



ایستگاه ۲: سرعت متوسط و تندی متوسط

اگر جابه‌جایی و مسافت طی‌شده توسط متحرکی در طی یک حرکت در مدت زمان Δt به ترتیب \vec{d} و ℓ باشد، سرعت متوسط و تندی متوسط متحرک در طی این حرکت را به ترتیب با نمادهای \vec{v}_{av} و s_{av} نمایش داده و به صورت زیر تعریف می‌کنند:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \Rightarrow \text{سرعت متوسط} = \frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{مدت زمان حرکت}}$$

$$s_{av} = \frac{\ell}{\Delta t} \Rightarrow \text{تندی متوسط} = \frac{\text{مسافت}}{\text{مدت زمان حرکت}}$$

یکای هر دو کمیت در SI، متر بر ثانیه (m/s) است.

نکته: ۱) از آنجایی که مسافت یک کمیت نرده‌ای و جابه‌جایی یک کمیت برداری است: در نتیجه تندی متوسط نیز یک کمیت نرده‌ای و سرعت متوسط یک کمیت برداری است: یعنی تندی متوسط جهت ندارد و همواره عدد مثبتی است: اما سرعت متوسط علاوه بر اندازه، جهت نیز دارد.

۲) سرعت متوسط همواره هم‌جهت با بردار جابه‌جایی متحرک است.

۳) اندازه سرعت متوسط را به صورت v_{av} نمایش می‌دهیم و برای به دست آوردن آن باید اندازه جابه‌جایی را بر Δt تقسیم کنیم:

$$\vec{v}_{av} = \frac{\vec{d}}{\Delta t} \xrightarrow{\text{اندازه سرعت متوسط}} v_{av} = \frac{d}{\Delta t}$$

۴) تندی متوسط به مسیر حرکت وابسته است: اما سرعت متوسط فقط به نقاط شروع و پایان حرکت بستگی دارد.

۵) در طی یک حرکت، همواره اندازه سرعت متوسط متحرک، کوچک‌تر یا مساوی تندی متوسط آن است.

$$v_{av} \leq s_{av}$$

۶) فقط در یک حالت $v_{av} = s_{av}$ می‌شود، آن هم در حالتی که متحرک روی خط راست و در یک جهت حرکت می‌کند.

۷) اگر متحرکی در طی یک حرکت در نهایت به نقطه شروع حرکتش بازگردد (مکان ابتدا و انتهای متحرک یکی باشد)، به دلیل صفر بودن جابه‌جایی، سرعت متوسط نیز صفر می‌شود. اما حواستون باشه که مسافت و تندی متوسط مخالف صفر و اعدادی مثبت هستند.

تبدیل km/h به m/s

در برخی تست‌ها سرعت یا تندی متحرک بر حسب km/h مطرح می‌شود. از آنجایی که واحد SI آن m/s است، برای تبدیل این دو واحد به یکدیگر مطابق جدول زیر عمل می‌کنیم: همچنین از آنجایی که هر ۵ m/s معادل با ۱۸ km/h است، با هر ۵ واحد افزایش سرعت بر حسب m/s، سرعت بر حسب km/h، ۱۸ واحد افزایش می‌یابد. این موضوع را در جدول زیر مشاهده می‌کنید.

$$\boxed{\text{km/h}} \xrightarrow{+3/6} \boxed{\text{m/s}} \xleftarrow{\times 3/6}$$

v(m/s)	v(km/h)
۵	۱۸
۱۰	۳۶
۱۵	۵۴
۲۰	۷۲
۲۵	۹۰
۳۰	۱۰۸

تست: شخصی در مدت ۵ دقیقه، ۳۰۰ m به طرف غرب و سپس ۴۰۰ m به طرف شمال حرکت می‌کند. به ترتیب از راست به چپ تندی متوسط و بزرگی سرعت متوسط چند متر بر ثانیه است؟

$$۱۴۰, ۱۴۰ (۴)$$

$$\frac{۵}{۳}, \frac{۷}{۳} (۳)$$

$$۱۰۰, ۱۴۰ (۲)$$

$$\frac{۷}{۳}, \frac{۷}{۳} (۱)$$

پاسخ: گزینه «۳»

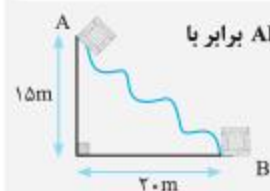
گام اول شخص مسافت $\ell = ۳۰۰ + ۴۰۰ = ۷۰۰ \text{ m}$ را طی کرده است و تندی متوسط او برابر است با:

$$s_{av} = \frac{۷۰۰}{۵ \times ۶۰} = \frac{۷}{۳} \text{ m/s}$$

گام دوم با استفاده از قضیه فیثاغورس، بزرگی جابه‌جایی شخص و سپس سرعت متوسط او را حساب می‌کنیم:

$$d = \sqrt{۳۰۰^2 + ۴۰۰^2} = ۵۰۰ \text{ m} \Rightarrow v_{av} = \frac{۵۰۰}{۵ \times ۶۰} = \frac{۵}{۳} \text{ m/s}$$

تست: در شکل مقابل جسمی از نقطه A رها می‌شود و پس از ۵ ثانیه به نقطه B می‌رسد. اگر طول مسیر AB برابر با ۳۰ m باشد، اختلاف تندی متوسط و اندازه سرعت متوسط این متحرک چند متر بر ثانیه است؟

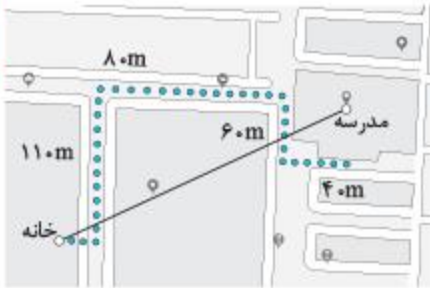


$$۱ (۲)$$

$$۰/۵ (۱)$$

$$۲ (۴)$$

$$۱/۵ (۳)$$



۴. شکل روبه‌رو مسیر حرکت یک دانش‌آموز از مدرسه تا خانه‌اش را در نرم‌افزار google map نشان می‌دهد. مسافت طی شده توسط دانش‌آموز و اندازه جابه‌جایی آن در طی این حرکت، به ترتیب از راست به چپ چند متر است؟

- (۱) ۱۰۰، ۲۵۰
- (۲) ۱۳۰، ۲۵۰
- (۳) ۱۰۰، ۲۹۰
- (۴) ۱۳۰، ۲۹۰

۵. شخصی در حال پیاده‌روی در یک مسیر مستقیم است. این شخص از نقطه A شروع به حرکت کرده و پس از طی ۵۰m به نقطه B می‌رسد و متوقف می‌شود، سپس تغییر جهت داده و ۲۰m به طرف A حرکت می‌کند و