است؟



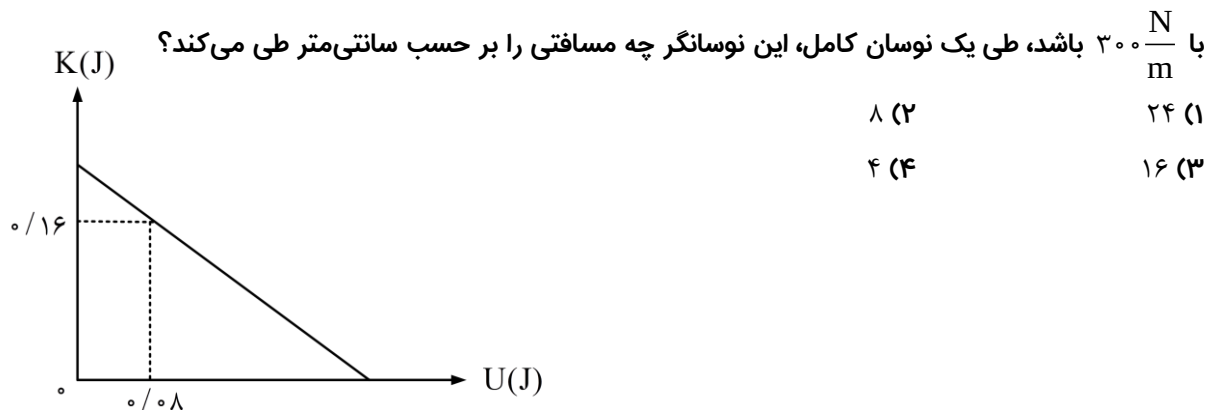
(۲) $1/6$

(۱) $1/2$

(۴) ۱

(۳) $1/8$

نمودار انرژی جنبشی بر حسب انرژی پتانسیل کشسانی هماهنگ ساده‌ای مطابق با شکل زیر است. اگر ثابت فنر برابر



(۲) ۸

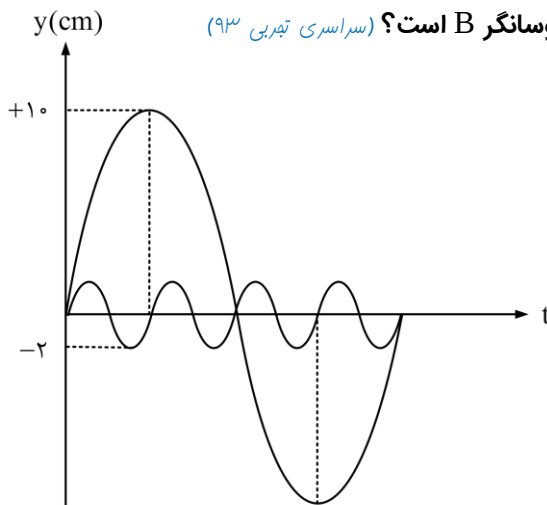
(۱) ۲۴

(۴) ۴

(۳) ۱۶

تست

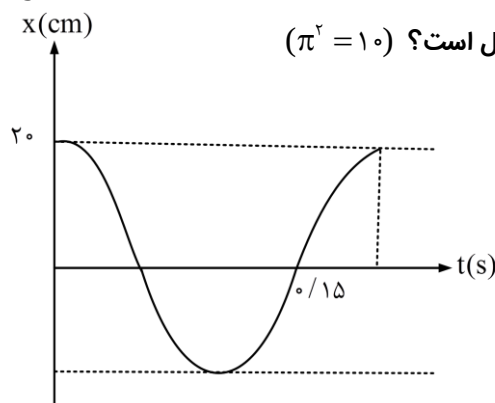
شکل روبه‌رو، نمودار مکان - زمان دو نوسانگر A و B را نشان می‌دهد. اگر جرم نوسانگر B پنج برابر جرم نوسانگر A باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر A چند برابر انرژی مکانیکی نوسانگر B است؟ (سراسری تفریبی ۹۳)



- (۱) $\frac{5}{16}$ (۲) $\frac{16}{5}$
(۳) $\frac{5}{9}$ (۴) $\frac{16}{25}$

تست

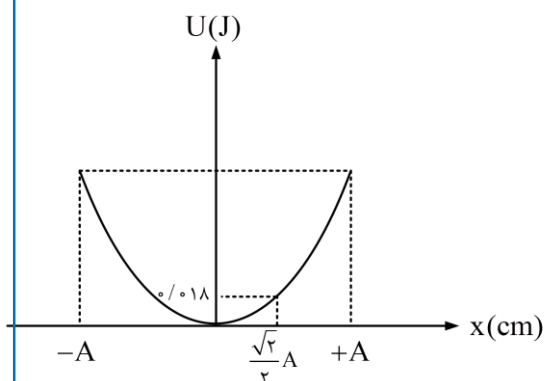
نمودار مکان - زمان حرکت هماهنگ ساده نوسانگری به شکل مقابل است. در لحظه‌ای که تندی متحرک $\frac{m}{s}$ است، چند درصد از انرژی مکانیکی نوسانگر به صورت انرژی پتانسیل است؟ ($\pi^2 = 10$)



- (۱) $6/25$ (۲) $37/5$
(۳) 64 (۴) 36

تست

نمودار انرژی پتانسیل بر حسب مکان نوسانگر ساده‌ای مطابق شکل است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟

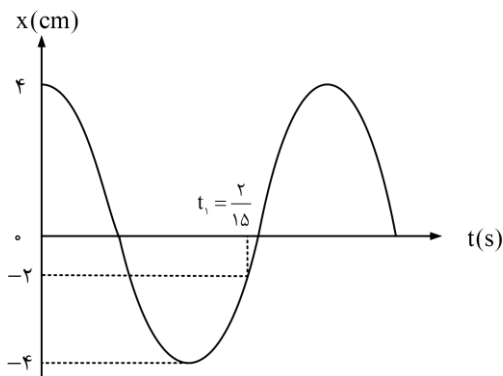


- (۱) 0.024 (۲) 0.036
(۳) $0.018\sqrt{2}$ (۴) $0.018\sqrt{3}$

جسمی به جرم m به فنری با ثابت $\frac{N}{cm}$ متصل است. فنر را به اندازه 4 cm می کشیم و سپس رها می کنیم و جسم روی سطح افقی بدون اصطکاک شروع به نوسان می کند. لحظه ای که تندی نوسانگر به $\frac{\sqrt{2}}{2}$ تندی بیشینه می رسد، انرژی مکانیکی آن چند ژول از انرژی جنبشی آن بیشتر است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

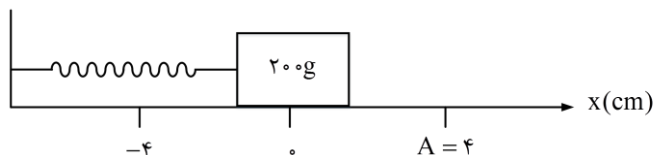
(۱) $\frac{1}{3}$ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $\frac{1}{1}$ (۴) $\frac{1}{2}$

نمودار مکان - زمان نوسانگری به جرم 50 g مطابق شکل زیر است. انرژی مکانیکی نوسانگر چند ژول است؟ (ریاضی ۱۴۰۰) ($\pi^2 = 10$)

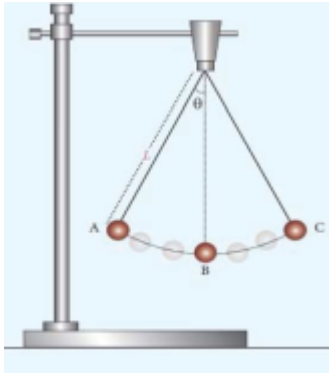


- (۱) $\frac{1}{25}$ (۲) $\frac{1}{25}$ (۳) $\frac{2}{5}$ (۴) $\frac{1}{50}$

مطابق شکل زیر، نوسانگری روی محور x حرکت هماهنگ ساده انجام می دهد. اگر حداقل زمانی که طول می کشد تا نوسانگر از مکان $x_1 = 1\text{ cm}$ در جهت مثبت محور x عبور کند و به مکان $x_2 = -1\text{ cm}$ برسد، برابر ۲ ثانیه باشد، انرژی مکانیکی نوسانگر چند میلی ژول است؟ ($\pi^2 = 10$) (تفربی ۱۴۰۰)



- (۱) $\frac{1}{1}$ (۲) $\frac{1}{2}$ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{1}{8}$



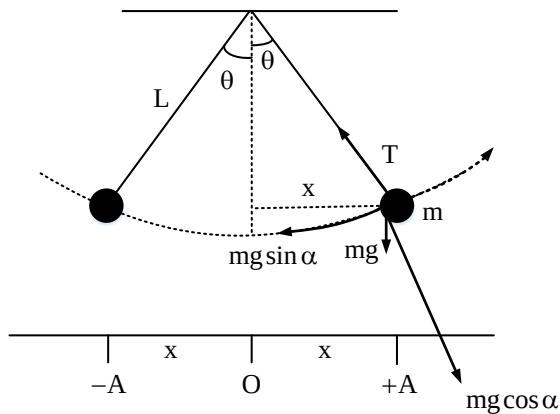
آونگ ساده: تمام حرکت‌هایی که تکرارشونده‌اند به نام حرکت‌های تناوبی یا دوره‌ای نامیده می‌شوند. چنانچه مسیر حرکت آن‌ها خط راست باشد، به آن‌ها نوسانی می‌گویند. هرگاه گلوله‌ای به جرم m به نخ به طول L بسته شده و حول تکیه‌گاهش رفت و برگشت کند، به آن حرکت تناوبی آونگ گوئیم. آونگ ساده عبارت است از ریسمانی که به انتهای آن گلوله‌ای بسته‌ایم و آن را کمتر از 6° منحرف نموده و رها کرده‌ایم. محاسبات نیز نشان می‌دهد دوره تناوب (پریود) نوسان گلوله با جذر طول آونگ نسبت مستقیم دارد و با جذر شتاب در محل نسبت عکس دارد. همچنین جرم گلوله و دامنه نوسان مهم نیست.

$$\left. \begin{array}{l} F = mg \sin \theta \\ \sin \theta = \frac{x}{L} \end{array} \right\} \rightarrow F_{\text{نوسان}} = \left[-\frac{mg}{L} \right] x \Rightarrow a = -\frac{g}{L} x$$

شتاب نوسان بعد نوسان

$F = ma$ می‌دانیم

$a = -\omega^2 m$ می‌دانیم



$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{g}{L} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \\ \omega = \frac{2\pi}{T} \end{array} \right. \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

طول آونگ شتاب جاذبه در محل

دوره تناوب (پریود نوسان)

نکته



دوره تناوب آونگ کم دامنه به طول آونگ و ستاب گرانش بستگی دارد؛ به دامنه و جرم گلوله بستگی ندارد.

تذکره

رابطه‌ی مقایسه‌ای:

$$T \propto \sqrt{L} \quad \Rightarrow \quad \frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L} \times \frac{g}{g'}}$$

پرسش؟ آونگی را در نظر بگیرید که به سقف آسانسوری متصل است و آسانسور رو به بالا حرکت می‌کند و حرکت آسانسور تندشونده است؛ دوره تناوب این آونگ چگونه محاسبه می‌شود؟

تست

دوره تناوب آونگ درون آسانسوری که با سرعت ثابت بالا می‌رود چند برابر دوره تناوب آونگی است که در آسانسوری با حرکت کندشونده رو به پایین حرکت می‌کند؟

دامنه نوسان گلوله‌ای آونگ ساده‌ای ۱cm و بیشترین سرعت آن ضمن نوسان $5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ می‌باشد. طول آونگ چند cm است؟ $(g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}})$

پرسش: در حرکت آونگ ساده‌ای با دامنه کم اندازه شتاب در هر لحظه ۱۰ برابر بعد است.

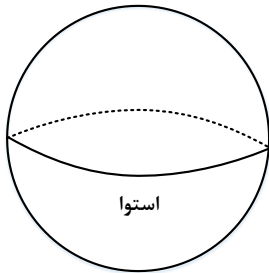
الف) دوره تناوب نوسان چند ثانیه است؟

ب) طول آونگ را ۱۹cm کوتاه می‌کنیم. پریود نوسان $1/8 \text{ s}$ می‌شود. طول آونگ را محاسبه کنید.

دو آونگ ساده A و B در سطح زمین حرکت هماهنگ ساده می‌دهند. طول آونگ A، ۲ برابر طول آونگ B و بیشینه نیروی وارد بر آونگ A، نصف بیشینه نیروی وارد بر آونگ B است. اگر انرژی جنبشی آونگ A در هنگام عبور از وضع تعادل، ۳ برابر انرژی جنبشی آونگ B هنگام عبور از وضع تعادل باشد، بیشینه شتاب آونگ A چند برابر بیشینه شتاب آونگ B است؟

- (۱) $\frac{1}{12}$ (۲) ۳ (۳) $6\sqrt{2}$ (۴) ۱۲

پرسش: ساعتی آونگ‌دار در استوا دقیق کار می‌کند. اگر این ساعت به قطب شمال منتقل شود، چگونه کار می‌کند؟ (دمای اتاق را در دو حالت یکسان در نظر بگیرید.)



تجربیت

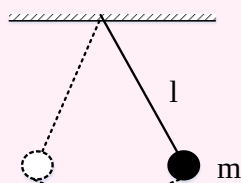
یک ساعت دیواری آونگ‌دار، در سطح زمین به درستی کار می‌کند. اگر این ساعت را به سطح سیاره‌ای منتقل کنیم که جرم آن ۴ برابر جرم زمین و چگالی آن $\frac{1}{16}$ برابر چگالی زمین باشد، در هر ۱۲ ساعتی که روی سطح زمین سپری می‌شود، این ساعت چه مدت زمانی عقب و یا جلو می‌افتد؟

(۱) ۳ ساعت جلو می‌افتد. (۲) ۳ ساعت عقب می‌افتد.
(۳) ۶ ساعت جلو می‌افتد. (۴) ۶ ساعت عقب می‌افتد.

نکته



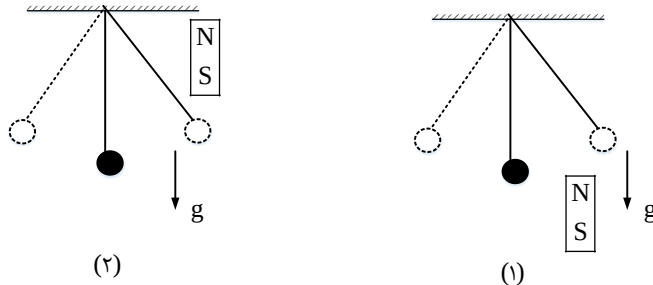
اگر ریسمان به کار رفته در آونگ رسانای گرما باشد در اثر تغییر دما، طول آونگ و در نتیجه پریود نوسان آن تغییر خواهد کرد. می‌توان نوشت:



$$\frac{T'}{T} = \sqrt{\frac{L'}{L}} = \sqrt{\frac{L(1 + \alpha \Delta \theta)}{L}} \Rightarrow \frac{T'}{T} = \sqrt{1 + \alpha \Delta \theta}$$

تغییر دما ضریب دمایی

پرسش: آونگی را در نظر بگیرید که گلوله متصل به آن آهنی است و در حال حرکت نوسان ساده است. اگر آهنربایی را در زیر گلوله یا روی گلوله در حال نوسان قرار دهیم (به آن نچسبد)؛ دوره تناوب آونگ چه تغییری می‌کند؟

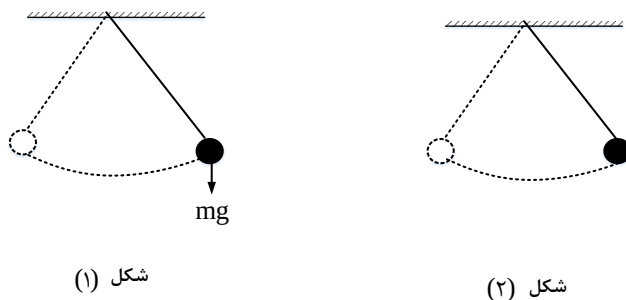


در این جا قرار دادن آهنربا زیر گلوله آهنین همانند این است که وزن ظاهری را زیاد کرده باشیم. پس دوره تناوب نوسان کم می‌شود (گلوله باید فرومغناطیسی باشد تا آهنربا روی آن اثر کند)

$$(1) \rightarrow W'_{\text{ظاهری}} = mg + F = mg' \rightarrow g' = g + \frac{F}{m}$$

$$(2) \rightarrow W'_{\text{ظاهری}} = mg - F = mg' \rightarrow g' = g - \frac{F}{m}$$

مثال: آونگ ساده‌ای از گلوله آهنی تشکیل شده که آن را به انتهای ریسمان بسته‌ایم و با دامنه‌ی کم مطابق شکل (۱) نوسان می‌کند. اگر مطابق شکل (۲) آهنربایی بزرگ زیر گلوله قرار دهیم پریود نوسان گلوله آهنی $\frac{5}{6}$ برابر می‌شود. مطلوب است نیروی آهنربایی وارد بر گلوله بر حسب وزن گلوله؟



تشدید و بسامد طبیعی نوسان:

فرض می‌کنیم جسمی داشته باشیم که توانایی نوسان داشته باشد. اگر جسم را اندکی از وضع تعادل منحرف نموده ده‌ا کنیم جسم خود به خود شروع به نوسان می‌کند؛ اصطلاحاً به این نوسان، نوسان طبیعی می‌گوییم. (آونگ کم‌دامنه و دستگاه جرم - فنر) و به فرکانس نوسان بسامد طبیعی نوسان می‌گوییم.

تذکره: دقت شود عوامل ساختمانی سیستم است که بسامد طبیعی را مشخص می‌کند.

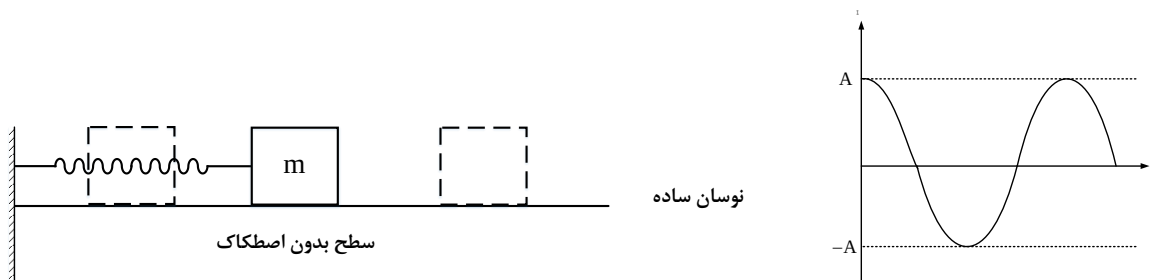
$$\text{آونگ ساده} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{\sqrt{\frac{g}{L}}}{2\pi}$$

$$\text{سامانه جرم - فنر} \rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{\sqrt{\frac{k}{m}}}{2\pi}$$

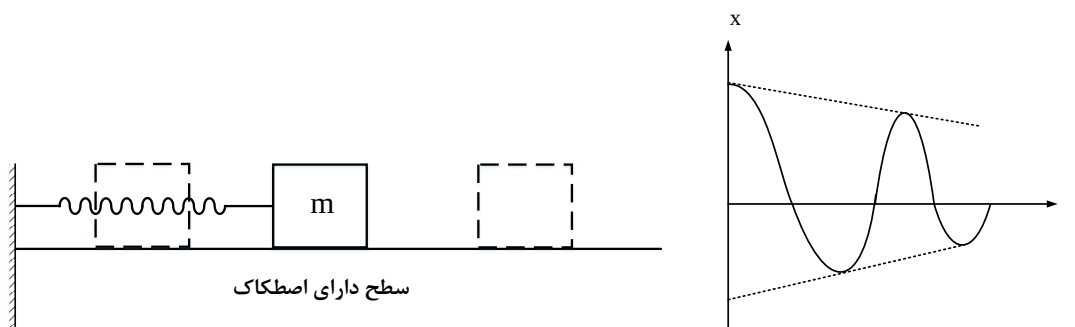
تذکره: ما می‌توانیم خودمان جسم را به نوسان دریاوریم که اصطلاحاً به این نوسان «واداشته» می‌گوییم؛ فرکانس نوسان واداشته را نیروی خارجی مشخص می‌کند. (مانند هل دادن تاب که کودک به نوسان واداشته می‌شود).

اگر نوسان کننده ساده داشته باشیم ضمن نوسان دامنه ثابت می‌ماند اما اگر اصطکاک داشته باشیم دامنه به تدریج کم می‌شود اصطلاحاً به این نوسان کننده «میرا» می‌گوییم. اگر بخواهیم دامنه نوسان کننده میرا ثابت بماند، باید به جسم در محل مناسب ضرباتی با فرکانس مناسب وارد کنیم به طوری که انرژی تلف شده به سیستم بازگردد؛ در این صورت دامنه ثابت می‌ماند. (مانند هل دادن تاب)

اگر ضرباتی که وارد می‌شود انرژی بیشتری از آنچه تلف می‌شود به سیستم بدهد؛ انرژی نوسان و دامنه زیاد می‌شود نهایتاً ممکن است سیستم به دامنه ثابت برسد یا اینکه سیستم نابود شود.



ثابت $\rightarrow A = \frac{1}{\sqrt{k}} E \rightarrow E = \frac{1}{2} k A^2 \rightarrow E = \text{ثابت} \rightarrow$ اتلاف انرژی نداریم $\rightarrow$ سطح بدون اصطکاک



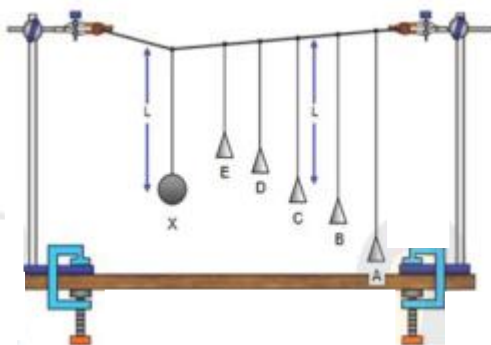
در حال کاهش $\rightarrow E = \frac{1}{2} k A^2 \rightarrow E \rightarrow$ در حال کاهش $\rightarrow$ سطح دارای اصطکاک

تعریف تشدید (رزونانس):

اگر به دستگاهی که توانایی نوسان دارد نیروی متناوبی وارد شود؛ در حالت کلی دستگاه به نوسان واداشته می‌شود. اگر بسامد نیروی محرک (f_d) به بسامد طبیعی دستگاه (f_0) نزدیک شود؛ دامنه نوسانات افزایش می‌یابد و زمانی که ($f_0 = f_d$) می‌شود مقدار آن به max می‌رسد. در چنین حالتی اصطلاحاً گفته می‌شود دستگاه در حال تشدید (رزونانس) است.

آونگ‌های بارتون (Baron's Pendulums):

در شکل زیر اگر آونگ A نوسان کند برای بقیه‌ی آونگ‌ها چه اتفاقی می‌افتد؟



تذکره

پنج آونگ ساده با طول‌های ۲۰cm، ۴۵cm، ۶۰cm، ۹۰cm و ۱۲۵cm از میله‌ای افقی آویزان‌اند. میله با بسامد زاویه‌ای در گستره $4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ تا $5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ به طور افقی به نوسان درمی‌آید. دامنه کدام آونگ‌ها از بقیه آونگ‌ها بیشتر است؟ ($g \simeq 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

۲۵ و ۴۵ (۱)	۶۰ و ۴۵ (۲)	۹۰ و ۶۰ (۳)	۹۰ و ۱۲۵ (۴)
-------------	-------------	-------------	--------------

در سطح زمین، نوسانات دستگاه جرم - فنری، آونگ ساده کم دامنه‌ای را تشدید می‌کند. اگر جرم متصل به فنر را دو برابر کنیم و هر دو دستگاه را به ارتفاع $h = 3R_e$ از سطح زمین ببریم، طول آونگ را چند برابر کنیم، تا مجدداً تشدید رخ دهد؟ (R_e : شعاع کره زمین)

$$\sqrt{2} \quad (1) \qquad \frac{\sqrt{2}}{2} \quad (2) \qquad \frac{1}{8} \quad (3) \qquad 8 \quad (4)$$

موج و انواع آن:

مفهوم موج: هرگاه در یک نقطه از یک محیط کشسان حرکت نوسانی ساده انجام گیرد به علت وجود نیروی کشسانی بین اجزاء محیط باعث نوسان نقاط دیگر می‌گردد و گوییم در محیط موج منتشر می‌شوند.



تذکره: هرگاه یک آشفتگی در یک محیط کشسان منتشر شود موج حاصل شده است؛ اگر آشفتگی‌ها پشت سر هم باشند قطار موج گوییم ولی اگر فقط یک آشفتگی باشد به آن «تپ» یا «پالس» گوییم.

تذکره: در فیزیک (۳) سه نوع منبع نوسان مطرح می‌شود: (۱) سامانه جرم - فنر (۲) آونگ کم دامنه (۳) دیاپازون

تذکره: انتقال انرژی به دو صورت امکان پذیر است.

(I) به طریق مادی (II) به طریق موج

نکته

نکته ۱: برای آنکه موج را بررسی کنیم باید دو واقعیت را درباره آن بدانیم: (۱) منبع موج (۲) محیط انتشار موج
نکته ۲: دوره (T) و بسامد (f) موج فقط به ویژگی‌های جسمه موج بستگی دارد و به ویژگی‌های محیط بستگی ندارد یعنی با عبور موج از یک محیط به محیط دیگر دوره و بسامد موج ثابت می‌ماند.



نکته ۳: سرعت انتشار موج در یک محیط همگن در تمامی جهات یکسان و حرکت موج یکنواخت است و اندازه سرعت انتشار (پیشروی) موج به شرایط فیزیکی محیط مانند جنس و دمای محیط، نیروی کشسانی ذرات محیط و ... بستگی دارد و به ویژگی‌های چشمه موج (شکل و دامنه موج - بسامد موج) بستگی ندارد.

نکته ۴: بر اساس شرایط ۲ دسته موج داریم:

- ۱) امواج مکانیکی ← نیازمند محیط مادی هستند ← در محیط کشسان تولید و انتشار می‌یابد
مانند موج صوتی، امواج در یک فنر، امواج حاصل در سطح آب → در خلأ منتشر نمی‌شود.
- ۲) امواج غیرمکانیکی (امواج الکترومغناطیسی) ← نیازمند محیط مادی نیستند ← در خلأ منتشر می‌شود
← امواج فرسرخ، فرابنفش، رادیویی، نور مرئی

تذکره: به طور کلی امواج بر اساس نوسان و انتشار آن‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند:

(I) موج عرضی:

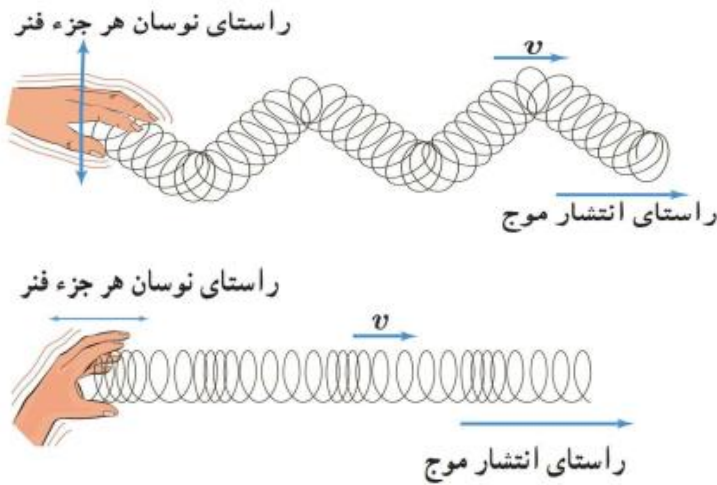
- * اگر راستای ارتعاش (نوسان) منبع موج و راستای انتشار موج برهم عمود باشند.
- * امواج عرضی در محیط‌هایی منتشر می‌شوند که نیروی بین ذرات آن نسبتاً زیاد باشد.
- * فقط در جامدات و سطح آزاد مایعات منتشر می‌شوند.
- * وجود قلع (ستیغ) و دره (پاستیغ) در شکل موج از مشخصات موج عرضی است.

(II) موج طولی:

- * اگر راستای ارتعاش (نوسان) منبع موج و راستای انتشار موج بر هم منطبق باشند.
- * در تمامی حالت‌های ماده ایجاد می‌شود.
- * مانند امواج صوتی
- * وجود انبساط و تراکم ذرات محیط از مشخصات موج طولی است.

(III) پیش‌بینی:

* اگر راستای ارتعاش (نوسان) منبع موج حول راستای انتشار باشد.



نکته



نکته ۱: به موج‌های عرضی و طولی به موج‌های پیش‌رونده گفته می‌شود. زیرا هر دوی این موج‌ها از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر حرکت کرده و انرژی را با خود منتقل می‌کنند.

نکته ۲: این موج است که از یک سر به سر دیگر حرکت می‌کند نه ماده‌ای که موج در آن حرکت می‌کند. (مثلاً فنر)

رابطه‌ی مهم موج:



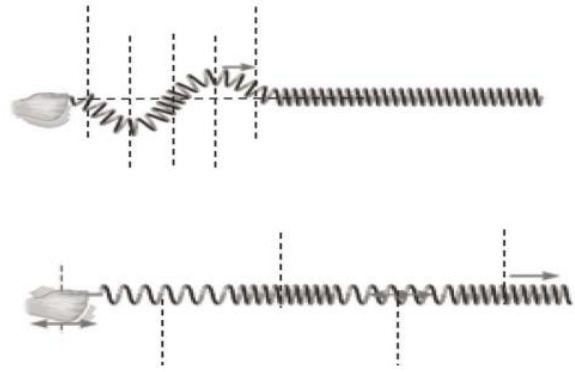
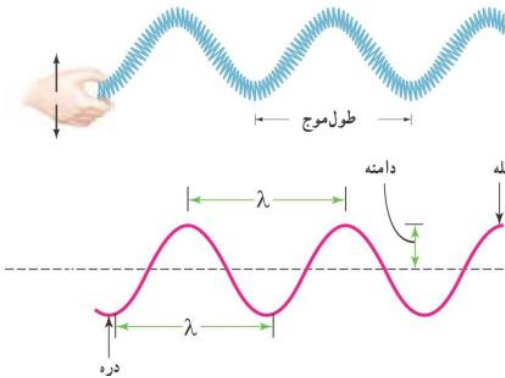
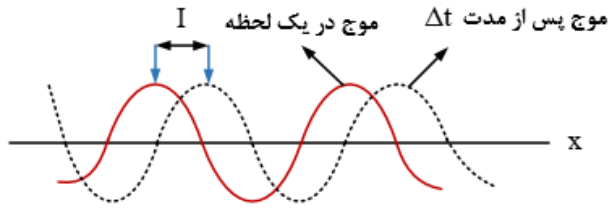
همان‌طور که دیدیم موج از دو بخش نوسان و انتشار تشکیل شده است. رابطه‌ی مهم موج این دو بخش را به هم مربوط می‌کند.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x = v \Delta t \\ \Delta x = \lambda \\ t = T \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda = vT = \frac{v}{f} \rightarrow \begin{array}{l} \text{منبع (چشمه) فرکانس} \\ \text{منبع (چشمه) دوره تناوب} \end{array}$$

↓
ویژگی موج

↑
محیط انتشار → سرعت

تذکره: در این رابطه دو ویژگی مهم به هم مربوط شده‌اند یعنی منبع و محیط و λ کمیتی است که این دو را به هم مربوط می‌کند. λ مسافتی است که موج در یک دوره تناوب می‌پیماید. پس λ از جنس طول است و واحدش متر



پرسش: دو نوسانگر با فرکانس‌های 50° و 100° هرتز امواجی را در یک طناب تولید می‌کنند. طول موج دومی چند برابر اولی است؟

پرسش: منبع موج امواجی را در محیط منتشر می‌کند. این دو موج چه ویژگی مشترک و چه ویژگی‌های غیر مشترکی را دارند؟

نتیجه: تغییر طول موج

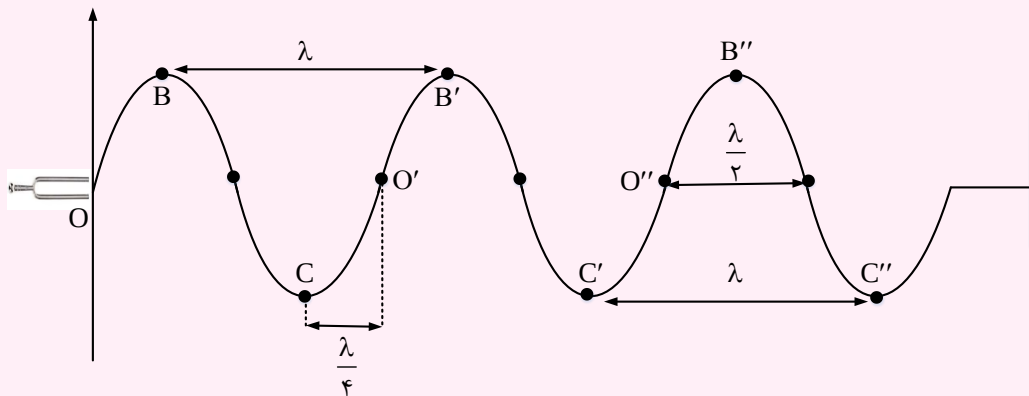
پرسش: آیا تغییر منبع یک موج سرعت پیشروی موج در یک محیط تغییر می‌کند؟

تعریف هم‌فاز:

منظور این نیست که فاز آن‌ها یکسان است. منظور نقاطی از محیط انتشار موج است که از نظر وضعیت ارتعاشی کاملاً مشابه به هم هستند به عنوان مثال در شکل (B با B' و B''، C با C' و C''، و O با O' و O'') هم‌فاز هستند.



فاصله‌ی دو هم‌فاز متوالی $\leftarrow T, \lambda, 2\pi$



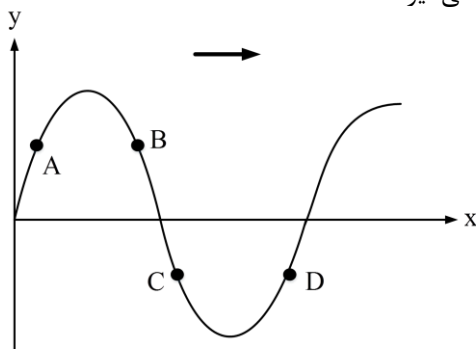
تعریف نقاط با فاز متقابل (مخالف): نقاطی از محیط انتشار موج که وضعیت ارتعاشی آن‌ها کاملاً مخالف هم هستند مثلاً در شکل (B با C و C' و C'') در فاز مخالف هستند.



فاصله دو نقطه در فاز مخالف متوالی $\leftarrow \frac{\lambda}{2}, \frac{T}{2}, \pi$

نکته مهم:

تکنیک: برای تعیین چگونگی حرکت نقاط محیط انتشار موج ابتدا جهت انتشار موج را تعیین کرده و به وضعیت نقاط قبلی نقطه‌ی موردنظر توجه می‌کنیم به عنوان مثال اگر موج به سمت راست حرکت کند به بُعد نقاطی که قبل از نقطه‌ی موردنظر ما هستند توجه می‌کنیم. زیرا هر نقطه وضعیت ارتعاشی نقاط قبل از خود را می‌گیرند.



نقطه‌ی A در بُعد (+) در حال



نقطه‌ی B در بُعد (+) در حال

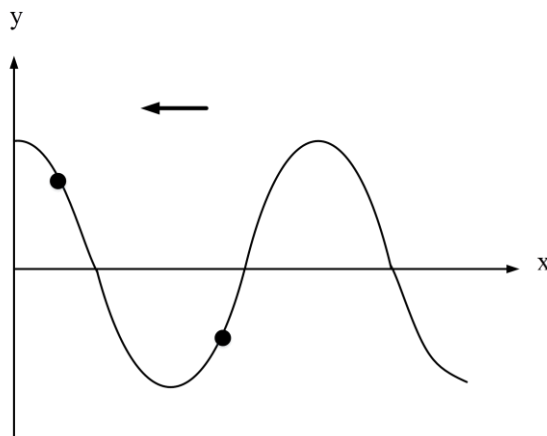


نقطه‌ی C در بُعد (+) در حال



نقطه‌ی D در بُعد (+) در حال

شکل مقابل نقش یک موج عرضی رونده را در یک لحظه نشان می‌دهد. در این لحظه ذرات A و B به ترتیب از راست به چپ به کدام جهت جابه‌جا می‌شوند؟



(۲) بالا - پایین

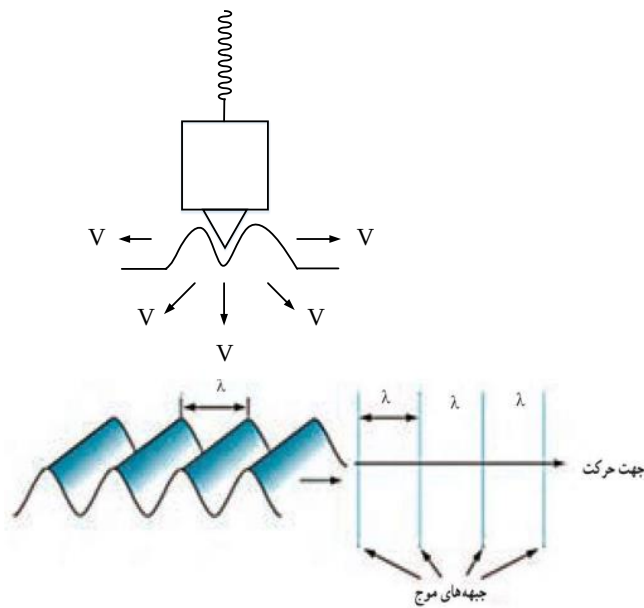
(۱) بالا - بالا

(۴) راست - چپ

(۳) پایین - بالا

انتشار موج در ۲ یا ۳ بعد:

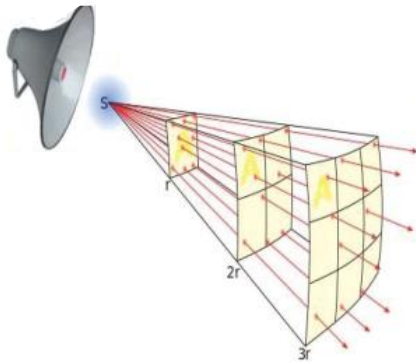
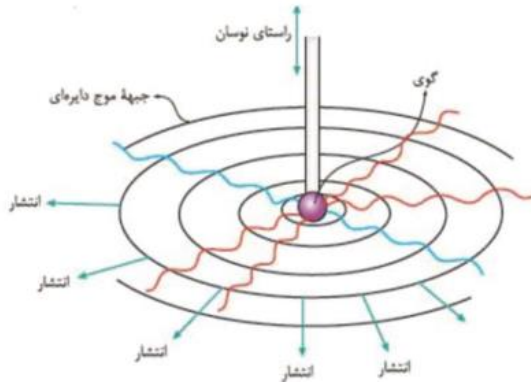
اگر محیط انتشار فقط X یا Y یا Z باشد انتشار را یک بعدی گوئیم مثل موج در طناب یا فنر و اگر انتشار در امتداد X و Y یعنی ۲ بعد از ۳ بعد باشد، ۲ بعدی گوئیم مثل امواج در سطح آب؛ و اگر انتشار در امتداد X و Y و Z باشد، موج را ۳ بعدی گوئیم مثل امواج صوتی به الکترومغناطیسی.



نکته



- جبهه‌ی موج موج گویند.
- (I): به هر یک از برآمدگی‌ها یا فرورفتگی‌های ایجاد شده روی سطح آب یک جبهه‌ی
- (II): جبهه‌ی موج مکان هندسی نقاطی است که هم‌فازند.



🔔 **تذکر:** جبهه‌ی موج سه بعدی کرات متحدالمرکز هستند.

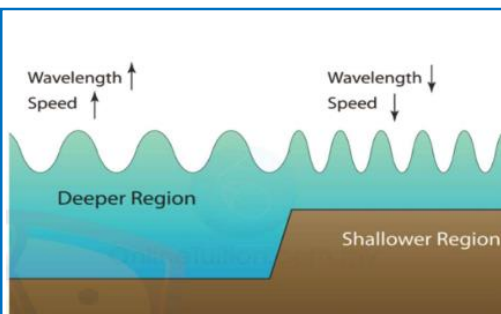
🔔 **تذکر:** جبهه‌های موج کروی در فضای دور از منبع به شکل صفحات تخت می‌باشند که به آن‌ها جبهه‌های موج تخت یا به اختصار موج تخت گوئیم.

نکته



تندی انتشار موج سطحی روی آب‌های کم عمق، به عمق آب که یکی از ویژگی‌های محیط انتشار موج است بستگی دارد. به طوری که هر چه عمق آب بیشتر باشد، تندی انتشار بیشتر است.

تست



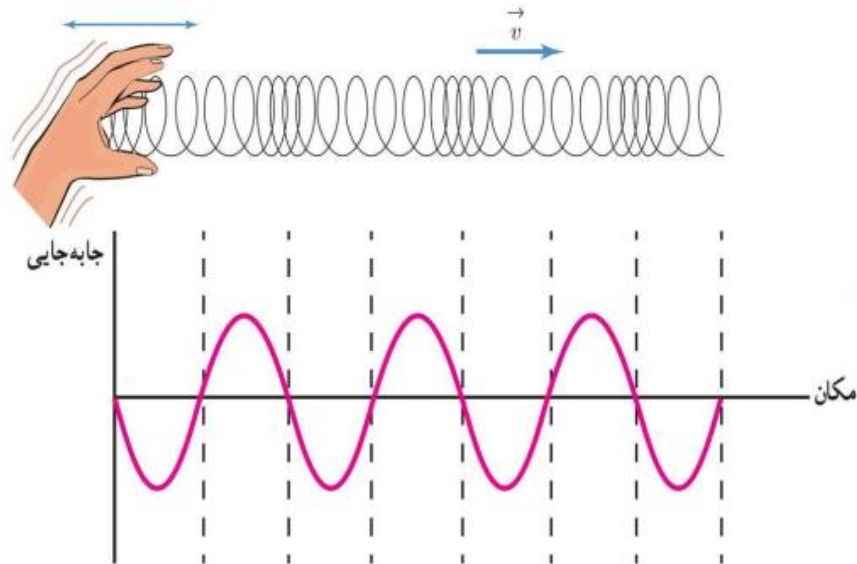
در دو تشت موج کم عمق تا ارتفاع‌های h_1 و h_2 آب ریخته‌ایم. اگر در سطح هر یک از تشت‌ها توسط یک نوسان‌ساز امواجی مکانیکی با دوره T ایجاد کنیم، موج‌های هر یک از تشت‌ها در زمان‌های t_1 و t_2 جابه‌جایی d را در سطح تشت‌ها انجام می‌دهند. در کدام گزینه t_1 و t_2 به درستی مقایسه شده‌اند؟

(۱) $t_1 > t_2$ (۲) $t_1 < t_2$

(۳) $t_1 = t_2$ (۴) اظهار نظر قطعی ممکن نیست.

موج طولی و مشخصه‌های آن:

در یک لحظه از زمان در مکان‌هایی که بیشترین جمع‌شدگی و یا بیشترین بازشدگی حلقه‌ها رخ می‌دهد جابه‌جایی هر جزء فنر از وضع تعادل برابر صفر است.



نقطه‌ی تعادل $\leftarrow v_{\max} = A\omega \leftarrow k_{\max} \leftarrow F = U = x = a = 0$

در وسط فاصله یک جمع‌شدگی بیشینه و یک بازشدگی بیشینه مجاورش، اندازه جابه‌جایی هر جزء فنر از وضعیت تعادل بیشینه است.

در نقطه‌ی بازگشت $\leftarrow x_{\max} = \pm A \leftarrow a_{\max} = \omega^2 x \leftarrow Y_{\max} = \frac{1}{2} k A^2 \leftarrow v, k = 0$

نکته



قله (ستیخ) $\leftarrow$ بیشترین فاصله از مرکز نوسان $(+A) \leftarrow$ جسم در لحظه ساکن

$\leftarrow v = 0 \leftarrow \boxed{x, a, U, F \rightarrow \max} \leftarrow$ جسم در نقطه‌ی بازگشت

در موج عرضی

دره (پاستیخ) $\leftarrow$ بیشترین فاصله از مرکز نوسان $(-A) \leftarrow$ جسم در لحظه ساکن

$\leftarrow v = 0 \leftarrow \boxed{x, a, U, F \rightarrow \max} \leftarrow$ جسم در نقطه‌ی بازگشت

$U = 0$

$F = 0$

وسط فاصله‌ی بین یک قله و دره متوالی $\leftarrow$ مرکز نوسان $\leftarrow x = 0$

$a = 0$

فیزیک ۳ - نوسان و موج

در موج طولی $\left\{ \begin{array}{l} \text{بیشینه تراکم} \\ \text{بیشینه انبساط} \end{array} \right\} \leftarrow$ اجزاء محیط با تندی بیشینه ($v_{\max}$) در حال عبور از وضع تعادل

$$x = 0$$

$$F = 0$$

$$a = 0 \leftarrow$$

$$U = 0$$

$$x = A$$

$$F \rightarrow \max$$

$$a \rightarrow \max$$

$$U \rightarrow \max$$

وسط فاصله بین بیشینه تراکم و بیشینه انبساط مجاور $\leftarrow$ نقطه‌ی بازگشت $\leftarrow v = 0$

تست

یک موج طولی با تندی $80 \frac{m}{s}$ در یک فنر در حال انتشار است. اگر فاصله بین نقطه‌ای که اندازه جابه‌جایی آن از وضعیت تعادل بیشینه است تا بیش‌ترین جمع‌شدگی مجاور آن برابر $2/5 \text{ cm}$ باشد، بسامد این موج چند هرتز است؟

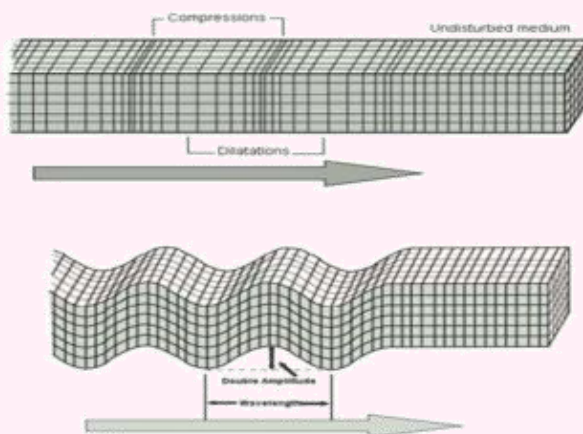
۳۲۰۰ (۴)

۱۶۰۰ (۳)

۸۰۰ (۲)

۴۰۰ (۱)

نکته



برای امواج مکانیکی در یک محیط مشخص (مثلاً جسم جامد) به تندی انتشار امواج طولی بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی در همان محیط است.

مثلاً در امواج لرزه‌ای (Seismic Waves) به امواج اولیه P (Primary Waves) طولی‌اند و امواج S (Secondary Waves) عرضی هستند. برای همین لرزه‌نگارها اول امواج P را دریافت و بعد از مدتی امواج S را ثبت می‌کنند.

یک دستگاه لرزه‌نگار موج‌های P و S حاصل از یک زمین‌لرزه را ثبت می‌کند. تندی انتشار این امواج $\frac{8}{s} m$ و $\frac{4}{s} km$ است. اگر این دو موج با اختلاف زمانی ۲ min دریافت شوند زمین‌لرزه در فاصله چند کیلومتری از محل لرزه‌نگار رخ داده است؟ (موج‌ها روی خط راست منتشر می‌شوند)

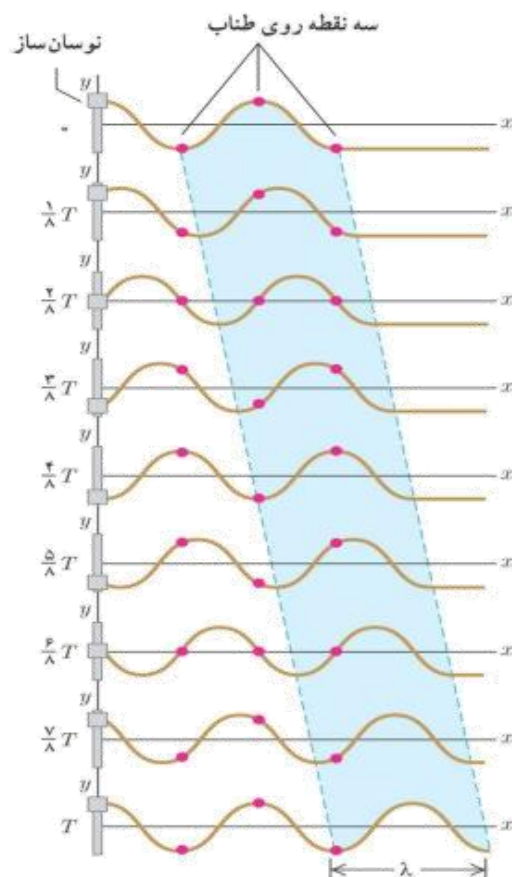
۱۴۴۰ (۴)

۱۴۴ (۳)

۹۶۰ (۲)

۹۶ (۱)

عقرب‌ی ماسه‌ای روی سطح ساحلی ایستاده است و طعمه‌ای روی مسیری مستقیم با تندی ثابت $2(m/s)$ نادانسته ب سمت عقرب حرکت می‌کند و دو موج طولی با تندی $60(m/s)$ و موج عرضی با تندی $20(m/s)$ روی سطح تولید می‌کند و این دو موج با اختلاف زمانی $\Delta t = 3(s)$ به پایهای عقرب می‌رسد و در همان لحظه عقرب با تندی ثابت $8(m/s)$ به سمت طعمه می‌رود، پس از چند (s) به طعمه خواهد رسید؟



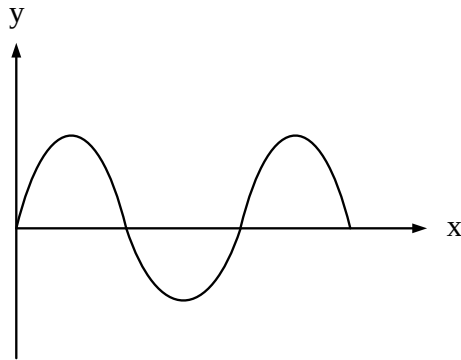
$\frac{81}{8}(s)$ (۲)

$\frac{90}{8}(s)$ (۱)

$8/1(s)$ (۴)

$9(s)$ (۳)

? پرسش: نقش موج را در لحظات $\frac{T}{\gamma}$ و $\frac{3T}{\lambda}$ رسم کنید.



تست

یک موج عرضی سینوسی با سرعت ثابت v و دامنه A در طول طناب منتشر می‌شود و طول موج امواج منتشر شده

در آن برابر λ است. اگر بیشینه سرعت ذرات طناب در نوسان برابر v' باشد، نسبت $\frac{v}{v'}$ کدام است؟ (تقریبی فارسی ۹۴)

(۴) $\frac{2\pi A}{\lambda}$

(۳) $\frac{\lambda}{2\pi A}$

(۲) $\frac{\lambda}{\pi A}$

(۱) $\frac{\pi A}{\lambda}$

تست

شکل زیر تصویری از یک موج عرضی را در لحظه $t = 0$ نشان می‌دهد که با تندی $40 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ در حال انتشار است. به

ترتیب از راست به چپ، مسافتی که ذره M در بازه زمانی $t_1 = 0/125 \text{ s}$ تا $t_2 = 0/75 \text{ s}$ طی می‌کند و مکان ذره

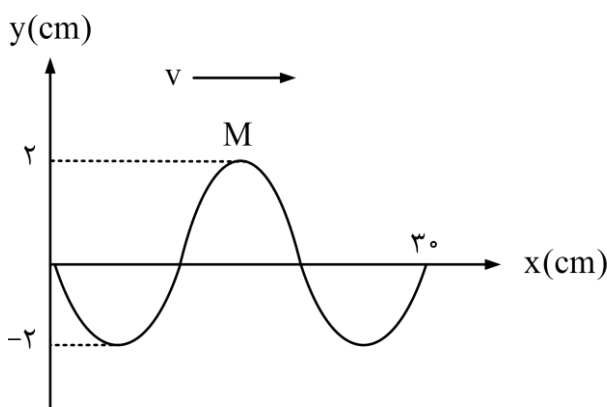
M در لحظه t_2 بر حسب سانتی‌متر کدام است؟

(۲) ۱۰ و -۲

(۱) ۸ و -۲

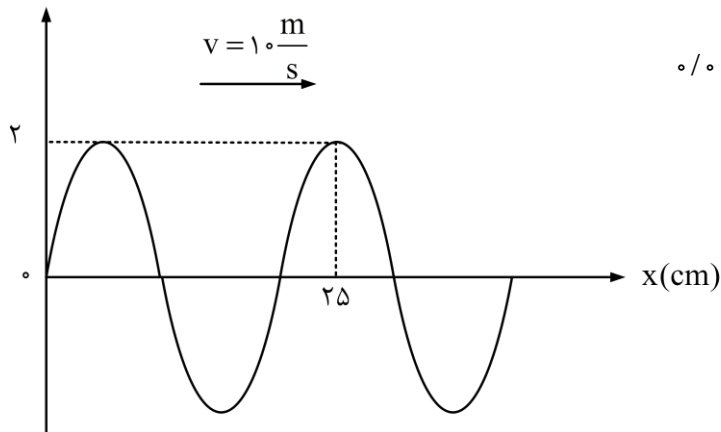
(۴) ۱۰ و صفر

(۳) ۸ و صفر



کدام موارد با توجه به شکل زیر که تصویر لحظه‌ای از یک موج عرضی را نشان می‌دهد، درست است؟ (تجربی ۱۴۰)

y(cm)



الف) مسافتی که موج در هر ثانیه طی می‌کند،

برابر ۲۰cm است.

ب) مسافتی که هر ذره از محیط در مدت ۰/۰۱s

طی می‌کند، ۴cm است.

پ) جابه‌جایی هر یک از ذرات محیط در

مدت ۰/۰۱s طی می‌کند، ۴cm است.

ت) جابه‌جایی هر یک از ذرات محیط در

مدت ۰/۰۲s برابر صفر است.

۱) الف و ت

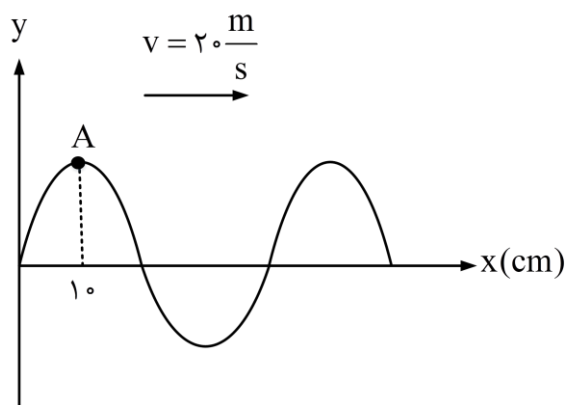
۲) الف و پ

۳) ب و ت

۴) ب و پ

عکس لحظه‌ای از یک موج عرضی در لحظه‌ی $t = 0$ مطابق شکل است. در بازه زمانی صفر تا $\frac{1}{80}$ s بردار شتاب ذره A

چند بار تغییر جهت می‌دهد؟ (تجربی ۹۰ خارج)



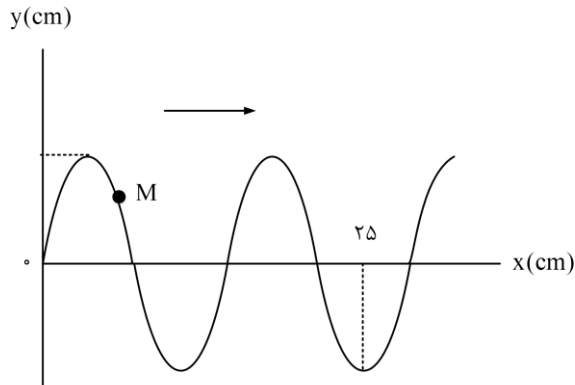
۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

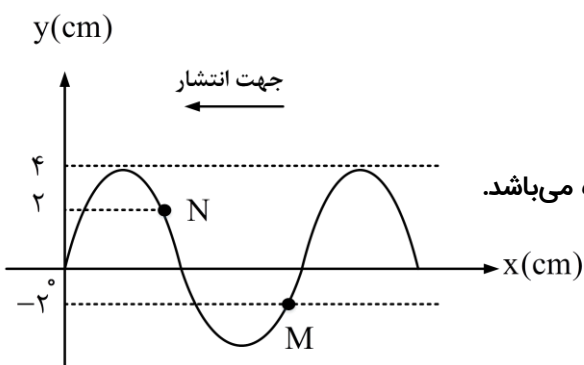
۴) ۴

شکل مقابل نقش یک موج عرضی که در جهت مثبت محور x ها در حال انتشار است را در لحظه $t = 0$ نشان می‌دهد. اگر موج مسافت 50cm را در مدت زمان $1/4\text{s}$ طی کند، در کدامیک از لحظات زیر نوع حرکت جزء M تندشونده و جهت حرکت آن به سمت بالا است؟



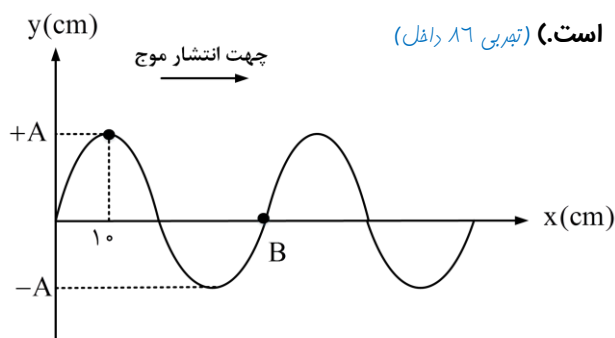
- (۱) $0/5\text{s}$ (۲) $0/4\text{s}$
(۳) $0/7\text{s}$ (۴) $0/2\text{s}$

شکل زیر نمودار جابه‌جایی - مکان یک موج عرضی را در طناب نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد نقاط M و N نادرست است؟



- (۱) سرعت نوسان آن‌ها در هر لحظه یکسان است.
(۲) در هر لحظه فاصله آن‌ها از مرکز نوسان یکسان است.
(۳) دامنه و بساند یکسانی دارند.
(۴) در لحظه نشان داده شده، ذره N دارای حرکت تندشونده می‌باشد.

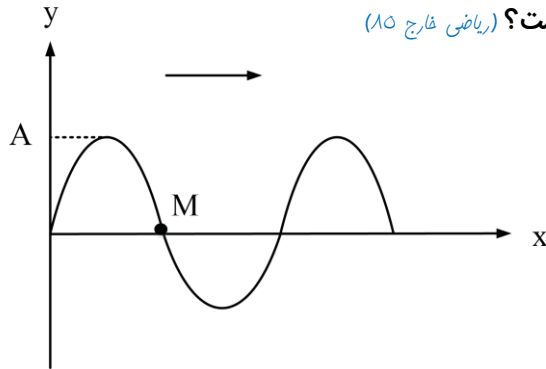
شکل مقابل عکس لحظه‌ای از موج را در یک طناب در لحظه $t = 0$ نشان می‌دهد. پس از چند ثانیه ذره B برای اولین بار در مکان A قرار می‌گیرد؟ (سرعت موج $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است.) (تقریبی ۸۶ دافل)



- (۱) $\frac{1}{25}$ (۲) $\frac{1}{50}$
(۳) $\frac{1}{100}$ (۴) $\frac{3}{100}$

عکس لحظه‌ای از موج در یک طناب در لحظه $t = 0$ مطابق شکل است. در بازه زمانی صفر تا $\frac{3T}{4}$ جابه‌جایی ذره M

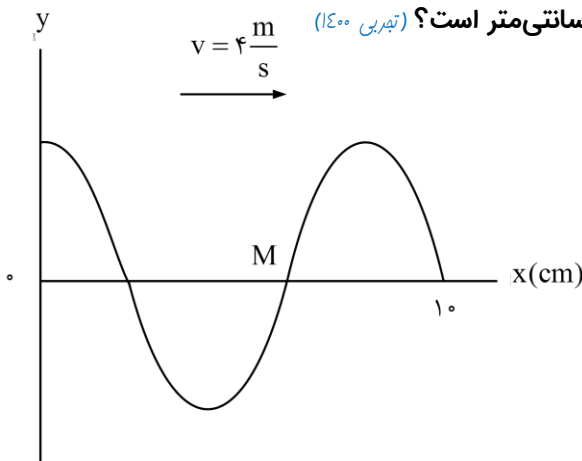
و مسافتی که موج در این مدت طی می‌کند، به ترتیب کدام است؟ (ریاضی فارغ ۸۵)



- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| (۱) $\frac{3\lambda}{2}, +A$ | (۲) $\frac{3\lambda}{2}, -A$ |
| (۳) $\frac{3\lambda}{4}, +A$ | (۴) $\frac{3\lambda}{4}, -A$ |

شکل زیر، تصویری از موجی عرضی را در یک ریسمان کشیده در لحظه $t = 0$ نشان می‌دهد. اگر تندی متوسط حرکت

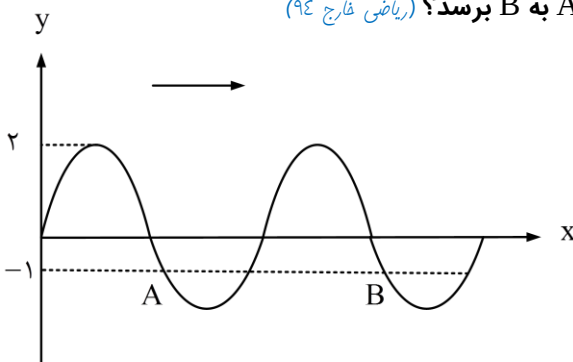
ذره M در مدت $0.25s$ برابر $6 \frac{m}{s}$ باشد، دامنه موج چند سانتی‌متر است؟ (تجربی ۱۴۰۰)



- | | |
|-------|-------|
| (۱) ۲ | (۲) ۳ |
| (۳) ۴ | (۴) ۶ |

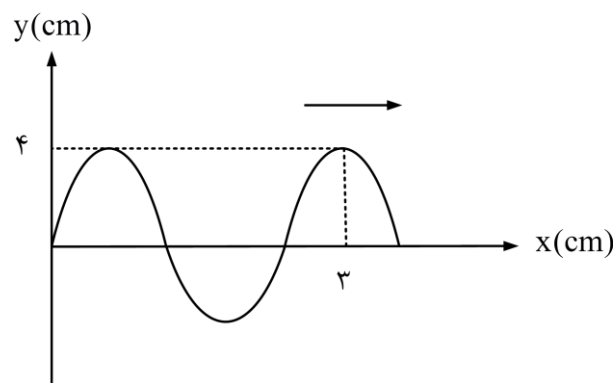
عکس لحظه‌ای از طنابی که موج عرضی در آن منتشر شده است به شکل روبه‌رو است. اگر ذره A در هر ثانیه ۱۲۰

نوسان کامل انجام دهد، چند ثانیه طول می‌کشد تا موج از A به B برسد؟ (ریاضی فارغ ۹۴)



- | | |
|---------------------|---------------------|
| (۱) $\frac{1}{120}$ | (۲) $\frac{1}{60}$ |
| (۳) $\frac{1}{180}$ | (۴) $\frac{1}{240}$ |

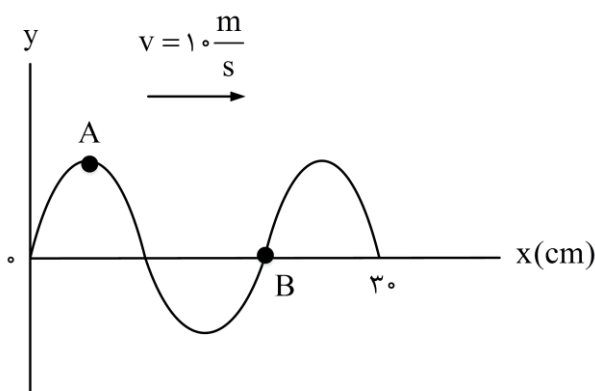
شکل زیر، یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x در طول ریسمان کشیده شده‌ای حرکت می‌کند. اگر هر یک از ذرات ریسمان، در مدت 0.075 ثانیه مسافت 24 cm را طی کند، سرعت انتشار



موج عرضی در این ریسمان چند $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ است؟

- (۱) $\frac{100}{3}$ (۲) ۴۰ (۳) ۴۸ (۴) $\frac{200}{3}$

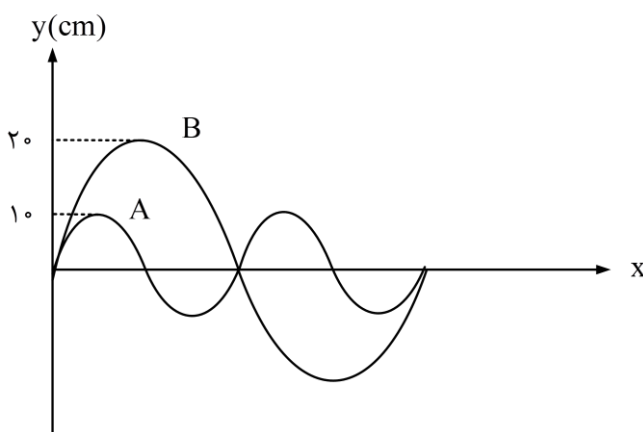
شکل زیر، تصویری از یک موج عرضی در یک ریسمان کشیده شده را در لحظه t_1 نشان می‌دهد. در لحظه



$t_2 = t_1 + \frac{9}{400}\text{ s}$ کدام مورد درست است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

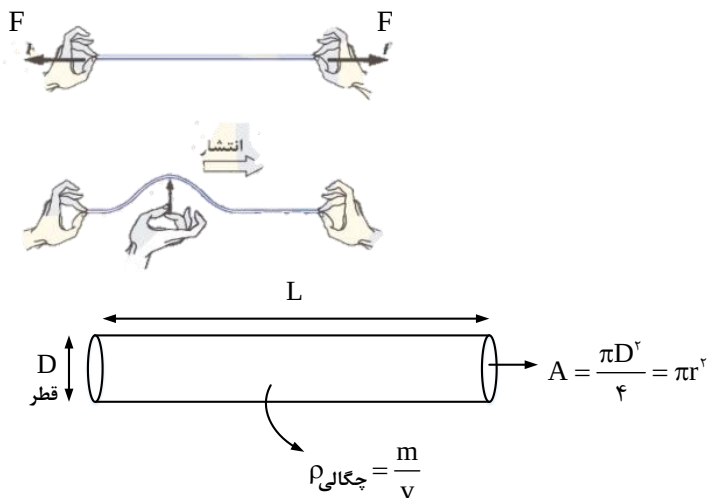
- (۱) تندی ذره B ، صفر است.
(۲) تندی ذره A ، بیشینه است.
(۳) حرکت ذره A ، تندشونده است.
(۴) حرکت ذره B ، تندشونده است.

دو موج A و B به صورت جداگانه در یک محیط منتشر می‌شوند. بیشینه شتاب نوسان ذرات محیط در موج A چند برابر موج B است؟



- (۱) ۸ (۲) $\frac{1}{8}$ (۳) ۲ (۴) $\frac{1}{2}$

سرعت انتشار (پیشروی) موج عرضی در یک طناب یا سیم کشیده:



$$\left. \begin{array}{l} F: \text{نیروی کشش سیم} \\ \mu: \text{جرم واحد طول} \\ v: \text{سرعت انتشار موج} \end{array} \right\} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{FL}{m}} = \sqrt{\frac{FL}{\rho V}} = \sqrt{\frac{FL}{\rho AL}} = \frac{1}{D} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}} = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{F}{\rho \pi}}$$

نکته



نکته: سرعت انتشار موج عرضی در یک طناب به نیروی کشش - چگالی طناب و سطح مقطع آن بستگی

دارد.

نکته: سرعت انتشار موج عرضی در یک طناب به طول آن طناب وابسته نیست.

نکته:

پرسش: یک موج عرضی در ۲ طناب هم جنس با نیروی کشش و سطح مقطع برابر منتشر می شود؛ طول طناب اولی دو برابر دومی است. سرعت انتشار موج در اولی چند برابر دومی است؟

سرعت موج عرضی در یک طناب v می‌باشد (F و ρ یکسان) طناب را تا می‌کنیم. سرعت موج عرضی در آن v' می‌شود. v' چند برابر v است؟

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

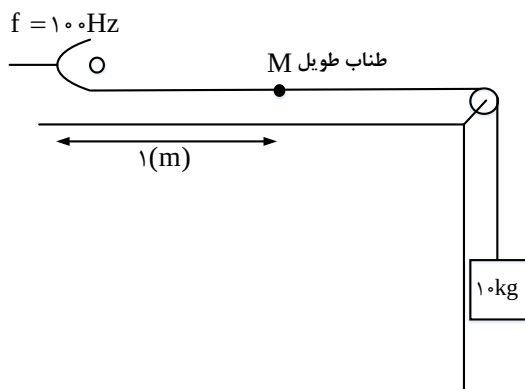
سیمی به طول یک متر و جرم $4g$ بین دو نقطه ثابت بسته شده است. اگر نیروی کشش سیم $10N$ باشد، سرعت امواج عرضی در آن چند $\frac{m}{s}$ است؟ (ریاضی خارج ۹۰)

- (۱) ۲۰ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

? پرسش: تار مطابق شکل که جرم هر سانتی‌متر آن $1g$ است. مطابق شکل بین دو نقطه محکم کشیده شده و از طرف دیگر به وزنه‌ی $10kg$ آویزان است. اگر منبع به ارتعاش درآید مطلوب است.

الف) طول موج عرضی در تار $(g \simeq 10 \frac{m}{s^2})$

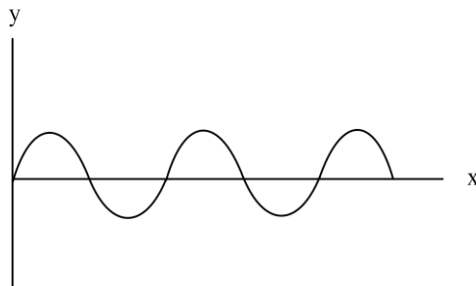
ب) چه مدت طول می‌کشد که موج از O به M برسد.



اگر کشش تار 128 N باشد به سرعت انتشار موج عرضی در آن $160 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ است. نیروی کشش تار را چند نیوتون افزایش دهیم تا سرعت انتشار موج در آن $200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ شود؟ (تقریبی ۱۹ خارج)

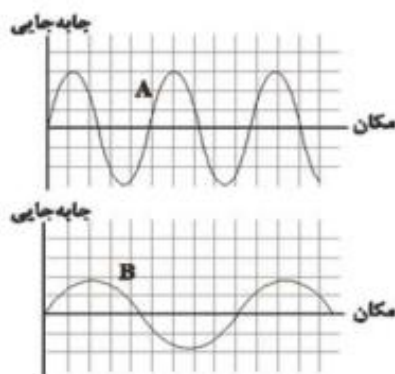
- ۳۲ (۱) ۷۲ (۲) ۱۶۰ (۳) ۲۰۰ (۴)

شکل زیر نقش یک موج عرضی ایجاد شده در طناب با چگالی $4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و قطر مقطع $2/\pi \text{ cm}$ را که تحت نیروی کشش 30 N قرار دارد، نشان می‌دهد. اگر بیشینه تندی یک ذره از طناب هنگام عبور از وضع تعادل $24 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ باشد، مسافت طی شده توسط یک ذره از طناب در یک دوره تناوب چند برابر مسافت طی شده توسط موج در همین مدت است؟



- ۰/۲ (۱) ۰/۰۴ (۲)
۰/۰۱ (۳) ۰/۰۲ (۴)

شکل مقابل، نقش دو موج عرضی را در دو طناب همجنس A و B با سطح مقطع یکسان که تحت نیروهای کشش F_A و F_B قرار دارند، نشان می‌دهد. اگر بیشینه تندی ذرات دو طناب با یکدیگر برابر باشد، کدام گزینه در مورد مقایسه نیروی کشش و اندازه بیشینه شتاب ذرات دو طناب، صحیح است؟



- (۱) $|(a_{\max})_A| > |(a_{\max})_B|, F_A > F_B$
(۲) $|(a_{\max})_A| = |(a_{\max})_B|, F_A > F_B$
(۳) $|(a_{\max})_A| = |(a_{\max})_B|, F_A < F_B$
(۴) $|(a_{\max})_B| > |(a_{\max})_A|, F_A < F_B$

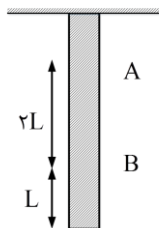
• O



پرسش: طنابی جرم‌دار از نقطه‌ی O آویزان است. اگر نقطه‌ی O در راستای افقی ارتعاش کند، موجی در طناب مشاهده می‌شود. اگر از پایین طناب به طرف بالا نگاه کنیم، طول موجی که در طناب مشاهده می‌شود چگونه است؟

تست

در شکل روبه‌رو طناب همگن سنگینی از سقف آویزان است. تندی انتشار موج عرضی در نقطه B چند برابر تندی انتشار امواج عرضی در نقطه A است؟



$$\sqrt{2} \quad (2)$$

$$\sqrt{3} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} \quad (4)$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} \quad (3)$$

انرژی موج:

انرژی موج متعلق به منبع آن یعنی نوسانگر می‌باشد. بنابراین انرژی موج برابر است با:

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} m A^2 (2\pi f)^2 = 2\pi^2 m f^2 A^2 \rightarrow \text{دامنه نوسان}$$

فرکانس منبع برابر فرکانس تک تک نقاط جرم بخشی از محیط که انرژی در آن در حال انتشار

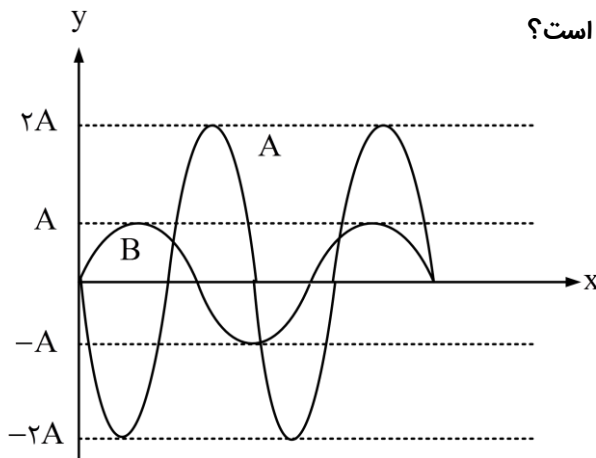
$$E = 2\pi^2 m f^2 A^2 = 2\pi^2 \mu \lambda f^2 A^2 = 2\pi^2 A^2 (f \lambda) f = 2\pi^2 \mu v f^2 A^2$$

$$\mu = \frac{m}{L} = \frac{m}{\lambda} \rightarrow m = \mu \lambda$$

$$\bar{P} = \frac{E}{T} = \frac{2\pi^2 \mu v f^2 A^2}{T} = 2\pi^2 \mu v f^2 A^2 \times f = 2\pi^2 \mu v f^3 A^2$$

$$\Rightarrow \text{توان متوسط} = \bar{P} \propto A^2 f^2$$

شکل روبه‌رو عکس لحظه‌ای از دو موج A و B را که در یک محیط منتشر می‌شوند نشان می‌دهد. آهنگ انتقال انرژی در موج A چند برابر آهنگ انتقال انرژی در موج B است؟



- (۱) $\frac{4}{9}$
(۲) $\frac{9}{4}$
(۳) $\frac{9}{64}$
(۴) $\frac{64}{9}$

موج الکترومغناطیس:

ماکسول با مطالعه‌ی دقیق قانون‌های کولن - آمپر - فاراده و گاوس چهار پدیده ساده زیر را بیان کرد و نشان داد که پدیده‌های الکتریکی و مغناطیسی جدا از هم نیستند.

- (۱) عبور جریان از یک رسانا در اطراف رسانا میدان مغناطیسی تولید می‌کند.
- (۲) حرکت رسانا در یک میدان مغناطیسی باعث القای جریان در آن رسانا می‌شود.
- (۳) تغییر میدان الکتریکی در فضا با زمان سبب ایجاد میدان مغناطیسی در آن قسمت از فضا می‌شود.
- (۴) تغییر میدان الکتریکی در فضا با زمان سبب ایجاد میدان الکتریکی در آن قسمت از فضا می‌شود.

ماهیت امواج الکترومغناطیسی و تولید آن‌ها:

پرسش: میدان الکتریکی چگونه تولید می‌شود؟

پرسش: میدان مغناطیسی چگونه تولید می‌شود؟

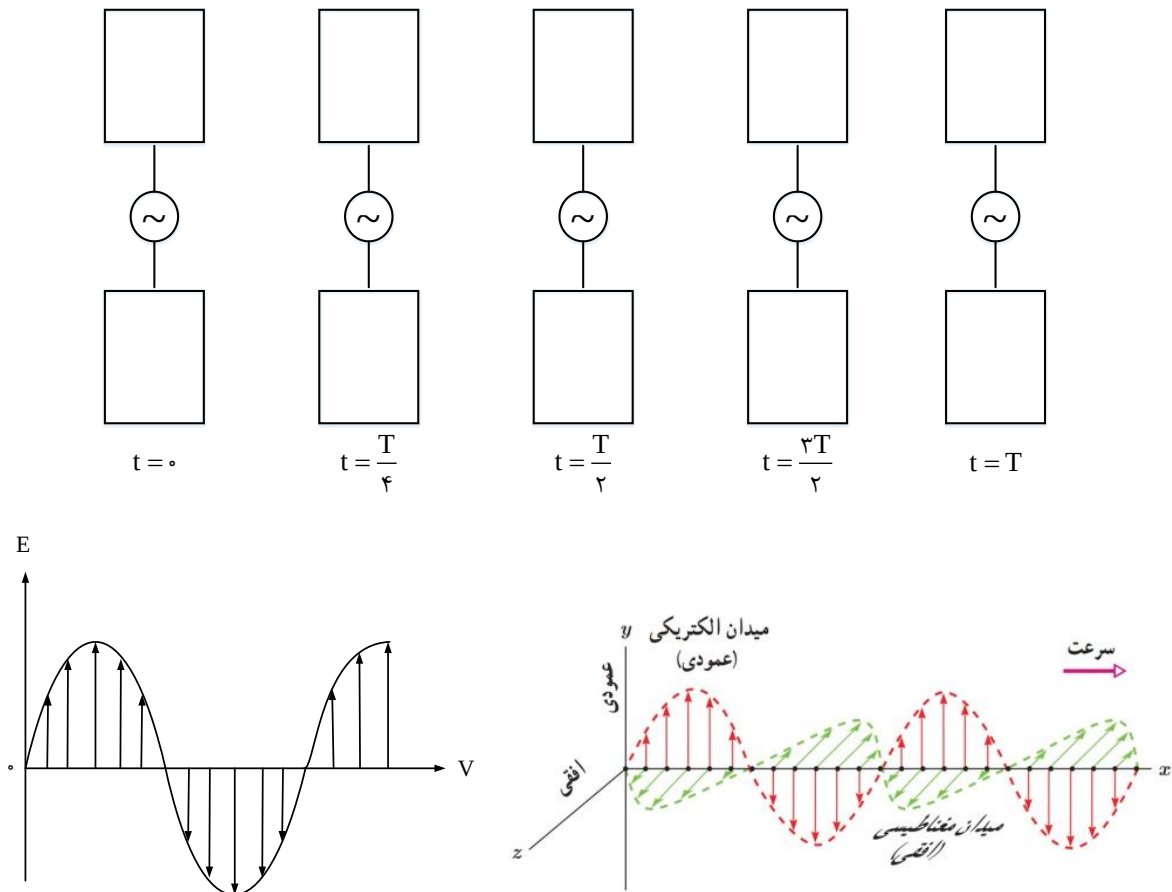
نکته



عامل اصلی ایجاد موج‌های الکترومغناطیسی ذرات باردار شتاب‌دار هستند. یعنی وقتی ذره باردار شتاب‌دار می‌شود. بخشی از انرژی خود را به صورت موج‌های الکترومغناطیسی گسیل می‌کنند.

چگونگی تولید امواج الکترومغناطیسی به وسیله آنتن:

آنتن از دو میله‌ی رسانا و یک منبع تولید جریان متناوب تشکیل شده است. بار الکتریکی روی میله‌ها با گذشت زمان تغییر می‌کند، به صفر می‌رسد و جای بارها تغییر می‌کند. در این صورت مطابق شکل‌های زیر میدان الکتریکی متغیری را در محیط منتشر می‌کند. این میدان الکتریکی متغیر یک میدان مغناطیسی عمود بر آن را به وجود می‌آورد و ترکیب این دو میدان یک موج الکترومغناطیسی می‌شود.



نکته

نکته: موج الکترومغناطیسی از میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی ($\vec{E}$ & $\vec{B}$) که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی برهم عمودند و $\vec{E} \times \vec{B}$ در راستای انتشار موج می‌باشد.

نکته: امواج الکترومغناطیس برای انتشار به محیط مادی نیاز ندارند هر چند در محیط مادی نیز منتشر می‌شوند. پس در خلأ هم منتشر می‌شوند مانند نور خورشید.

نکته: در موج‌های الکترومغناطیسی، میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی هردو بر راستای انتشار موج عمودند پس موج‌های الکترومغناطیسی موج‌های عرضی هستند.

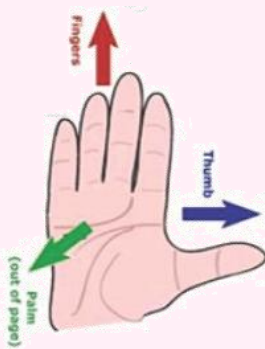


نکته: نوسانات الکتریکی و مغناطیسی در یک نقطه در محیط های خلأ و عایق هم فاز هستند یعنی هم گام با یکدیگر تغییر می کنند. یعنی هم زمان بیسترمی شوند. کاهش می یابند و به صفر می رسند و هم زمان تغییر جهت می دهند.

نکته: امواج الکترومغناطیسی در محیط های خلأ با سرعت ثابت $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ حرکت می کنند ولی در سایر محیط های مادی سرعت حرکت آن ها کمتر است.

نکته: امواج الکترومغناطیسی فاقد بار الکتریکی هستند بنابراین در محیط های الکتریکی و مغناطیسی منحرف نمی شوند.

نکته: اشعه α و β از امواج الکترومغناطیسی محسوب نمی شوند چون دارای بار الکتریکی هستند.



نکته: اگر چهار انگشت دست راست را در جهت میدان الکتریکی قرار دهیم به گونه ای که میدان مغناطیسی از کف دستان خارج شود. انگشت شستمان جهت انتشار موج الکترومغناطیسی را نشان می دهد.

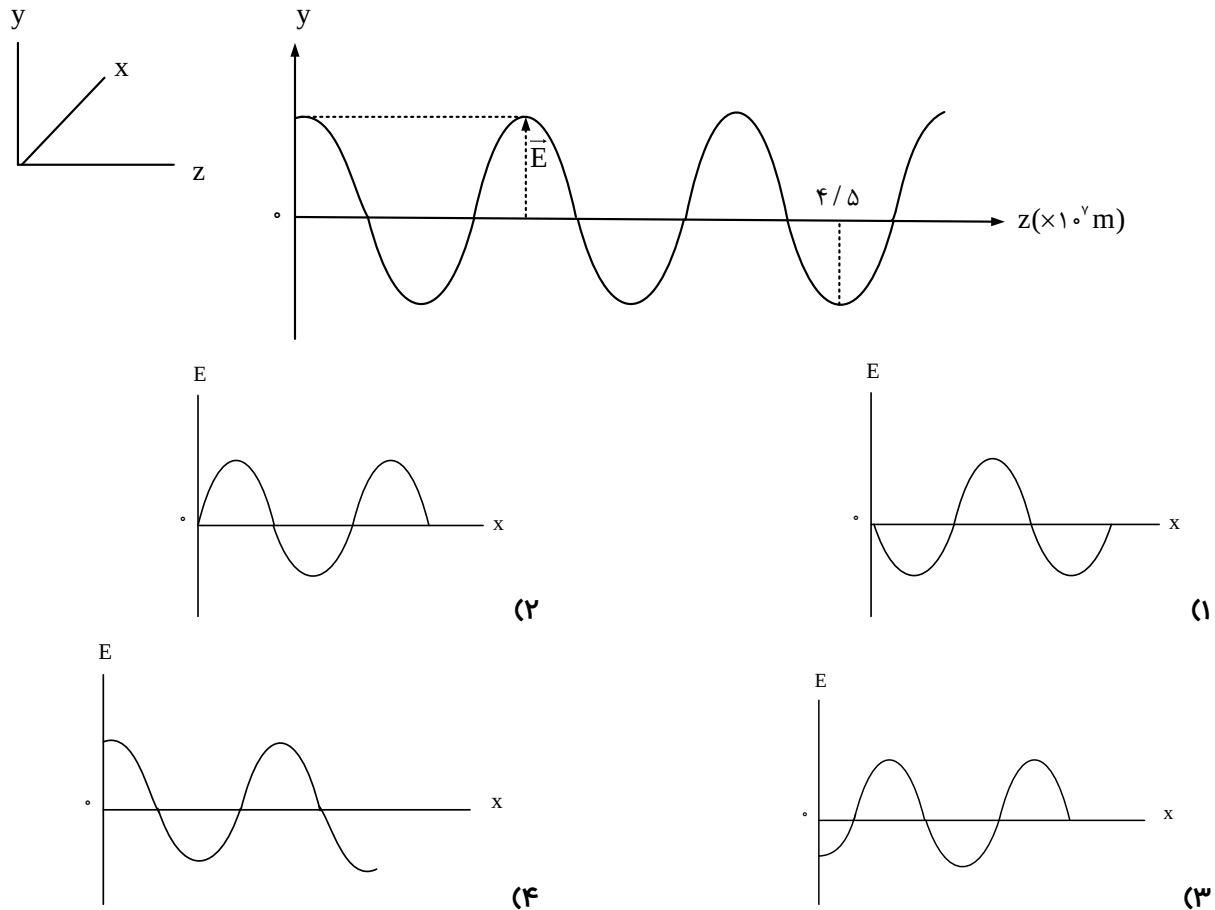
نکته: موج های الکترومغناطیسی مانند موج های مکانیکی حامل انرژی اند. اما انرژی موج های الکترومغناطیسی به صورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی است که برای انتقال آن نیاز به ماده نیست. در حالیکه انرژی موج های مکانیکی به صورت انرژی جنبشی و پتانسیل ذرات محیط است و وجود ماده (ذرات) برای انتقال انرژی الزامی است.

نکته: اگر امواج الکترومغناطیسی از محیطی وارد محیط دیگر شوند چون منبع نوسان تغییر نکرده است پس فرکانس ثابت می ماند.

$$f_1 = f_2 \rightarrow \text{رنگ نور} \rightarrow \text{به منبع وابسته است} \Rightarrow \begin{cases} T \rightarrow \\ \omega \rightarrow \end{cases}$$

نقش میدان الکتریکی از یک موج الکترومغناطیسی که در جهت محور z ها در خلأ در حال انتشار است، در لحظه $t = 0$ مطابق شکل زیر است. نقش میدان مغناطیسی این موج در لحظه $t = \frac{3}{100} \text{ s}$ مطابق کدام شکل است؟

$$(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$



سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی:

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی حاصل از جریان نوسانی در یک آنتن در یک لحظه به تمام نقاط اطراف آنتن نمی‌رسند بلکه ابتدا به نقاط نزدیک و سپس به نقاط نزدیک و سپس به نقاط دورتر می‌رسند. این موضوع نشان می‌دهد که سرعت انتشار موج‌های الکترومغناطیسی متناهی است.

ماکسول ثابت کرد سرعت انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$$

$$\epsilon_0 = \frac{c^2}{N.m^2} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ ضریب گذردهی خلأ}$$

$$\mu_0 = \frac{T.m}{A} = 4\pi \times 10^{-7} \text{ تراوایی مغناطیسی خلأ}$$

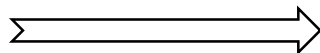
طیف موج‌های الکترومغناطیسی:

به مجموعه فرکانس‌هایی که یک منبع تولید می‌کند طیف آن می‌گویند. در منابع امواج الکترومغناطیسی طیف وسیعی از این نوع امواج وجود دارند که شامل «رادیویی، میکروموج، فروسرخ (مادون قرمز)، مرئی، فرابنفش، X، γ »

γ	X	UV	Li (مرئی)							IR	μ	Ra
$10^{-10} - \dots$	$10^{-12} - 10^{-8}$	10^{-8}	10^{-6}						10^{-6}	$10^{-6} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 1$	$1 \rightarrow$
گاما	رöntgen	فرابنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	بنفش	فروسرخ	میکروموج	رادیویی

$0.4 \mu m$
 $400 nm$

$0.7 \mu m$
 $700 nm$



UF_F VH_F SW MW LW
FM AM

بسامد بیشتر ← ← ← ←

تست

در طیف موج‌های الکترومغناطیسی بیشترین بسامد مربوط به و بلندترین طول موج مربوط به

است. (سراسری ریاضی ۹۱ فارغ)

(۲) موج‌های رادیویی - اشعه ایکس

(۱) نور بنفش - نور قرمز

(۴) اشعه گاما - موج‌های رادیویی و مخابرات

(۳) اشعه گاما - موج‌های فروسرخ

تست

ماهیت پرتوی گاما مشابه ماهیت کدام پرتو است؟ (۹۵ فارغ ریاضی)

(۴) ایکس

(۳) پوزیترون

(۲) بتا

(۱) آلفا

معادله‌ی میدان الکتریکی بر حسب زمان یک موج الکترومغناطیسی در یک نقطه از خلأ در SI به صورت

$$E = E_{\max} \sin(2\pi \times 10^8 t) \quad \text{است. این موج در محدوده‌ی امواج است.} \quad \left(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \quad (\text{ریاضی ۹۲})$$

- (۱) اشعه گاما (۲) فرابنفش (۳) رادیویی (۴) نور مرئی

اگر ϵ ضریب گذردهی الکتریکی در خلأ و μ تراوایی مغناطیسی خلأ باشد، سرعت انتشار موج‌های الکترومغناطیسی در خلأ برابر با کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۴)

- (۱) $(\mu \cdot \epsilon)^{\frac{1}{2}}$ (۲) $(\mu \cdot \epsilon)^2$ (۳) $(\mu \cdot \epsilon)^{-\frac{1}{2}}$ (۴) $(\mu \cdot \epsilon)^{-2}$

بسامد یک موج رادیویی 1200 kHz است. طول موج آن چند متر است؟ $\left(c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ (ریاضی خارج ۹۱)

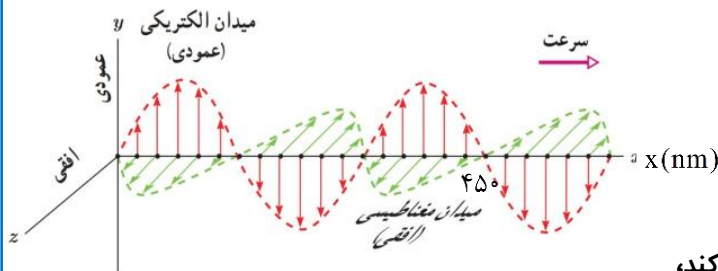
- (۱) $2/5$ (۲) 4 (۳) 250 (۴) 400

تست: یک ایستگاه رادیویی موجی با بسامد 100 مگاهرتز منتشر می‌کند. چند ثانیه طول می‌کشد تا این موج فاصله

$$30 \text{ km} \text{ را طی می‌کند؟ (سرعت امواج الکترومغناطیسی } 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (ریاضی ۹۲ خارج))}$$

- (۱) 10^{-3} (۲) 10^{-5} (۳) 3×10^{-3} (۴) 3×10^{-5}

شکل زیر، تصویر لحظه‌ای از موجی الکترومغناطیسی را نشان می‌دهد که با سرعت $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ در حال انتشار است.



کدام مورد درست است؟ (تقریبی ۱۴۰۰)

(۱) مدت زمانی که طول می‌کشد که

میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یک

نوسان کامل انجام دهند، 10^{-15} ثانیه است.

(۲) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در

هر ثانیه $10^{-15} \times 1/5$ نوسان انجام می‌دهند.

(۳) مسافتی که موج در مدت یک ثانیه طی می‌کند،

300 نانومتر است.

(۴) این موج در ناحیه مرئی طیف قرار دارد.



صوت حاصل ارتعاش سریع اجسام بوده و به صورت یک موج طولی در اثر انبساط و انقباض ذرات محیط منتشر می‌شود.

🔊 **تک:** صوت ← موج مکانیکی ← طولی ← نیازمند محیط مادی ← در خلأ منتشر نمی‌شود.

نکته



نکته ۱: سرعت صوت در گازها > سرعت صوت در مایعات > سرعت صوت در جامدات

نکته ۳: سرعت انتشار صوت به شرایط فیزیکی محیط (جنس - دما و ...) بستگی دارد و به شکل و دامنه موج

بستگی ندارد، سرعت انتشار موج در یک محیط همگن در تمامی جهات یکسان و حرکت آن یکنواخت است.

بنابراین به شکل کروی در فضا منتشر می‌شود.

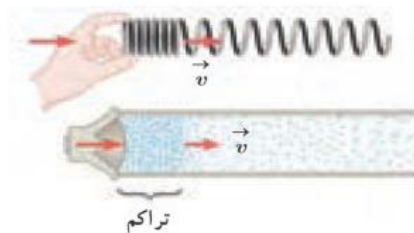
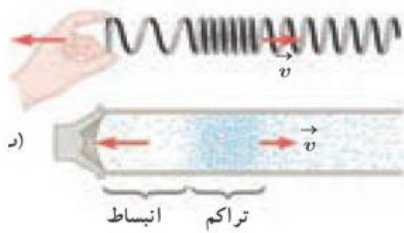
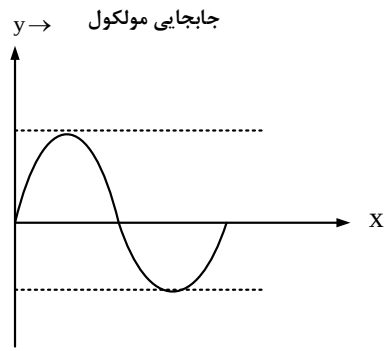
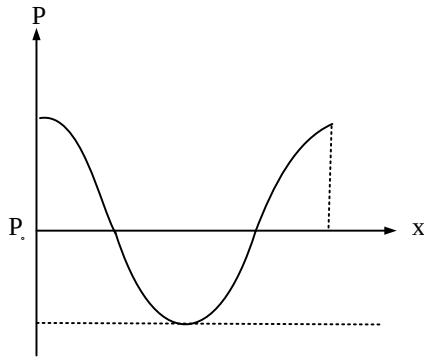
نکته ۳: در مورد لایه‌های صوتی ...

در صوت با نوسان منبع صوت لایه‌های پرفشار و کم‌فشار نسبت به فشار محیط (تراکم و انبساط) تولید

می‌شود، در لایه‌های پرفشار جابه‌جایی مولکولی صفر است بنابراین همواره $(p-x)$ فازش $\frac{\pi}{2}$ از $(y-x)$ جلوتر

است.

فیزیک ۳ - نوسان و موج



تذکره: آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تندی صوت در مواد، همواره با دما متناظر آن‌ها نوشته می‌شود.

مشخصات فیزیکی و فیزیولوژیکی صوت:

صوتی را که از نوسان هماهنگ ساده (سینوسی) پدید می‌آید (به دلیل میرایی کم) یک تُن موسیقی یا به اختصار تُن می‌نامیم. با شنیدن هر تُن دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز کرد: (I) ارتفاع (II) بلندی

(I) ارتفاع صوت:

احساس شخص از بسامد صوت می‌باشد. هر چه بسامد صوت بیشتر باشد، صوت زیرتر (نازک‌تر) می‌باشد و هر چه بسامد صوت کمتر باشد، صوت بم‌تر می‌باشد.

تذکره: بسامد صوت یک کمیت قابل محاسبه است و می‌توان آن را اندازه گرفت ولی ارتفاع حس زیر و بمی صدا است که انسان از یک بسامد می‌فهمد و قابل اندازه‌گیری نیست.

نکته



نکته ۱: محدوده بسامد شنوایی انسان بین ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است. پس برای اینکه صوتی شنیده شود باید

بسامدش در این بازه باشد که در این شرایط لازم برای شنیدن یک صوت است ولی کافی نیست.

نکته ۲: بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گستره ۲۰۰۰ Hz تا ۵۰۰۰ Hz است.

(II) بلندی صوت:

احساس شخص از شدت صوت یعنی قوی و ضعیف شنیدن صوت است. هر چه شدت صوت بیشتر باشد، صوت بلندتر شنیده می‌شود.

تذکره: بلندی متفاوت با شدت است. شدت را می‌توان با یک آشکارساز اندازه گرفت در حالی که بلندی چیزی است که شما حس می‌کنید.

نکته



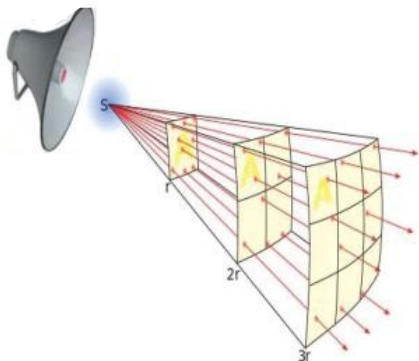
وقتی می‌گوییم صدایی بلند شده است از نظر فیزیکی یعنی **شدت آن افزایش یافته و افزایش شدت می‌تواند ناشی از دامنه - فرکانس یا فاصله باشد.**

تعریف شدت صوت و فرمول‌های محاسبه‌ی آن:



شدت صوت عبارت است از مقدار انرژی که در واحد زمان از واحد سطح عمود بر راستای انتشار صوت می‌گذرد و به بیان دیگر شدت صوت توان متوسط صوتی است که از واحد سطح عمود بر راستای انتشار عبور می‌کند و داریم:

$$\left. \begin{array}{l} I : \text{شدت صوت} \\ E : \text{انرژی چشمه} \\ A : \text{مساحت سطح} = 4\pi r^2 \\ t : \text{مدت زمان عبور صوت} \\ \bar{P} : \text{توان چشمه صوت} \end{array} \right\} \Rightarrow I = \frac{E}{A \cdot t} = \frac{P}{A}$$

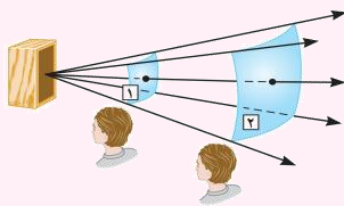




نکته ۱: شدت صوت علاوه بر جنس محیط با مجذور دامنه و مجذور بسامد صوت رابطه مستقیم و با مجذور فاصله از چشمه صوت رابطه عکس دارد. بنابراین برای مقایسه شدت صوت در دو حالت مختلف داریم:

$$I \propto \frac{A^2 f^2}{r^2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{A_2}{A_1} \cdot \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{r_1}{r_2} \right)^2$$

نکته ۲:



نکته ۳: گوش انسان قادر است بسامدهایی بین ۲۰ Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz را بشنود به شرطی که شدت صوت از حد معینی کمتر نباشد. یعنی اگر شدت یک صوت که بسامد آن در محدوده شنوایی است از حد معینی کمتر باشد انسان قادر به شنیدن آن صوت نیست.

نکته ۴: کمترین شدت صوت (آهسته‌ترین صوت) که انسان می‌تواند بشنود را آستانه شنوایی یا صوت مبنا یا شدت مرجع گوئیم و در بسامد ۱۰۰۰ Hz برابر $I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2} = 10^{-6} \frac{\mu W}{m^2}$ می‌باشد و بلندترین صوتی (بیشترین شدت صوت) که گوش انسان می‌تواند بدون آنگه گوش به درد آید بشنود را آستانه دردناکی گوئیم و در بسامد ۱۰۰۰ Hz تقریباً برابر $10^{-6} \frac{\mu W}{m^2}$ یا $1 \frac{W}{m^2}$ می‌باشد.

تراز شدت صوت:

با افزایش شدت صوت بلندی احساس شده‌ی انسان از شنیدن صوت نیز افزایش می‌یابد اما به طور خطی تغییر نمی‌کند یعنی اگر شدت صوت ۱۰ برابر شود، بلندی صدای احساس شده ۱۰ برابر نمی‌شود. در واقع گوش انسان مایل است صداهایی با شدت زیاد را دست کم بگیرد و درک انسان از بلندی صوت لگاریتمی است. بنابراین «به لگاریتم نسبت شدت صوت به شدت صوت مبنا را تراز شدت آن صوت گوئیم و با β نمایش می‌دهیم» و داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \beta \rightarrow \text{تراز شدت صوت} \\ I \rightarrow \text{شدت صوت مورد نظر} \\ I_0 \rightarrow \text{شدت صوت مبنا} = 10^{-12} \frac{W}{m^2} = 10^{-6} \frac{\mu W}{m^2} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \beta = \log \frac{I}{I_0} : \text{بر حسب بل} \\ \beta = 10 \log \frac{I}{I_0} : \text{بر حسب دسی بل} \end{array}$$



برای محاسبه‌ی اختلاف تراز شدت دو صوت مختلف و همچنین برای محاسبه تغییر تراز شدت صوتی در دو حالت مختلف خواهیم داشت:

$$\Delta\beta = \beta_r - \beta_l \Rightarrow \begin{cases} \Delta\beta = \log \frac{I_r}{I_l} : \text{بر حسب بل} \\ \Delta\beta = 10 \log \frac{I_r}{I_l} : \text{بر حسب دسی بل} \end{cases}$$

تذکره

? مثال: تراز شدت صوت آستانه‌ی شنوایی را محاسبه کنید.

*

*

تست

تراز شدت صوتی ۲۶ دسی بل است. شدت این صوت چند وات بر مترمربع است؟ (ریاضی ۹۰)

$$(\log 2 = 0.3, I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2})$$

$$2 \times 10^{-10} \quad (4)$$

$$4 \times 10^{-4} \quad (3)$$

$$2 \times 10^{-4} \quad (2)$$

$$4 \times 10^{-10} \quad (1)$$

اختلاف تراز شدت دو صوت برابر ۳ دسی بل است. شدت صوت قوی چند برابر شدت صوت ضعیف تر است؟

$$(\log 2 = 0.3) \text{ (تقریبی ۹۵ فارغ)}$$

۳۰ (۴)

۴۰ (۳)

۳ (۲)

۲ (۱)

در یک فضای باز، تراز شدت صوت در فاصله ۵۰ متری چشمه صوت برابر ۶۰ دسی بل است. توان چشمه صوت، چند

$$\text{میلی وات است؟ } \frac{W}{m^2} = 10^{-12}, \pi = 3 \text{ و از جذب انرژی توسط محیط صرف نظر شود. (ریاضی ۱۴۰۱)}$$

۶ (۴)

۰/۳ (۳)

۳۰ (۲)

۷/۵ (۱)

یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 28 \text{ dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز $\beta_2 = 92 \text{ dB}$ ایجاد می کند.

$$\text{شدت های مربوط به این دو تراز (بر حسب } \frac{W}{m^2} \text{) به ترتیب } I_1 \text{ و } I_2 \text{ است. } \frac{I_2}{I_1} \text{ کدام است؟ } (\log 2 = 0.3) \text{ (ریاضی ۱۴۰۰)}$$

4×10^8 (۴)

4×10^6 (۳)

$2/5 \times 10^8$ (۲)

$2/5 \times 10^6$ (۱)

تست

ناظر A در فاصله 6 m و ناظر B در فاصله 3 متری یک چشمه‌ی صوت قرار دارند. ناظر B صدای چشمه را چند دسی‌بل بلندتر از A می‌شنود؟ ($\log 2 = 0.3$)

۶ (۴)

۳ (۳)

۰/۶ (۲)

۰/۳ (۱)

تست

شخصی در فاصله 20 m از چشمه‌ی صوتی است. چند متر از چشمه دور شود تا تراز شدت صوت برای او 20 dB کاهش یابد؟

تست

آستانه‌ی شنوایی یک شنونده در بسامد 5000 هرتز برابر $10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است. یک منبع صوتی با بسامد 5000 Hz و توان 10 W را به طور یکنواخت منتشر می‌کند. این شخص تا فاصله چندمتری صدای منبع را می‌شنود؟

تست

توان یک منبع صوت $3 \times 10^{-4}\text{ W}$ است. شدت صوت حاصل از آن در فاصله 5 m برابر I می‌باشد. اگر دامنه‌ی ارتعاش منبع 4 برابر شود و فاصله از منبع را 2 برابر کنیم ولی بسامد تغییر نکند شدت صوت در این حالت I' است.

اختلاف شدت صوت بین I و I' چند $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ است؟ ($\pi \simeq 3$)

توان یک چشمه صوت ۵۰۰ میلی‌وات است. اگر در یک فضای باز شنونده‌ای در فاصله ۲۰ متری از چشمه صوت حاصل را با تراز شدت صوت ۸۰ دسی‌بل احساس کند، در انتشار صوت در این فاصله چند درصد توان توسط محیط جذب

شده است؟ $(\pi \simeq 3, I_e = 10^{-12} \frac{W}{m^2})$ (ریاضی ۹۶)

۴۰ (۴)

۲۰ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

اگر دامنه چشمه صوتی را ۴ برابر کنیم، برای یک شنونده معین، تراز شدت صوت $1/3$ برابر می‌شود. در این حالت تراز شدت صوت برای آن شنونده به چند دسی‌بل می‌رسد؟ $(\log 2 = 0.3)$ و بسامد ثابت (ریاضی ۹۵)

۵۲ (۴)

۴۰ (۳)

۳۲ (۲)

۱۲ (۱)

در فاصله‌ی ۱۰ متری از یک منبع صوت به تراز شدت صوت ۲۰ دسی‌بل بیشتر از تراز شدت صوت آستانه دردناک است. در فاصله‌ی چند متری از این منبع صوت تراز شدت صوت ۲۰ دسی‌بل کمتر از تراز شدت صوت آستانه دردناک

است؟ (از جذب انرژی توسط محیط صرف‌نظر شود) (تجربی ۹۴)

۱۰۰۰ (۴)

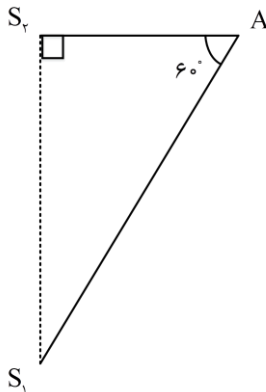
۲۰۰ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰۰ (۱)

تست

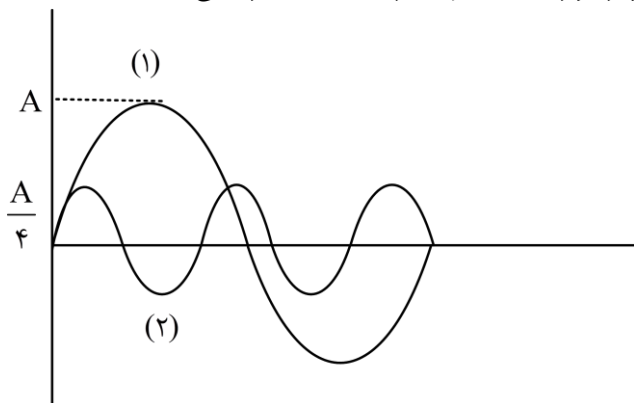
تراز از شدت صوت منبع S_1 در نقطه A برابر 60 dB باشد و منبع S_2 نیز کاملاً مشابه منبع S_1 باشد، تراز کل شدت صوت در نقطه A برابر چند (dB) خواهد شد؟ ($\log 2 = 0.3$)



- (۱) ۳۰۰
(۲) ۱۸۰
(۳) ۱۲۶
(۴) ۶۷

تست

نمودار جابه‌جایی - مکان دو منبع صوتی (۱) و (۲) که در یک محیط منتشر می‌شوند، مطابق شکل زیر است. تراز شدت صوت در فاصله d از منبع (۱) چند دسی‌بل بیشتر از تراز شدت صوت در فاصله $2d$ از منبع (۲) است؟ ($\log 2 = 0.3$) و از اقلاف انرژی صرف‌نظر شود.



- (۱) ۲۵
(۲) ۱
(۳) ۱۰
(۴) ۲/۵

تست

در دمای ثابت، فشار هوای داخل یک ظرف را کاهش می‌دهیم. تندی صوت در هوای داخل این ظرف چه تغییری می‌کند؟

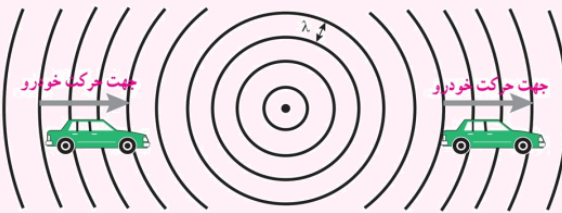
- (۱) کاهش می‌یابد.
(۲) افزایش می‌یابد.
(۳) ثابت می‌ماند.
(۴) بسته به شرایط هر سه حالت ممکن است.

پدیده دوپلر: هرگاه منابع صوت و شنونده‌ها نسبت به هم دارای حرکت باشند، در فرکانس صوتی که شنونده دریافت می‌کند تغییراتی ایجاد می‌شود. این تغییرات به پدیده دوپلر معروف است.

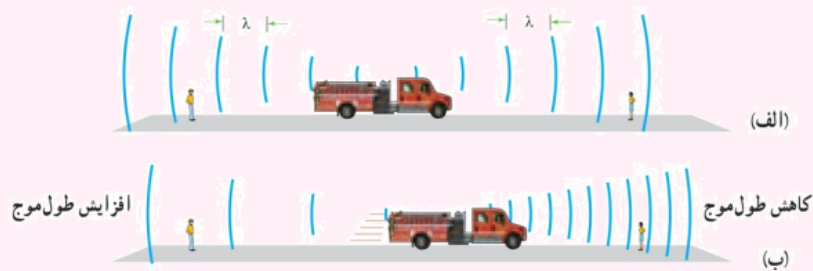




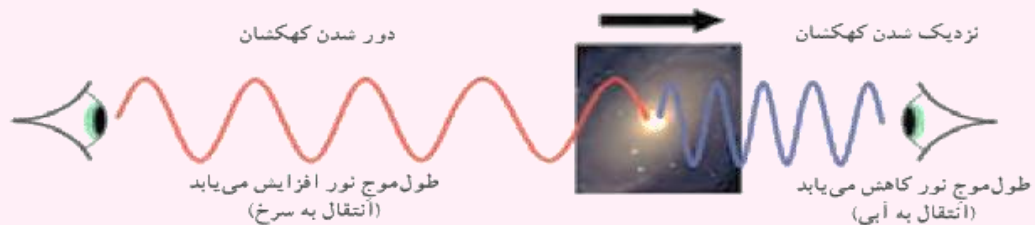
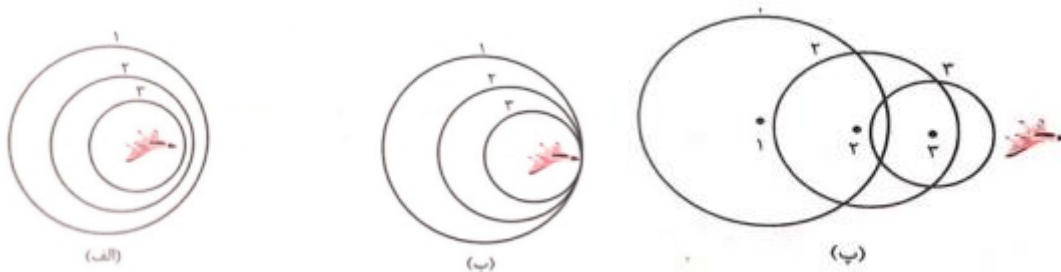
نکته ۱:



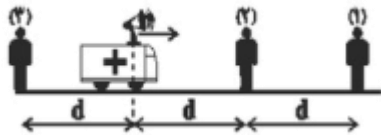
نکته ۲:



تذکره



مطابق شکل زیر، چشمه صوتی با تندی ثابت در جهت نشان داده شده در حال حرکت است. اگر بسامدهای دریافتی توسط ناظرهای مختلف را با f_1 ، f_2 و f_3 نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟



$$f_1 > f_2 > f_3 \quad (2)$$

$$f_2 > f_1 > f_3 \quad (1)$$

$$f_1 = f_2 > f_3 \quad (4)$$

$$f_2 = f_3 > f_1 \quad (3)$$

برهم کنش های امواج:

در این فصل بازتاب، شکست، پراش و تداخل را به عنوان برهم کنش های امواج بررسی می کنیم.

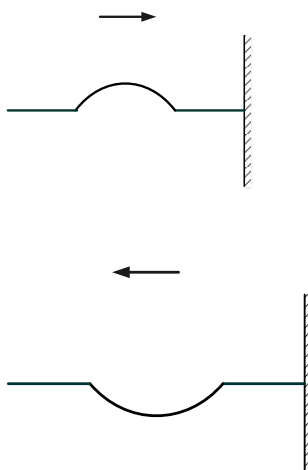
بازتاب موج:

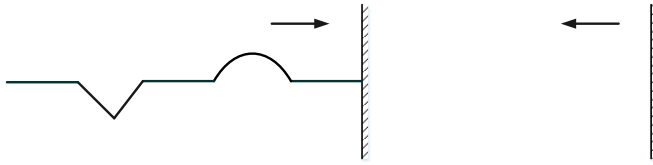
کاربرد بازتاب امواج در زندگی:

- (۱) تولید صدا در آلات موسیقی
- (۲) پژواک صدا
- (۳) دیدن ماه
- (۴) دیدن صفحه ای این کتاب
- (۵) گرم شدن مواد غذایی در اجاق های خورشیدی
- (۶) جمع شدن امواج رادیویی در کانون آنتن های بشقابی

بازتاب امواج مکانیکی) (:

(I)





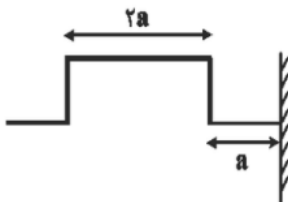
نکته



هر قسمت موج تابش

تست

مطابق شکل زیر، تپی عرضی با تندی v در یک طناب در حال پیشروی به سمت انتهای ثابت طناب است. پس از چه زمانی برای یک لحظه طناب به صورت افقی خواهد بود؟



- | | |
|---------------------|--------------------|
| (۱) $\frac{a}{v}$ | (۲) $\frac{2a}{v}$ |
| (۳) $\frac{3a}{2v}$ | (۴) $\frac{a}{2v}$ |

بازتاب امواج مکانیکی ()



پرتو: پیکان مستقیمی عمود بر جبهه‌های موج است که جهت انتشار موج را نشان می‌دهد.

زاویه تابش (θ_{incident}): زاویه‌ی بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی تابیده (فروودی) را زاویه‌ی تابش می‌نامند.

زاویه بازتابش ($\theta_{\text{reflection}}$): زاویه‌ی بین خط عمود بر سطح مانع و پرتوی بازتابیده را زاویه‌ی بازتابش می‌نامند.

قانون بازتاب عمومی: (1) (2)

نکته



نکته ۱: قانون بازتاب عمومی برای انواع مانع‌ها (تخت، کاو و کوژ) و همه‌ی انواع جبهه‌های موج (دایره‌ای و

کروی) برقرار است.



نکته ۱: زاویه ی بین پرتو تابش و سطح برابر زاویه ی بین پرتو بازتاب و سطح است.

نکته ۲: قانون های بازتاب نور در تمامی سطح ها (صاف یا ناصاف) صحیح است.

نکته ۳: هرگاه پرتوی نوری عمود بر یک سطح بتابد، عمود بر سطح نیز بازتاب پیدا می کند. در این حالت پرتوهای

تابش و بازتاب برهم منطبق هستند.

$$\theta_i = \theta_r =$$

اگر زاویه ی بین پرتوی تابش و پرتوی بازتاب ۳ برابر زاویه ی پرتوی تابش با سطح باشد در این حالت زاویه ی تابش چند درجه است؟

۶۷/۵ (۴)

۵۴ (۳)

۳۶ (۲)

۲۲/۵ (۱)

پژوای (Echo):



شنیدن صوت بازتاب شده به طور مستقل از صدای اولیه را پژواک می گویند که به آن اکو نیز گفته می شود. گوش انسان به دلیل حس شنیداریش صداهایی را که حداقل فاصله ی زمانی آن ها ۱۵ / ۰ باشد به طور مستقل می شنود.

در این صورت اگر بخواهیم صدای صوت بازتاب را از مانعی بشنویم، حداقل فاصله‌ی ما باید 17m باشد. زیرا ...



تذکره: برخی از جانوران مانند خفاش‌ها، دلفین‌ها، وال عنبر و ... با ارسال امواج فراصوت و دریافت پژواک خود اجسام اطراف خود را شناسایی می‌کنند.

تذکره: مکان‌یابی پژواکی در فناوری‌های مثل «اندازه‌گیری شارش خون در رگ‌ها و مکان‌یابی اجسام زیر آب توسط دستگاه سونار کشتی و سونوگرافی» استفاده می‌شود.

تست

شخصی مقابل پله‌کانی دست می‌زند و پژواک صدای خود را از پله‌هایی به عرض x می‌شنود. فرکانس پژواک‌ها کدام است؟

(۴) $\frac{v}{2x}$

(۳) $\frac{v}{x}$

(۲) $\frac{x}{2v}$

(۱) $\frac{x}{v}$

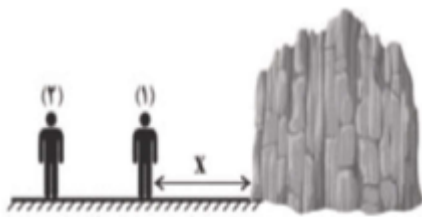
مثال: یک جانور دریایی امواج فراصوتی با بسامد 10^5 kHz تولید می‌کند. اگر سرعت صوت در آب دریا حدود $1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد: (الف) طول موج این صوت (ب) چه زمانی طول می‌کشد تا صوت فرستاده شده توسط این جانور در فاصله‌ی 10^3 m به خودش برسد؟

شخصی بین دو صخره قائم و بلند که در فاصله ۶۴۰ متری از یکدیگر قرار دارند، ایستاده است. اگر این شخص اولین پژواک ناشی از صدای شلیک گلوله‌ای را که خود شلیک کرده است، از صخره‌ها با اختلاف زمانی ۲s بشنود، فاصله

شخص از صخره دورتر چند متر است؟ (تندی انتشار صوت در هوا $320 \frac{m}{s}$ است.)

- (۱) ۳۰۰ (۲) ۴۲۰ (۳) ۴۶۰ (۴) ۴۸۰

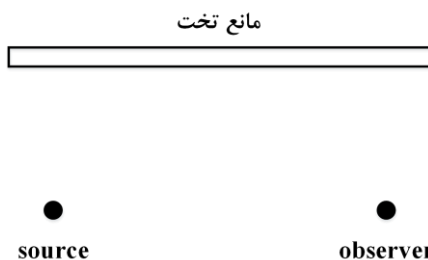
مطابق شکل زیر، دو دانش آموز در مقابل صخره قائمی ایستاده‌اند. دانش آموز (۱) فریاد می‌زند و دانش آموز (۲)، دو صدا با فاصله زمانی ۰/۴ ثانیه می‌شنود. مقدار x بر حسب متر کدام است؟ (تندی انتشار صوت در هوا را $320 m/s$ در نظر بگیرید.)



- (۱) ۳۲ (۲) ۶۴
(۳) ۱۲۸ (۴) ۲۵۶

در شکل روبه‌رو فاصله عمودی چشمه‌ی صوت و شنونده از مانع تخت ۲۵۵m است. چشمه‌ی صوت صدایی تولید کرده و شنونده دو صدا با اختلاف زمانی ۰/۵s می‌شنود. فاصله‌ی شنونده از چشمه‌ی صوت چند متر است؟ (تندی

انتشار صوت در هوا $340 \frac{m}{s}$)

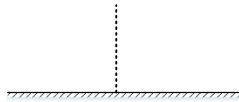


- (۱) ۳۴۰ (۲) ۶۸۰
(۳) ۴۲۵ (۴) ۸۵۰

بازتاب امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی مانند امواج مکانیکی از قانون عمومی بازتاب پیروی می کنند.

بازتاب آینه ای یا منظم: اگر سطح بازتابنده ی یک نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را بازتاب آینه ای یا منظم گوئیم.

بازتاب از سطح آینه تخت:

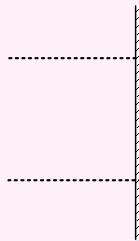
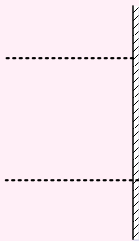


نکته



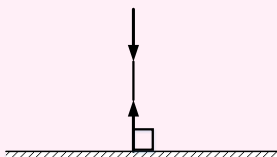
نکته ۱: پرتوهای نوری که به آینه ی تخت برخورد می کنند اگر

- I ← موازی ←
- II ← همگرا ←
- III ← واگرا ←



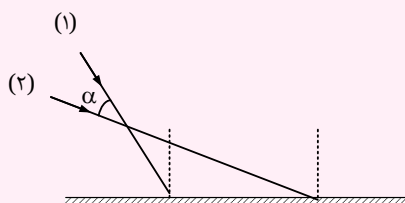
نکته ۲: اگر پرتویی عمود بر آینه ی تخت به آن برخورد کند، به صورت عمود بر سطح از آن بازتاب می شود و

$$\theta_i = \theta_r = 0$$



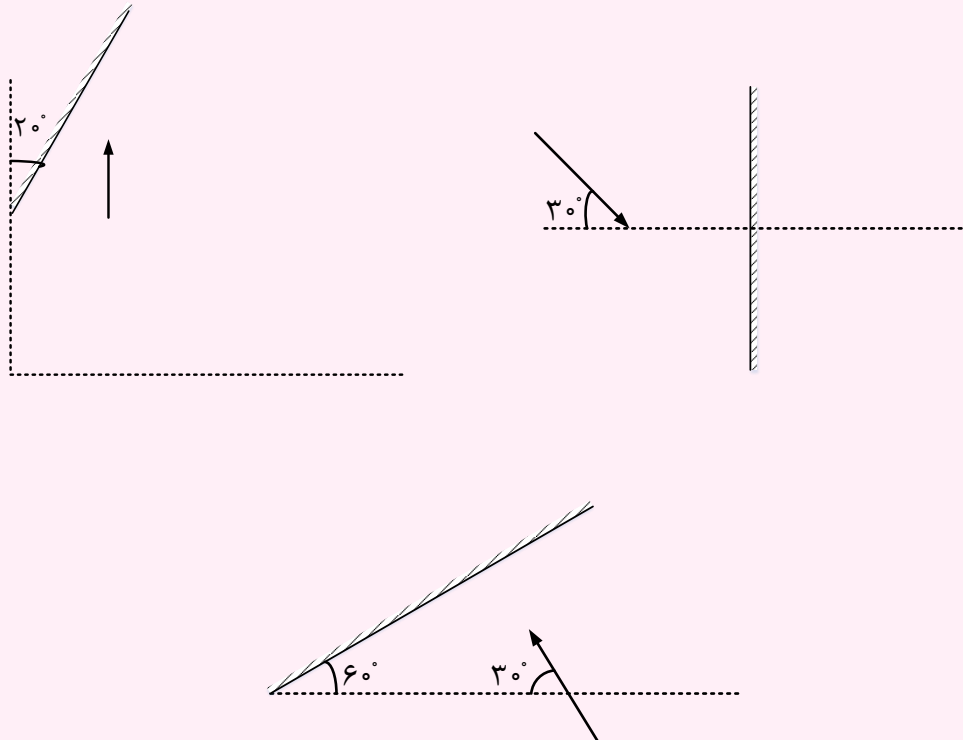
نکته ۳: در بازتاب از سطح آینه ی تخت (بازتاب منظم) اگر دو پرتو با هم زاویه ی α بسازند. پرتوهای بازتابش

آن ها نیز با یکدیگر زاویه ی α می سازند.





نکته ۳: اگر بخواهیم زاویه‌ی بین پرتوی تابش و امتداد بازتابش را در شکل‌های زیر مشخص کنیم. خواهیم داشت:

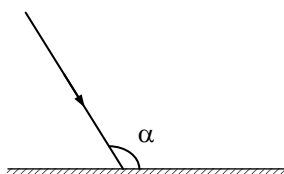


تست

اگر متمم تابش $\frac{1}{4}$ زاویه‌ای باشد که پرتوی تابش با پرتوی بازتابش می‌سازد. مشخص کنید زاویه‌ی تابش چند درجه است؟

تست

زاویه‌ی α در شکل زیر ۶ برابر زاویه‌ی تابش می‌باشد. زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش چقدر است؟





آینه‌های متقاطع:

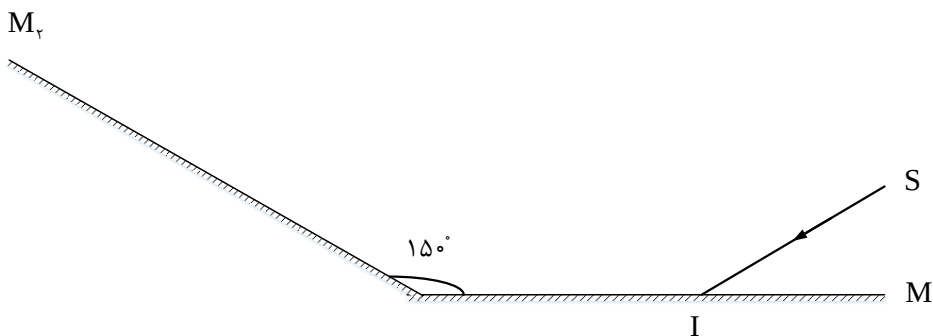
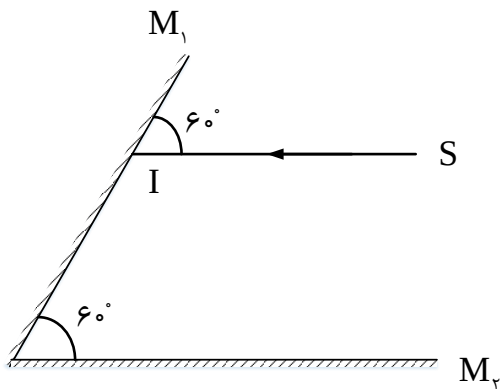
برای حل سیستم‌هایی که دارای آینه‌های متقاطع هستند باید توجه داشت که (I) در بازتابش پرتو از یک سطح به زاویه‌ی تابش و بازتابش با هم برابر است.
(II) جمع زوایای داخلی مثلث 180° است.

مثال: در شکل مقابل پرتوی SI بر سطح آینه‌ی تخت M_1 تابیده است.

الف) زاویه‌ی تابش پرتوی وارد بر سطح آینه‌ی (۲) چند درجه است؟

ب) مسیر پرتو تا خروج از مجموعه را رسم کنید.

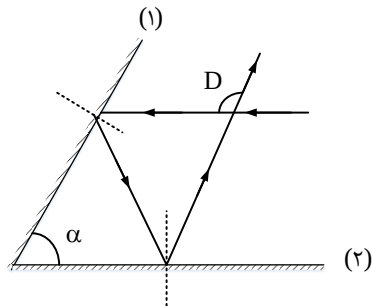
ج) پرتوی SI با چند درجه انحراف از مجموعه‌ای آینه‌ها خارج شده است؟



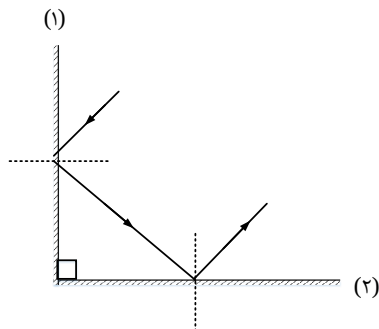
نکته ۱:

نکته ۲: اگر بخواهیم محاسبه کنیم پرتوی تابش از آینه‌ی دوم چند درجه نسبت به پرتوی تابیده شده به آینه‌ی اول منحرف شده است باید زاویه‌ی انحراف (D) را بدست آوریم.

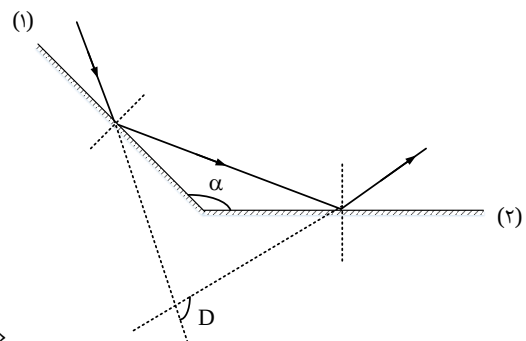
تذکره:



$\alpha < 90^\circ \Rightarrow D = 2\alpha \Rightarrow$ محل برخورد جلوی آینه‌ها

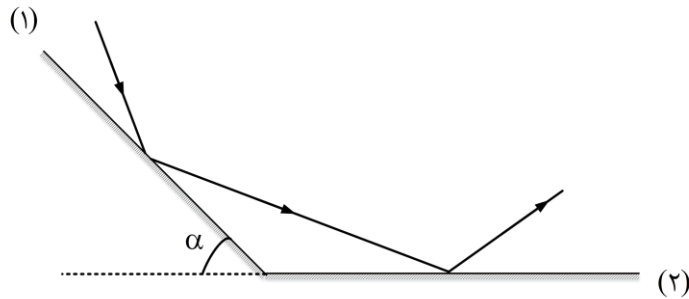


$\alpha = 90^\circ \Rightarrow D = 180^\circ \Rightarrow$ تابش موازی بازتابش



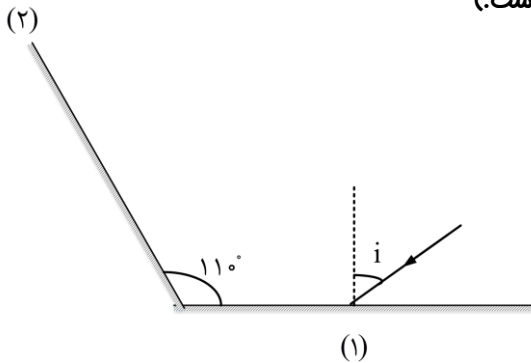
$\alpha > 90^\circ \Rightarrow D = 360^\circ - 2\alpha \Rightarrow$ محل برخورد پشت آینه‌ها

مطابق شکل روبه‌رو پرتوی نوری به آینه‌ی تخت (۱) می‌تابد و در نهایت از آینه‌ی تخت (۲) بازتاب می‌شود. پرتوی تابش به آینه‌ی (۱) با پرتوی بازتابش از آینه‌ی (۲) چه زاویه‌ای می‌سازد؟ (تقریبی ۹۶ درج)



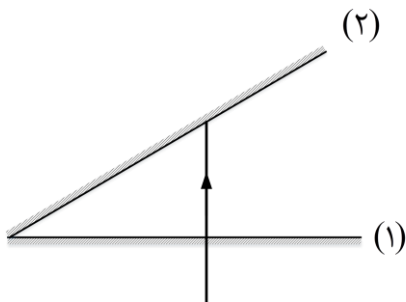
- (۱) α (۲) 2α (۳) $180 - \alpha$
(۴) $90 + \alpha$

در شکل روبه‌رو، یک پرتوی نور با زاویه‌ی تابش i به آینه‌ی (۱) می‌تابد. زاویه‌ی i در چه محدوده‌ای باشد تا پرتوی بازتاب شده از آن به آینه (۲) برسد؟ (طول آینه‌ها بسیار بزرگ است.)



- (۱) $20 < i$ (۲) $20 \leq i$ (۳) $30 < i$
(۴) $30 \leq i$

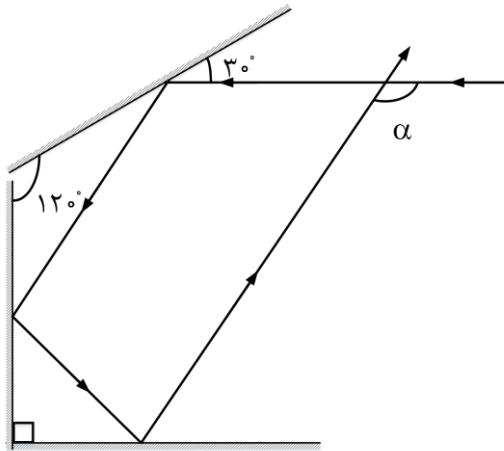
دو آینه‌ی تخت با طول زیاد، مطابق شکل روبه‌رو با هم زاویه‌ی 30° درجه می‌سازند. در آینه (۱) روزنه‌ای ایجاد شده و باریکه نور به طور عمود بر آینه (۱) از آن می‌گذرد. این نور چند بار در برخورد به آینه‌ها بازتاب خواهد شد؟ (ریاضی ۹۴)



- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳
(۴) ۴

تست

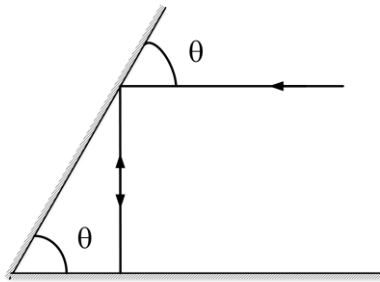
در شکل روبه‌رو زاویه‌ی α چند درجه است؟ (تجربی ۹۵)



- | | |
|---------|---------|
| (۱) ۱۱۰ | (۲) ۱۲۰ |
| (۳) ۱۳۰ | (۴) ۱۵۰ |

تست

تست: در شکل روبه‌رو مسیر پرتوی نور مشخص شده است. θ چند درجه است؟ (ریاضی شارچ ۱۵)

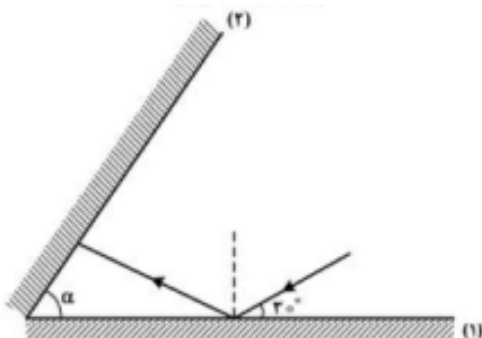


- | | |
|--------|--------|
| (۱) ۱۵ | (۲) ۳۰ |
| (۳) ۴۵ | (۴) ۶۰ |

تست

مطابق شکل زیر، پرتو نوری تحت زاویه‌ی 30° به آینه تخت (۱) می‌تابد و پس از بازتاب به آینه تخت (۲) می‌تابد. اگر در دومین بازتاب از آینه (۱) پرتو نور موازی آینه (۲) شود، زاویه‌ی α چند درجه است؟

(تجربی ۱۴۰۰)

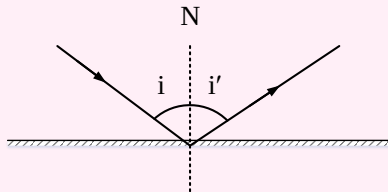


- | | |
|--------|--------|
| (۱) ۳۰ | (۲) ۴۰ |
| (۳) ۵۰ | (۴) ۶۰ |

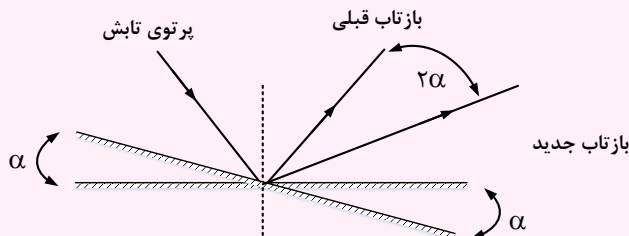


دوران آینه‌ی تخت:

اگر با ثابت بودن پرتوی تابش آینه را دوران دهیم می‌توان گفت در برابر هر واحد دوران آینه زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش به اندازه 2α تغییر خواهد کرد. به طوری که خواهیم داشت:



$$i + i' = \text{زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش}$$



$$\text{زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش} = i + i' \pm 2\alpha \begin{cases} (+) \\ (-) \end{cases}$$

تست

اگر با ثابت بودن پرتوی نوری آینه را طوری دوران دهیم که زاویه‌ی بین پرتوی تابش و بازتابش 15° شود. چنانچه زاویه‌ی دوران 3° باشد، متمم تابش اولیه چند درجه است؟

:(

بازتاب امواج در سطح کاو

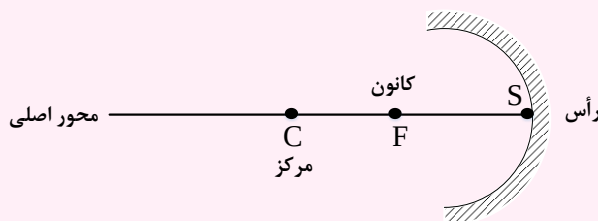


امواج صوتی و الکترومغناطیسی می‌توانند از سطوح خمیده بازتاب شوند و بازتاب آن‌ها از قانون بازتاب پیروی می‌کند.

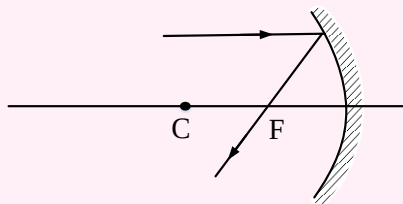


نکته ۱: اصطلاحات آینه ی کروی:

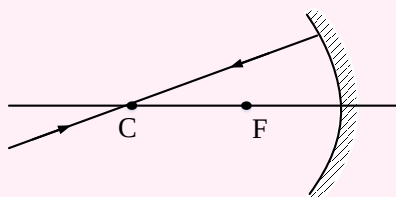
- * مرکز آینه = مرکز کره ایی است که آینه قسمتی از آن است و با «C» نشان می دهند.
- * محور اصلی آینه = خطی است که از مرکز آینه و وسط آینه می گذرد.
- * رأس آینه = محل برخورد محور اصلی با آینه است و با «S» نشان می دهند.
- * کانون آینه = نقطه ای است روی محور اصلی به طوری که هرگاه یک دسته پرتو نور، موازی محور اصلی به آینه بتابد پرتوی بازتاب در آن نقطه به هم می رسند (نقطه ی F)



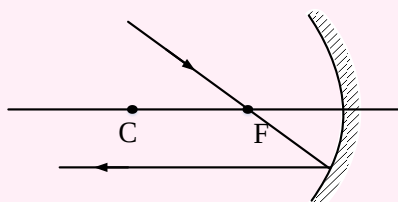
نکته ۲:



- (I) $\left\{ \begin{array}{l} \text{پرتوی تابش : موازی محور اصلی} \\ \text{پرتوی بازتاب : از کانون اصلی می گذرد} \end{array} \right.$

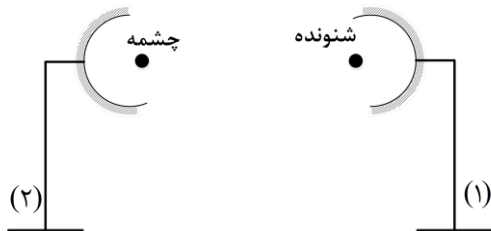


- (II) $\left\{ \begin{array}{l} \text{پرتوی تابش : از مرکز آینه عبور کند} \\ \text{پرتوی بازتاب : روی پرتوی تابش برمی گردد} \end{array} \right.$



- (III) $\left\{ \begin{array}{l} \text{پرتوی تابش : از کانون آینه عبور می کند} \\ \text{پرتوی بازتاب : موازی محور اصلی برمی گردد} \end{array} \right.$

در شکل روبه‌رو، دو سطح کاو به فاصله‌ی کانونی 5m و 6m در فاصله‌ی 40 متری هم قرار دارند. اگر شنونده‌ی صوت بازتاب شده از آینه‌ی (۱) را با بیشترین بلندی ممکن دریافت کند فاصله‌ی شنونده تا چشمه‌ی صوت چند متر است؟



- (۱) ۲۹
(۲) ۳۴
(۳) ۳۵
(۴) ۱۸

شکست موج:

هنگامی که موج می‌خواهد از یک محیط وارد محیط دیگری شود، وقتی که به مرز جدایی دو محیط می‌رسد بخشی از آن بازتابیده می‌شود و بخشی دیگر عبور می‌کند. البته بخشی از انرژی موج در دو محیط جذب می‌شود و به صورت گرما هدر می‌رود.

نکته



نکته: عبور یک تپ در طول طناب:



نکته:

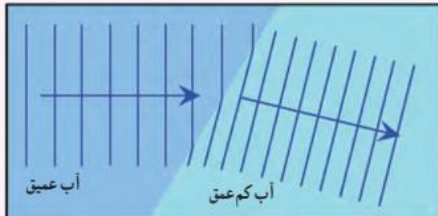
نکته:

موج عرضی سینوسی از قسمت نازک طناب به قسمت ضخیم آن وارد می‌شود. بسامد و طول موج آن به ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟

- (۱) کاهش می‌یابد - ثابت می‌ماند.
(۲) کاهش می‌یابد - کاهش می‌یابد.
(۳) ثابت می‌ماند - افزایش می‌یابد.
(۴) ثابت می‌ماند - کاهش می‌یابد.

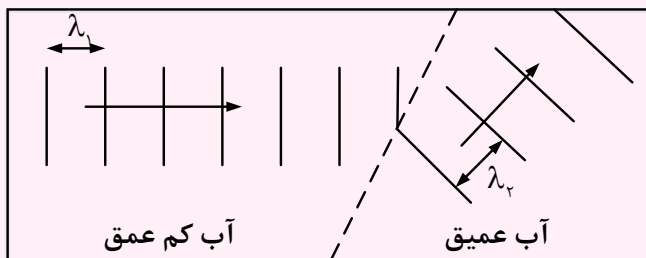
در حالت‌های دو یا سه بعدی با عبور موج از مرز بین دو محیط و ورودش به محیط دوم تندی موج تغییر کرده و جهت انتشار آن تغییر می‌کند. به این پدیده، شکست موج گوییم.

نکته

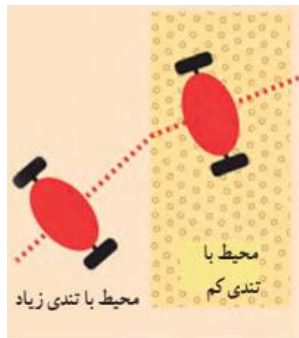


نکته:

نکته:



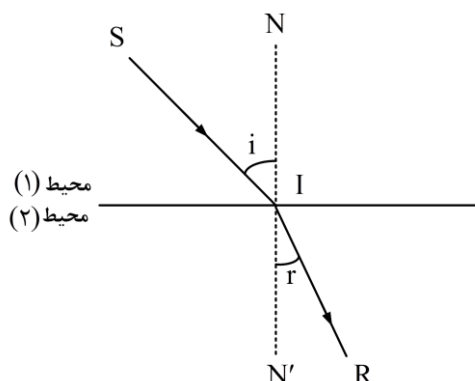
تذکره



قانون شکست عمومی:



وقتی جبهه‌های موج تخت (نور، پرتوی تابش، پرتوی فرودی) به طور مایل از یک محیط شفاف به محیط دیگر می‌تابد مسیرش تغییر می‌کند به این پدیده شکست می‌گوییم. در شکل زیر:



SI: پرتوی تابش واقع در محیط (۱)

IR: پرتوی شکست واقع در محیط (۲)

NN': خط عمود بر مرز جدایش دو محیط

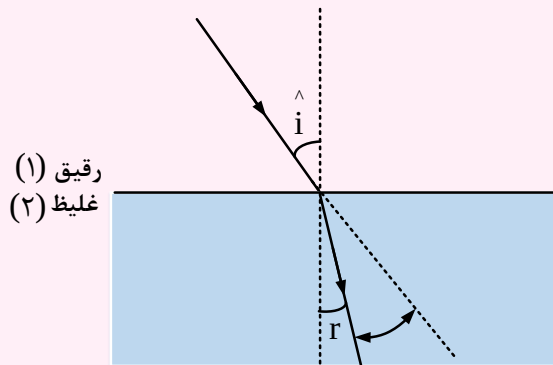
θ_i یا i : زاویه بین پرتوی تابش و خط عمود ← زاویه تابش

θ_r یا r : زاویه بین پرتوی شکست و خط عمود ← زاویه شکست

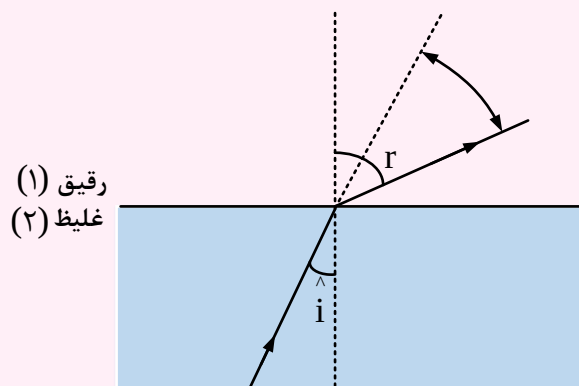


نکته: اگر نور از محیط رقیق به غلیظ بتابد، از مسیر خود منحرف شده و به خط عمود نزدیک می‌گردد. در این

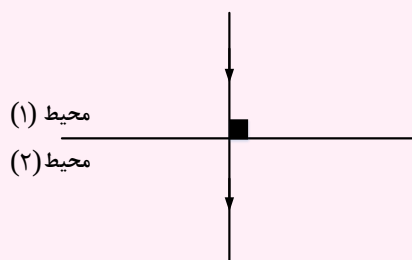
حالت ()



نکته: اگر نور از محیط غلیظ به رقیق بتابد، از مسیر خود منحرف شده و از خط عمود دور می‌گردد.



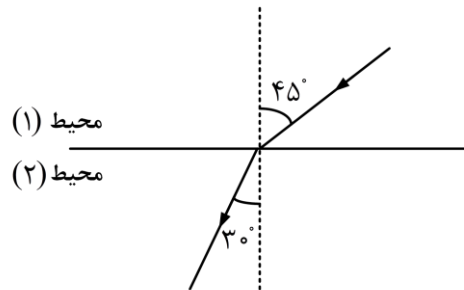
نکته: اگر نور به صورت عمود به سطح جدایش دو محیط بتابد بدون شکست وارد محیط دوم می‌شود.



نکته: اگر تندی موج (پرتوی) فرودی v_1 و شکست v_2 باشد:

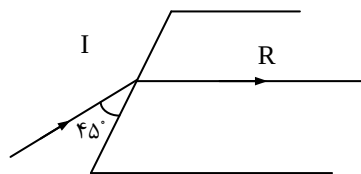
$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} \xrightarrow{\lambda = \frac{v}{f}} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \rightarrow \text{«قانون شکست عمومی»}$$

شکل مقابل شکست یک پرتوی موج را هنگام عبور از مرز دو محیط نشان می‌دهد. تندی انتشار موج در محیط اول چند برابر محیط دوم است؟



- (۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$ (۲) $\sqrt{2}$
(۳) $\sqrt{\frac{2}{3}}$ (۴) $\sqrt{\frac{3}{2}}$

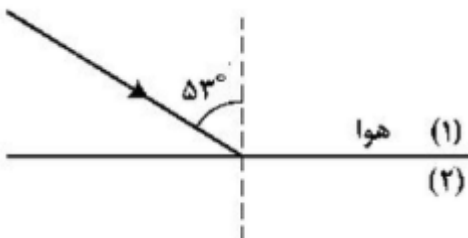
شکل روبه‌رو پرتوی موجی را نشان می‌دهد که هنگام ورود محیط R راستای انتشارش 15° تغییر کرده است. طول موج این موج در محیط I چند برابر طول موج آن در محیط R است؟



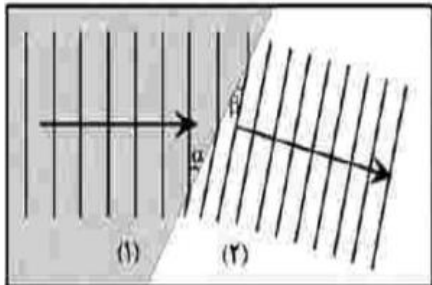
مطابق شکل زیر، پرتو نوری از هوا به یک محیط شفاف می‌تابد و در ورود به محیط (۲)، 16° از راستای اولیه منحرف می‌شود. اگر طول موج نور در محیط دوم، $\frac{1}{8} \mu\text{m}$ از طول موج نور در هوا کمتر باشد، بسامد نور چند هرتز است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

$$\text{سرعت نور در هوا} = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\sin 53^\circ = 0.8)$$

- (۱) 6×10^{14} (۲) 6×10^{15}
(۳) $8 / 4 \times 10^{14}$ (۴) $8 / 4 \times 10^{15}$



شکل زیر، ورود موج از محیط (۱) به (۲) را نشان می‌دهد. اگر $\alpha = 37^\circ$ و $\beta = 30^\circ$ باشد، نسبت سرعت انتشار موج در محیط (۱) به سرعت انتشار موج در محیط (۲) چقدر است؟ $(\cos 37^\circ = 0.8)$ (تقریبی ۱۴)



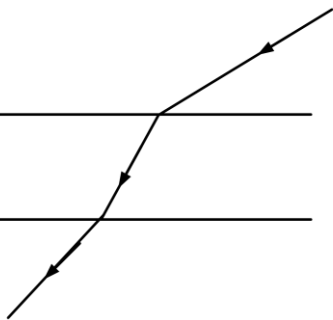
- (۱) $\frac{1/6\sqrt{3}}{3}$
 (۲) $\frac{5}{6}$
 (۳) $\frac{5\sqrt{3}}{8}$
 (۴) $\frac{6}{5}$

مسیر پرتوی موجی در سه محیط (۱) و (۲) و (۳) به صورت شکل روبه‌رو است. اگر طول موج در این سه محیط به ترتیب λ_1 ، λ_2 و λ_3 باشد، کدام گزینه درست است؟

(۱)

(۲)

(۳)



(۱) $\lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_1$

(۲) $\lambda_2 > \lambda_1 > \lambda_3$

(۳) $\lambda_3 > \lambda_2 > \lambda_1$

(۴) $\lambda_1 > \lambda_3 > \lambda_2$

ضریب شکست:

نسبت سرعت نور در خلأ به سرعت نور در یک محیط شفاف را ضریب شکست محیط شفاف می‌نامند و با نماد n نشان می‌دهند. اگر سرعت نور در خلأ c و سرعت نور در ماده‌ی شفاف v باشد داریم:

$$n = \frac{c}{v}$$

نکته



نکته ۱: ضریب شکست (n) بدون واحد است و همواره $n \geq 1$ است زیرا $c \geq v$ است.

نکته ۲: طبق رابطه‌ی $n = \frac{c}{v}$ هر چه n بزرگ‌تر باشد v کوچک‌تر است (ثابت c)؛ یعنی:



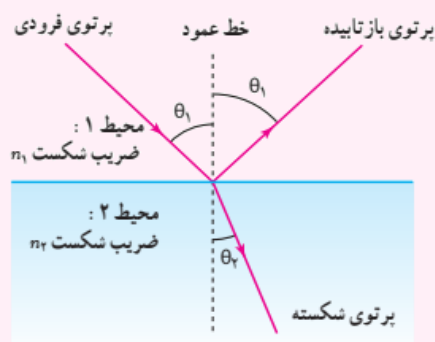
$$v = \frac{c}{n} = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$$

نکته: در محیطی با ضریب شکست n :

نکته: اگر در دو محیط با ضریب شکست های n_1 و n_2 سرعت نور به ترتیب v_1 و v_2 باشد خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{c}{n_1} \\ v_2 &= \frac{c}{n_2} \end{aligned} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} \rightarrow \boxed{\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}}$$

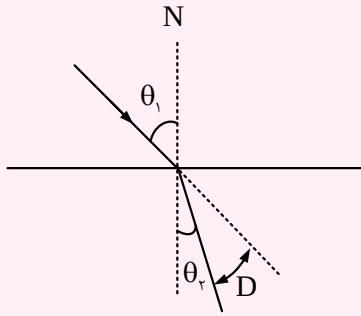
نکته:



تذکره: بنابراین می توان گفت هر چه



نمودار



تست

اگر طول موج پرتویی از نور نارنجی در خلأ برابر $۰/۶$ میکرون باشد. بسامد آن پرتو در مایع شفاف به ضریب شکست

$\frac{۴}{۳}$ چند هرتز است؟ (ریاضی ۹۶ فارچ)

(۴) $\frac{۱۵}{۴} \times ۱۰^{۱۵}$

(۳) $\frac{۲۰}{۳} \times ۱۰^{۱۴}$

(۲) ۴×۱۰^{۱۵}

(۱) ۵×۱۰^{۱۴}

تست

پرتوی نوری با زاویه تابش ۵۳° از هوا وارد محیط شفاف می‌شود و ۱۶ درجه منحرف می‌شود. سرعت نور در این

محیط شفاف چند $\frac{m}{s}$ است؟ ($\sin ۵۳^\circ = ۰/۸$)، $c = ۳ \times ۱۰^۸ \frac{m}{s}$ (تجربی ۹۰ فارچ)

(۴) $۲/۷۵ \times ۱۰^۸$

(۳) $۲/۵ \times ۱۰^۸$

(۲) $۲/۲۵ \times ۱۰^۸$

(۱) ۲×۱۰^۸

تست

ضریب شکست یک محیط شفاف نسبت به هوا $\sqrt{2}$ است. یک پرتوی نور تک رنگ تحت زاویه‌ی i از هوا بر سطح این محیط شفاف می‌تابد و قسمتی بازتاب و قسمتی شکست پیدا می‌کند. اگر زاویه‌ی شکست 30° باشد. زاویه‌ی بین پرتوی تابش و پرتوی بازتاب چند درجه است؟ (ریاضی ۹۰ فارغ)

- (۱) 45° (۲) 60° (۳) 90° (۴) 120°

تست

پرتوی نوری با زاویه‌ی 60° از هوا به محیط شفافی می‌تابد. اگر زاویه‌ی انحراف نور 30° باشد، ضریب شکست محیط شفاف کدام است؟

- (۱) $1/5$ (۲) $\sqrt{2}$ (۳) 2 (۴) $\sqrt{3}$

تست

ضریب شکست الماس $2/4$ و ضریب شکست آن نسبت به یک مایع شفاف $1/6$ است. سرعت نور در این مایع چه کسری از سرعت نور در خلأ است؟

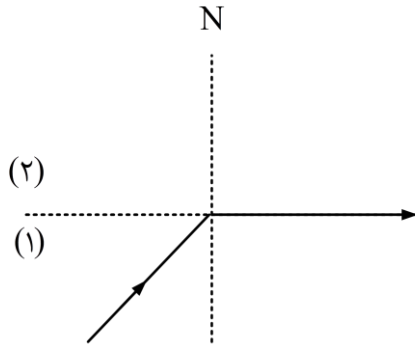
- (۱) $0/55$ (۲) $0/66$ (۳) $0/77$ (۴) $0/88$

تست

ضریب شکست‌های دو محیط A و B به ترتیب $n_A = 1/5$ و $n_B = 1/8$ هستند. سرعت نور هنگامی که از محیط B به محیط A وارد می‌شود چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) 30% کاهش (۲) 30% افزایش (۳) 20% کاهش (۴) 20% افزایش

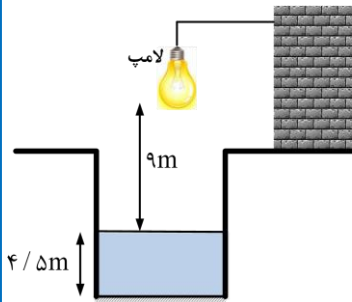
در شکل مقابل، پرتوی نور در ورود از محیط (۱) به (۲)، 30° درجه منحرف می‌شود. سرعت نور در محیط (۲) چند برابر سرعت نور در محیط (۱) است؟ (ریاضی ۸۸ خارج)



- (۱) ۲
(۲) $\frac{1}{2}$
(۳) $\frac{\sqrt{3}}{2}$
(۴) $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

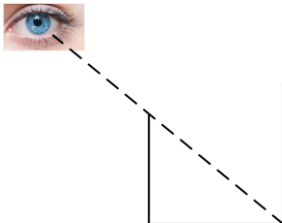
در شکل مقابل، حداقل زمان لازم برای آنکه نور لامپ پس از گذشتن از هوا و آب و بازتابش از روی آینه‌ی تخت افقی که در کف مخزن نصب شده دوباره به لامپ برگردد چند ثانیه است؟ (تجربی ۹۳ خارج)

(ضریب شکست آب به نسبت هوا $\frac{4}{3}$ و سرعت انتشار نور در هوا $3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ است)



- (۱) 9×10^{-8}
(۲) 2×10^{-8}
(۳) 5×10^{-8}
(۴) 10^{-7}

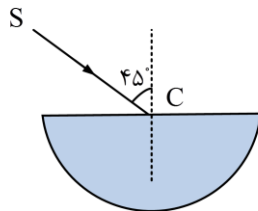
یک ظرف مکعب شکل کدر خالی را در نظر بگیرید. ناظری تمام نقاط دیواره داخلی روبه‌رویش را می‌بیند ولی هیچ نقطه‌ای از کف ظرف را نمی‌بیند. اگر ظرف پرواز مایعی به ضریب شکست n شود، ناظر سکه‌ای را که در مرکز ظرف قرار دارد برای اولین بار می‌بیند. n کدام است؟



- (۱) $\sqrt{5}$
(۲) $\sqrt{\frac{5}{2}}$
(۳) $\frac{\sqrt{5}}{2}$
(۴) $2\sqrt{5}$

تست

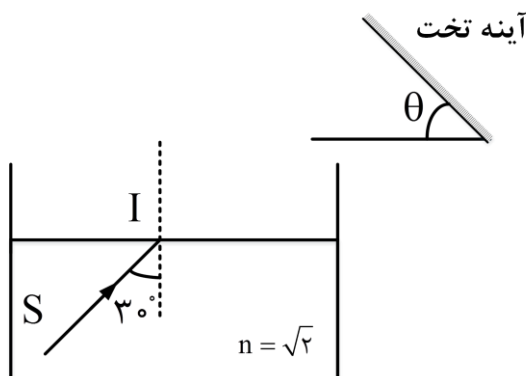
در شکل مقابل پرتو SC به نقطه‌ی C (مرکز نیم‌استوانه‌ی شفاف) به ضریب شکست $\sqrt{2}$ تابیده و از طرف دیگر خارج شده است. پرتوی خروجی نسبت به پرتو SC چند درجه منحرف شده است؟ (تقریبی ۷۵)



- (۱) صفر
(۲) ۱۵
(۳) ۶۰
(۴) ۷۵

تست

در شکل مقابل زاویه‌ی θ چند درجه باشد تا پرتوی SI پس از وارد شدن به هوا بر روی خودش بازگردد؟



- (۱) ۳۰
(۲) ۶۰
(۳) ۴۵
(۴) ۱۵

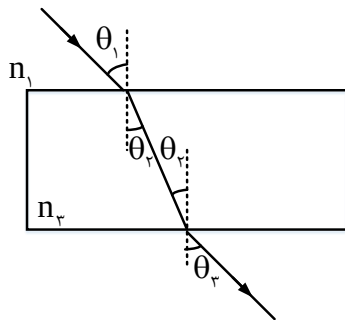
تست

در مدت زمان معینی پرتوی نور در آب مسافت ۷۲km و در شیشه مسافت ۶۴km را طی می‌کند. ضریب شکست آب چند برابر ضریب شکست شیشه است؟

- (۱) $\frac{3}{4}$
(۲) $\frac{4}{3}$
(۳) $\frac{8}{9}$
(۴) $\frac{9}{8}$

تیغه‌ی شیشه‌ای (تیغه‌ی متوازی‌السطوح):

تیغه شیشه‌ای محیط شفاف‌ی است که بین دو سطح تخت موازی محصور است. اگر جنس محیط‌های دو طرف تیغه یکسان باشد $(n_1 = n_3)$ ، پرتوهای نور ورودی و خروجی با هم موازی‌اند.



$$\begin{aligned} n_1 \sin \theta_1 &= n_2 \sin \theta_2 \\ n_2 \sin \theta_2 &= n_3 \sin \theta_3 \end{aligned} \Rightarrow \begin{cases} \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \\ \frac{n_2}{n_3} = \frac{\sin \theta_3}{\sin \theta_2} \end{cases} \Rightarrow \sin \theta_1 = \sin \theta_3 \Rightarrow \theta_1 = \theta_3$$

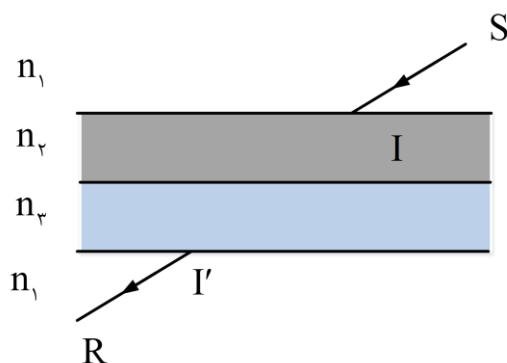
نکته



پس در این حالت می‌توان گفت تیغه‌ی شیشه‌ای راستای نور را تغییر نمی‌دهد بلکه آن را جابه‌جا می‌کند.

تست

در شکل روبه‌رو اگر I'R در امتداد SI (مسیر نور در محیط‌هایی که ضریب شکست آن‌ها n_2 و n_3 است رسم نشده) و $n_2 \neq n_3$ باشد. n_2 و n_3 نسبت به n_1 چگونه باید باشند؟ (ریاضی ۶۵)



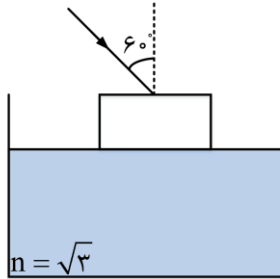
(۱) هر دو بزرگ‌تر

(۲) هر دو کوچک‌تر

(۳) یکی برابر و دیگری کوچک‌تر

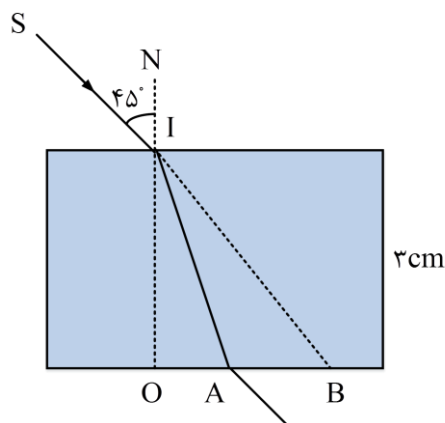
(۴) یکی بزرگ‌تر و دیگری کوچک‌تر

در شکل زیر، پرتوی نور با زاویه‌ی 60° درجه از هوا به تیغه‌ی شیشه‌ای که روی مایع شناور است می‌تابد. این پرتو با زاویه‌ی شکست چند درجه وارد مایع می‌شود؟



- (۱) 30° (۲) 45° (۳) 60° (۴) 90°

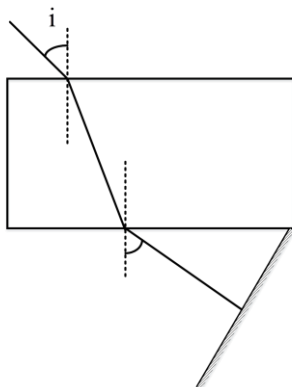
در شکل مقابل پرتوی SI با زاویه‌ی تابش 45° به سطح یک تیغه‌ی شیشه‌ای به ضخامت ۳cm می‌تابد و در نقطه‌ی A از تیغه خارج می‌شود. اگر راستای SI در نقطه‌ی B از شیشه خارج شود، AB چند سانتی‌متر است؟



(ریاضی ۹۱) $\sqrt{2}$ = ضریب شکست تیغه‌ی شیشه‌ای

- (۱) $\sqrt{3}$ (۲) $3 - \sqrt{3}$ (۳) $1 + \sqrt{3}$ (۴) $2\sqrt{3}$

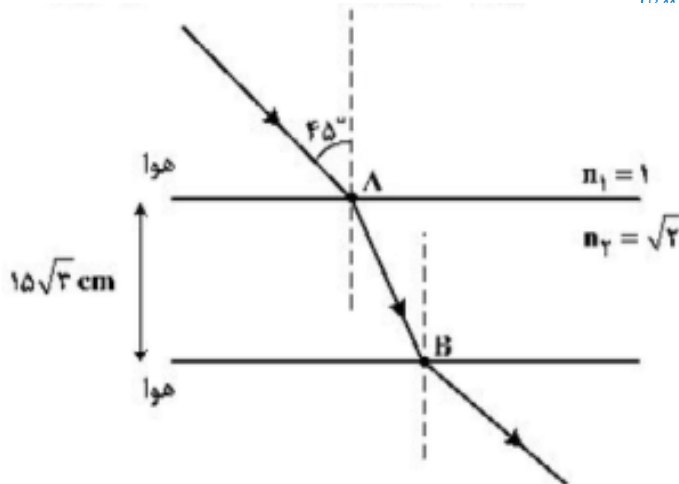
یک دسته پرتوی نور موازی با زاویه‌ی تابش i بر یک وجه تیغه‌ی شیشه‌ای می‌تابد و از وجه دیگر آن خارج می‌شود. در مسیر پرتوی خروجی آینه‌ی تختی است که این پرتوها را روی خودش باز می‌تابد. زاویه بین تیغه و آینه چقدر است؟



- (۱) صفر (۲) $\frac{i}{2}$ (۳) i (۴) $2i$

مطابق شکل زیر، پرتوی نوری از هوا وارد محیط شفاف می‌شود و شکست می‌یابد. این پرتو فاصله A تا B را در

چند نانو ثانیه طی می‌کند؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$) (ریاضی ۱۴۰۰)



(۱) $\frac{\sqrt{2}}{2}$

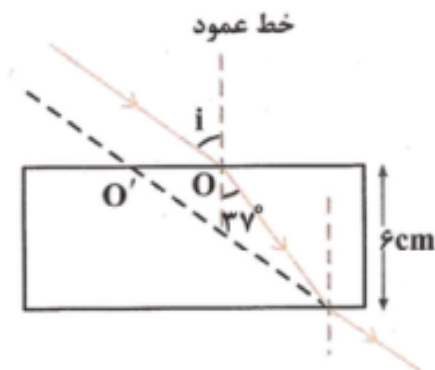
(۲) ۱

(۳) $\sqrt{2}$

(۴) ۳

پرتو نوری مطابق شکل زیر از هوا به یک تیغه متوازی السطوح می‌تابد و پس از شکست در محیط شفاف، دوباره وارد هوا می‌شود. اگر امتداد پرتو خروجی در O' به تیغه برخورد کند و $OO' = 3/5 \text{ cm}$ باشد، ضریب شکست محیط

شفاف چقدر است؟ ($\sin 37^\circ = 0.6$)



(۱) $\frac{5}{4}$

(۲) $\frac{4}{3}$

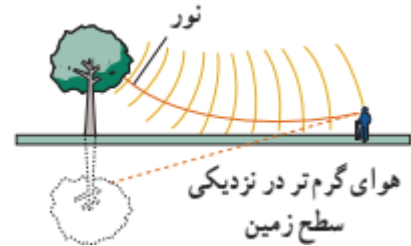
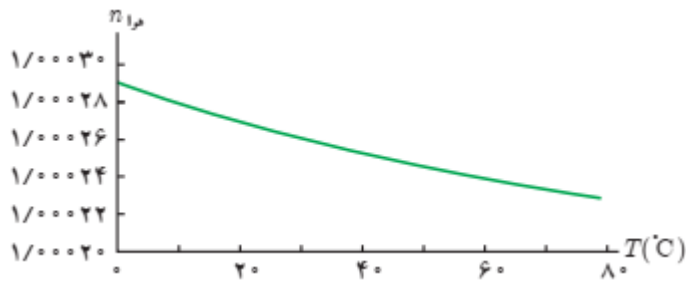
(۳) $\frac{3}{2}$

(۴) $\frac{5}{3}$

سراب:

در روزهای گرم که سطح زمین در اثر تابش نور خورشید گرم است. لایه‌های هوای نزدیک به سطح زمین گرم‌تر می‌شوند و چگالی آن‌ها کاهش یافته و ضریب شکست کمتر می‌شود.

جبهه‌های موج هر چه به سطح زمین نزدیک می‌شوند (وارد محیط رقیق‌تر می‌شوند) تندیشان بیشتر شده و طول موجشان بلندتر می‌شود؛ رو به بالا خم می‌شوند و ناظر احساس می‌کند که روی سطح زمین آب وجود دارد (ناظر تصویر موج آسمان را روی زمین می‌بیند) و تصویر اجسام را در آن می‌بیند.



پاشندگی نور به وسیله منشور:

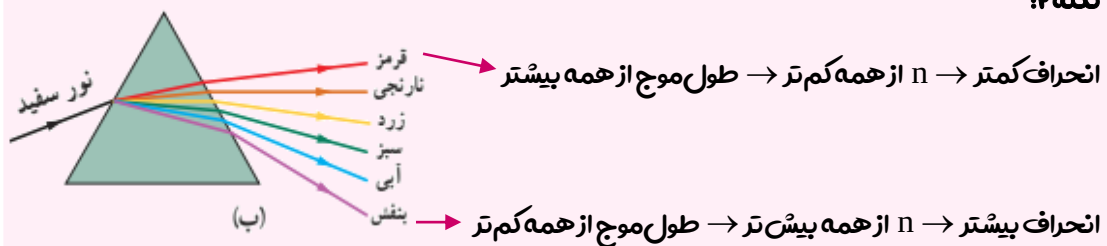
ضریب شکست منشور برای نورهای با رنگهای مختلف، متفاوت است. به همین سبب زاویه‌ی شکست و همین‌طور زاویه‌ی انحراف برای نورهای با رنگهای مختلف (فرکانس و طول موجهای متفاوت) یکسان نیست. در نتیجه نور سفید با عبور از منشور به نوارهای رنگی تشکیل دهنده‌اش (طیف نور سفید) تفکیک می‌شود.

نکته



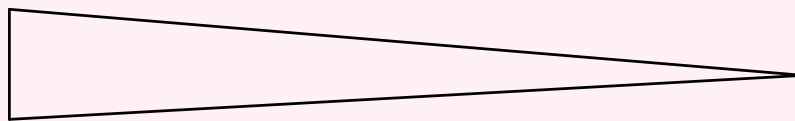
نکته ۱: ضریب شکست هر محیط به جز خلاء به طول موج بستگی دارد.

نکته ۲:



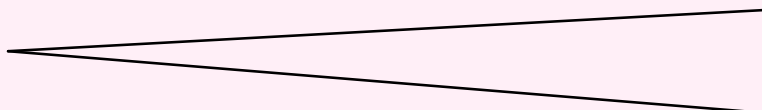
نکته ۳: سرعت نور در منشور:

بنفش نیلی آبی سبز زرد نارنجی قرمز



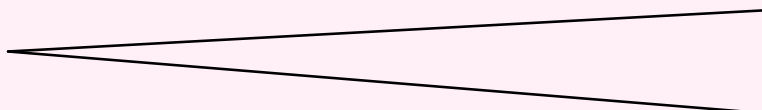
ضریب شکست منشور برای نور:

بنفش نیلی آبی سبز زرد نارنجی قرمز



انحراف نور در منشور:

بنفش نیلی آبی سبز زرد نارنجی قرمز

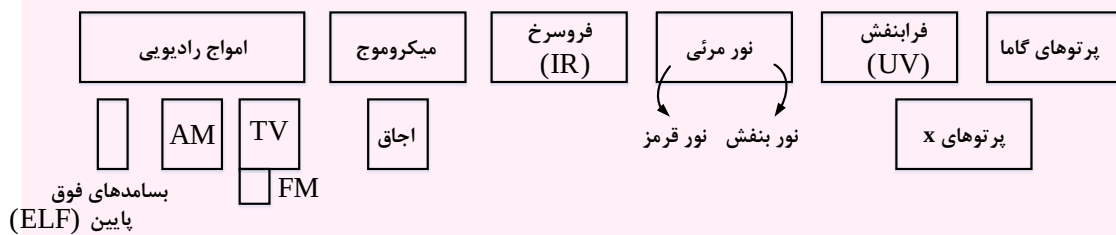


تذکره: هنگامی که منشور در محیطی رقیق تر از خودش است همواره پرتوها به سمت قاعده‌ی منشور منحرف می‌شوند اما اگر منشور در محیطی غلیظ تر از خود قرار گرفت پرتوها به سمت رأس منحرف می‌شوند.

نکته



تندی همه‌ی فرکانس‌های امواج الکترومغناطیس در خلأ با هم برابر است. $(c = v_{\gamma} = v_{\text{بنفش}} = v_{\text{قرمز}})$ اما در محیط مادی هر چه بسامد موج الکترومغناطیسی بیشتر باشد، ضریب شکست محیط برای آن بزرگتر است. به طوری که خواهیم داشت:

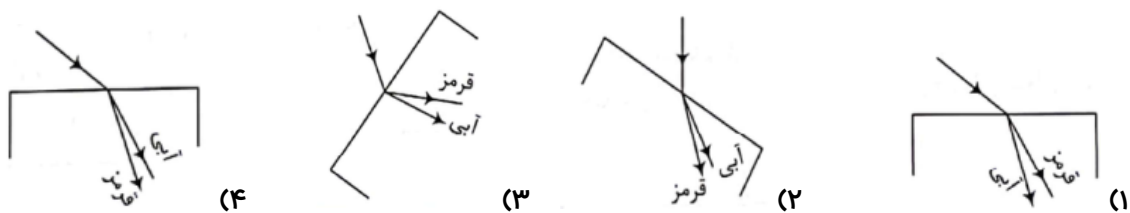


افزایش بسامد، افزایش ضریب شکست، افزایش انرژی، افزایش قدرت نفوذ

کاهش طول موج، کاهش تندی در محیط مادی، کاهش دوره تناوب

تست

در شکل‌های زیر، پرتو فرودی که شامل نورهای آبی و قرمز است، از هوا وارد شیشه می‌شود. کدام شکل، شکستی را نشان می‌دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)



نکته



ضریب شکست یک شیشه‌ی خاص برای نور قرمز برابر $\frac{1}{5}$ است. طول موج نور قرمز در گذر این نور از خلأ به شیشه تقریباً چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

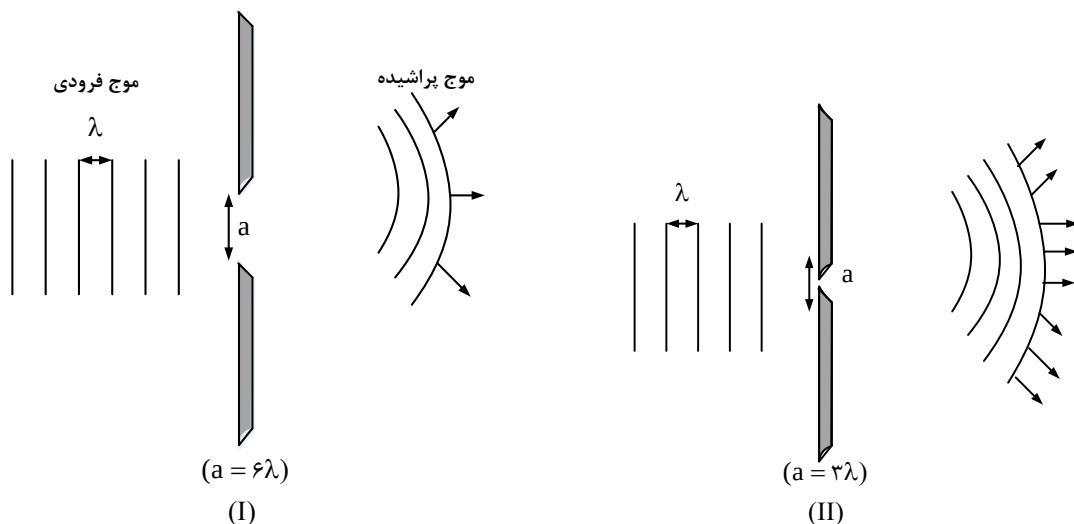
- (۱) افزایش $\frac{3}{33}\%$ (۲) کاهش $\frac{3}{33}\%$ (۳) افزایش $\frac{67}{7}\%$ (۴) کاهش $\frac{67}{7}\%$

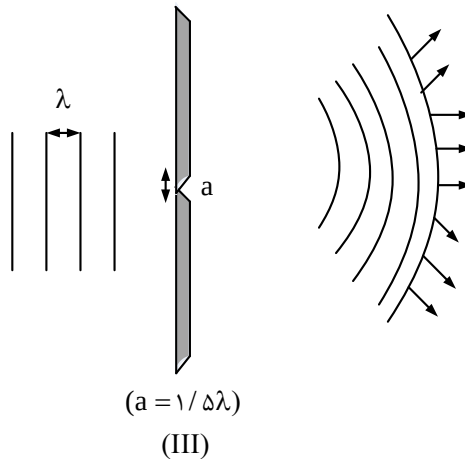
یک پرتوی نور آبی و یک پرتوی نور زرد از خلأ وارد شیشه می‌شوند. کدام گزینه درباره‌ی گذر از خلأ به شیشه برای این دو پرتو درست است؟

- (۱) ضریب شکست برای نور زرد کمتر تغییر می‌کند.
(۲) بسامد دو پرتو به یک اندازه افزایش می‌یابد.
(۳) تندی نور زرد بیشتر از تندی نور آبی کم می‌شود.
(۴) طول موج نور آبی کمتر از طول موج نور زرد کم می‌شود.

پراش امواج:

اگر در مسیر پیشروی یک مانعی قرار داشته باشد. بخشی از موج به مانع برخورد کرده و توسط مانع جذب یا بازتاب می‌شود و به پشت مانع نمی‌رسد اما بخشی دیگر از لبه‌های مانع می‌گذرند و به وضوح به اطراف مانع یا شکاف گستره می‌شوند.





نکته: در شکل (I) ← قسمتی از موج از شکاف می‌گذرد تقریباً تخت باقی می‌ماند.

نکته: در شکل (II) ← قسمتی از موج که از شکاف می‌گذرد کاملاً از حالت موج تخت خارج و به اطراف شکاف گسترده می‌شود (گسترده می‌شود).

نکته

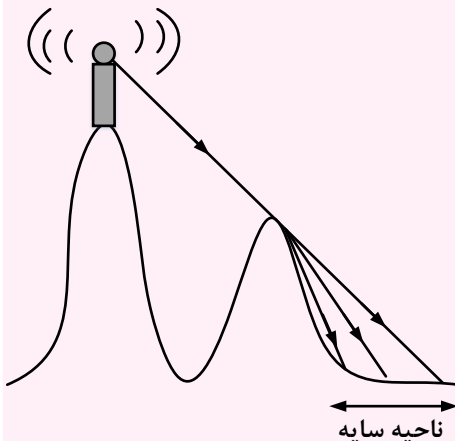


نکته ۱: هر چه ابعاد شکاف به طول موج نور فرودی نزدیک‌تر باشد پدیده‌ی پراش شدیدتر رخ می‌دهد.

نکته ۲: میزان پراش به

نکته ۳: پدیده پراش برای همه‌ی انواع موج (مکانیکی و الکترومغناطیسی) رخ می‌دهد.

نکته ۴: موج (سیگنال) پس از برخورد به لبه‌های مانع می‌تواند پراشیده شود و به داخل ناحیه‌ی سایه وارد شود.



نکته ۵: اگر پراش نوری تک‌گام از یک شکاف باریک یا لبه‌ای تیز را روی یک پرده ملاحظه کنید همواره نوارهای تاریک و روشنی موازی با لبه‌های شکاف به نام «نقش پراش» مشاهده می‌کنید که دلیل آن پدیده تداخل امواج است.

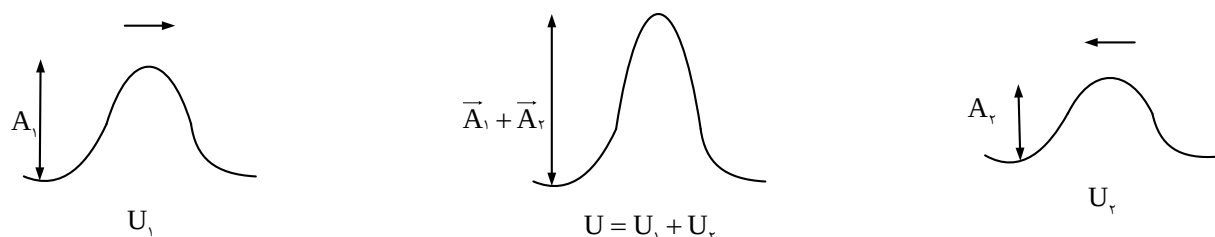


تداخل امواج:

اصل برهم‌نهی امواج: وقتی چندین موج به طور هم‌زمان بر ناحیه‌ای از فضا تأثیر بگذارند، اثر خالص آن‌ها برابر مجموع اثرهای مجزای هر یک از آن‌هاست.

تذکره: تمام امواج وقتی در یک نقطه به هم می‌رسند با یکدیگر ترکیب می‌شوند و به ترکیب امواج برهم‌نهی امواج گوئیم. وقتی امواج برهم‌نهی انجام می‌دهند دو اصل در برهم‌نهی آن‌ها مؤثر است:

(۱) در هر نقطه که دو موج به هم می‌رسند ترکیب آن‌ها در آن نقطه به صورت یک جمع برداری خواهد بود و هر نقطه به طور مستقل در اثر تأثیر هر موج نوسان می‌کند.



(۲) وقتی امواج از یکدیگر عبور کردند چون ماهیت آن‌ها انرژی است شکل اولیه‌ی خود را پیدا می‌کنند.

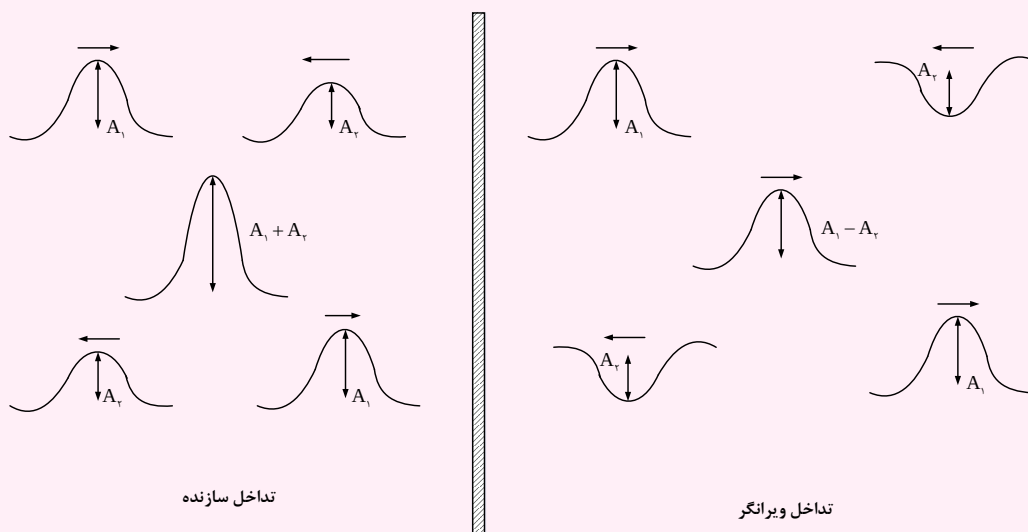
نکته



نکته ۱: به پدیده‌ی ترکیب موج‌ها با یکدیگر تداخل می‌گویند. به بیان دیگر تداخل ترکیب دو یا چند موج است که هم‌زمان از یک نقطه عبور می‌کنند و با اصل برهم‌نهی توجیه می‌شود.

نکته ۲: وقتی دو موج به یکدیگر می‌رسند اگر دو موج هم‌فاز باشند (وضعیت نوسانی آن‌ها یکسان باشد) تداخل را سازنده می‌گویند.

نکته ۳: اگر دو موج که با یکدیگر ترکیب می‌شوند در فاز مخالف باشند به داخل آن‌ها را ویرانگر می‌گویند.



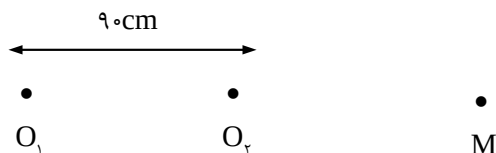
برهم‌نهی امواج در دو بعد:

یک ظرف آب را در نظر بگیرید که دو منبع هم‌فاز، هم‌بسامد و هم‌دامنه امواجی را بر سطح آب ایجاد می‌کنند. موج‌های ایجاد شده روی سطح آب پس از رسیدن به یکدیگر تداخل کرده و در بعضی از نقاط سطح آب نوسان چندانی نخواهد داشت () و در بعضی نقاط سطح آب به شدت بالا یا پایین می‌رود. ()

نکته



در شکل مقابل فاصله‌ی دو چشمه‌ی مشابه و هم‌فاز O_1 و O_2 برابر 90cm است. اگر سرعت انتشار موج $\frac{3}{6}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد. حداقل بسامد چشمه‌های موج چقدر باشد تا در نقطه‌ی M گره تشکیل شود (حداقل نوسان داشته باشیم)؟



دو چشمه‌ی موج ارتعاش‌هایی با بسامد 20Hz بر سطح آب ایجاد می‌کنند. اگر سرعت انتشار موج $\frac{5}{5}\frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد در نقطه‌ی M روی سطح آب به فاصله‌ی $12/5\text{cm}$ از چشمه‌ی اول و 50cm از چشمه‌ی دوم دو موج که با هم به این نقطه می‌رسند نسبت به هم چه وضعیتی دارند؟

سرعت انتشار موج در سطح آب $\frac{m}{s}$ ۲۰ است. اگر اختلاف فاصله‌ی دو چشمه برابر ۴۰cm باشد، بسامد موج کدام گزینه نمی‌تواند باشد؟

۱۲۵ (۴)

۷۵ (۳)

۵۰ (۲)

۲۵ (۱)

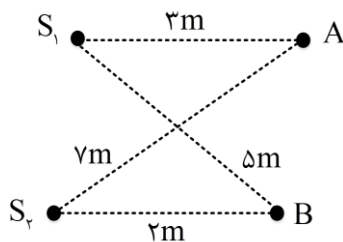
دو منبع S_1 و S_2 هم‌فازند و فرکانس آن‌ها ۲۰Hz است و امواجی را در سطح آب منتشر می‌کنند. اگر در نقطه‌ی A تداخل سازنده و در نقطه‌ی B تداخل ویرانگر رخ دهد، طول موج ممکن برای منبع کدام است؟

۲ (۲)

۱ (۱)

۶ (۴)

۳ (۳)



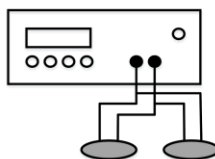
در شکل روبه‌رو، دو بلندگو که به یک مولد سیگنال الکتریکی متصل هستند به امواج سینوسی هم‌بسامدی در فضا منتشر می‌کنند. به فاصله‌ی بین دو نقطه‌ی L متوالی برابر x است. اگر بسامد صوت تولید شده توسط مولد دو برابر شود. فاصله یک نقطه L از نقطه‌ی S مجاورش چند برابر x است؟

۲x (۲)

۴x (۱)

$\frac{x}{4}$ (۴)

$\frac{x}{2}$ (۳)



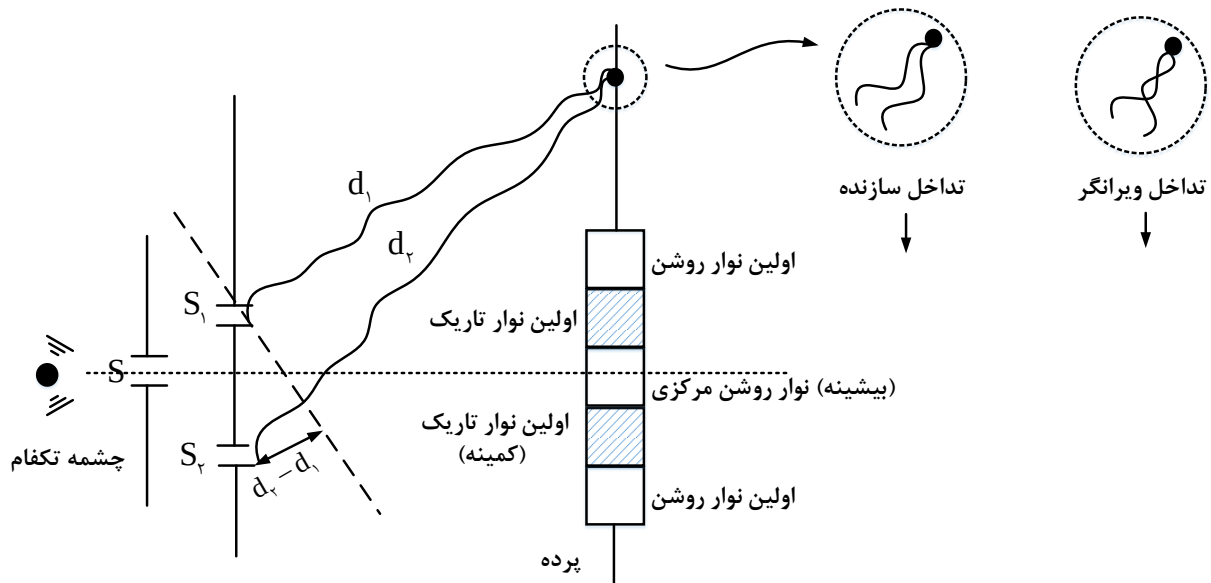
L → صدای بالا

S → صدای ضعیف



تداخل امواج نوری (آزمایش یانگ):

یانگ به وسیله‌ی آزمایش خود نظریه‌ی موجی بودن نور را از نو مطرح کرد و طول موج نورهای مختلف را اندازه‌گیری کرد. یانگ برای ایجاد دو چشمه‌ی هم‌بساند، هم‌دامنه با اختلاف فاز ثابت، مقابل یک منبع نور تک‌فام (یک چشمه‌ی تکفام) صفحه‌ی کدری با یک شکاف کوچک (S) قرار داد و به فاصله‌ی کمی از آن و موازی آن صفحه‌ی کدر دیگری با دو شکاف کوچک S_1 و S_2 را طوری قرار داد که S روی عمود منصف S_1 و S_2 قرار گرفت. نورهای گسیل شده از دو شکاف S_1 و S_2 روی پرده با هم تداخل کرده و نوارهای روشن و تاریک تشکیل می‌دهند و به وسیله‌ی این نوارها طول موج نور مورد آزمایش مشخص می‌شود.



نکته



نکته ۱: با توجه با افزایش طول موج (λ) عرض نوارهای تداخلی افزایش می‌یابد ($I \propto \lambda$) پس در بین نوارهای مرئی رنگ قرمز بیشترین عرض نوار تداخلی (فریز) و بنفش کمترین عرض را دارد.

قرمز	نارنجی	زرد	سبز	آبی	نیلی	بنفش
------	--------	-----	-----	-----	------	------

→
 λ افزایش و I کاهش

نکته ۲: اگر آزمایش یانگ را به جای هوا در محیط شفاف دیگری که ضریب شکست آن n' است انجام دهیم و

شرایط فیزیکی و ساختمانی تغییر نکند)؛ داریم:

تست

آزمایش ینگ را یک بار با نور بنفش با طول موج 400 nm و بار دوم با نور تکفام نارنجی با طول موج 600 nm انجام می‌دهیم. اگر فاصله بین وسط‌های دو نوار روشن متوالی در آزمایش 2 mm باشد، پهنای نوار تاریک در آزمایش دوم چند میلی‌متر است؟

- (۱) ۳ (۲) $1/5$ (۳) $2/4$ (۴) $1/2$

تست

اگر آزمایش ینگ را با نور بنفش انجام دهیم، پهنای هر یک از نوارهای روشن برابر x است و اگر در همان شرایط با نور زرد انجام دهیم پهنای هر یک از نوارهای روشن x' است. اگر بسامد نور بنفش $1/5$ برابر بسامد نور زرد باشد،

نسبت $\frac{x}{x'}$ چقدر است؟ (ریاضی ۹۲)

- (۱) $\frac{2}{3}$ (۲) $\frac{3}{2}$ (۳) ۲ (۴) ۴

تست

اگر آزمایش ینگ را به جای هوا در آب انجام دهیم، فاصله‌ی بین دو نوار روشن متوالی چند برابر می‌شود؟ اگر

$n_{\text{آب}} = \frac{4}{3}$ باشد. (بدون تغییر چشمه نور و بدون تغییر در فاصله دستگاه) (ریاضی ۹۷)

- (۱) $\frac{3}{8}$ (۲) $\frac{2}{3}$ (۳) $\frac{3}{4}$ (۴) $\frac{4}{3}$

آزمایش یانگ را با نور ترکیبی با دو طول موج بنفش (400nm) و سبز (500nm) انجام می‌دهیم. اگر پهنای هر نوار روشن بنفش 2mm باشد، کمترین فاصله بین دو نوار روشن که نورهای سبز و بنفش بر هم منطبق می‌شوند، چند میلی‌متر است؟

۲۰ (۴)

۱۵ (۳)

۱۰ (۲)

۵ (۱)

آزمایش یانگ را در شرایط مشابه یکبار با نور قرمز ($f = 4/2 \times 10^{14}\text{Hz}$) در هوا و بار دوم با نور آبی ($f = 6/3 \times 10^{14}\text{Hz}$) در آب انجام می‌دهیم. اگر ضریب شکست آب برای نور آبی $\frac{4}{3}$ باشد، پهنای نوار روشن قرمز در آزمایش اول چند برابر پهنای نوار تاریک آبی در آزمایش دوم است؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

$\frac{3}{2}$ (۴)

$\frac{2}{3}$ (۳)

۲ (۲)

$\frac{1}{2}$ (۱)

چگونگی تشکیل امواج ایستاده:



اگر دو موج هم‌دامنه، هم‌سامد و هم‌راستا در خلاف جهت با هم تداخل کنند امواج ایستاده تشکیل می‌شود.

نکته



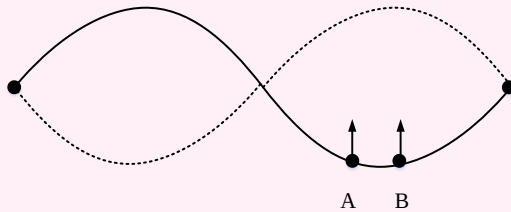
نکته ۱: در نقاطی که دو موج با فاز متقابل به هم می‌رسند جابه‌جایی یکسان و در خلاف جهت هم ایجاد می‌کنند. در نتیجه نقاط مورد نظر ساکن می‌ماند و ارتعاش نمی‌کند به این نقاط گره می‌گوییم.

نکته ۲: در نقاطی که دو موج هم‌فاز باشند، آن نقطه با بیشترین دامنه و انرژی نوسان می‌کند، به این نقاط شکم می‌گوییم.



نکته ۳: در امواج ایستاده انرژی از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر منتقل نمی‌شود. یعنی جای گره‌ها و شکم‌ها ثابت است.

نکته ۴: در امواج ایستاده تمامی نقاطی که بین دو گره متوالی قرار دارند با یکدیگر هم‌فاز هستند یعنی دارای وضعیت نوسانی یکسانی هستند.



نکته ۵: نقاطی که در بین آن‌ها گره وجود دارد (نقاطی که طرفین یک گره هستند) با یکدیگر در فاز مخالف هستند.

تذکره: امواج ایستاده در محیط‌های جامد، مایع، گاز تشکیل می‌شوند.

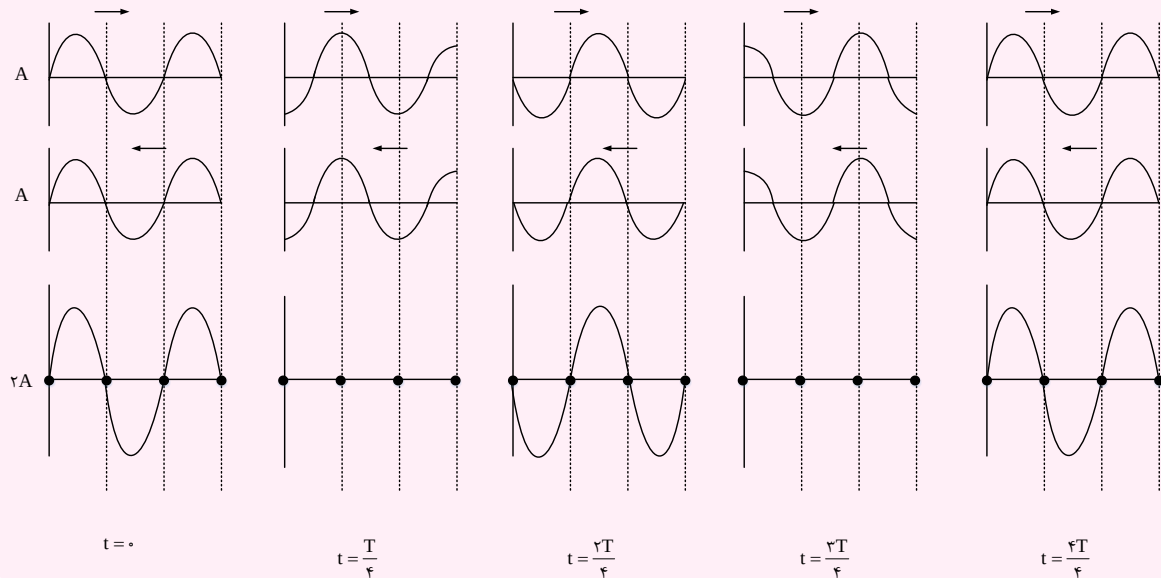


انرژی	فاز	فرکانس	دامنه	شکل موج



نکته:

نکته:



تست

دامنه‌ی یک موج ایستاده در یک نقطه به کدامیک از عوامل زیر وابسته نیست؟
 (۱) فاصله‌ی آن نقطه تا مبدأ
 (۲) دامنه‌های دو موج
 (۳) فاز اولیه‌ی دو موج
 (۴) فرکانس

تست

در موج ایستاده‌ای که در یک بعد تشکیل شده است، نقاط بین دو گره‌ی متوالی: (ریاضی ۹۱)
 (۱) هم‌بسامدند
 (۲) در هر لحظه عبور از نقطه، تعادل سرعتی برابر دارند.
 (۳) بسامد آن‌ها برابر مجموع بسامد موج‌های تشکیل‌دهنده موج ایستاده است.
 (۴) همه موارد

تبیست

سیمی با چگالی $4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و سطح مقطع 2 mm^2 با نیروی 20 N کشیده شده است. یک سر این سیم با بسامد 25 Hz به نوسان واداشته شده و در طول آن موج ایستاده تشکیل می‌شود. در این موج ایستاده فاصله‌ی بین دو شکم متوالی چند متر است؟

- ۰/۵ (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)

تست

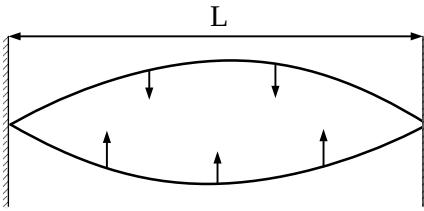
در یک ریسمان موج ایستاده‌ای تشکیل شده است. فاصله‌ی یک نقطه از ریسمان با گره‌ی مجاورش 5 cm و بسامد نوسان شکم 200 Hz است. اگر جرم یکای طول ریسمان $5 \frac{\text{g}}{\text{m}}$ باشد. ریسمان با نیروی چند نیوتون کشیده شده است؟

- ۱۲۸ (۱) ۱۶۰ (۲) ۶۴ (۳) ۸۰ (۴)

تبیست

یک چشمه موج $\sin$ ساده را به انتهای یک ریسمان کشیده فرستاده و به وسیله‌ی موج بازتاب موج ایستاده تشکیل شده است. اگر چشمه با دامنه 5 cm و بسامد 20 Hz نوسان کند. انرژی مکانیکی ذره‌ای به جرم 5 mg که بر روی شکم قرار دارد چند میکروژول است؟ ($\pi^2 = 10$)

- ۱ (۱) ۴ (۲) 1×10^{-3} (۳) 4×10^{-3} (۴)



مد یا هماهنگ اصلی

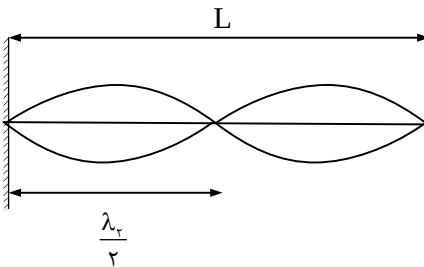
هارمونیک اصلی

$$\Rightarrow \begin{cases} L = \frac{\lambda_1}{2} \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases} \rightarrow f_1 = \frac{v}{2L}$$

بسامد صوت اصلی - اولین صوت - بسامد و صوت اصلی

بم‌ترین صوت

تعداد شکم / تعداد گره = ۲ / ۱ =



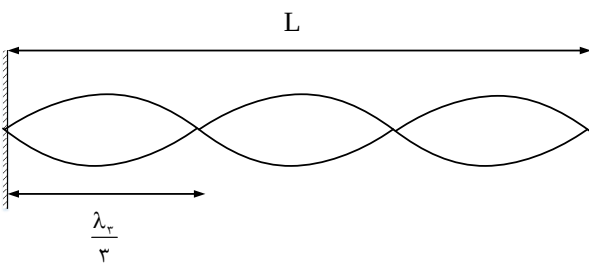
مد یا هماهنگ دوم

هارمونیک دوم

بسامد و صوت دوم

$$\Rightarrow \begin{cases} L = 2 \frac{\lambda_2}{2} \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases} \rightarrow f_2 = \frac{2v}{2L} = 2f_1$$

تعداد شکم / تعداد گره = ۲ / ۳ =



مد یا هماهنگ سوم

هارمونیک سوم

بسامد و صوت سوم

$$\Rightarrow \begin{cases} L = 3 \frac{\lambda_3}{3} \\ \lambda = \frac{v}{f} \end{cases} \rightarrow f_3 = \frac{3v}{2L} = 3f_1$$

تعداد شکم / تعداد گره = ۴ / ۳ =

به طور کلی در تار مرتعش دو سر بسته:

تعداد شکم = شماره هارمونیک = شماره بسامد یا صوت n

$n - 1$ تعداد گره $\Rightarrow n = \text{تعداد گره} + 1$

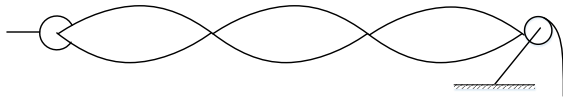
بسامد صوت n ام $f_n = \frac{nv}{2L} = nf_1 \rightarrow f_1, 2f_1, 3f_1, \dots$

$\rightarrow \begin{cases} \Delta f = f_1 & \text{اختلاف بسامد دو صوت متوالی} \\ f_n - f_m = (n - m)f_1 & \text{اختلاف بسامد صوت } n \text{ ام و } m \text{ ام} \end{cases}$

طول طناب $L = \frac{n\lambda_n}{2}$

پرسش: در شکل زیر طول سیم 60cm و فرکانس دیاپازون 150Hz و جرم تار 2 گرم است؛ جرم وزنه‌ی آویخته

شده به تار را بر حسب گرم محاسبه کنید.



تجربیت

در پدیده‌ی تشدید با تغییر وزنه‌ها هارمونیک‌های مختلف را تولید نموده‌ایم. فرکانس هارمونیک‌ها سرعت انتشار موج و طول موج هارمونیک‌ها چه تغییری می‌کند؟

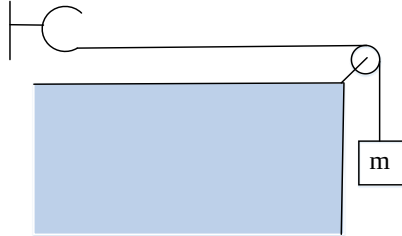
- | | |
|------------------------|--------------------------|
| (۱) زیاد - کم - ثابت | (۲) ثابت - کاهش - افزایش |
| (۳) ثابت - کاهش - کاهش | (۴) ثابت - افزایش - کاهش |

تجربیت

مجموع بسامدهای دو هماهنگ نخست یک تار دو انتها بسته 375 هرتز است. اگر طول تار 40cm و جرم آن 10 گرم باشد، نیروی کشش تار چند نیوتون است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| (۱) ۱۸۰ | (۲) ۲۰۰ | (۳) ۳۶۰ | (۴) ۲۵۰ |
|---------|---------|---------|---------|

در آزمایش شکل زیر، دیپازون با بسامد معینی به ارتعاش درمی آید و در طناب AB امواج ایستاده‌ای ایجاد می‌شود. با تغییر جرم m تعداد گره و شکم‌ها چه تغییری می‌کند؟



دو تار هم جنس و هم طول A و B بین دو نقطه بسته شده‌اند. نیروی کشش A، ۶ برابر نیروی کشش B است. اگر هماهنگ دوم A هم بسامد با هماهنگ چهارم B باشد، سطح مقطع B چند برابر سطح مقطع A است؟

تاری به طول 45cm بین دو نقطه‌ای ثابت بسته شده است. در این تار موج ایستاده تولید شده و در طول آن ۳ شکم تشکیل شده است. اگر سرعت انتشار موج عرضی در این تار $180 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ باشد. بسامد صدای تار در این حالت چند هرتز است و این بسامد هماهنگ چندم صوت اصلی است؟ (ریاضی ۹۵ فارغ)

- (۱) ۳۰۰ - سوم (۲) ۳۰۰ - چهارم (۳) ۶۰۰ - سوم (۴) ۶۰۰ - چهارم

دو سر یک تار در دو نقطه، محکم بسته شده و در آن موج ایستاده تشکیل شده است و طول موج در تار، برابر با 16cm می‌باشد. کدام یک از اندازه‌های داده شده بر حسب سانتی‌متر، نمی‌تواند طول این تار باشد؟ (ریاضی ۹۴)

- (۱) ۲۴ (۲) ۴۰ (۳) ۶۰ (۴) ۱۲۰

تست

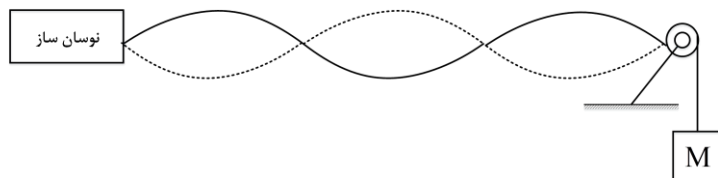
اختلاف بسامد دو هماهنگ متوالی یک ریسمان کشیده دو سر بسته 250 هرتز است. از این دو هماهنگ آن که بسامد کمتری دارد سه گره در ریسمان ایجاد کرده است. بسامد هماهنگ دیگر چند هرتز است؟

(تهری ۹۷ فارغ)

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

تست

در شکل روبه‌رو نوسان‌ساز تار را با بسامد ضعیف به ارتعاش درمی‌آورد و در طول تار سه شکم به وجود می‌آید. جرم وزنه را چند درصد کاهش دهیم تا در طول تار پنج شکم تشکیل شود؟ (ریاضی ۹۶ فارغ)



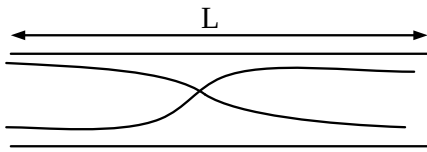
- (۱) ۳۶ (۲) ۴۰
(۳) ۶۰ (۴) ۶۴

تست

یکی از تارهای یک گیتار الکتریکی تحت نیروی کشش 225 N قرار دارد و بسامد اصلی آن 150 Hz است. پس از مدتی که نوازنده این گیتار را می‌نوازد در اثر گرم شدن و شل شدن تارها، نیروی کشش آن 29 N کم می‌شود. در این حالت بسامد اصلی تار چند هرتز و چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) 10 Hz کاهش (۲) 10 Hz افزایش (۳) 20 Hz افزایش (۴) 20 Hz کاهش

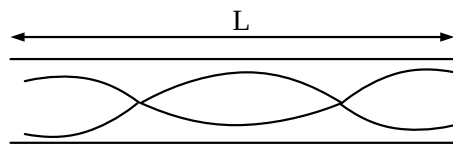
لوله‌ی صوتی باز: (دو انتها باز)



همانگ اصلی
بم‌ترین صوت
صوت و بسامد اصلی
تشدید اول

$\Rightarrow$

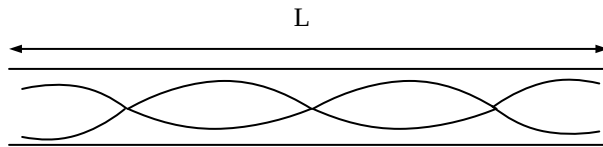
۲ = شکم تعداد
۱ = گره تعداد



همانگ دوم
صوت و بسامد دوم
تشدید دوم

$\Rightarrow$

۳ = شکم تعداد
۲ = گره تعداد



همانگ سوم
صوت و بسامد سوم
تشدید سوم

$\Rightarrow$

۴ = شکم تعداد
۳ = گره تعداد

در حالت کلی: تعداد گره = شماره تشدید = شماره همانگ = شماره صوت یا بسامد n
تعداد شکم $n = 1$ - تعداد شکم $\rightarrow n + 1$

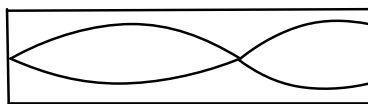
لوله‌ی صوتی بسته: (یک انتها باز)



همانگ اصلی
تشدید اول
بسامد صوت اصلی

$\Rightarrow$

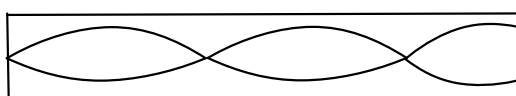
۱ = تعداد شکم = تعداد گره



همانگ سوم
تشدید دوم
بسامد صوت دوم

$\Rightarrow$

۲ = تعداد شکم = تعداد گره



همانگ پنجم
تشدید سوم
بسامد صوت سوم

$\Rightarrow$

۳ = تعداد شکم = تعداد گره

در حالت کلی: تعداد شکم = تعداد گره = شماره تشدید = شماره صوت یا بسامد n

شماره هماهنگ $2n - 1 =$

تست

طول یک لوله‌ی صوتی که انتهای آن بسته است 60cm است و به هنگام تولید صوت ۳ گره تشکیل می‌شود. طول موج صوت آن چند سانتی‌متر است؟

تست

در یک لوله‌ی صوتی که هر دو انتهای آن باز است. به هنگام تولید صوت ۴ گره ایجاد شده است. اگر فاصله‌ی دو گره‌ی متوالی 20cm باشد، طول لوله چند سانتی‌متر است؟ (تقریبی ۹۰)

۵۰ (۴)

۶۰ (۳)

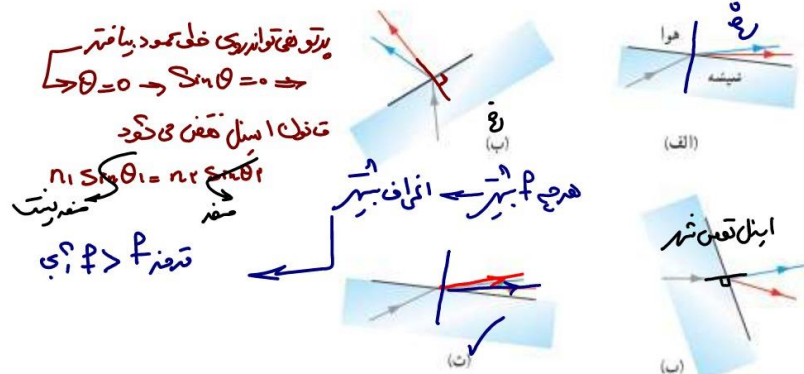
۸۰ (۲)

۱۰۰ (۱)

خود زرد ← رنگ آبی ← آبی از منور مجبور دهم فقط زرد
تجربه می شود

۱۴۷. دو دانش آموز به نور زرد نگاه می کنند. یکی از آنها نور زرد را ترکیب دو نور قرمز و سبز و دیگری آن را از یک نوع رنگ می داند. به نظر شما با چه تجربه ای می توان بین این دو نظر، یکی را انتخاب کرد؟

۱۴۸. در شکل های زیر، پرتوی فرودی که شامل نورهای قرمز و آبی است از شیشه وارد هوای رقیق شده است. کدام شکل، شکستی را نشان می دهد که از لحاظ فیزیکی ممکن است؟



۱۴۹. مطابق شکل، پرتو نوری که از ماهی به چشمان شخص می رسد تحت زاویه 60° به مرز آب - هوا برخورد کرده است. زاویه شکست این پرتو در هوا چقدر است؟

* من ماهی
بالای سطح اصلی
فردی می بینم

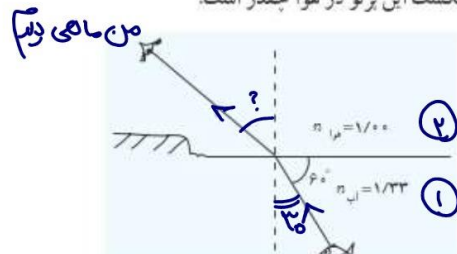
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$1.33 \times \sin 60^\circ = 1 \times \sin \theta$$

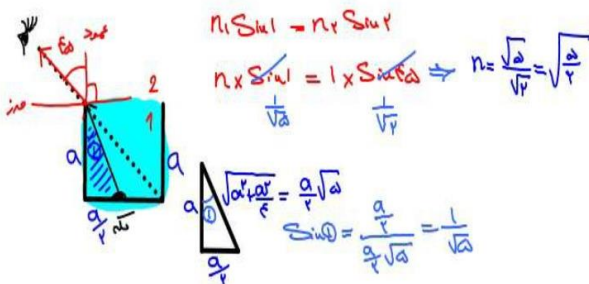
$$\sin \theta = \frac{1.33 \times \sin 60^\circ}{1}$$

$$\theta = \sin^{-1}(1.12) \approx 78^\circ$$

* ماهی من
از کلان اصلی خودم
می بینم



۱۵۰. سکه ای را در گوشه فنجانی خالی قرار دهید و طوری مقابل تست: یک ظرف شیشه ای که در دو طرف آن دو سکه قرار دارد. دایره دایره ای سکه ای در وسط آن قرار گیرد که بتوانید سکه را ببینید. سپس بی آنکه سرتان را حرکت دهید به آرامی در فنجان آب بریزید، به طوری که آب ریختن شما موجب جابه جایی سکه نشود. با پر شدن فنجان، سکه را خواهید دید. با رسم پرتوهای علت دیده شدن سکه را توضیح دهید.



$$\sin \theta_2 = \frac{1.5 \times \sin 45^\circ}{1}$$

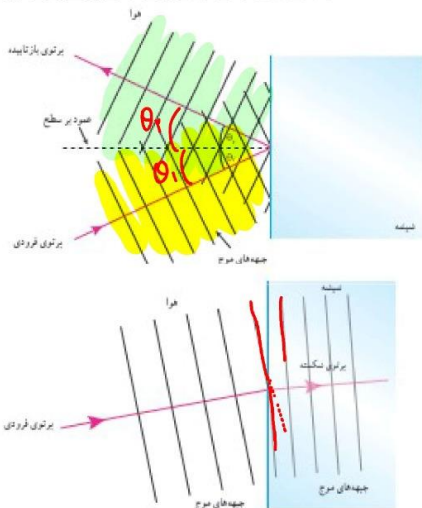
$$\theta_2 = \sin^{-1}(1.06) = 90^\circ$$



فیزیک ۳ - نوسان و موج

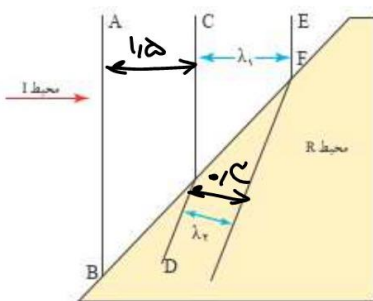
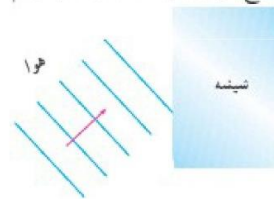
الف) $f_{\text{تابنده}} = f_{\text{تابنده}}$
 $\lambda = \frac{c}{f} \rightarrow 600 \times 10^{-9} = \frac{3 \times 10^8}{f}$
 ب) $n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2 \Rightarrow 1 \times 600 = n \times 474$
 ج) $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \frac{600}{474} = \frac{v}{3 \times 10^8}$

۱۴۱. طول موج نور قرمز لیزر هلیوم - نئون در هوا حدود 633 nm است، ولی در زجاجیه چشم 474 nm است. الف) بسامد این نور چقدر است؟ ب) ضریب شکست زجاجیه برای این نور چقدر است؟ ج) تندی این نور در زجاجیه را محاسبه کنید.



۱۴۱. در شکل زیر موج نوری فرودی از هوا وارد شیشه می شود. بخشی از موج در سطح جدایی دو محیط باز می تابد و بخشی دیگر شکست می یابد و وارد شیشه می شود. الف) مشخصه های موج بازتابیده و موج شکست یافته را با موج فرودی مقایسه کنید. ب) جبهه های موج بازتابیده و شکست یافته را رسم کنید.

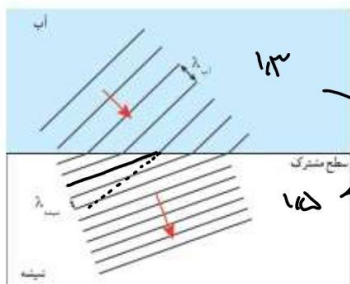
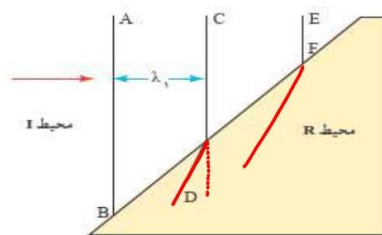
بجای صوتی مندا
 پرتو محمد در مندا باشد
 جهت شکست مندا شود



$$\frac{v_R}{v_I} = \frac{\lambda_R}{\lambda_I} = \frac{v_R}{v_I} = \frac{1}{1.5}$$

بجای با مندا = پرتو با مندا
 بجای با مندا = پرتو با مندا

۱۴۲. شکل زیر جبهه های موجی را نشان می دهد که بر مرز بین محیط I و محیط R فرود آمده اند. الف) ادامه جبهه موج EF را در محیط R رسم کنید. ب) توضیح دهید در کدام محیط تندی موج بیشتر است. ج) آیا با استفاده از این نمودار می توان نسبت تندی موج عبوری به موج فرودی را محاسبه کرد؟



بجای

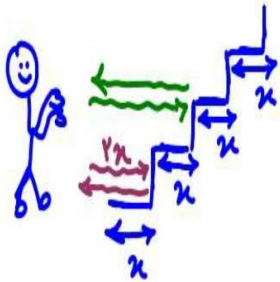
۱۴۳. ضریب شکست آب $1/3$ و ضریب شکست شیشه $1/5$ است. اگر نوری به طور مایل از آب به مرز شیشه با آب بتابد، با رسم نموداری، جبهه های موج را در دو محیط نشان دهید.

بجای با مندا = پرتو با مندا
 بجای با مندا = پرتو با مندا

تت: شخصی متبل و کمال دستای زنده. اگر عرض هر یک را با جانده. نه کانی نه کاب با به ست
میآورید؟

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{y_1}{v} \\ t_2 &= \frac{y_2}{v} \\ t_3 &= \frac{y_3}{v} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} T = \frac{y_1}{v} + \frac{y_2}{v} + \frac{y_3}{v}$$

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



- 1) $\frac{x}{v}$
- 2) $\frac{x}{v \cdot v}$
- 3) $\frac{v}{x}$
- ✓ 4) $\frac{v}{v \cdot x}$

۱۳۳. اگر در فاصله مناسبی از یک رشته بلکان بلند بایستید و یک بار کف بزنید، پژواکی بیشتر از یک صدای برهم زدن دست می شنوید. نمونه جالبی از این پدیده در برابر رشته بله های معبد قدیمی کوکولکان* در مکزیک رخ می دهد. این معبد از ۹۲ بله سنگی تشکیل شده است. در مورد چنین پژواکی توضیح دهید.

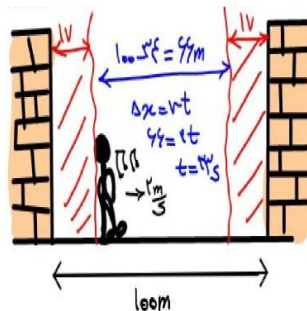
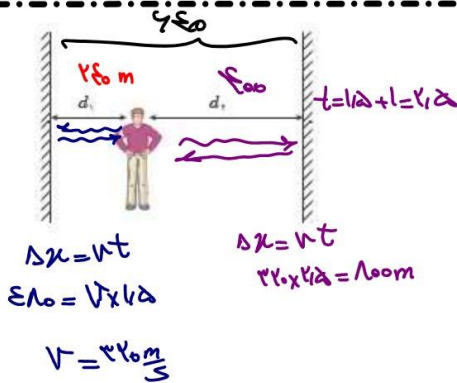


تصویری از معبد گوگولکان

۱۱۱۱. دانش‌آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیک‌تر 24 m است. دانش‌آموز فریاد می‌زند و اولین پژواک صدای خود را پس از $1/5\text{ s}$ و صدای پژواک دوم را $1/0\text{ s}$ بعد از پژواک اول می‌شنود.

(الف) تندی صوت در هوا چقدر است؟

(ب) فاصله بین دو صخره را بیابید.



دفاعی

لست: 1825

تجربہ: 1891

$V = 3.5 \times 10^3$ مین
 $t_{min} = 0.1$

$\rightarrow V_d = 3.5 \times 10^3$
 $d_{min} = 17m$

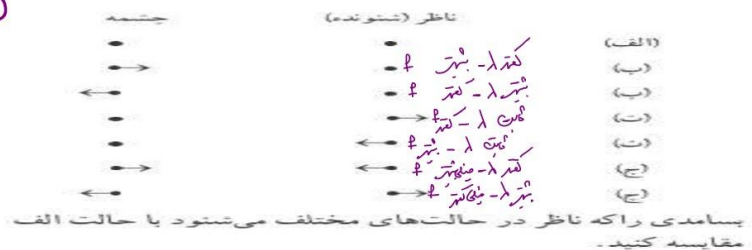
انڈیا

۱۷۵- دانش آموزی بین دو صخره قائم ایستاده است و فاصله او از صخره نزدیکتر ۴۸۰ متر است. دانش آموز فریاد می زند و اولین پژواک صدای خود را پس از ۳۵ و صدای پژواک دوم را ۲۵ بعد از پژواک اول می شنود. فاصله بین دو صخره چند متر است؟

$\Delta x = vt \Rightarrow 990 = v \cdot x \Rightarrow v = cx$
 $\Delta x = wt = cx \cdot x = 1000 = x^2$
 $\sqrt{1000} = 31.62 = x$

۳۳۴۴. شکل زیر جهت‌های حرکت یک چشمه صوتی و یک ناظر (شنونده) را در وضعیت‌های مختلف نشان می‌دهد.

* برکت حق فایده است

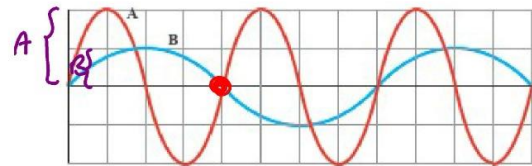


۱۷۸. نمودار جابه جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر شده اند، به صورت زیر است. دامنه، طول موج، بسامد و شدت این دو موج صوتی را با هم مقایسه کنید.

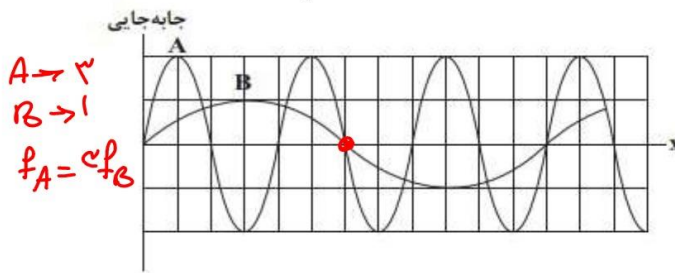
$$A_A = 2A_B \quad \lambda_A = \lambda_B$$

$$f_B = 1 \rightarrow f_A = 2f_B \quad \lambda_A = \frac{1}{2}\lambda_B$$

$$\frac{I_B}{I_A} = \left(\frac{A_B}{A_A} \right)^2 = \left(\frac{1}{2} \right)^2 = \frac{1}{4}$$



۱۷۹. نمودار جابه جایی - مکان دو موج صوتی A و B که در یک محیط منتشر می شوند. مطابق شکل زیر است. اگر شخصی به ترتیب در فاصله ۶۰ متری و ۴۰ متری از چشمه های موج A و B قرار داشته باشد، در این صورت تراز شدت صوت A که به گوش شخص می رسد دسی بل از تراز شدت صوت B رسیده به گوش شخص است. $\log 2 = 0.3, \log 3 = 0.5$



$$\frac{I_A}{I_B} = \left(\frac{A_A}{A_B} \right)^2 = \left(\frac{2}{1} \right)^2 = 4$$

$$\Delta \beta \rightarrow \beta_A - \beta_B = 10 \lg \frac{I_A}{I_B} = 10 \lg 4 = 10 \times 0.6 = 6$$

۱۸۰. در یک آتش بازی، موشکی در بالای آسمان منفجر می شود. فرض کنید صوت به طور یکنواخت در تمام جهات 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 $I = 0.1 \text{ W/m}^2$ به شنونده ای برسد که به فاصله $r_1 = 64 \text{ m}$ از محل انفجار قرار دارد، این صوت به شنونده ای که در فاصله $r_2 = 16 \text{ m}$ از محل انفجار قرار دارد با چه شدتی می رسد؟

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

۱۸۱. یک دستگاه صوتی، صدایی با تراز شدت $\beta_1 = 90 \text{ dB}$ و دستگاه صوتی دیگر، صدایی با تراز شدت $\beta_2 = 95 \text{ dB}$ ایجاد می کند. شدت های مربوط به این دو تراز (بر حسب W/m^2) به ترتیب I_1 و I_2 هستند. نسبت I_2/I_1 را تعیین کنید.

$$\beta_2 - \beta_1 = 10 \lg \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{5}{10} = \lg \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow 10^{\frac{5}{10}} = \frac{I_2}{I_1}$$

۱۱. توضیح دهید کدام یک از عامل‌های زیر تندی صوت در هوا مؤثر است.
الف) شکل موج ب) دامنه موج ب) بسامد موج ب) دمای هوا

* در کلاس حل کردیم

در جلسه بعد می‌بینیم

۱۲. 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 نوع اند: امواج عرضی با تندی $v_T = 5 \text{ m/s}$ و امواج طولی با تندی $v_L = 15 \text{ m/s}$. عقرب ماسه‌ای می‌تواند با استفاده از اختلاف زمانی بین زمان رسیدن این امواج به نزدیک‌ترین پای خود، فاصله خود از طعمه را تعیین کند. اگر این اختلاف زمان برابر $\Delta t = 4 \text{ ms}$ باشد، طعمه در چه فاصله‌ای از عقرب قرار دارد؟

۱۳. چشمه موجی با بسامد 10 Hz در یک محیط که تندی انتشار موج در آن 100 m/s است، نوسان‌هایی طولی ایجاد می‌کند. اگر دامنه نوسان‌ها 4 cm باشد،

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \lambda = \frac{v}{f}$$

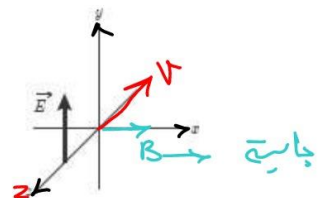
الف) فاصله بین دو تراکم متوالی این موج چقدر است؟
ب) فاصله بین یک تراکم و یک انبساط متوالی چقدر است؟

۱۴. الف) طول موج نور نارنجی در هوا حدود $6/40 \times 10^{-7} \text{ m}$ است، بسامد این نور چند هرتز است؟
ب) بسامد نور قرمز در حدود $4/30 \times 10^{14} \text{ Hz}$ است. طول موج این نور را در هوا و آب حساب کنید. (سرعت نور را در هوا $3/0 \times 10^8 \text{ m/s}$ و در آب $2/25 \times 10^8 \text{ m/s}$ فرض کنید.)

$$f_{\text{هوا}} = f_{\text{آب}} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f}$$

$$\frac{v_{\text{هوا}}}{\lambda_{\text{هوا}}} = \frac{v_{\text{آب}}}{\lambda_{\text{آب}}}$$

۱۵. شکل زیر میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی سینوسی را در نقطه‌ای معین و دور از چشمه، در یک لحظه نشان می‌دهد. موج انرژی را در خلاف جهت محور انتقال می‌دهد. جهت میدان مغناطیسی موج را در این نقطه و این لحظه تعیین کنید.



۱۶. شکل زیر طیف موج‌های الکترومغناطیسی را به‌طور تقریبی نشان می‌دهد. هم پرتی γ و هم پرتی α بر توجهای γ

γ	α	P	Q	R	S	T
----------	----------	---	---	---	---	---

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

ب) اگر در طول طیف از چپ به راست حرکت کنیم، مقدار کدام مشخصه‌های موج افزایش یا کاهش می‌یابد و کدام ثابت می‌ماند؟

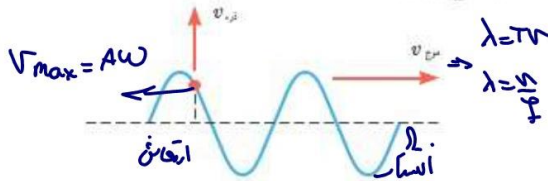
بسامد افزایش - نیروی الکتریکی افزایش - انرژی افزایش - قدرت نفوذ افزایش
طول موج کاهش - تندی در جبهه‌های کاش - دوره تناوب کاهش

دقت کنید هم‌جهت با هم حرکت می‌کنند و در جهت مخالف هم حرکت می‌کنند.

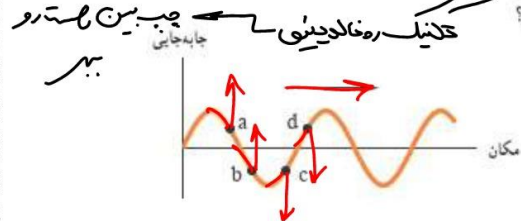
$$v = \sqrt{\frac{F}{\Delta A}} = \sqrt{\frac{186}{7800 \times \frac{1}{4} \times 10^{-6}}} = 100\sqrt{4} = 200$$

۱۷. سیمی با جگالی $7/8 \text{ g/cm}^3$ و سطح مقطع 50 mm^2 بین دو نقطه با نیروی 156 N کشیده شده است. تندی انتشار موج عرضی را در این سیم محاسبه کنید.

۱۵. شکل زیر موجی عرضی در یک ریسمان را نشان می‌دهد که با تندی v به سمت راست حرکت می‌کند، در حالی که تندی ذره نشان داده شده ریسمان v است. آیا این دو تندی با هم برابرند؟ توضیح دهید.



۱۶. شکل زیر یک موج سینوسی را در لحظه‌ای از زمان نشان می‌دهد که در جهت محور x 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؟

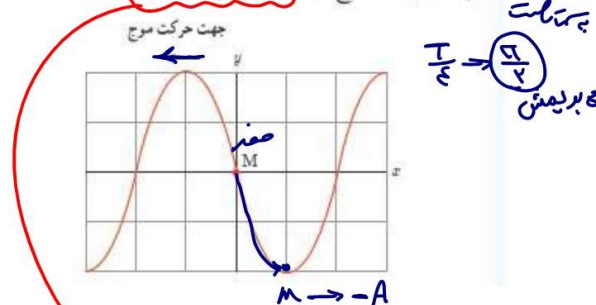


۱۸. شکل زیر یک تصویر لحظه‌ای از موجی عرضی در یک ریسمان کشیده شده را نشان می‌دهد. موج به سمت چپ حرکت می‌کند.

الف) با رسم این موج در زمان $T/4$ بعد، نشان دهید جزء M ریسمان در این مدت در چه جهتی حرکت کرده است. همچنین روی این موج، دامنه موج و طول موج را نشان دهید.

ب) اگر طول موج 5 cm و تندی موج 10 cm/s باشد، بسامد موج را به دست آورید.

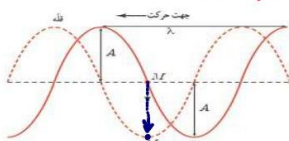
پ) تعیین کنید موج در مدت $T/4$ چه مسافتی را پیموده است؟



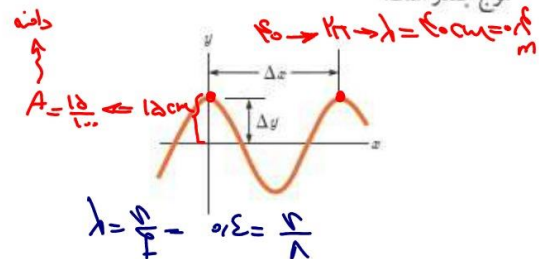
$$T \rightarrow \frac{1}{f} \rightarrow \frac{1}{\Sigma}$$

$$\Delta x = x_2 - x_1 = -A - 0 = -A$$

$$\Rightarrow \Delta A$$



۱۹. در نمودار جابه‌جایی - مکان موج عرضی شکل زیر اگر بسامد نوسان‌های چشمه 400 Hz باشد، طول موج، دامنه، تندی و دوره تناوب موج چقدر است؟



۲۰. یک نوسان‌ساز موج‌های دوره‌ای در یک ریسمان کشیده ایجاد می‌کند.

الف) با افزایش بسامد نوسان‌ساز کدام یک از کمیت‌های زیر تغییر نمی‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج.

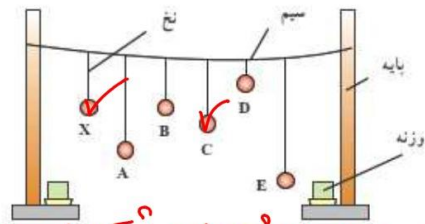
ب) حال اگر به جای افزایش بسامد، کشش ریسمان را افزایش دهیم، هر یک از کمیت‌های زیر چه تغییری می‌کند؟ بسامد موج، تندی موج، طول موج.

فیزیک ۳ - نوسان و موج

۱. هر فرد معمولاً با جرخش اندک بدنش به چپ و راست، راه می‌رود و بدین ترتیب نیروهای کوچکی به زمین زیر پایش وارد می‌کند. این نیروها بسامدی در حدود 5 Hz دارند. لرزش شدید بل هوایی میلینوم^۱ در آغاز هزاره جدید را به عبور منظم گروهی از افراد از این بل ربط داده‌اند. چگونه ممکن است نوسان‌های بدن این افراد موجب چنین لرزشی شده باشند؟

پژواک

۱۱. مطابق شکل چند آونگ را از سیمی آویخته‌ایم. توضیح دهید با به نوسان درآوردن آونگ X، آونگ‌های دیگر چگونه نوسان می‌کنند؟

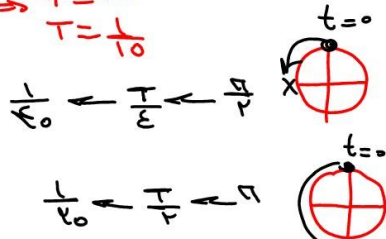


همه فنون دانسته‌ها و دانسته‌هایمان چون هم‌لحظه با A به تندی می‌زنند

تقریباً 9 s است $\leftarrow$ استوا $\leftarrow$ g کوچک‌تر
 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$
 اثرات T است $\leftarrow$ T بزرگ‌تر می‌شود
 $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ $\leftarrow$ T بزرگ‌تر می‌شود

الف) ساعتی آونگ‌دار (با آونگ ساده) در تهران تنظیم شده است. اگر این ساعت به منطقه‌ای در استوا برده شود، عقب می‌افتد یا جلو؟ مقدار این عقب یا جلو افتادن در یک شبانه‌روز چقدر است؟
 (ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ‌دار جلو می‌افتد یا عقب؟

$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 10 \Rightarrow f = 10$
 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{10}$



۸. معادله حرکت هماهنگ ساده یک نوسانگر در SI به صورت $x = (0.05\text{ m}) \cos 4\pi t$ است.
 الف) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به بیشترین مقدار خود می‌رسد؟
 ب) در چه زمانی، پس از لحظه صفر، برای نخستین بار تندی نوسانگر به صفر می‌رسد؟
 پ) تندی نوسانگر چقدر باشد تا انرژی جنبشی نوسانگر برابر با انرژی پتانسیل آن شود؟

$E = K + U \Rightarrow E = 2K \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 2 \left(\frac{1}{2}kx^2 \right) \Rightarrow (0.05)^2 \times (4\pi)^2 = 2kx^2$

$\frac{1}{2} \times 1 \times (1/4)^2$
 $\frac{1}{2}mv^2$
 $E = K + U$
 $E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2} \times 600 \times \left(\frac{9}{100} \right)^2$

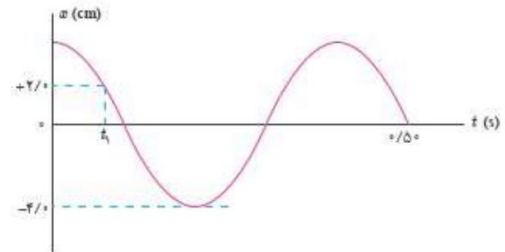
۷. جسمی به جرم 1 kg به فتری افقی با ثابت 6 N/cm متصل است. فتر به اندازه 9 cm فشرده و سپس رها می‌شود و جسم روی سطح افقی شروع به نوسان می‌کند. با چشم‌پوشی از اصطکاک
 الف) دامنه نوسان و تندی بیشینه جسم چقدر است؟
 ب) وقتی تندی جسم $1/6\text{ m/s}$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟

$\frac{1}{2}kA^2$
 $E = K + U$
 $\frac{1}{2}mv^2$

۶. دامنه نوسان وزنه‌ای که به یک فتر با ثابت 74 N/m متصل است و در راستای افقی نوسان می‌کند، برابر با 8 cm است. اگر انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه‌ای از مسیر نوسان، $8 \times 10^{-2}\text{ J}$ باشد، انرژی جنبشی آن در این مکان چقدر است؟ (از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی شود.)

تمرین جنبه ها

۱۲. نمودار مکان - زمان نوسانگری مطابق شکل زیر است:
- الف) معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید.
- ب) مقدار t_1 را به دست آورید.
- ب) اندازه شتاب نوسانگر را در لحظه t_1 محاسبه کنید.



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

۱۳. دامنه نوسان یک حرکت هماهنگ ساده $x = 10 \sin(3t)$ و بسامد آن $\omega = 3 \text{ Hz}$ است. معادله حرکت این نوسانگر را بنویسید و نمودار مکان - زمان آن را در یک دوره رسم کنید.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow 400$$

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

$$f = \frac{1}{T}$$



۱۴. جرم خودرویی همراه با سرنشینان آن 1600 kg است. این خودرو روی چهار فنر با ثابت 400 N/m سوار شده است. دوره تناوب، بسامد، و بسامد زاویه ای ارتعاش خودرو وقتی از چاله ای می گذرد چقدر است؟ فرض کنید وزن خودرو به طور بکخواخت روی فنرهای چهارجریخ توزیع شده است.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_1 + m}{m_1}} \Rightarrow \dots$$

۱۵. هرگاه جسمی به جرم m به فنری متصل شود و به نوسان درآید، با دوره تناوب 2 s نوسان می کند. اگر جرم این جسم 2 kg افزایش یابد، دوره تناوب 3 s می شود. مقدار m چقدر است؟

$$\begin{aligned} k \Delta x &= \Delta F \\ k \times \frac{x_0}{100} &= x_0 \\ k &= 100 \end{aligned}$$

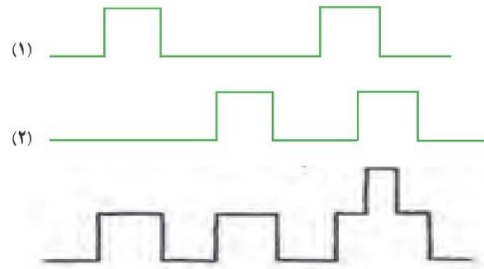
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow 400$$

۱۶. یک وزنه 2 N را از انتهای یک فنر قائم می آویزیم، فنر 20 cm کشیده می شود. سپس این فنر را در حالی که به یک وزنه 5 N متصل است روی میز بدون اصطکاک به نوسان درمی آوریم. دوره تناوب این نوسان چقدر است؟

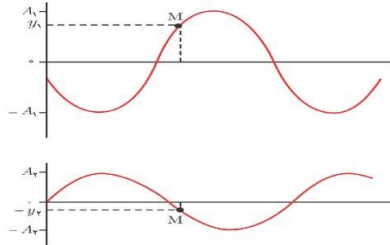
عالم

تمرین کتاب ← بایسته ← فیزیک

۱۷. در شکل های زیر، وقتی موج ۱ بر موج ۲ برهم نهاده شود شکل موج برهم نهاده را رسم کنید.

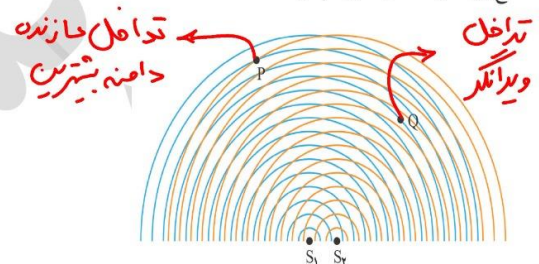


۱۸. شکل های زیر نمودار جابه جایی - مکان دو موج را در لحظه معینی نشان می دهد. جابه جایی برآیند نقطه M در این لحظه چقدر است؟



$$y_t = y_1 - y_2 \quad y_t > 0$$

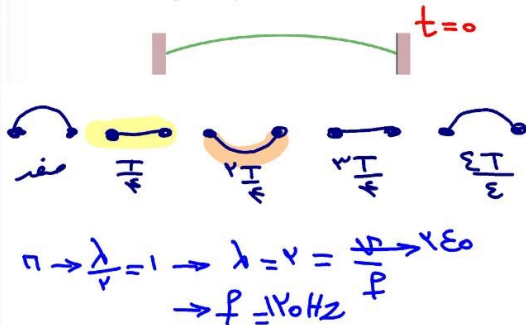
۱۹. دو چشمه نقطه ای S_1 و S_2 به طور هم زمان، با بسامد یکسان، و همگام با یکدیگر در یک تشت موج نوسان می کنند و جبهه های موجی را مطابق شکل زیر به وجود می آورند. توضیح دهید دامنه موج برآیند در نقطه های P و Q چگونه است؟



۲۰. در آزمایش تداخل صوتی (شکل ۳۱-۴ کتاب)، فاصله بین هر نقطه با صدای بالا (L) تا نقطه با صدای ضعیف (S) مجاورش، متناسب با طول موج موج صوتی به کار رفته در این آزمایش است. برای آنکه این آزمایش به سادگی انجام پذیر باشد باید فاصله نقطه های S و L مجاور نه خیلی زیاد، و نه خیلی کم باشد. الف) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه های S و L مجاور به هم نزدیک شوند؟ **افزایش** ب) بسامد صوت گسیل شده از بلندگوها را چگونه تغییر دهیم تا نقطه های S و L مجاور از هم دور شوند؟ **کاهش**

این حرف ثابت بود تغییر نمی کند
 $\lambda \propto \frac{1}{f}$
 $\lambda = \frac{v}{f}$

۲۱. تار ی که بین دو تکیه گاه محکم شده است در هماهنگ اول خود با بسامد f به نوسان در می آید. شکل زیر جابه جایی تار در $t=0$ را نشان می دهد. الف) جابه جایی تار را در $t = \frac{1}{4f}$ و $t = \frac{1}{2f}$ رسم کنید. ب) فاصله بین تکیه گاه ها $\frac{1}{m}$ است. اگر تندی موج عرضی در تار 240 m/s باشد، بسامد نوسان تار چقدر می شود؟

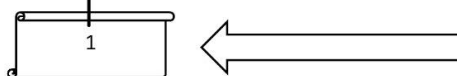


$$n \rightarrow \frac{\lambda}{v} = 1 \rightarrow \lambda = v = \frac{240}{f} \rightarrow f = 120 \text{ Hz}$$

۲۲. در آزمایش ینگ، الف) اگر آزمایش را به جای نور تکفام سبز با نور تکفام قرمز انجام دهیم پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟ **افزایش** ب) اگر آزمایش را به جای آنکه در هوا انجام دهیم، در آب انجام دهیم، پهنای هر نوار تاریک یا روشن چه تغییری می کند؟ **کاهش**

$I \propto \lambda$ پهنای نوار
 بزرگتر $\lambda > \lambda$ تندی

افزایش n به محیط غنی تر
 $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow \lambda$ و v کمتر



فیزیک ۳ - نوسان و موج



۱۴۴. اگر بسامد اصلی یک تار ویولن به جرم 80 mg و طول 22 cm برابر 920 Hz باشد،
(الف) تندی موج عرضی در این تار را به دست آورید.
(ب) کشش تار چقدر است؟
(پ) برای بسامد اصلی، طول موج موج عرضی در تار و طول موج امواج صوتی گسیل شده توسط تار چقدر است؟ تندی صوت در هوا را 340 m/s بگیرید.

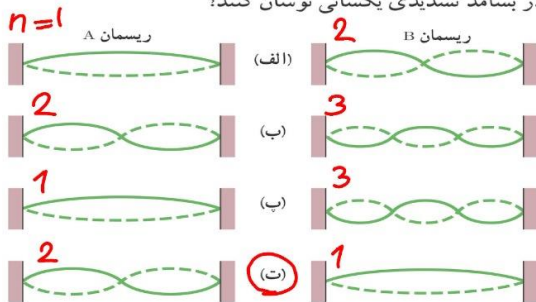
$$f = \frac{nv}{\lambda} = \frac{v}{\lambda} \rightarrow v = 920 \times 0.22 = 202.4$$

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \rightarrow 202.4 = \sqrt{\frac{F \times 0.22}{100 \times 10^{-6}}}$$

$$L = \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = 0.44$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{202.4}{920}$$

۱۴۵. ریسمان‌های A و B، طول و جگالی 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 تشدید یکنسانی نوسان کنند؟



μ شباهت
 m شباهت
 L شباهت
 $F_B > F_A$
 $v_B > v_A$
 $f = \frac{nv}{\lambda}$
 $n_A > n_B$
 $v_B > v_A$
 باید یک شود

۱۴۶. تار ویولنی که طول آن 15 cm است و در دو انتها بسته شده است، در $n=1$ خود نوسان می‌کند. تندی موج عرضی در این تار 250 m/s و تندی صوت در هوا 340 m/s است.
(الف) بسامد و (ب) طول موج امواج صوتی گسیل شده از تار چقدر است؟

$$f = \frac{nv}{\lambda} = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f = \frac{250}{0.3}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{*}$$

۱۴۷. تار ویولنی به طول 30 cm و جگالی خطی جرمی 0.65 g/m در نزدیکی بلندگوی قرار داده شده است که توسط یک نوسان‌ساز صوتی با بسامد متغیر به کار می‌افتد. معلوم شده است وقتی بسامد نوسان‌ساز در گستره $1500 - 5000 \text{ Hz}$ تغییر می‌کند تار فقط هنگامی به نوسان در می‌آید که بسامد آن 880 Hz و 1320 Hz باشد.

(الف) چه پدیده‌ای سبب به نوسان درآمدن تار شده است؟
(ب) بسامد اصلی تار چقدر است؟ (ب) کشش تار چقدر است؟

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

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

$$880 = \frac{1}{0.3} \sqrt{\frac{F}{0.65}}$$

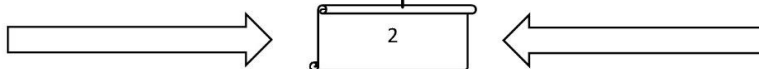
۱۴۸. در یک تار دو سر بسته، یکی از بسامدهای تشدید 325 Hz و بسامد تشدید بعدی 390 Hz است. بسامد تشدید پس از 195 Hz این تار چیست؟

$$f_1 = 390 - 325 = 65$$

$$195 + 65 = 260$$

۱۴۹. رشته‌ای از بسامدهای تشدید یک تار با دو انتهای بسته عبارت‌اند از: 150 Hz ، 225 Hz ، 300 Hz و 375 Hz . در این رشته یک بسامد (کمتر از 400 Hz) جا افتاده است.
(الف) این بسامد کدام است؟
(ب) بسامد هماهنگ هفتم چقدر است؟

$$f_v = v \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

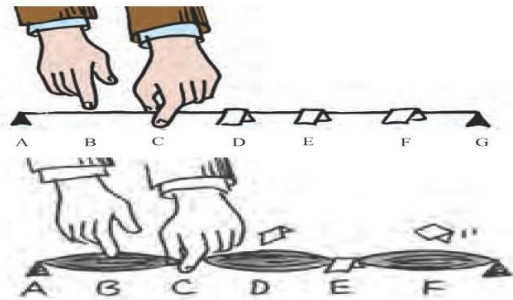




۱۹. وقتی گالن آبی را خالی می‌کنیم، با خالی شدن آب صدای گلوپ گلوپی را می‌شنویم. موقع خالی شدن گالن بسامد این صدا کمتر می‌شود (صدای بَم‌تر) یا بیشتر (صدای زیر‌تر)؟ چرا؟

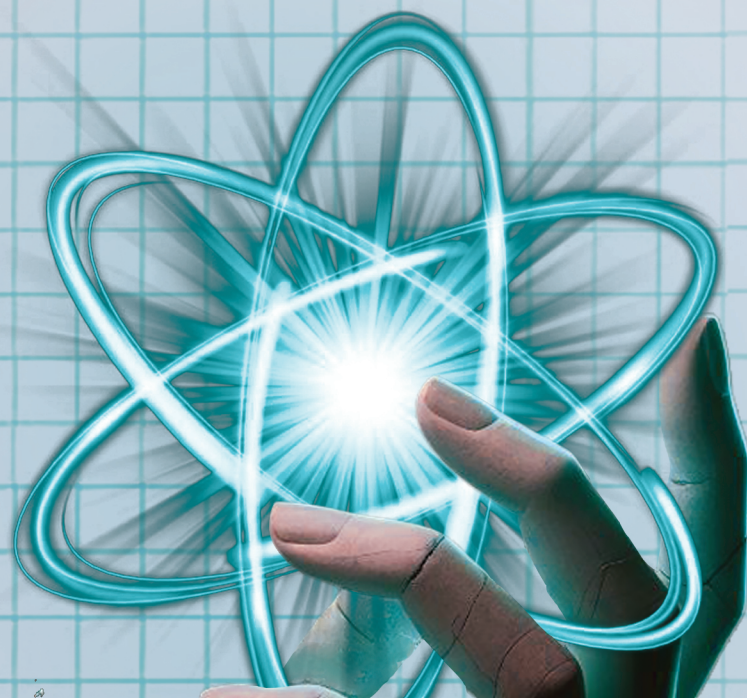
بافتن حول لوله (سول هوا) بامده‌ماش می‌یابه

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



فصل

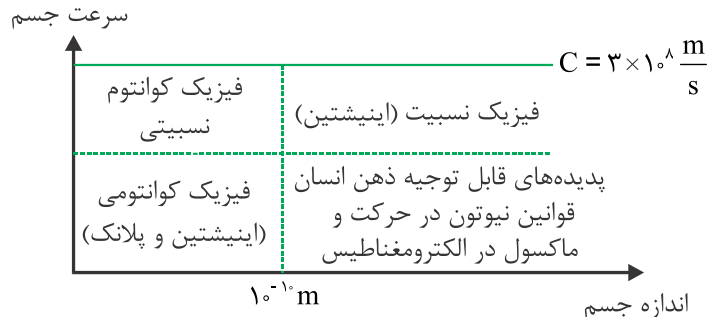
فیزیک اتمی



آشنایی با فیزیک اتمی:

در این فصل به مطالعه‌ی فیزیک جدید یا فیزیک مدرن می‌پردازیم، این موضوع مربوط به سال ۱۹۲۰ به بعد می‌باشد و با پدیده‌های تابش جسم سیاه - فوتوالکتریک - طیف اتم یا تابش اتمی شروع می‌شود.

◀ نواحی مختلف کاربرد نظریه‌های فیزیکی:



فیزیک جدید:

مجموعه قوانینی که از ابتدای سده‌ی بیستم پایه‌گذاری شد و مبنا و شالوده‌ی آن‌ها نظریه‌های نسبیت و کوانتوم است فیزیک جدید می‌گویند.

نکته

نکته: فیزیک جدید به پدیده‌هایی که توسط قوانین کلاسیک قابل توجیه نبود جواب گفته و قادر است

فیزیک هسته‌ای و اتمی را تشریح کند.

نکته: به طور کلی در سه دهه‌ی آغازین قرن بیستم:

نسبیت خاص ← مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در تندی‌های بسیار زیاد و قابل مقایسه با تندی نور

نسبیت عام ← مربوط به مطالعه‌ی هندسه فضا - زمان و گرانش

نظریه‌ی کوانتومی ← مربوط به مطالعه‌ی پدیده‌ها در مقیاس‌های بسیار کوچک مانند اتم‌ها و ذرات سازنده

آن‌ها

◀ فیزیک هسته‌ای، فیزیک ذرات بنیادی، کیهان‌شناسی

کمیت کوانتومی:

در پدیده‌های میکروسکوپی کاربرد دارند؛ کمیت‌های گسسته و دانه‌دانه را کمیت کوانتومی می‌گوییم.

کوچک‌ترین مقدار غیر قابل تقسیم آن را کوانتوم آن کمیت می‌گوییم که مقدار کمیت مورد نظر مضرب درستی از کوانتوم آن کمیت است. به عنوان مثال کوانتوم بار الکتریکی، بار الکتریکی یک الکترون است و بار الکتریکی جسم مضرب درستی از بار الکتریکی یک الکترون است.

$$\left. \begin{array}{l} e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \text{ بار الکتریکی یک الکترون (کوانتوم بار الکتریکی)} \\ n = 0, 1, 2, 3, \dots \\ n \neq 1/5, -2/7, \dots \end{array} \right\} \Rightarrow q = ne$$

تعداد الکترون‌های مبادله شده (اعداد کوانتومی)

بار الکتریکی = q

نظریه‌ی پلانک - اینشتین درباره‌ی تابش امواج الکترومغناطیسی از سطح اجسام:

برخلاف فیزیک کلاسیک، انرژی امواجی الکترومغناطیس گسیل شده از سطح اجسام که به ظاهر پیوسته تلقی می‌شود، کوانتومی و گسسته و دانه‌دانه است و از بسته‌های کوچک غیرقابل تقسیم انرژی به نام فوتون تشکیل شده است و انرژی کل مضرب درستی از انرژی یک فوتون می‌باشد و داریم:

$$\left. \begin{array}{l} f = \frac{c}{\lambda} \text{ : بسامد موج گسیل شده از سطح جسم} \\ h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s} = 4/14 \times 10^{-15} \text{ ev.s} \text{ : ثابت پلانک} \\ n = 0, 1, 2, 3, \dots \text{ : تعداد فوتون‌های گسیل شده از سطح جسم} \\ E \text{ : انرژی کل گسیل شده از سطح جسم} \end{array} \right\} hf = \text{انرژی یک فوتون}$$

نکته



نکته: در این رابطه اگر انرژی برحسب eV (الکترون ولت) بود h برحسب الکترون ولت ثانیه eVs خواهد بود.

$$h = 4/14 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

نکته: در این رابطه اگر انرژی برحسب J (ژول) بود h برحسب ژول ثانیه J.s خواهد بود.

$$h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

نکته: یک الکترون ولت معادل $1/6 \times 10^{-19}$ ژول است.

$$1 \text{ ev} = 1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

نکته:

پرسش: دو لامپ زرد $60W$ و $100W$ به ولتاژ V وصل بوده و روشن هستند. انرژی هر فوتون نور کدام لامپ بیشتر است؟

مثال: انرژی فوتونی که طول موج آن در شیشه $200nm$ است. چند الکترون ولت است؟ اگر این فوتون وارد هوا شود؛ انرژی آن چه تغییری می‌کند؟

$$(n_{\text{glass}} = \frac{3}{2} : h = 4 \times 10^{-15} \text{ eVs})$$

نکته



در امواج الکترومغناطیسی هر چه از گاما به سمت رادیویی پیش می‌رویم به دلیل آن که فرکانس کاهش می‌یابد انرژی وابسته به فوتون‌ها نیز کاهش می‌یابد. ()

$$\begin{array}{c} f \text{ کاهش} \\ \longrightarrow \\ E = nhf \text{ کاهش} \end{array}$$

گاما	ایکس	فرابنفش	مرئی	فروسرخ	میکروموج	رادیویی		
			↓					
		بنفش	نیلی	آبی	سبز	زرد	نارنجی	قرمز

* چند نکته درباره انرژی:

(۱)

(۲)

تذکره:

تجربیت

فوتون نور زرد با طول موج 600nm در اختیار داریم؛ اگر $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eVs}$ فرض شود تعداد فوتون‌هایی که در مدت 16s از یک لامپ زرد 100 واتی گسیل می‌شود، چه عددی است؟ (سراسری تهرانی ۹۲ - خارج - تمرین کتاب)

تجربیت

اگر انرژی یک کوانتوم 3 الکترون ولت باشد، این موج به کدام گروه از امواج الکترومغناطیسی تعلق دارد؟
($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eVs}$)

(۱) فروسرخ (۲) مرئی (قرمز) (۳) مرئی (بنفش) (۴) فرابنفش

تجربیت

اختلاف بسامد دو پرتوی نوری $2 \times 10^{15} \text{ Hz}$ است. اگر کوانتوم انرژی یکی 3 برابر دیگری باشد طول موج بزرگ‌تر چند نانومتر است؟

تجربیت

انرژی فوتون B ، 25 درصد از انرژی فوتون A کمتر است. اگر اختلاف طول موج این دو فوتون 50 نانومتر باشد، اختلاف بسامد این دو فوتون چند هرتز است؟ ($c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

(۱) 5×10^{15} (۲) 2×10^{15} (۳) 2×10^{14} (۴) 5×10^{14}

اختلاف طول موج پرتوهای A و B در خلأ برابر با 450 نانومتر است. اگر انرژی هر فوتون پرتوی B، 10 برابر انرژی

هر فوتون پرتوی A باشد، بسامد پرتوی B چند هرتز است؟ $(c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s})$

(۴) 5×10^{16}

(۳) 5×10^{15}

(۲) 6×10^{16}

(۱) 6×10^{15}

پدیده فوتوالکتریک:

جدا کردن الکترون از سطح فلزات با تاباندن نور (موج الکترومغناطیسی) با بسامد بالا (طول موج پائین) را پدیده فوتوالکتریک و به الکترون‌های جدا شده فوتوالکترون گوئیم. کاربرد آن در سلول‌های خورشیدی برای تبدیل انرژی نور خورشید به انرژی الکتریکی است.

تذکره: 

بر هم کنش نور فرودی فرابنفش با کلاهک برق‌نما (الکتروسکوپ) سبب می‌شود تا ورقه‌های آن به سرعت به هم نزدیک شوند. اما بر هم کنش نور مرئی گسیل شده از یک لامپ رشته‌ای تغییری در انحراف ورقه‌ها به وجود نمی‌آورد.



آزمایش فوتوالکتریک:

این آزمایش از یک حباب خالی از هوا (خلأ) و دو صفحه فلزی T (هدف: Target) و C (جمع‌کننده: Collector) تشکیل شده است. از یک دریچه پرتوهای نور با بسامد مناسب به صفحه T می‌تابد؛ پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد و تعدادی از فوتون‌های صفحه T که از آن جدا شده‌اند و دارای انرژی جنبشی کافی می‌باشند به صفحه C می‌رسند و جریان برقرار می‌شود.

❖ شکست فیزیک کلاسیک در پدیده فوتوالکتریک:

فیزیک کلاسیک در دو مسئله‌ی فرکانس و شدت در فوتوالکتریک با شکست مواجه شد.

۱) مسئله‌ی فرکانس:

از دید فیزیک کلاسیک نور یک موج الکترومغناطیسی است. پس هنگام برهم کنش موج الکترومغناطیسی با سطح فلز، میدان الکتریکی این موج نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ به الکترون‌های فلز وارد می‌کند و آن‌ها را به نوسان وامی‌دارد. پس وقتی دامنه‌ی نوسان برخی الکترون‌ها به قدر کافی بزرگ شود انرژی جنبشی لازم برای جدا شدن از سطح فلز را پیدا می‌کنند و این پدیده باید با هر بسامدی رخ دهد.

۲) مسئله‌ی شدت:

از دید نظریه‌ی الکترومغناطیسی ماکسول در فیزیک کلاسیک، شدت نور با مربع دامنه‌ی میدان الکتریکی موج الکترومغناطیسی متناسب است ($I \propto E^2$) بنابراین انتظار می‌رود اگر بسامد را ثابت نگه داریم، (به ازای یک بسامد معین)، افزایش شدت نور باعث افزایش میدان الکتریکی می‌شود که این خود سبب افزایش دامنه‌ی نوسانات الکترون‌های فلز شده و انرژی آن‌ها افزایش می‌یابد.

۴۰ نظریه‌ی کوانتومی اینشتین در پدیده فوتوالکتریک:

طبق نظریه‌ی اینشتین هر فوتون فرودی که حامل انرژی hf است فقط با یک الکترون برخورد می‌کند و تمام انرژی خود را به آن می‌دهد. مقداری از آن صرف جداسازی الکترون از سطح فلز هدف و بقیه آن به صورت انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها مصرف می‌شود.

۴۰ طول موج قطع یا آستانه (λ_0):

حداکثر طول موجی که یک فوتون باید داشته باشد تا بتواند الکترون را از سطح فلز جدا کند و با λ_0 نمایش می‌دهیم.

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} \text{ یا } \lambda_0 = \frac{v}{f_0}$$

نکته



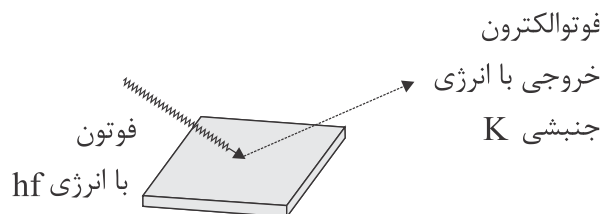
۴۰ تابع کار فلز (w_0):

حداقل انرژی لازم برای فوتون برای کندن الکترون از سطح یک فلز را تابع کار آن فلز گوئیم.

$$w_0 = hf_0$$

◀ بسامد قطع یا بسامد آستانه (f_0):

حداقل بسامدی که یک فوتون باید داشته باشد تا بتواند الکترون را از سطح فلز جدا کند



$$W_0 = hf_0$$

$$hf = w + k \rightarrow$$

$$hf = w_0 + k_{\max} \Rightarrow k_{\max} = hf - w_0$$

◀ نظریه‌ی کوانتومی اینشتین در حل مسئله‌ی فوتوالکتریک:

(۱) مسئله‌ی فرکانس:

براساس نظریه‌ی کوانتومی اینشتین اگر فوتونی با انرژی hf_0 به فلز بتابانیم فقط می‌توان الکترون را جدا کرد ولی دیگر به آن انرژی جنبشی نمی‌دهد در این صورت اگر فرکانس کمتر از f_0 باشد اصلاً فوتوالکتریک نداریم که با واقعیت تجربی سازگار است.

$$hf_0 = w_0$$

$$f < f_0 \rightarrow \text{فوتوالکتریک نداریم}$$

(۲) مسئله‌ی شدت:

در دیدگاه اینشتین افزایش تعداد لامپ‌ها به منزله‌ی افزایش تعداد فوتون‌ها می‌باشد نه انرژی فوتون‌ها. بنابراین یک الکترون را جدا می‌کند و این الکترون جدا شده همان انرژی جنبشی ناشی از فوتون خود را دارد. افزایش تعداد فوتون‌ها افزایش تعداد الکترون‌هاست نه افزایش انرژی جنبشی آن‌ها. پس انرژی جنبشی تغییری نخواهد کرد.

تست

نوری تک بسامد را به سطح یک فلز می‌تابانیم؛ پدیده‌ی فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد. کدامیک از موارد زیر می‌تواند

منجر شود این پدیده رخ دهد؟ (سراسری ۸۹)

(۱) افزایش تعداد فوتون‌های تابشی

(۲) افزایش شدت نور تابشی با ثابت ماندن بسامد

(۳) افزایش طول موج نور تابشی

(۴) جایگزین کردن فلزی با تابع کار کمتر



برای افزایش بیشینه انرژی جنبشی و سرعت فوتوالکترون‌ها در پدیده فوتوالکتریک چه راه‌حلهایی

مناسب است؟

- ۱) انرژی یک فوتون تابشی را
- ۲) بسامد نور تابشی را
- ۳) طول موج نور تابشی را
- ۴) از فلزی با تابع کار
- ۵) از فلزی با بسامد آستانه
- ۶) از فلزی با طول موج آستانه

تجربیت

برای کاهش بیشینه انرژی جنبشی در پدیده فوتوالکتریک کدام گزینه راه‌حل مناسبی است؟

- ۱) کاهش مساحت سطح فلز که به آن نور می‌تابانیم.
- ۲) کاهش زمان تابش نور
- ۳) کاهش شدت نور تابشی (با ثابت ماندن بسامد)
- ۴) کاهش انرژی یک فوتون نور تابشی

تجربیت

اگر نور حاصل از یک لامپ تک بسامد سبز رنگ را بر سطح فلزی بتابانیم پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد. در کدام

حالت انرژی جنبشی بیشینه فوتوالکترون‌های خروجی الزاماً افزایش می‌یابد؟ (علمی ۹۳)

- ۱) سطح الکترودی که نور به آن می‌تابانیم را افزایش دهیم.
- ۲) به جای یک لامپ سبز از دو لامپ سبز استفاده کنیم.
- ۳) به جای یک لامپ سبز از یک لامپ قرمز استفاده کنیم.
- ۴) به جای یک لامپ سبز از یک لامپ آبی استفاده کنیم.

؟ مثال: تابع کار فلزی ۲/۰۷ الکترون ولت است. ($h = 4/14 \times 10^{-15} \text{ ev.s}$)

الف) بسامد آستانه فلز را محاسبه کنید؟ (کمترین بسامدی که منجر شود پدیده مشاهده شود چقدر است؟)
 ب) طول موج آستانه فلز را محاسبه کنید؟ (بلندترین طول موجی که سبب گسیل فوتوالکترون می‌شود چقدر است؟)

ج) نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر را بر سطح این فلز می‌تابانیم. آیا پدیده فوتوالکتریک رخ می‌دهد؟

«تقریبی فارغ ۹۳ - تقریبی ۹۳ - تقریبی ۸۶ - فارغ ریاضی ۹۵ - مشابه تمرین کتاب «درسی»

تست

در آزمایش فوتوالکتریک نوری با طول موج λ بر سطح یک فلز می‌تابد و فوتوالکترون‌هایی با بیشینه انرژی جنبشی $J \times 10^{-19}$ از سطح آن گسیل می‌شود. اگر طول موج آستانه فلز دو برابر طول موج تابیده شده باشد λ چند نانومتر

است؟ (تقریبی ۹۵ و ۸۸) ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $h = 4 \times 10^{-15} \text{ ev.s}$, $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

۷۵ (۱) ۱۲۰ (۲) ۱۵۰ (۳) ۲۴۰ (۴)

تست

در آزمایش فوتوالکتریک بلندترین طول موجی که می‌تواند از سطح فلز الکترون جدا کند ۴۸۰ nm است. به ازای چه طول موجی (برحسب نانومتر) بیشینه انرژی جنبشی ۱/۵ eV است؟ (ریاضی ۹۵)

($c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) ; ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ ev.s}$)

۳۰۰ (۱) ۳۵۰ (۲) ۴۰۰ (۳) ۴۵۰ (۴)

تست

آزمایش فوتوالکتریک با نوری با بسامد f_1 انجام می‌شود. اگر به جای آن از نوری با بسامد $2f_1$ استفاده شود بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکتریک‌ها سه برابر می‌شوند. بسامد قطع (آستانه) برای فلز این آزمایش چند f_1 است؟ (تقریبی خارج)

(۹۵)

$\frac{3}{4}$ (۴)

$\frac{2}{3}$ (۳)

$\frac{1}{2}$ (۲)

$\frac{1}{4}$ (۱)

تست

بیشینه انرژی جنبشی برای فوتون‌های $2/5$ الکترون ولت برابر $4/4$ الکترون ولت است. بیشینه انرژی جنبشی برای فوتون‌های 3ev چند الکترون ولت است؟

$1/1$ (۴)

3 (۳)

$2/9$ (۲)

$0/9$ (۱)

تست

بیشینه انرژی جنبشی برای فوتون‌هایی با طول موج 300nm برای یک فلز معین برابر 1ev می‌باشد. وقتی دو نور با طول موج‌های اولی 200 و دومی 500 نانومتر را بر سطح همان فلز بتابانیم آیا پدیده فوتوالکتریک برای آن‌ها رخ می‌دهد؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ev.s}$) (مشابه ریاضی خارج ۹۳ - ریاضی ۹۱ - ۱۶ تقریبی ۸۸ و کتاب درسی)

اگر در پدیده‌ی فوتوالکتریک بسامد نور فرودی دو برابر شود. انرژی جنبشی بیشینه فوتوالکترانها k برابر می‌شود. کدام رابطه k را درست معرفی می‌کند؟

- (۱) $k > 2$ (۲) $k = 2$ (۳) $2 > k > 1$ (۴) $3 > k > 2$

هنگامی که نور با بسامد $2 \times 10^{15} \text{ Hz}$ را بر سطح فلزی با تابع کار 2 eV می‌تابانیم. بیشینه انرژی جنبشی $x \text{ eV}$ می‌گردد. اگر شدت نور تابشی را با ثابت بودن بسامد دو برابر کنیم و نور را بر سطح فلزی که طول موج قطع آن دو برابر فلز قبلی می‌باشد بتابانیم اندازه بیشینه انرژی جنبشی چگونه تغییر می‌کند؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$) (مشابه ریاضی)

(۹۲ و تهری ۸۴)

- (۱) یک ولت کم می‌شود. (۲) یک ولت زیاد می‌شود.
(۳) دو ولت کم می‌شود. (۴) دو ولت زیاد می‌شود.

طول موج قطع (آستانه) فوتوالکتریک یک سطح فلزی 320 nm است. به ازای کدام طول موج (برحسب میکرون) بیشینه انرژی جنبشی برابر 25 eV است؟ (تهری ۸۶)

$$(h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s} ; c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

- (۱) 0.3 (۲) 0.6 (۳) $\frac{1}{3}$ (۴) $\frac{2}{3}$

تیمت

در آزمایش فوتوالکتریک، بیشینه تندی فوتوالکترن‌های گسیل شده از سطح فلز $\frac{m}{s} \times 10^5$ است. اگر تابع کار فلز $4/46 \text{ eV}$ باشد، طول موج نور تابیده شده به فلز تقریباً چند نانومتر است؟ (سراسری ۱۴۰۱)

($hc = 1/24 \text{ eV} \cdot \mu\text{m}$, $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

(۱) ۴۸۰ (۲) ۳۶۰ (۳) ۲۴۰ (۴) ۱۲۰

تیمت

در آزمایش فوتوالکتریک که با نوری با بسامد f انجام شده است، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها $8 \times 10^{-19} \text{ J}$ است. اگر بسامد نور ۲۵ درصد کاهش یابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها، ۴۰ درصد کاهش می‌یابد. تابع کار فلز، چند الکترون ولت است؟ (فارج از کشور ۱۴۰۱)

($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$, $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$)

(۱) ۵ (۲) ۴ (۳) ۳ (۴) ۲

تیمت

یک سلول خورشیدی به ابعاد 75×75 سانتی‌متر مربع، در یک روز ابری شدت انرژی $100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ را از نور خورشید دریافت می‌کند. اگر طول موج متوسط فوتون‌ها 496 nm باشد، در این صورت تعداد فوتون‌های دریافتی در مدت ۱۲ ساعت تقریباً کدام است؟ ($hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$, $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$) (قلم‌پی ۱۳۹۹)

(۱) 6×10^{25} (۲) $1/6 \times 10^{19}$ (۳) 6×10^{24} (۴) $1/6 \times 10^{18}$

در یک آزمایش فوتوالکتریک اگر طول موج نور فرودی به سطح فلز از 300nm به 800nm افزایش یابد، انرژی جنبشی سریعترین فوتوالکتریک‌های گسیل شده از سطح فلز چگونه تغییر می‌کند؟ ($hc = 1200\text{eV}\cdot\text{nm}$) و پدیده فوتوالکتریک همواره رخ می‌دهد.

- (۱) $2/5\text{eV}$ افزایش می‌یابد. (۲) $2/5\text{eV}$ کاهش می‌یابد.
(۳) 4eV افزایش می‌یابد. (۴) 4eV کاهش می‌یابد.

در آزمایش فوتوالکتریک، اگر بسامد فوتون تابیده به سطح فلز را n برابر کنیم، بیشینه تندی خروج فوتوالکتریک‌ها از سطح فلز $\sqrt{3}$ برابر می‌شود. در این صورت کدامیک از عبارات‌های زیر صحیح است؟

- (۱) $1 < n < 3$ (۲) $1 < n < \sqrt{3}$ (۳) $n > \sqrt{3}$ (۴) $n > 3$

در یک آزمایش فوتوالکتریک، اگر به سطح فلزی با تابع کار 2eV ، نوری با بسامد 10^{15}Hz بتابانیم، بیشینه تندی فوتوالکتریک‌های گسیلی v_{max} می‌شود. اگر بخواهیم بیشینه تندی فوتوالکتریک‌های گسیل $2v_{\text{max}}$ گردد، بسامد نور

فرودی را چند هرتز باید افزایش دهیم؟ ($h = 4 \times 10^{-15}\text{eV}\cdot\text{s}$) (تلم پی ۱۳۹۱)

- (۱) $2/5 \times 10^{15}$ (۲) $1/5 \times 10^{15}$ (۳) 3×10^{15} (۴) 5×10^{15}

تست

در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز ۳ eV است. اگر نوری با طول موج ۲۰۰ nm بر سطح فلز بتابد، بیشینه سرعت فوتوالکترئون‌ها برابر ۷ است و اگر نوری با طول موج ۳۰۰ nm بر فلز بتابد، بیشینه سرعت فوتوالکترئون‌ها برابر $\frac{v'}{v}$ است. کدام است؟ ($hc = 1200 \text{ eV} \cdot \text{nm}$)

- (۱) $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (۲) $\sqrt{3}$ (۳) $\frac{1}{3}$ (۴) ۳

تست

طول موج قطع یک فلز در پدیده فوتوالکتریک برابر با ۴۰۰۰ Å است. حداکثر انرژی جنبشی فوتوالکترئون‌هایی که به وسیله نوری به طول موج ۲۰۰۰ Å از سطح این فلز جدا می‌شوند، چند الکترون‌ولت است؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$, $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) (خلم‌پی ۱۳۹۷)

- (۱) ۶ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

تست

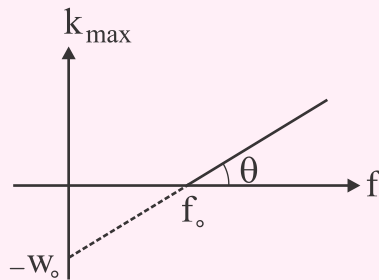
در آزمایش فوتوالکتریک نور تک‌رنگ با بسامد $7/5 \times 10^4 \text{ Hz}$ بر صفحه‌ی فلزی می‌تابد. اگر طول موج آستانه ۵۰۰ nm و ثابت پلانک $4 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ باشد. بیشینه انرژی جنبشی چند eV است؟ (ریاضی ۱۹)

- (۱) ۰/۶ (۲) ۲/۴ (۳) ۳ (۴) ۶



$$k_{\max} = hf - hf_0 \Rightarrow \begin{cases} k_{\max} = hf - w_0 \\ y = ax + b \end{cases}$$

از رابطه‌ی بالا نتیجه می‌گیریم شیب نمودار $k_{\max} - f$ (بیشینه انرژی جنبشی بر حسب بسامد نور خروجی) برای تمام فلزات ثابت و مستقل از جنس فلز الکترون هدف است و نمودار $k_{\max} - f$ یک خط راسته غیرافقی است.

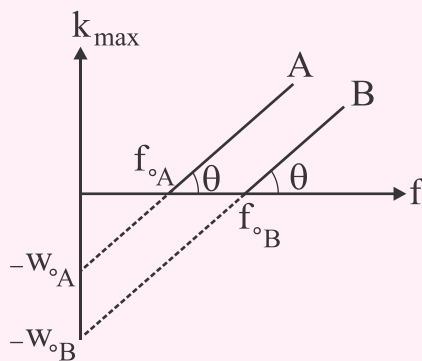


$$\text{طول از مبدأ} = f_0 = \frac{w_0}{h}$$

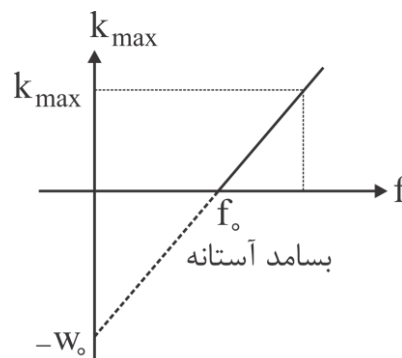
$$\text{عرض از مبدأ} = -w_0$$

$$\text{شیب خط} = \tan \theta = h$$

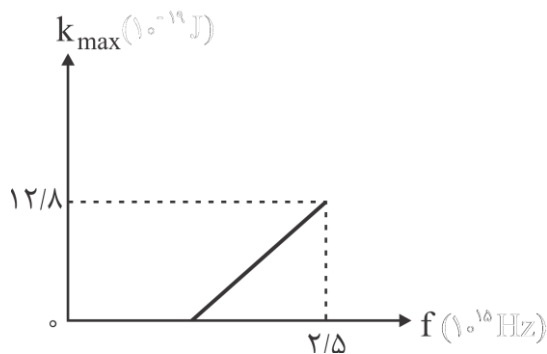
θ برای انواع فلزها یکسان



تذکره



؟ مثال: در یک آزمایش فوتوالکتریک نمودار تغییرات انرژی جنبشی فوتوالکتران‌ها بر حسب بسامد فرودی مطابق



شکل زیر است. ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)

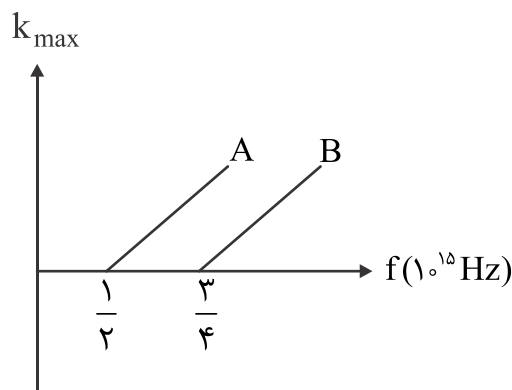
الف) تابع کار چند الکترون ولت است؟

ب) اگر نوری با طول موج 400 nm بر سطح فلز بتابد، انرژی

جنبشی ماکزیمم چند الکترون ولت است؟

(مشابه ریاضی خارج ۹۵ - تهرانی ۹۴ و ۸۳ و ریاضی ۹۰)

؟ مثال: با توجه به نمودار اگر نوری یکسان بر سطح دو فلز متفاوت A و B تابیده شود:



(۱) تابع کار کدام فلز بیشتر است؟

(۲) طول موج قطع کدام فلز بیشتر است؟

(۳) بیشینه انرژی جنبشی در کدام فلز بیشتر است؟

(۴) نوری بر سطح فلز A می‌تابانیم پدیده فوتوالکتریک رخ

نمی‌دهد حال اگر همین نور بر سطح فلز B بتابد آیا پدیده رخ

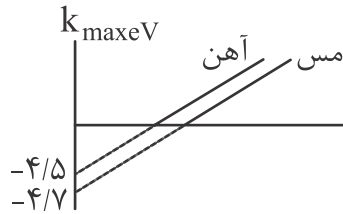
می‌دهد؟

(۵) اگر نوری با بسامد 10^{15} Hz بر سطح هر دو فلز بتابد بیشینه

انرژی جنبشی A چند برابر بیشینه انرژی جنبشی B است؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)

(مشابه ریاضی ۹۴ و تهرانی ۹۳ و ۸۶)

در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترن‌ها بر حسب بسامد نور فرودی برای دو فلز آهن و مس رسم شده است. اگر نوری با طول موج $272/5 \text{ nm}$ به سطح هر دو فلز بتابانیم، در کدام فلز گسیل فوتوالکترن صورت می‌گیرد؟ ($hc = 1240 \text{ eV} \cdot \text{nm}$)



(۱) آهن

(۲) مس

(۳) در هر دو گسیل فوتوالکترن صورت می‌گیرد.

(۴) در هیچ کدام گسیل فوتوالکترن صورت نمی‌گیرد.

تابش گرمایی:

تمامی اجسام در هر دمایی که باشند از خود امواج الکترومغناطیسی تابش می‌کنند. چنانچه تابش‌های سطح اجسام که فروسخ، مرئی و فرابنفش است فقط در نظر گرفته شود به آن تابش گرمایی می‌گوییم.

نکته



نکته: تنوع طول موج‌های گسیل شده (طیف تابش گرمایی):

(۱)

(۲)

نکته:

طیف امواج الکترومغناطیسی:

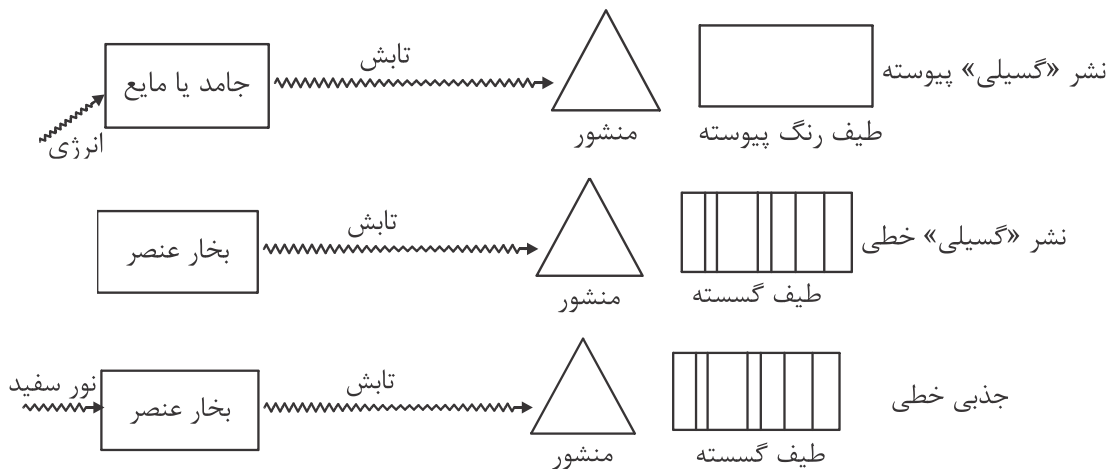


به مجموعه فرکانس‌هایی که از منبع نور تابش می‌شود طیف گوئیم: این طیف‌ها دو دسته هستند.

(۱)

(۲)

این طیف‌ها چه پیوسته و چه گسسته بر دو نوع گسیلی و جزئی



نکته



نکته: تمامی جامدات یا مایعات طیف آن‌ها پیوسته است و بخار یا گاز طیف گسسته یا خطی دارند.

نکته: برای تولید طیف‌های گسیلی (نشری) باید عنصر را تحریک کنیم. یعنی به آن انرژی بدهیم ولی برای طیف‌های جذبی باید نور سفید را از آن‌ها عبور دهیم.

نکته: در طیف‌های نشری خطی یک فیلم یا زمینه‌ی سیاه که در آن خطوط رنگی دارد مشاهده می‌شود.

نکته: در طیف‌های جذبی خطی یک فیلم رنگی که در آن خطوط سیاه دارد مشاهده می‌شود.

نکته: تمامی عناصر جدول تناوبی فیلم‌های نشری و جذبی خطی آن‌ها موجود است به طوریکه هیچ عنصری در تعداد خطوط و محل خطوط مثل هم نیستند طیف‌های خطی یا گسسته راه شناسایی عناصر است.

نکته: اتم هر عنصر، دقیقاً آن طول موج‌هایی از نور سفید را جذب می‌کند که اگر دمای آن به اندازه‌ی کافی بالا رود و یا به هر صورت دیگر برانگیخته شود آن‌ها را گسیل می‌کند. یعنی طیف‌های گسیلی و جذبی هر عنصر منطبق بر یکدیگر هستند. امروزه بهترین تابشگر بهترین جاذب است.

نکته: به طیف نشری خطی و جذبی خطی طیف‌های اتمی می‌گویند که برای شناسایی عناصر به کار می‌رود.

نکته: تشکیل طیف پیوسته توسط جسم جامد، ناشی از برهم‌کنش قوی بین اتم‌های سازنده آن است. از آن‌جا که در گازهای کم‌فشار و رقیق این برهم‌کنش‌ها وجود ندارد و اتم‌ها از هم دور هستند طیف گسیلی آن‌ها گسسته است.



نکته: اگر نوری را که از خورشید به زمین می‌رسد را توسط یک منشور پراکنده کنیم خطوط تاریکی را در این طیف می‌بینیم. این خطوط را اولین بار در سال ۱۸۱۴ فرانیهوفر مورد مطالعه قرار داد. در واقع فرانیهوفر مربوط به طول موج‌هایی از نور گسیل شده از خورشید است که توسط گازهای جو خورشید و جو زمین جذب شده‌اند.

تست

چند مورد از عبارت‌های زیر درست است؟

- (الف) بخار اتمی یک عنصر هر طول موجی را می‌تواند جذب کند.
 (ب) خطوط فرانیهوفر شامل طیف گسیلی از اتم‌های موجود در جو خورشید و زمین است.
 (ج) طیف گسیلی از جامدات در دمای پایین گسسته است.
 (د) نور سفید عبوری از بخار جیوه طیف جذبی خطی تشکیل می‌دهد.
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)

تست

چند مورد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

- (الف) طیف جذبی هر عنصر شامل همان طول موج‌های گسیلی در خطوط فرانیهوفر آن عنصر است.
 (ب) طیف گسیلی از بخار جیوه شامل گستره‌ای پیوسته از طول موج‌های ناحیه‌ی مرئی است.
 (ج) در دمای مشخص، طیف گسیلی از رشته‌ی تنگستن لامپ روشن همان تابش گرمایی فلز تنگستن است.
 (د) تابش گرمایی اجسام جامد طیف پیوسته‌ای در ناحیه‌ی مرئی است.
- ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) صفر

ناتوانی فیزیک کلاسیک در تفسیر طیف اتمی عناصر



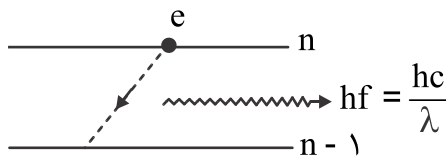
گسیل نور و جذب نور توسط اتم‌های عناصر از دیدگاه کلاسیک توجیه‌پذیر است ولی گسسته بودن و اختصاصی بودن طیف‌های اتمی قابل تفسیر نیست. بر طبق نظریه‌های فیزیک کلاسیک، طیف اتمی عناصر باید پیوسته باشد که در این صورت نمی‌تواند مشخص‌کننده‌ی نوع عنصر باشد.

بررسی طول موج‌های طیف اتم هیدروژن



از مشاهده‌ی طیف عناصر و بررسی تجربی آن‌ها سومین شکست فیزیک کلاسیک حاصل می‌شود در بررسی تاریخی این موضوع ساده‌ترین اتم یعنی هیدروژن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

از نظر تجربی دانشمندان زیادی طیف تجربی اتم هیدروژن را به دست آوردند که مبنای نظریه‌ی همه‌ی آن‌ها تابش فوتون وقتی الکترون از یک تراز بالاتر به تراز پایین‌تر گذار می‌کند می‌باشد. یعنی ...



نکته



در سال ۱۸۸۵ میلادی، یک ریاضی‌دان سوئیسی به نام بالمر یک رابطه‌ی ساده ریاضی پیشنهاد کرد که طول موج‌های مربوط به طیف گسیلی خطی هیدروژن در ناحیه‌ی مرئی را به دست می‌آورد.

$$\lambda = (364 / 56 \text{ nm}) \frac{n^2}{n^2 - 2^2} \quad ; \quad n \geq 3 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} n = 3 \rightarrow \lambda_1 = 656 / 20 \text{ nm} \rightarrow \text{خط قرمز} \\ n = 4 \rightarrow \lambda_2 = 486 / 08 \text{ nm} \rightarrow \text{خط آبی} \\ n = 5 \rightarrow \lambda_3 = 434 / 00 \text{ nm} \rightarrow \text{خط نیلی} \\ n = 6 \rightarrow \lambda_4 = 410 / 13 \text{ nm} \rightarrow \text{خط بنفش} \end{cases}$$

نکته



رابطه‌ی تجربی که خطوط طول موج اتمی هیدروژن توسط آن در آزمایشگاه به دست آمد به صورت زیر می‌باشد. (رابطه‌ی ریدبرگ)

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad ; \quad R_H = 0.010973731 \text{ nm}^{-1} \quad ; \quad n' < n$$

↓ خطوط طول موج تابشی
↓ ثابت هیدروژن
↓ تراز پایین
↓ تراز بالا

نکته



$$\left. \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} n = \dots\dots \\ n' = 5 \\ n = \dots\dots \\ n' = 5 \end{array} \quad \text{در تابش} \quad \left. \begin{array}{l} \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\} \begin{array}{l} n' = 5 \\ n' = \dots\dots \\ n' = 5 \\ n' = \dots\dots \end{array} \quad \text{در جذب}$$

نام طیف	تاریخ کشف	مقدار n'	رابطه ریذبرگ مربوط به رشته	مقدارهای n	ناحیه طیف
لیمان	۱۹۱۴ - ۱۹۰۶	۱	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۲, ۳, ۴, ...	فرابنفش
بالمر	۱۸۸۵	۲	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۳, ۴, ۵, ...	فرابنفش و مرئی
پاشن	۱۹۰۸	۳	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۴, ۵, ۶, ...	فروسرخ
براکت	۱۹۲۲	۴	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۵, ۶, ۷, ...	فروسرخ
پفوند	۱۹۲۴	۵	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right)$	۶, ۷, ۸, ...	فروسرخ

افزایش طول موج
کاهش فرکانس

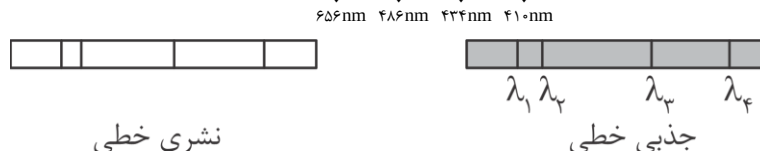
تذکره: از رشته‌ی لیمان به سمت رشته‌ی پفوند خطوط طول موجی دارای افزایش طول موج و کاهش فرکانس هستند به طوریکه کمترین طول موج ممکن در رشته‌ی لیمان و بیشترین آن در پفوند است.

تذکره: خطوط طول موج مربوط به رشته‌ی پاشن - براکت - پفوند در محدوده‌ی فروسرخ است ولی اعداد طول موج آن یکسان نیست.

تذکره:

تذکره:

تذکره: در سری بالمر ($n' = 2$) چهار خط $n = 3, 4, 5, 6$ مرئی و بقیه فرابنفش هستند.



تذکره:



به اختلاف بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج هر رشته به گستره طول موج آن رشته می‌گوییم.

$$\text{گستره طول موج هر رشته} = \lambda_{\max} - \lambda_{\min}$$

مثال؟ در رشته‌ی بالمر بیشترین طول موج تابشی و کمترین طول موج تابشی مربوط به کدام گذاره است؟

مثال؟ بلندترین و کوتاه‌ترین طول موج برای اتم هیدروژن را محاسبه کنید.

مثال؟ الکترونی از اتم هیدروژن از مدار $n = 6$ به مدار $n = 4$ جابه‌جا می‌شود. طول موج و انرژی فوتونی که گسیل می‌کند را محاسبه کنید. ($R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ nm}^{-1}$)

مثال؟ کوتاه‌ترین طول موج مربوط به رشته‌ی پاشن چند برابر بلندترین طول موج رشته لیمان است؟

مثال؟ بیشترین بسامدی که می‌توان در رشته‌ی براکت داشت چقدر است؟ $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ nm}^{-1}$, $C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

مثال؟ الکترونی در مدار $n = 6$ قرار دارد؛ حساب کنید تعداد نوتون‌های متفاوتی که می‌تواند تابش کند چقدر است؟

یک اتم هیدروژن در تراز $n = 7$ قرار دارد. این اتم چند نوع فوتون در ناحیه فروسرخ با انرژی متمایز می‌تواند گسیل کند؟

- (۱) ۱۴ (۲) ۶ (۳) ۲۱ (۴) ۱۰

انرژی فوتونی $2/25 \text{ eV}$ است. این فوتون گسیلی می‌تواند مربوط به در اتم هیدروژن باشد.

$$(hc = 1200 \text{ eV.nm}, R = 0.01 \text{ nm}^{-1})$$

- (۱) خط سوم رشته لیمان ($n' = 1$) (۲) خط پنجم رشته بالمر ($n' = 2$)
(۳) خط سوم رشته بالمر ($n' = 2$) (۴) خط پنجم رشته لیمان ($n' = 1$)

الکترون در اتم هیدروژن در حالت $n = 6$ قرار دارد. این الکترون چند فوتون با بسامدهای مختلف در محدوده‌ی فروسرخ می‌تواند گسیل کند؟

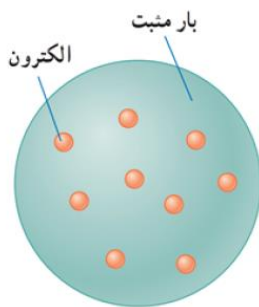
- (۱) ۱۵ (۲) ۶ (۳) ۹ (۴) ۱۲

در اتم هیدروژن، الکترون در سومین حالت برانگیخته قرار دارد. با در نظر گرفتن تمام گذارهای ممکن، اگر این الکترون به حالت پایه جهش کند، به ترتیب از راست به چپ چند نوع فوتون با انرژی‌های مختلف گسیل می‌شود و چه تعداد از آن‌ها در ناحیه نور مرئی هستند؟

- (۱) ۱، ۳ (۲) ۱، ۶ (۳) ۲، ۳ (۴) ۲، ۶

مدل‌های اتمی

مدل تامسون:



تامسون کاشف الکترون اولین الگوی اتمی را ارائه کرد. همچنین موفق به اندازه‌گیری نسبت بار به جرم ($\frac{e}{m}$) در نظر گرفت به طوری که الکترون‌ها (بارهای منفی) آن مانند کشمش درون یک کیک، درون آن قرار دارد.

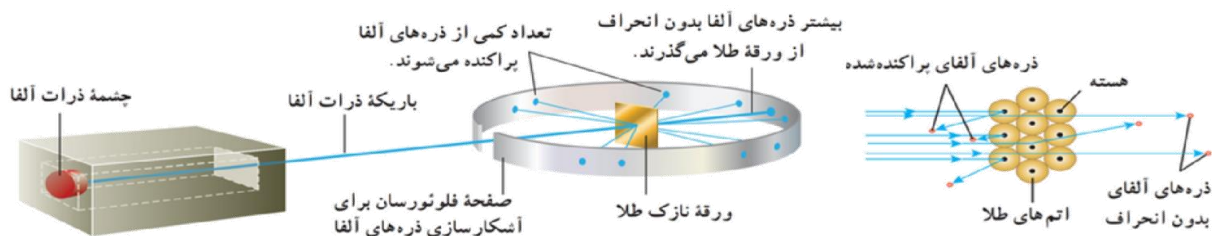
در مدل تامسون وقتی الکترون‌ها با بسامد معینی حول وضع تعادلشان نوسان می‌کنند سبب تابش امواج الکترومغناطیسی از اتم می‌شوند یکی از ناکامی‌های مدل تامسون این بود که بسامدهای تابش گسیل شده از اتم با نتایج تجربی سازگار نبود.

نکته

آزمایش پراکندگی ذرات آلفای رادرفورد مدل اتمی تامسون را نقض کرد.

مدل رادرفورد:

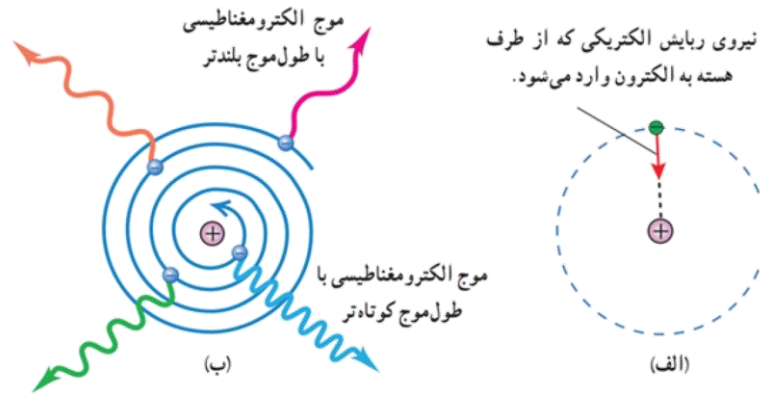
رادرفورد اتم را مانند منظومه‌ی شمسی در نظر گرفت که بار مثبت آن که بیشترین جرم و کمترین حجم اتم را شامل می‌شود در مرکز آن به نام هسته متمرکز است و الکترون‌ها اطراف هسته را احاطه کرده‌اند. رادرفورد چگونگی توزیع و حرکت الکترون‌ها به دور هسته را توضیح نداد و این مدل اعتبار خود را بعد از ارائه نظریه ماکسول درباره تابش امواج الکترومغناطیس از دست داد.



دو اشکال اساسی مطرح برای لگوی اتمی رادرفورد:

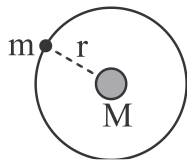
۱) پایداری اتم را نمی‌تواند توضیح دهد زیرا اگر الکترون ساکن فرض شود باید در اثر نیروی ربایشی - الکتریکی روی هسته سقوط کند و اگر حرکت کند بنابر نظریه‌ی الکترومغناطیسی کلاسیک باید به علت داشتن شتاب موجی الکترومغناطیسی گسیل کند که سرانجام انرژی خود را از دست داده و روی هسته سقوط می‌کند.

۲) طیف اتمی گسسته عناصر را نمی‌تواند تفسیر کند زیرا بر اثر تدریجی انرژی الکترون شعاع مدار آن به دور هسته کوچکتر و بسامد حرکت آن به تدریج بیشتر می‌شود. در نتیجه بسامد موج الکترومغناطیسی گسیل شده از آن نیز به تدریج و به طور پیوسته زیاد می‌شود. پس طیف اتمی پیوسته باید ایجاد کند.



مدل اتمی بور:

بور مدل اتمی رادرفورد را با تصحیحاتی پذیرفت و مدل اتمی خود را بر ۳ فرضیه غیر کلاسیک با الهام از نظریه‌ی کوانتومی پلانک و اینیشتین استوار کرد. این مدل افزون بر آنکه مسئله‌ی ناپایداری اتم را در مدل رادرفورد حل می‌کرد معادله‌ی ریذبرگ برای طیف خطی اتم هیدروژن را نیز نتیجه می‌داد.



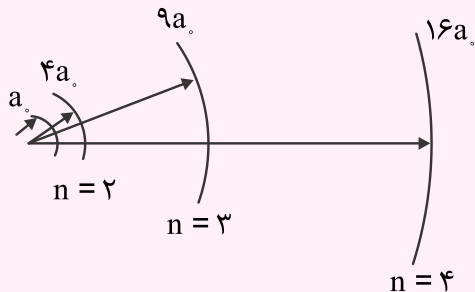
(۱) الکترون تنها روی مدارهای دایره‌ای با شعاع‌های معین حول هسته می‌چرخد؛ این مدارها را مدارهای «مانا» گوییم.

نکته



شعاع مدارهای مانا مقدارهای مشخص گسسته‌ای می‌تواند داشته باشد اگر شعاع اولین مدار را a_0 بگیریم

شعاع‌های مجاز از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.



$$r_n = n^2 a_0 \quad n = 1, 2, \dots$$

$$\text{برای اتم هیدروژن } a_0 = \frac{h^2}{4\pi^2 m k e^2} \approx 0.529 \text{ \AA}$$

(۲) الکترون در مدارهای مانا اگرچه دارای حرکت دورانی (شتاب‌دار) هستند. ولی برخلاف نظریه‌ی کلاسیک، تابش الکترومغناطیس ندارد. این وضعیت را برای الکترون یک «حالت مانا» یا «مدار مانا» می‌گوییم.

(۳) الکترون تنها هنگامی می‌تواند تابش الکترومغناطیس گسیل کند که از یک حالت مانای بالاتر با انرژی E_U به حالت مانای

E_U
 E_L
 Up
 Low

پائین‌تر با انرژی E_L برود ($E_U > E_L$). در این صورت انرژی

فوتون موج الکترومغناطیسی گسیل شده برابر اختلاف انرژی بین

دو حالت است.

$$E_U - E_L = hf$$



الکترون

الگوی اتمی بور توانست تشکیل طیف اتمی هیدروژن را توضیح دهد به این گونه که وقتی الکترون از مدارهای $n > 1$ به مدار $n' = 1$ گزر می‌کند یکی از خطوط رشته‌ی لیمان را گسیل می‌کند.

//	//	بالمر	//	//	$n' = 2$	//	$n > 2$	//
//	//	پاشن	//	//	$n' = 3$	//	$n > 3$	//
		$\vdots$			$\vdots$		$\vdots$	

و الی آخر

مقدار ثابت $\rightarrow$ یک ریذبرگ $\rightarrow 13/6\text{eV}$

$$E_n = -\frac{E_R}{n^2} \quad n = 1, 2, \dots$$



نکته: الکترون مجاز است انرژی برابر یکی از E_n ها را داشته باشد.

به هر یک از E_n ها «ترازهای انرژی» گوئیم.

$$\begin{array}{ll} n = \infty & \rightarrow E_{\infty} = -\frac{E_R}{\infty} = 0 \\ \vdots & \vdots \\ n = 2 & \rightarrow E_2 = -\frac{E_R}{4} = -3/4 \\ n = 1 \text{ (حالت پایه)} & \rightarrow E_1 = -\frac{E_R}{1} = -13/6\text{eV} \end{array}$$

نکته: علامت منفی انرژی کل نشان‌دهنده کمبود انرژی الکترون روی مدارمانای مورد نظر است و باید برای آزاد

کردن الکترون از قید هسته این کمبود انرژی تأمین شود. (به اتم انرژی داده شود.)

نکته:



نکته: روابط مقایسه‌ای ←

$$\text{---} = \text{---} = (\text{---})^2$$

مفهوم انرژی یونش الکترون

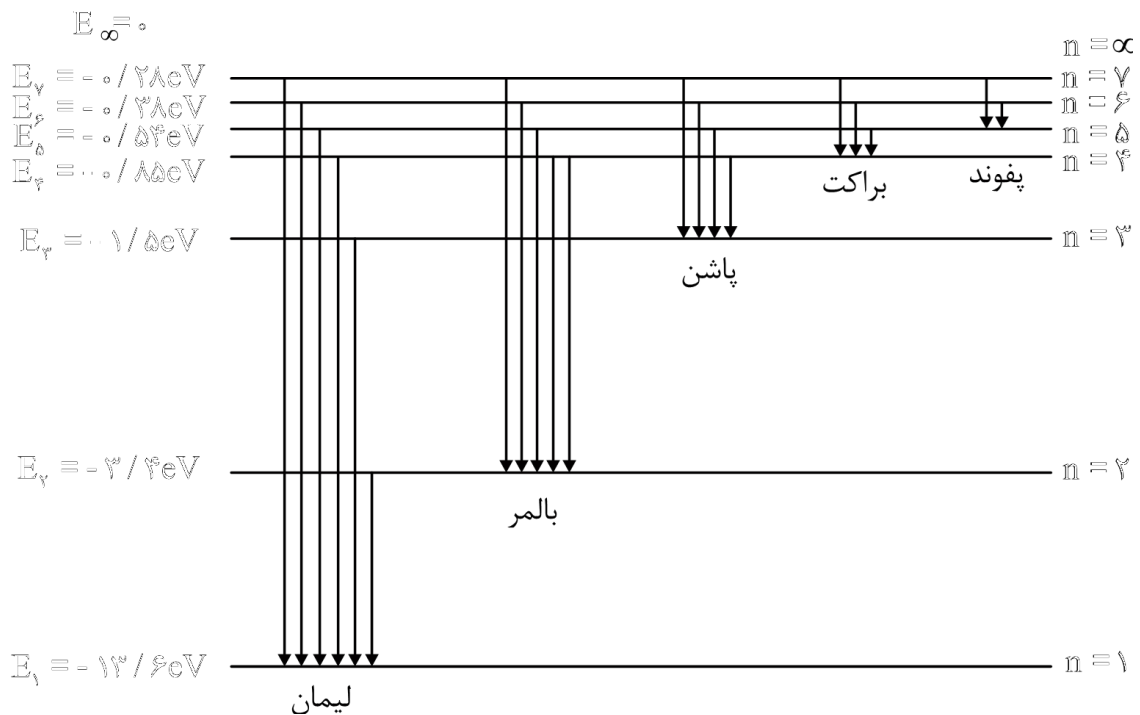


انرژی الکترون روی مدارهای مانا منفی است و نشان‌دهنده‌ی کمبود انرژی الکترون روی مدار مورد نظر است. باید برای آزاد کردن الکترون از قید هسته آن کمبود را جبران کنیم. «به مقدار انرژی که باید به الکترون روی مدار مانا بدهیم تا از قید هسته آزاد شود انرژی یونش با بستگی الکترون مربوط به آن مدار گوییم.»

به عنوان مثال: انرژی بستگی الکترون در اتم هیدروژن در مدار مانای اول 13.6 eV است و در مدار مانای دوم 3.4 eV

و ...

$$\text{انرژی بستگی یا یونش} \rightarrow \text{انرژی مداری الکترون} = | \text{انرژی یونش} | = + \frac{E_R}{n^2}$$



با دور شدن از هسته (افزایش شماره ترازها)

(۱) فاصله‌ی ترازها از هم

(۲) اختلاف انرژی ترازها

(۳) انرژی الکترون

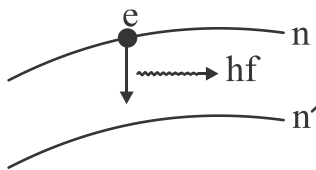
(۴) انرژی یونش الکترون



نکته: هرچه از $n = \infty$ به $n = 1$ نزدیک شویم انرژی یونش می‌یابد.

نکته: هرچه از $n = \infty$ به $n = 1$ نزدیک شویم انرژی تراز می‌یابد.

استخراج معادله‌ی ریدبرگ برای اتم هیدروژن از مدل بور



$$\begin{aligned} hf &= E_n - E_{n'} \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = -\frac{E_R}{n^2} - \left(-\frac{E_R}{n'^2}\right) \\ \Rightarrow \frac{1}{\lambda} &= \frac{E_R}{hc} \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \\ \Rightarrow \frac{1}{\lambda} &= R_H \left(\frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2}\right) \end{aligned}$$



(۱) پایداری اتم

(۲) طیف گسیلی و جذبی گاز هیدروژن و اتم‌های هیدروژن گونه

(۳) انرژی یونش گاز هیدروژن و اتم‌های هیدروژن گونه

موفقیت‌های مدل اتمی بور:

توضیح مسائل

نارسایی‌های مدل اتمی بور:



(۱) این مدل برای زمانی که بیش از یک الکترون به دور هسته می‌چرخند به کار نمی‌آید زیرا در این مدل نیروی الکتریکی بین یک الکترون با الکترون دیگر به حساب نیامده است.

(۲) این مدل نمی‌تواند علت تفاوت شدت خط‌های طیف گسیلی را توضیح دهد مثلاً نمی‌تواند توضیح دهد چرا شدت خط قرمز با شدت خط آبی در طیف گسیلی گاز هیدروژن با یکدیگر متفاوت است.

تجرب

در اتم هیدروژن الکترون از تراز $n = 1$ به تراز $n = 3$ می‌رود. در این انتقال شعاع مدار و انرژی الکترون نسبت به حالت قبل به ترتیب چند برابر می‌شوند؟ (ریاضی ۹۳)

۹ و ۹ (۴)

۳ و ۳ (۳)

$\frac{1}{9}$ و ۹ (۲)

$\frac{1}{3}$ و ۳ (۱)

در اتم هیدروژن هنگام گذار الکترون از مدار n_v به n_1 فوتون با انرژی $12/75 \text{ eV}$ تابش می‌شود. n_1 و n_v به ترتیب کدام‌اند؟ ($E_R = 13/6 \text{ eV}$) (ریاضی خارج ۹۰)

- (۱) ۳ و ۱ (۲) ۳ و ۲ (۳) ۴ و ۱ (۴) ۴ و ۲

انرژی بستگی الکترون در اتم هیدروژن در حالت پایه $21/76 \times 10^{-19} \text{ J}$ است. اگر الکترون از مدار n به n' برود و انرژی فوتون گسیلی $16/32 \times 10^{-19}$ باشد n ، n' کدام است؟ (تقریبی ۹۵ خارج)

- (۱) ۳ - ۱ (۲) ۲ - ۳ (۳) ۲ - ۱ (۴) ۴ - ۳

الکترونی در سومین حالت برانگیخته اتم هیدروژن قرار دارد. اگر این الکترون به حالت پایه جهش کند، بسامد فوتون گسیلی چند تراهرتز است؟ ($E_R = 13/6 \text{ eV}$ ، $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$) (خارج از کشور ۱۴۰۱)

- (۱) ۲۰۲۵ (۲) ۲۱۲۵ (۳) ۳۰۲۲/۲ (۴) ۳۱۸۷/۵

در اتم هیدروژن، الکترون در تراز $n = 3$ قرار دارد. اگر این اتم موجی از سری بالمر را تابش کند مقدار طول موج آن چند متر است؟ ($R = 0/01 \text{ nm}^{-1}$) (تقریبی ۸۸ خارج)

- (۱) $1/125 \times 10^{-6}$ (۲) $1/125 \times 10^{-7}$ (۳) $7/2 \times 10^{-6}$ (۴) $7/2 \times 10^{-7}$

تجربیت

در اتم هیدروژن الکترون در تراز n قرار دارد و انرژی بستگی آن ۸۵eV است. انرژی لازم برای آن که این الکترون

را به تراز $n+1$ ببرد چند الکترون ولت است؟ ($E_R = ۱۳/۶\text{eV}$) (تجربی ۹۴)

- (۱) $۱/۱۰۶$ (۲) $۴/۵۴۰$ (۳) $۵/۴۲۰$ (۴) $۰/۳۰۶$

تجربیت

در اتم هیدروژن الکترونی از مدار n به n' می‌رود. ($R = ۰/۰۱\text{nm}^{-1}$, $C = ۳ \times ۱۰^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

الف) اگر فوتونی با طول موج $۱۱۲/۵\text{nm}$ گسیل کند n , n' را بیابید؟ (تجربی ۹۵)

ب) اگر نوری با بسامد $۵۶۲/۵\text{THz}$ تابش کند n و n' را بیابید؟ (ریاضی ۹۶)

تجربیت

در اتم هیدروژن اگر الکترون از تراز n که انرژی آن $-\frac{1}{16}E_R$ است، به تراز n' انتقال یابد و فوتونی با طول موج

$\frac{۱۶۰۰}{۱۵}\text{nm}$ تابش شود n و n' به ترتیب کدام است؟ ($R = ۰/۰۱\text{nm}^{-1}$) (ریاضی شارح ۹۶)

- (۱) ۱ و ۳ (۲) ۱ و ۴ (۳) ۲ و ۴ (۴) ۲ و ۵

در رشته‌ی براکت برای اتم هیدروژن در رابطه $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ به ازای $n = m + 2$ طول موج گسیلی چند

میکرومتر است؟ $(R = \frac{1}{100} \text{ nm}^{-1})$ (تقریبی ۹۷ فارغ)

۵/۱۰ (۴)

۲/۸۸ (۳)

۱/۴۰ (۲)

۱/۲۰ (۱)

انرژی لازم برای گذار الکترون در اتم هیدروژن از تراز $n_1 = 2$ به تراز $n_2 = 5$ چند برابر انرژی یونش الکترون در این اتم است؟ (قلم‌پی ۹۹)

$\frac{25}{21}$ (۴)

$\frac{21}{25}$ (۳)

$\frac{100}{21}$ (۲)

$\frac{21}{100}$ (۱)

رابطه‌ی انرژی فوتونی که در اثر گذار الکترون در اتم هیدروژن از تراز انرژی بالا به تراز انرژی پایین ایجاد می‌شود، به صورت $E = A \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$ می‌باشد. در این رابطه، A کدام است؟ (R, c, h) به ترتیب ثابت ریدبرگ، سرعت نور در خلا و ثابت پلانک است. (قلم‌پی ۹۹)

$\frac{Rc}{h}$ (۴)

Rhc (۳)

$\frac{R}{hc}$ (۲)

R (۱)

تست

در اتم هیدروژن، الکترون در دومین حالت برانگیخته قرار دارد. بلندترین طول موج تابشی در این حالت چند برابر کوتاه‌ترین طول موج تابشی است؟

۴/۸ (۴)

۹ (۳)

۵/۴ (۲)

۶/۴ (۱)

تست

در یک اتم هیدروژن الکترونی هنگام گذار از تراز ۳ به تراز ۲، طول موج λ' و هنگام گذار از تراز ۲ به تراز ۱ طول موج λ'' و هنگام گذار از تراز ۳ به تراز ۱ طول موج λ را تابش می‌کند. کدام رابطه بین این سه طول موج صحیح است؟

$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda'} + \frac{1}{\lambda''}$ (۴)

$\lambda = \lambda' + \lambda''$ (۳)

$\lambda'' = \lambda' + \lambda$ (۲)

$\frac{1}{\lambda''} = \frac{1}{\lambda'} + \frac{1}{\lambda}$ (۱)

تست

در اتم هیدروژن، اگر اختلاف انرژی الکترون بین ترازهای ۱ و ۲ برابر ΔE و بین ترازهای ۱ و ۵ برابر $\Delta E'$ باشد، $\Delta E' - \Delta E$ چند ریدبرگ است؟

۰/۴۳ (۴)

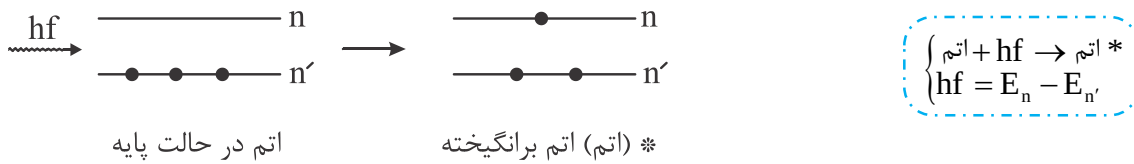
۰/۵۸ (۳)

۰/۲۱ (۲)

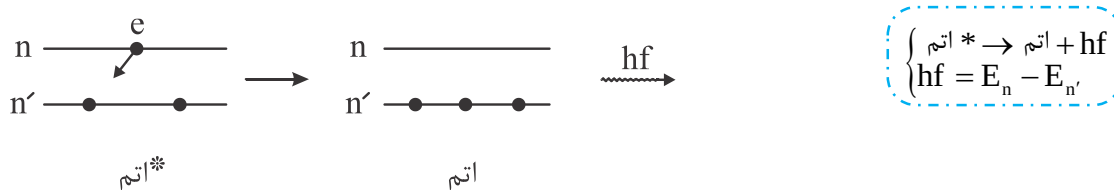
۰/۲۹ (۱)

رفتارهای فوتون با ماده: (انواع برهم‌کنش با ماده)

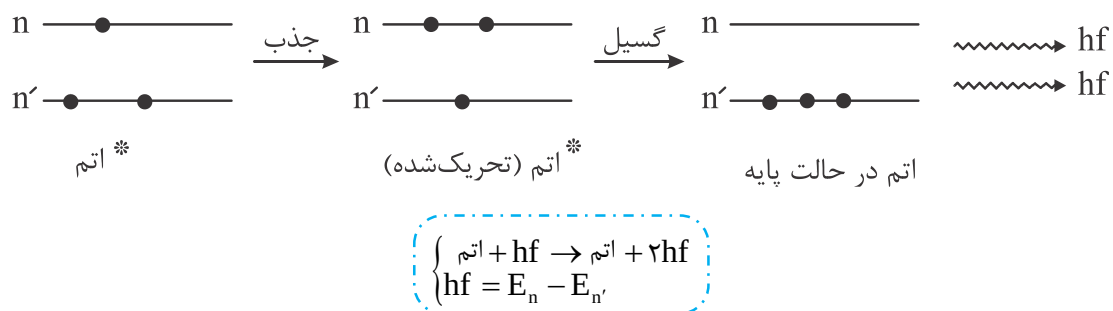
(۱) **برهم‌کنش جذب:** اگر به یک اتم در حالت عادی فوتونی شلیک کنیم که انرژی آن فوتون دقیقاً برابر اختلاف انرژی دو تراز اتم باشد، الکترون اتم فوتون را جذب کرده و به تراز بالاتر می‌رود.



(۲) **برهم‌کنش گسیل خودبه‌خودی:** در این حالت اتم در وضعیت برانگیخته قرار دارد ولی تمایلی به این وضعیت ندارد به صورت خود به خودی و به تدریج با گسیل فوتونی که انرژی آن برابر اختلاف انرژی دو تراز اتم است به حالت پایه خود برمی‌گردد.

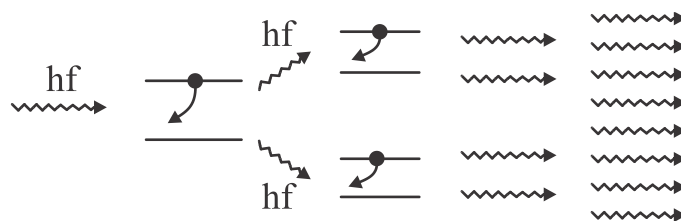


(۳) **برهم‌کنش گسیل القایی:** در این برهم‌کنش به اتم برانگیخته فوتونی که انرژی آن برابر اختلاف انرژی دو تراز اتم است تا باند می‌شود و جذب الکترون اتم می‌شود و اتم برانگیخته تحریک می‌شود و در نتیجه اتم سریعتر با گسیل دو فوتون هم بسامد - هم‌فاز - هم‌جهت به حالت پایه‌ی خود برمی‌گردد. گسیل القایی اساس کار لیزر می‌باشد.



چگونگی ایجاد باریکه‌ی لیزر

اگر به مجموعه‌ای از اتم‌های یکسان برانگیخته، فوتونی که انرژی آن برابر اختلاف انرژی دو تراز اتم است بتابد با یک اتم گسیل القایی انجام می‌دهد و اتم با گسیل ۲ فوتون هم بسامد - هم‌فاز - هم‌جهت به حالت پایه‌ی خود برمی‌گردد و آن فوتون‌ها نیز با دو اتم دیگر گسیل القایی انجام می‌دهند و به این ترتیب ادامه می‌یابد و باریکه‌ی شدید و پرنرژی از فوتون‌های هم‌جهت - هم‌بسامد و هم‌فاز ایجاد می‌شود که به آن باریکه‌ی لیزری می‌گوییم.

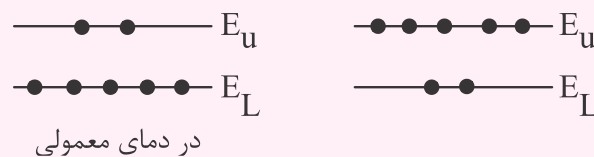




نکته: لیزر به معنای «تقویت نور به روش گسیل القایی تابش» است. نخستین لیزر موسوم به لیزر یاقوتی را تئودور مایمن ساخت و مدتی پس از آن، علی جوان دانشمند ایرانی موفق به ساخت نخستین لیزر گازی هلیوم نئون شد.

نکته: در ایجاد باریکه‌ی لیزری برای آن که تعداد زیادی فوتون هم جهت - هم بسامد و هم فاز تولید کنیم. نیاز به یک «چشمه انرژی خارجی» مناسب برای الکترون‌ها داریم تا به ترازهای انرژی بالاتر برانگیخته کنیم. این چشمه‌ی انرژی می‌تواند به روش‌های مختلف «درخشش شدید نور معمولی و یا تخلیه‌ی ولتاژ بالا و ... انرژی لازم را تأمین کند.

نکته: وقتی تعداد الکترون‌های لایه‌ی بالاتر بیشتر از تعداد الکترون‌های تراز پایین تر شود وضعیتی موسوم به «وارونگی جمعیت» نزن رخ می‌دهد.



نکته: در حالت برانگیخته‌ی عادی در مدت بسیار کوتاه حدود 10^{-8} s الکترون به حالت پایه برمی‌گردد و وارونگی جمعیت رخ نمی‌دهد ولی در ماده‌ای که باریکه‌ی نور لیزر در آن تشکیل می‌شود ترازهایی به نام تراز شبه پایدار وجود دارد که الکترون‌های برانگیخته مدت طولانی تری حدود 10^{-3} s در این تراز باقی می‌مانند و وارونگی جمعیت رخ می‌دهد.

نکته: کاربردهای لیزر ←

- | | | |
|--|------------------------------------|-------------------|
| (۱) چاپگرها | (۲) شبکه‌های کابل نوری | (۳) بازی و سرگرمی |
| (۴) دندان پزشکی | (۵) دستگاه‌های جوشکاری و برش فلزات | |
| (۶) برداشتن لکه‌های پوستی | (۷) اندازه‌گیری دقیق طول | |
| (۸) پژوهش‌های علمی | (۹) جراحی | |
| (۱۰) نگاشتن اطلاعات روی CD و DVD ها و خواندن آن‌ها | | |

برای یک یون تک‌الکترونی انرژی حالت پایه -13.6 eV است. چنانچه الکترون این یون در مدار مانای شماره ۳ باشد با تابش فوتونی به این یون با طول موج $750 \text{ \AA}$ چه اتفاقی می‌افتد؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$)

- (۱) یون به حالت برانگیخته‌ی $n = 4$ می‌رود.
- (۲) یون با گسیل القایی الکترونی دیگر به حالت پایه می‌رود.
- (۳) یون با گسیل القایی ۲ فوتون دیگر به حالت پایه می‌رود.
- (۴) یون با گسیل القایی ۲ فوتون دیگر به حالت $n = 2$ می‌رود.

در یک اتم هیدروژن، الکترون در حالت $n = 3$ قرار دارد. اگر فوتونی با انرژی $\frac{5}{36} E_R$ به این اتم بتابانیم، چه اتفاقی ممکن است رخ دهد؟ ($E_R =$ یک ریذبرگ)

- (۱) فوتون ورودی با اتم برانگیخته نمی‌تواند بر هم کنشی داشته باشد.
- (۲) الکترون با جذب فوتون ورودی به تراز $n = 4$ می‌رود.
- (۳) الکترون با جذب فوتون ورودی به تراز $n = 5$ می‌رود.
- (۴) الکترون با گسیل القایی به تراز $n = 2$ می‌رود.

در اتم هیدروژن الکترونی در تراز $n = 2$ با جذب فوتون به مداری می‌رود که شعاع آن $\frac{9}{4}$ برابر شعاع حالت قبلی است. اگر الکترون در این حالت با تغییر تراز فوتونی گسیل کند، طول موج فوتون گسیلی الزاماً:

- (۱) از طول موج فوتون جذب شده بزرگ‌تر است.
- (۲) با طول موج فوتون جذب شده برابر است.
- (۳) کوچک‌تر یا مساوی طول موج فوتون جذب شده است.
- (۴) بزرگ‌تر یا مساوی طول موج فوتون جذب شده است.

ساختار هسته:

نکته

نکته: پروتون دارای بار الکتریکی مثبت با بار $+e$ و الکترون دارای بار $-e$ و نوترون از نظر الکتریکی خنثی است.

نکته: اندازه‌ی بار الکتریکی پروتون و الکترون با هم برابر است و مساوی؛ $q_p = |q_e| = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

نکته: هسته‌ی اتم از نوترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده است که به طور کلی نوکلئون نامیده می‌شوند.

نکته:

(I) تعداد پروتون‌های درون هسته‌ی اتم را با نماد « Z » نشان می‌دهیم که به آن عدد اتمی گوئیم.

(II) تعداد نوترون‌های موجود در هسته‌ی اتم را عدد نوترونی آن هسته گوئیم و آن را با نماد « N » نشان می‌دهیم.

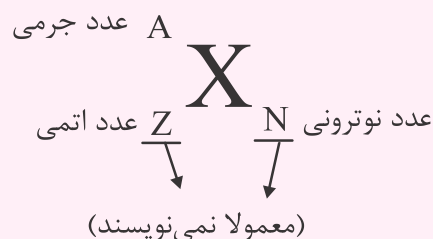
(III) تعداد کل نوکلئون‌های هر هسته یعنی مجموع نوترون‌ها و پروتون‌ها ($Z + N$) را عدد جرمی هسته گوئیم که آن را با نماد A نشان می‌دهیم.

نکته: تعداد پروتون‌های موجود در هسته‌ی یک اتم (Z) با تعداد الکترون‌های آن اتم برابر است.

$$\begin{array}{ccccc}
 & \text{عدد جرمی} & & \text{عدد اتمی} & & \text{عدد نوترونی} \\
 & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\
 & A & = & Z & + & N \\
 & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & P+N & & P & & N
 \end{array}$$

نکته: هسته‌ی هر اتم را با نماد شیمیایی مربوط به همان اتم نمایش می‌دهیم عدد N, Z, A را به صورت

مقابل در اطراف نماد نمایش می‌دهیم.

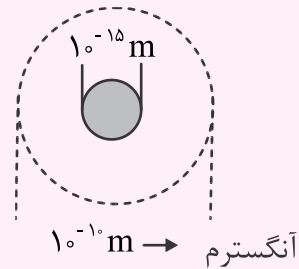




نکته: مقایسه‌ی ابعاد اتم و هسته.....

* قطر اتم $\rightarrow 10^{-10} \text{ m}$

* قطر هسته $\rightarrow 1 \text{ fm} \rightarrow 10^{-15} \text{ m}$



$$\frac{\text{قطر اتم}}{\text{قطر هسته}} = 10^5$$

$$\frac{\text{حجم اتم}}{\text{حجم هسته}} = \left(\frac{\text{قطر اتم}}{\text{قطر هسته}} \right)^3 = 10^{15}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{چگالی هسته } 10^{14} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow 10^{14} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\ \text{چگالی آب } 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \rightarrow 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \end{array} \right\} \rightarrow \text{برابر چگالی آب}$$

ایزوتوپ:



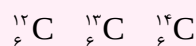
نکته ۱: هسته‌هایی با تعداد پروتون یکسان ولی تعداد نوترون‌های متفاوت

نکته ۲: عدد اتمی یکسان (Z) و عدد جرمی متفاوت (A)

نکته ۳: در نتیجه این هسته‌ها در جدول تناوبی عناصر هم مکان هستند بنابراین ایزوتوپ (هم مکان) نامیده می‌شوند.

نکته ۴: خواص شیمیایی یکسان ولی خواص فیزیکی (وابسته به جرم) متفاوت دارند.

نکته ۵: توسط واکنش‌های شیمیایی نمی‌توان ایزوتوپ‌ها را از هم جدا کرد بلکه توسط فرآیندهای فیزیکی وابسته به جرم می‌توان آن‌ها را از هم تفکیک کرد.



تجربیت

بار کل هسته‌ی ^{120}Sn برابر $8 \times 10^{-18} \text{ C}$ است. تعداد نوترون‌های این هسته کدام است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(۱) ۵۰ (۲) ۶۰ (۳) ۷۰ (۴) ۸۰

تجربیت

در هسته‌ی یک اتم نسبت $\frac{N}{Z}$ برابر $1/4$ است. اگر اختلاف عدد نوترونی و عدد اتمی این هسته برابر ۸ باشد. عدد جرمی آن کدام است؟

(۱) ۲۸ (۲) ۳۲ (۳) ۴۰ (۴) ۴۸

تجربیت

کدام یک از هسته‌های زیر را می‌توان به کمک روش‌های شیمیایی از هم جدا کرد؟

(۱) $^{60}_{32}\text{X} - ^{61}_{32}\text{Y}$ (۲) $^{107}_{62}\text{X} - ^{109}_{62}\text{Y}$ (۳) $^{14}_{5}\text{X} - ^{15}_{5}\text{Y}$ (۴) هیچ کدام

نیروی هسته‌ای

نیروی جاذبه بین نوکلئون‌های هسته ($P-P$ ، $N-N$ ، $P-N$) را که باعث متلاشی نشدن هسته در اثر نیروی رانشی کولنی بین پروتون‌های هسته می‌شود را نیروی هسته‌ای گوئیم. نیروی هسته‌ای خود یک نیروی بنیادی و مستقل از نوکلئون‌ها، بسیار کوتاه برد و بسیار قوی‌تر از سایر نیروهاست و همیشه ربایشی است.

ویژگی‌های نیروهای هسته‌ای:

- (۱) بسیار قوی
- (۲) کوتاه برد
- (۳) از نوع ربایشی
- (۴) به نوکلئون‌ها بستگی ندارد.
- (۵) در فاصله‌های حدود $2f_m$ ظاهر می‌شوند.

۶) در هسته‌های سنگین به علت بزرگ بودن هسته نیروی هسته‌ای ضعیف و هسته ناپایدار است.
۷) هر نوکلئون با نیروی هسته‌ای تنها با نزدیک‌ترین نوکلئون‌های مجاورش بر هم کنش دارد و با همه‌ی نوکلئون‌های هسته بر هم کنش ندارد.

نکته



نیروی دافعه‌ی الکترواستاتیکی بین پروتون‌ها به نسبت بلند برد است. یعنی یک پروتون هر جای هسته که باشد به همه‌ی پروتون‌های داخل هسته (نیروی الکتریکی وارد می‌کند).

رابطه‌ی هم‌ارزی جرم و انرژی اینیشتین



جرم و انرژی صورت‌های مختلف یک کمیت است. جرم و انرژی می‌توانند تحت شرایطی خاص به یکدیگر تبدیل شوند، در هر بر همکنش جرم و انرژی مجموع جرم و انرژی همیشه ثابت و پایسته است.

$$E = mc^2$$

تذکره

در یک واکنش هسته‌ای $4g$ جرم به انرژی تبدیل شده است؛ اولاً این انرژی چند کیلووات ساعت است؟ دوماً؛ این انرژی چند لامپ $100W$ را به مدت 20 ساعت روشن می‌کند؟

نکته



${}_{83}^{209}\text{Bi}$ سنگین‌ترین هسته‌ی پایدار است و تمام هسته‌هایی که عدد اتمی آن‌ها بزرگ‌تر از 83 است ناپایدارند.

تذکره: البته بعضی از ایزوتوپ‌های عناصر ناپایدار $\left. \begin{matrix} {}_{92}^{232}\text{Th} \\ {}_{92}^{238}\text{U} \end{matrix} \right\}$ به طور طبیعی در زمین پیدا می‌شوند و مقدار کمی از آن‌ها به مواد دیگر تبدیل شده است.

نکته

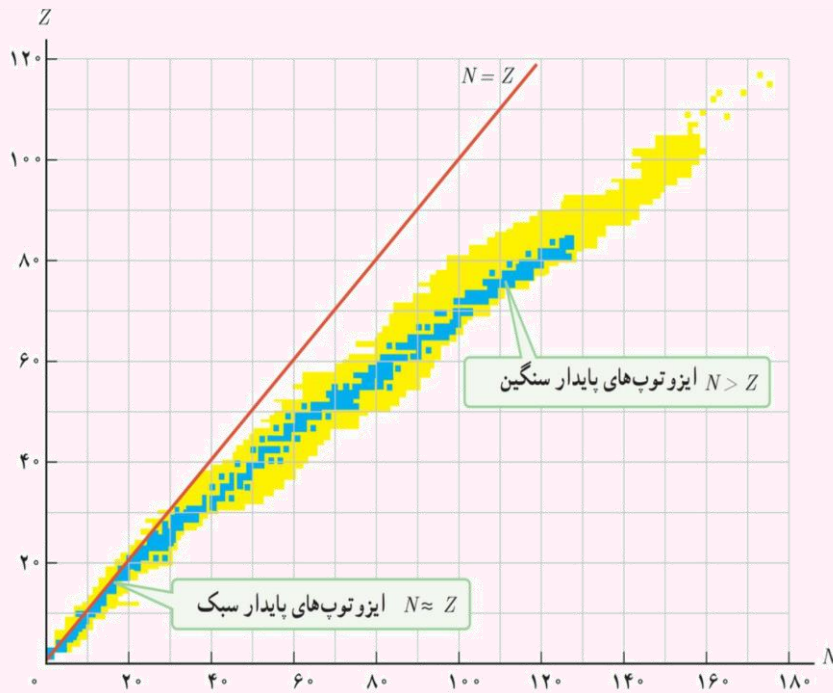


نمودار تغییرات تعداد پروتون‌ها (Z) بر حسب تعداد نوترون‌ها (N) در هسته‌ی پایدار و پرتوزا:

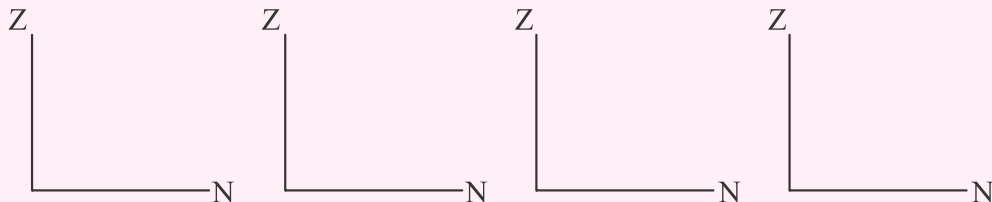
نکته



نکته:

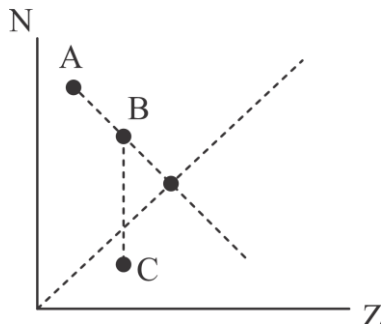


نکته:



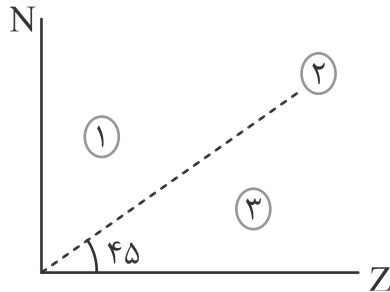
تجرب

در نمودار روبه‌رو عدد جرمی هسته‌ی A، ۷۰ و عدد اتمی هسته‌ی C، ۳۰ می‌باشد. تعداد نوترون هسته‌ی B چقدر است؟



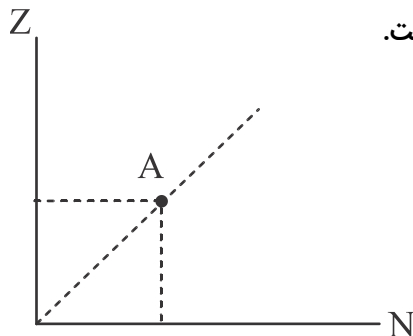
در شکل زیر محور قائم بیانگر عدد نوترونی و محور افقی بیانگر عدد اتمی هسته‌های پایدار است. با توجه به نواحی مشخص شده در شکل تعداد هسته‌های پایدار در ناحیه بیشینه و در ناحیه کمینه است. (ناحیه

۲ روی خط $N = Z$ است.)



- | | |
|----------|----------|
| (۱) ۲، ۱ | (۲) ۱، ۳ |
| (۳) ۱، ۲ | (۴) ۲، ۳ |

در شکل روبه‌رو محور قائم بیانگر عدد اتمی و محور افقی بیانگر عدد نوترونی است و A و B ایزوتوپ یکدیگر هستند. در این صورت جرم هسته‌ی B جرم هسته‌ی A است.



- | | |
|--------------|----------------------|
| (۱) بیشتر از | (۲) کمتر از |
| (۳) برابر با | (۴) بیشتر یا کمتر از |

انرژی بستگی هسته

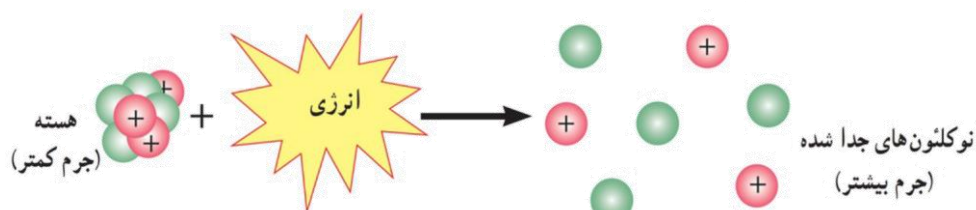
(۱) جرم یک هسته از مجموع جرم نوکلئون‌های تشکیل دهنده‌ی آن کمتر است به این اختلاف جرم «کاستی جرم هسته» می‌گویند.

(۲) این اختلاف جرم نشان می‌دهد وقتی نوکلئون‌ها گرد هم می‌آیند تا هسته را بسازند مقداری از جرم آن‌ها کاسته و به انرژی تبدیل می‌شود این انرژی را «انرژی بستگی هسته» گویند.

(۳) انرژی بستگی هسته:

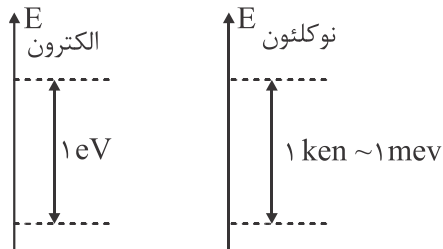
(I)

(II)



ترازهای انرژی هسته

(۱) نوکلئون‌های درون هسته حرکت درون هسته‌ای دارند و دارای ترازهای انرژی کوانتومی و حالت‌های پایه و برانگیخته هستند. مانند



(۲) اختلاف بین ترازهای انرژی نوکلئون‌ها معمولاً از مرتبه‌ی ۱ keV تا ۱ MeV هستند. در حالی که ترازهای انرژی الکترون‌ها از مرتبه‌ی ۱ eV است.

(۳) به دلیل این اختلاف انرژی، انرژی لازم برای برانگیختگی هسته در واکنش‌های شیمیایی معمولاً تأمین نمی‌شود و هسته‌ها در واکنش‌های شیمیایی دخالت ندارند.

(۴) هسته‌ی برانگیخته را معمولاً با گذاشتن ستاره روی نماد شیمیایی آن مشخص می‌کنند. ${}^A_Z X^*$

تست

در یک واکنش هسته‌ای به اندازه $2/25 \times 10^8 \text{ MeV}$ انرژی آزاد می‌شود. چند گرم از جرم هسته کاهش پیدا کرده

است؟ ($C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

- (۱) 4×10^{-22} (۲) 4×10^{-19} (۳) 4×10^{-25} (۴) $1/25 \times 10^{-9}$

تست

در یک واکنش هسته‌ای ۲mg جرم تبدیل به انرژی شده است. انرژی حاصل معادل چند کیلووات ساعت است؟

(ریاضی ۹۳) ($e = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$)

- (۱) $2/5 \times 10^4$ (۲) $2/5 \times 10^9$ (۳) 5×10^4 (۴) 5×10^9

در یک واکنش هسته‌ای یک گرم جرم تبدیل به انرژی می‌شود. انرژی حاصل چه جرمی از ماده را می‌تواند 10^6 m از

سطح زمین بالا ببرد؟ $(C = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} ; g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (ریاضی خارج ۹۳)

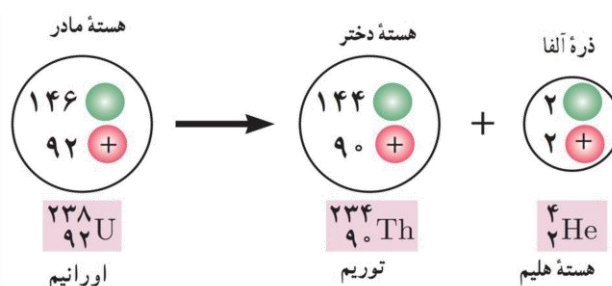
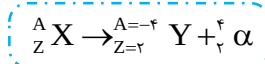
(۱) ۹۰ میلیون تن (۲) ۹۰ تن (۳) ۴۵۰ میلیون گرم (۴) ۴۵۰ کیلوگرم

پرتوزایی

هسته‌های سنگین و ناپایدار با گذشت زمان و بدون تأثیرپذیری از شرایط خارجی و به طور خود به خود دچار واپاشی می‌شوند. واپاشی هسته با گسیل نوع معینی از ذرات یا فوتون‌های پرانرژی صورت می‌گیرد که به آن «پرتوزای طبیعی» گفته می‌شود. در پرتوزایی طبیعی سه نوع پرتوی آلفا (α) - بتا (β) - گاما (γ) ایجاد می‌شود.

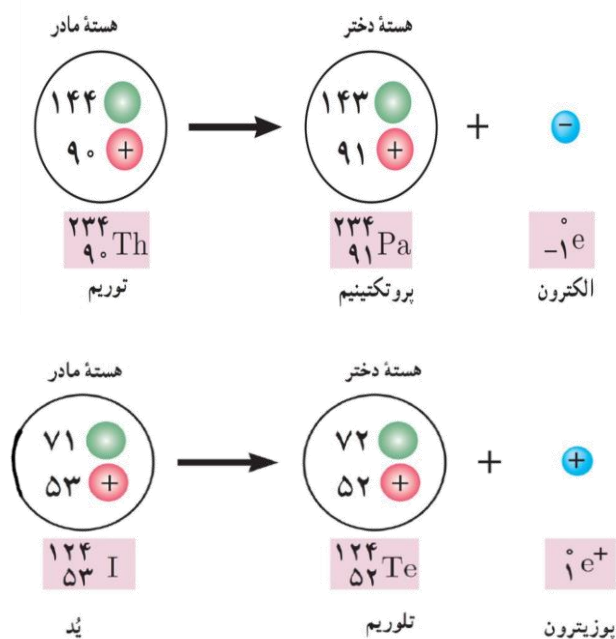
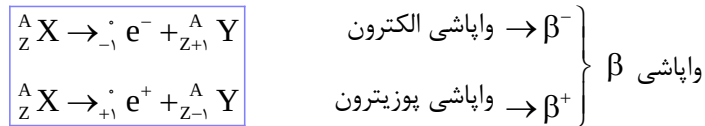
(۱) واپاشی آلفا (واپاشی همراه با گسیل ذره‌ی آلفا)

- این واپاشی در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد.
- ذره‌های آلفا دارای ۲ بار مثبت‌اند، سنگین هستند و برد کوتاهی دارند.
- ذره‌ی آلفا همان هسته‌ی هلیوم است. $({}^4_2\text{He})$ بنابراین اگر هسته‌ی عنصری یک ذره‌ی آلفا گسیل کند عدد جرمی آن ۴ واحد و عدد اتمی آن ۲ واحد کاهش می‌یابد.
- محصول واپاشی α هسته‌ی عنصری می‌شود که
- ذرات آلفا پس از طی مسافت کوتاهی در هوا (۱cm تا ۲cm) و یا عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند.
- اگر این ذره از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن شوند باعث آسیب شدید به بافت‌های بدن می‌شوند.
- پرتوهای α کمترین نفوذ را دارند و با ورقه‌ی نازک سربی ضخامت ناچیز (۰/۰۱mm) متوقف می‌شوند.



۲) واپاشی بتا (واپاشی همراه با گسیل ذره بتا)

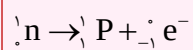
- نخستین مورد پرتوزایی بود که توسط هنری بکرل مشاهده شد.
- متداول‌ترین نوع واپاشی هسته‌ها است.
- در این نوع واپاشی هسته‌ی ناپایدار با گسیل الکترون یا پوزیترون به هسته‌ای جدید تبدیل می‌شود.
- پوزیترون ضد ذره الکترون است که دارای جرمی برابر جرم الکترون و بار مخالف آن است.



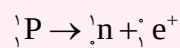
نکته



نکته: درگسیل (β^-) یک نوترون در هسته به پروتون و الکترون در هسته تبدیل می‌شود.



نکته: درگسیل (β^+) یک نوترون در هسته به پوزیترون و پروتون در هسته تبدیل می‌شود.



*

*

مثال: آلومینیوم ${}^{25}_{13}\text{Al}$ با گسیل پوزیترون و می‌باشد، معادله‌ی واپاشی آن را بنویسید؟

نکته



تست

اگر هسته‌ی عنصر ${}^6_3\text{Li}$ یک ذره‌ی آلفا و یک ذره‌ی β^- گسیل کند به کدام یک از عناصر زیر تبدیل می‌شود؟

${}^6_3\text{Li}$ (۴)

${}^4_2\text{He}$ (۳)

${}^8_4\text{Be}$ (۲)

${}^7_3\text{Li}$ (۱)

تست

در فعل و انفعال هسته‌ای ${}^{30}_{15}\text{P} + x \rightarrow {}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He}$ کدام است؟

پروتون (۴)

نوترون (۳)

پوزیترون (۲)

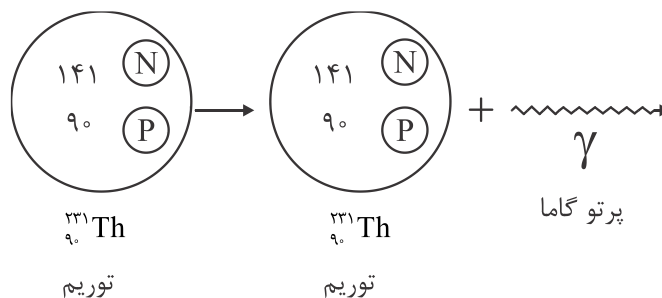
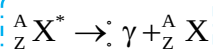
الکترون (۱)

(۳) واپاشی گاما (واپاشی همراه با گسیل پرتو گاما)

- پرتوی گاما از جنس امواج الکترومغناطیس و بدون بار است.

- تنها واپاشی به صورت فوتونی واپاشی γ می‌باشد که در آن هسته‌ی برانگیخته با تولید فوتون γ به یک هسته‌ی پایدار تبدیل می‌شود.

- با گسیل گاما از هسته‌ی عنصری، هیچ تغییری در عدد جرمی و عدد اتمی هسته به وجود نمی‌آید و فقط هسته از حالت برانگیخته به حالت پایه‌ی خود برمی‌گردد.





تست

تست

در فعل و انفعال هسته‌ای ${}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{141}\text{Ba} + {}_Z^AX + 3({}_0^1n)$ برای عنصر X تعداد نوترون‌ها و پروتون‌ها کدام است؟ (سراسری تهرانی ۹۶)

۵۴ - ۹۲ (۴)

۵۴ - ۹۴ (۳)

۳۶ - ۵۶ (۲)

۳۶ - ۵۸ (۱)

تست

در واکنش هسته‌ای روبه‌رو تعداد ذره‌های α و β^- به ترتیب از راست به چپ کدام است؟
 ${}_{90}^{200}\text{X} \rightarrow {}_{86}^{188}\text{Y} + m\beta^- + n\alpha + 5\gamma$

۳ و ۳ (۴)

۲ و ۲ (۳)

۲ و ۳ (۲)

۳ و ۲ (۱)

تست

در واپاشی هسته‌های ناپایدار، کدام مورد درست است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19}\text{C}$) (تهرانی ۹۷)

(۱) هنگام گسیل پوزیترون، بار هسته به اندازه‌ی $1/6 \times 10^{-19}\text{C}$ افزایش می‌یابد.

(۲) هنگام گسیل الکترون، بار هسته به اندازه‌ی $1/6 \times 10^{-19}\text{C}$ کاهش می‌یابد.

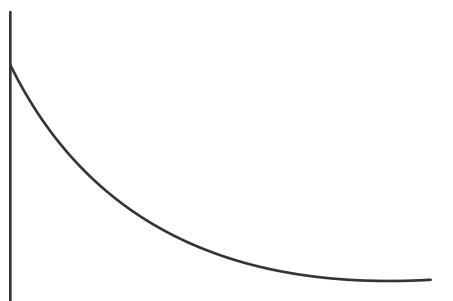
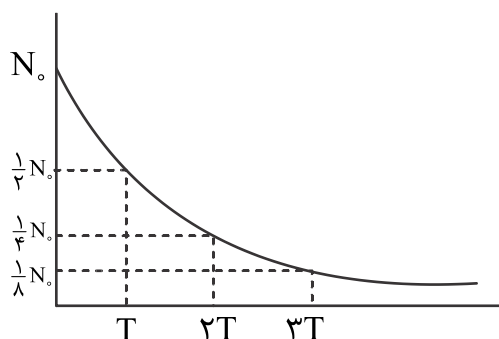
(۳) هنگام گسیل α ، بار هسته به اندازه‌ی $3/2 \times 10^{-19}\text{C}$ کاهش می‌یابد.

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

مدت زمانی که طول می‌کشد تا نصف ماده‌ی رادیواکتیو واپاشیده و متلاشی شود و به هسته‌ی عناصر دیگر تبدیل شود و نصف دیگر آن همچنان به صورت اولیه (اکتیو و فعال) باقی بماند، نیمه‌ی عمر ماده‌ی رادیواکتیو گوئیم و با T نمایش می‌دهیم.

تذکره:

مدت زمان سپری شده	۰	T	$۲T$	$۳T$	$۴T$
مقدار باقیمانده	m_0	$\frac{m_0}{۲}$	$\frac{m_0}{۴}$		
مقدار واپاشیده شده	۰	$\frac{m_0}{۲}$	$\frac{۳m_0}{۴}$		



$m_0 \rightarrow$ مقدار اولیه ماده رادیواکتیو

$N_0 \rightarrow$ تعداد هسته‌های اولیه

$m \rightarrow$ مقدار باقیمانده (فعال)

$N \rightarrow$ تعداد هسته‌های باقیمانده

$T \rightarrow$ نیمه‌ی عمر

$n = \frac{t}{T}$: تعداد نیمه‌های عمر سپری شده

$$N = N_0 \left(\frac{1}{۲}\right)^n$$



تست

^{60}Co دارای نیمه عمر ۵ سال می‌باشد پس از ۲۵ سال چه کسری از هسته‌ی کبالت اولیه باقی مانده است و چه کسری متلاشی شده است؟

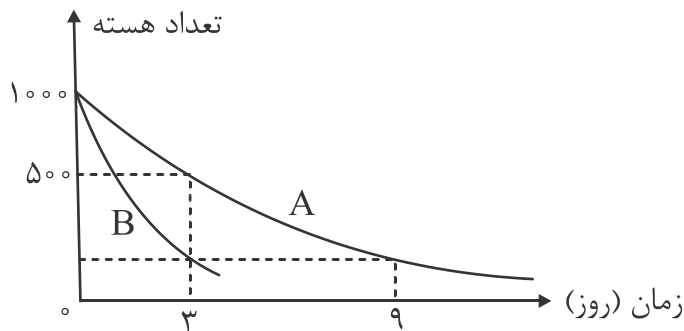
تست

نیمه‌ی عمر یک ماده‌ی پرتوزا ۱۶ روز است در مدت چند روز جرم واپاشیده شده ۱۵ برابر جرم باقیمانده خواهد شد.

تست

نیمه‌ی عمر یک ماده‌ی پرتوزا ۵ شبانه‌روز است. اگر پس از ۲۰ شبانه‌روز مقدار ۷۵g آن واپاشیده شود پس از چند شبانه‌روز تنها ۲/۵g از آن باقی می‌ماند؟

نمودار تعداد هسته‌های دو ماده‌ی پرتوزای A و B بر حسب زمان مطابق شکل روبه‌رو است پس از چند روز $\frac{1}{32}$



هسته‌های B فعال باقی می‌ماند؟ (ریاضی ۹۵)

- (۱) ۳
(۲) ۴
(۳) ۵
(۴) ۶

از تعداد هسته‌های اولیه‌ی مساوی دو عنصر رادیواکتیو A و B بعد از گذشت زمان Δt تعداد هسته‌های باقی‌مانده عنصر A چهار برابر تعداد هسته‌های باقیمانده عنصر B است. اگر تعداد نیمه‌عمرهای عنصر A و B در مدت زمان Δt به ترتیب n_A و n_B باشد کدامیک از موارد زیر درست است؟ (ریاضی ۹۶)

- (۱) $n_A - n_B = 4$
(۲) $n_B - n_A = 4$
(۳) $n_A - n_B = 2$
(۴) $n_B - n_A = 2$

تست: نیمه عمر یک ماده‌ی پرتوزا هشت روز است. پس از ۳۲ روز چند درصد از هسته‌های آن ماده دچار واپاشی می‌شوند؟ (ریاضی ۹۵)

- (۱) ۶۴
(۲) ۷۵
(۳) ۸۲/۲۵
(۴) ۹۳/۷۵

از هسته‌های اولیه‌ی یک ماده‌ی پرتوزا پس از ۹ سال ۱۲/۵ درصد آن باقی مانده است. نیمه عمر این ماده چند سال است؟

تست

نیمه عمر یک ماده‌ی رادیواکتیو ۶۰۰۰ سال است. تقریباً چند درصد از یک نمونه این ماده پس از ۵ نیمه‌ی عمر واپاشیده می‌شود؟

۹۷ (۴)

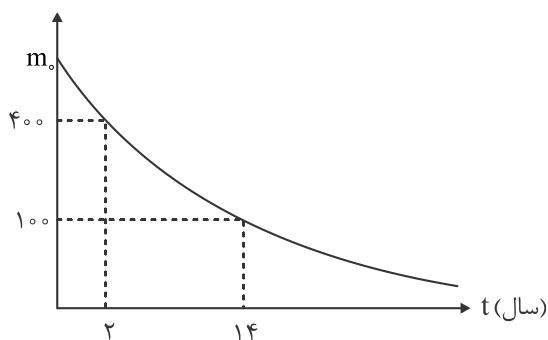
۹۴ (۳)

۶ (۲)

۳ (۱)

تست

در شکل مقابل نمودار جرم فعال باقیمانده بر حسب زمان برای یک ماده‌ی پرتوزا نشان داده شده است. نیمه عمر این ماده را تعیین کنید.



تست

نیمه عمر ^{90}Sr برابر ۲۸ سال است. چند سال طول می‌کشد تا ۲mg از این عنصر به $125\mu\text{g}$ کاهش یابد؟

(ریاضی خارج ۹۰)

۱۴۰ (۴)

۱۱۲ (۳)

۸۴ (۲)

۷ (۱)

تست

نیمه عمر یک ماده پرتوزا ۴۵ دقیقه است. پس از گذشت ۳ ساعت، چه کسری از ماده اولیه باقی می‌ماند؟

(فارج از کشور ۱۴۰۰)

$\frac{1}{32}$ (۴)

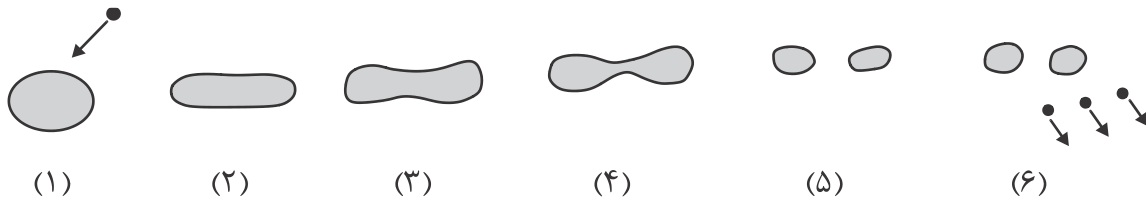
$\frac{1}{16}$ (۳)

$\frac{1}{8}$ (۲)

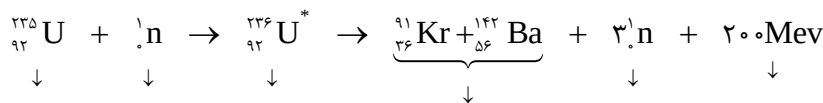
$\frac{1}{4}$ (۱)

در هسته‌ی اورانیوم غلبه‌ی نیروی هسته‌ای بر نیروی کولنی بسیار شکننده است و در اثر جذب یک نوترون به علت تغییر شکل هسته از بین می‌رود. اگر هسته‌ی اورانیوم اندکی کشیده شود، نیروهای الکتریکی می‌توانند آن را کشیده‌تر کنند. اگر این کشیدگی از مرحله‌ی بحرانی بگذرد نیروهای هسته‌ای مغلوب نیروهای الکتریکی می‌شوند و هسته به دو بخش تقسیم می‌شود.

تذکره: جذب نوترون در هسته‌ی اورانیوم انرژی لازم جهت این کشیدگی را تأمین می‌کند و هسته شکافته می‌شود.



در شکافت هسته‌ای یک هسته‌ی سنگین به دو هسته‌ی سبک‌تر شکافته می‌شود و مقدار عظیمی انرژی آزاد می‌شود. به عنوان مثال $^{235}_{92}\text{U}$ با جذب یک نوترون کند (نوترون تند از هسته عبور می‌کند و واکنش رخ نمی‌دهد). به هسته‌ی مرکب و ناپایدار $^{236}_{92}\text{U}^*$ تبدیل می‌شود. این هسته‌ی مرکب در زمان کمتر از 10^{-12}S واپاشیده می‌شود و مطابق رابطه‌ی زیر به دو هسته‌ی سبک‌تر Ba و Kr شکافته شده و ۳ نوترون دیگر به وجود می‌آورد. نوترون‌های به دست آمده باعث شکافت‌های دیگر می‌شوند و زنجیره‌ی شکافت‌ها ادامه می‌یابد.



سوخت هسته‌ای

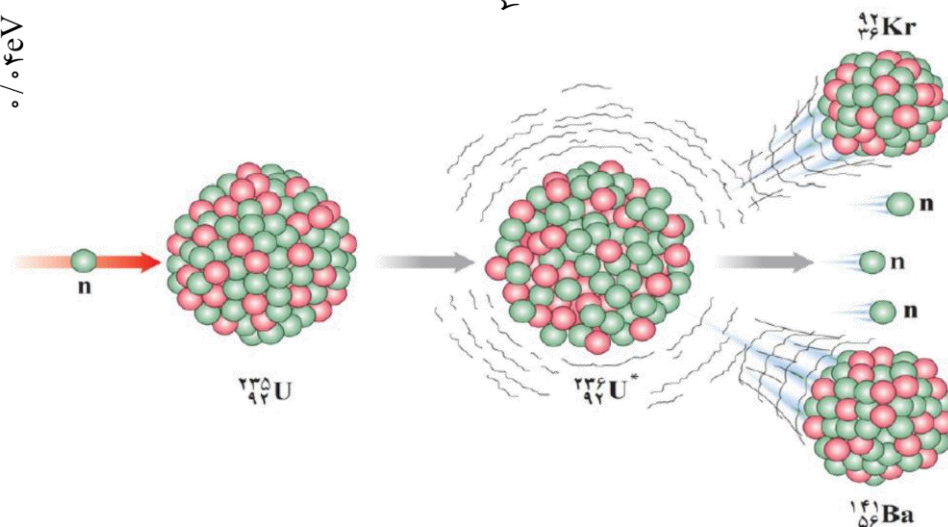
نوترون کند با انرژی جنبشی 0.04eV

هسته مرکب ناپایدار

پسماند اتمی

نوترون تند با انرژی 2Mev

انرژی هسته‌ای





نکته: در واکنش‌های شکافت هسته‌ای، جرم محصولات شکافت کمتر از جرم هسته‌ی مرکب است. این اختلاف جرم طبق رابطه‌ی $E = mc^2$ سبب آزاد شدن انرژی گرمایی زیادی می‌شود.

نکته: در هر واکنش شکافت حدود 200 MeV انرژی آزاد می‌شود. این انرژی 10^8 برابر انرژی آزاد شده به ازای هر مولکول در یک واکنش شیمیایی معمولی نظیر سوختن بنزین یا ذغال سنگ است حتی در انفجار TNT (تری نیتروتولون) انرژی آزاد شده به ازای هر مولکول حدود 30 eV است.

نکته: نوترون‌های به دست آمده در واکنش اورانیوم باعث شکافت‌های دیگر می‌شوند و به همین ترتیب تا آخر، این رشته واکنش را واکنش زنجیری می‌نامند.

نکته: شکافت در ایزوتوپ کمیاب $^{235}_{92}\text{U}$ که فقط ۷۲ درصد اورانیوم طبیعی را تشکیل می‌دهد (به عبارت دیگر از هر ۱۴۰ اتم اورانیوم موجود در سنگ معدن اورانیوم تنها یکی از آن‌ها 235 و مابقی 238 است). رخ می‌دهد. ایزوتوپ فراوان تر $^{238}_{92}\text{U}$ نوترون‌ها را جذب می‌کند ولی معمولاً شکافته نمی‌شود. در نتیجه واکنش زنجیری در این نمونه اورانیوم به طور طبیعی صورت نمی‌گیرد.

غنی‌سازی اورانیوم

حدود ۷٪ درصد اورانیوم جهان ^{235}U است و ۹۹/۳ درصد آن ^{238}U است. بالا بردن درجه‌ی خلوص (جداسازی) ^{235}U در مخلوط ایزوتوپ‌های اورانیوم به صورت مصنوعی را غنی‌سازی اورانیوم گوئیم.



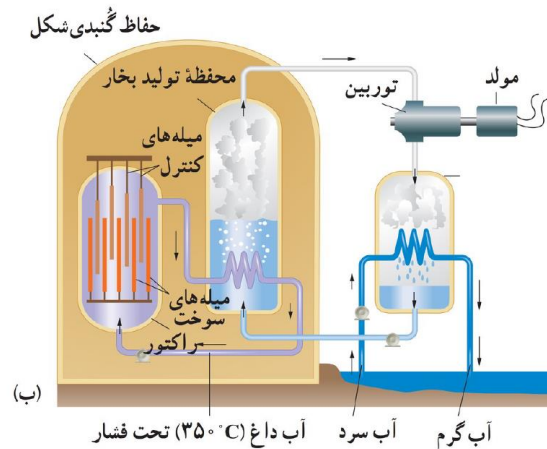
به دلیل آن‌که خواص شیمیایی ^{235}U و ^{238}U یکسان است، جدا کردن این دو ایزوتوپ به روش شیمیایی امکان‌پذیر نیست. بنابراین از روش‌های فیزیکی استفاده می‌شود مانند سانتریفیوژهای پرسرعت.

راکتورهای شکافت هسته‌ای

نوترون‌های آزاد شده در شکافت ^{235}U که نوترون‌های تند هستند (با انرژی 2 MeV) با احتمال بیشتر جذب ^{238}U می‌شوند بدون اینکه باعث شکافت شوند.

اگر نوترون‌ها را بتوان کند ساخت، احتمال جذب آن توسط ^{235}U افزایش یافته و می‌توان برای به وجود آوردن واکنش زنجیری کافی باشد. بنابراین آب معمولی (H_2O)، آب سنگین (D_2O) و گرافیت (اتم‌های کربن) از جمله موادی هستند که به عنوان کندساز نوترون‌ها در واکنش‌های شکافت هسته‌ای استفاده می‌شود.

تگ: راکتور هسته‌ای جایی است که در آن واکنش زنجیری شکافت به شکل کنترل شده رخ می‌دهد.



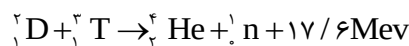
یک راکتور هسته‌ای دارای

- (۱) سوخت هسته‌ای: معمولاً با حدود ۳ درصد ایزوتوپ $^{235}_{92}\text{U}$ به صورت میله‌هایی با قطر حدود ۱cm است و هزاران عدد از این میله‌ها در قلب راکتور قرار دارد.
- (۲) کندکننده‌ی نوترون: $\text{D}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$ - گرافیت که نوترون‌ها در برخورد با آن‌ها بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی خود را از دست می‌دهند.
- (۳) میله‌های کنترل‌کننده: جاذب نوترون بوده و از جنس کادمیوم یا بور هستند، با وارد کردن میله‌های کنترل‌کننده به راکتور، آهنگ واکنش تنظیم می‌شود.
- (۴) سیستم خنک‌کننده: در راکتورهای آب تحت فشار (PWR) آب تحت فشار زیاد حدود ۱۵۰atm سوخت هسته‌ای را احاطه کرده است تا بدون جوشیدن به دمای زیاد برسد و گرمای راکتور را بگیرد.
- (۵) توربین برق: آب تحت فشار دمای بالا با چرخش آب کم فشار را بخار کرده و توربین‌های برق را به کار می‌اندازد.

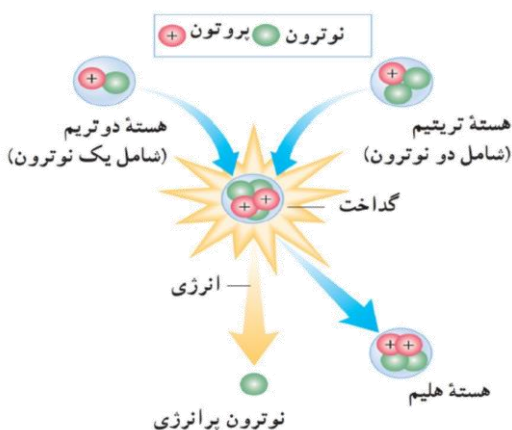
گداخت (همجوشی) هسته‌ای

در گداخت یا همجوشی هسته‌ای دو هسته‌ی سبک با هم ترکیب می‌شوند و هسته‌ی سنگین‌تری را به وجود می‌آورند. مثلاً همجوشی

دوتریم و تریتم و تشکیل هسته ^4_2He و یک نوترون



در اینجا هم جرم محصولات کمتر از جرم هسته‌های اولیه است و مقدار زیادی انرژی آزاد می‌شود. برای انجام واکنش گداخت باید دو هسته را به طوری به هم نزدیک کرد که نیروی جاذبه‌ی هسته‌ای بین آن‌ها برقرار شود. ولی در حالت معمول این اتفاق نمی‌افتد چون نیروی دافعه‌ی بین هسته‌ها مانع می‌شود.



پس در عمل باید دمای ${}^2\text{D}$ و ${}^3\text{T}$ را تا ده میلیون درجه سانتی‌گراد بالا برد تا هسته‌ها با تندی زیاد به هم برخورد کنند و در هم گداخته شوند که دمای درون خورشید این امکان را فراهم می‌کند.

مقایسه‌ی واکنش‌های شکافت و گداخت هسته‌ای

(۱) انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون در واکنش گداخت بیشتر از انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون در واکنش شکافت است. تمرین کتاب: انرژی آزاد شده در هر واکنش شکافت اورانیوم ${}^{235}\text{U}$ با یک نوترون کند حدود $202/5\text{Mev}$ و در هر واکنش گداخت دوتریم-دوتریم حدود $17/6\text{Mev}$ است.

؟ مثال: الف) تعداد نوکلئون‌های شرکت‌کننده در هر واکنش شکافت چقدر است؟ انرژی آزاد شده به ازای هر نوکلئون را محاسبه کنید.

ب) برای واکنش گداخت محاسبه کنید.

(۲) سوخت مورد نیاز برای واکنش شکافت ${}^{235}\text{U}$ کمیاب و بسیار گران‌قیمت است. اما دوتریم که سوخت لازم برای ایجاد گرما است به طور فراوان در آب اقیانوس‌ها پیدا می‌شود و جدا کردن آن از هیدروژن راحت و کم‌هزینه است.
(۳) تأمین شرایط لازم برای گداخت (دمای بسیار بالا) بسیار سخت‌تر از تأمین شرایط برای ایجاد واکنش شکافت است.

تذکره

کدام گزینه در مورد ${}^{235}\text{U}$ و ${}^{238}\text{U}$ درست نیست؟ (ریاضی ۹۷)

(۱) تعداد نوترون ${}^{238}\text{U}$ بیشتر است.

(۲) هر دو تعداد پروتون یکسان دارند.

(۳) هر دو خواص شیمیایی یکسانی دارند.

(۴) ${}^{238}\text{U}$ ، $0/72\%$ درصد اورانیوم طبیعی را تشکیل می‌دهد.

تذکره

اگر تمام هسته ${}^{235}\text{U}$ درون 470g سنگ غنی شده اورانیوم با درصد خلوص ۳ درصد ${}^{235}\text{U}$ در واکنش شکافت شرکت کنند به طور تقریبی مجموعاً چند مگاژول انرژی آزاد می‌شود؟ ($e=1/6 \times 10^{-19}\text{C}$)، عدد آووگادرو را 6×10^{23} در نظر بگیرید و فرض کنید به ازای هر واکنش شکافت 200Mev انرژی آزاد می‌شود.)

(۱) $1/2 \times 10^6$ (۲) $11/5 \times 10^5$ (۳) $7/2 \times 10^5$ (۴) $3/6 \times 10^5$

در واکنش گرافت روبه‌رو ؟ کدام است؟

$${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow \alpha + ?$$

β^+ (۴)

${}^1_0\text{n}$ (۳)

β^- (۲)

γ (۱)

چه تعداد از عبارت‌های زیر نادرست است؟

الف) در واکنش گداخت، مجموع جرم محصولات فرایند بیشتر از مجموع جرم هسته‌های اولیه است.

ب) در واکنش گداخت، دو هسته کم جرم، باید به قدر کافی به هم نزدیک شوند تا نیروی کوتاه‌برد هسته‌ای بتواند آن‌ها را کنار هم نگه دارد.

پ) در هم‌جوشی هسته‌های دو ایزوتوپ هیدروژن، هسته هلیوم و یک پروتون پرانرژی تولید می‌شود.

ت) در واکنش گداخت، دما باید بسیار بالا باشد تا هسته‌ها با انرژی جنبشی زیاد به هم برخورد کنند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

کدام یک از گزینه‌های زیر در رابطه با یک راکتور هسته‌ای نادرست است؟

۱) نوترون در برخورد با گرافیت، بخش قابل ملاحظه‌ای از انرژی اولیه خود را از دست می‌دهد.

۲) از میله‌های کنترل برای تنظیم آهنگ واکنش استفاده می‌شود.

۳) آبی که سوخت هسته‌ای را احاطه کرده است، تحت فشار زیاد برای خارج ساختن گرما استفاده می‌شود.

۴) آبی که بر اثر واکنش شکافت هسته‌ای گرم شده است، مستقیماً با ایجاد بخار، ژنراتور الکتریسیته را به کار می‌اندازد.

کدام یک از گزینه‌های زیر، در مورد فرایند شکافت هسته‌ای درست بیان شده است؟

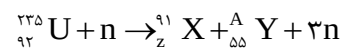
۱) در هسته‌های سبک و متوسط برخلاف هسته‌های سنگین، نیروهای جاذبه هسته‌ای بر دافعه کولنی غلبه می‌کنند.

۲) اگر در اثر اختلال اندکی مانند جذب یک نوترون، هسته اورانیوم اندکی کشیده شود، نیروهای الکتریکی آن را به حالت اولیه خود باز می‌گردانند.

۳) در هسته اورانیوم، غلبه نیروی دافعه هسته‌ای بر نیروی جاذبه کولنی بسیار شکننده است و با اندک اختلالی از بین می‌رود.

۴) در طول فرایند شکافت، اگر کشیدگی هسته اورانیوم از مرحله بحرانی بگذرد، نیروهای هسته‌ای تسلیم نیروهای الکتریکی می‌شوند.

واکنش روبه‌رو یک واکنش شکافت است. عدد اتمی هسته x و عدد نوترونی هسته y به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



۸۷ و ۳۸ (۴)

۱۴۲ و ۳۸ (۳)

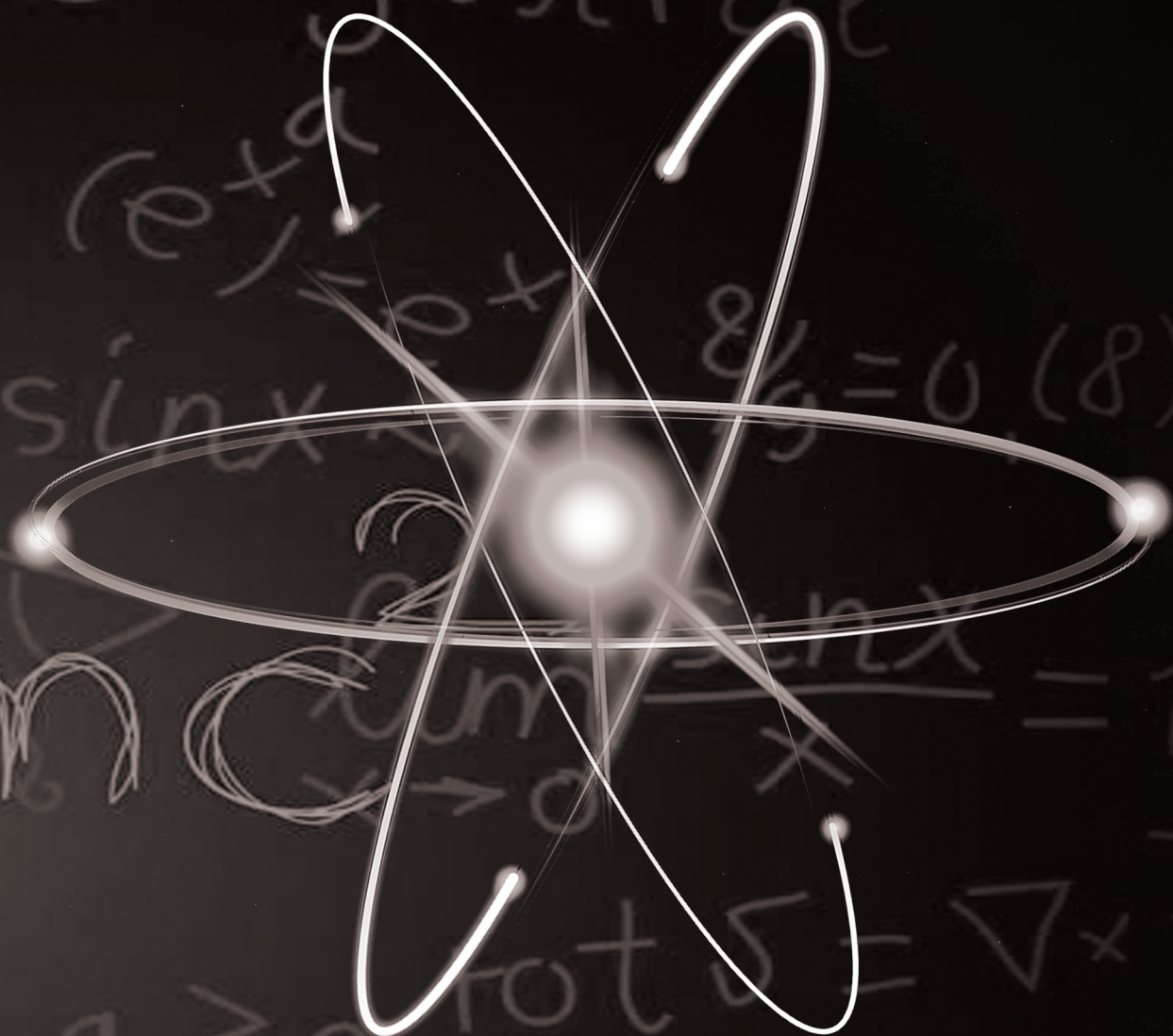
۸۷ و ۳۷ (۲)

۱۴۲ و ۳۷ (۱)

Physics 3

 Sh_Bayesteh

 shahinbayesteh



نکته و تست

درسنامه مفهومی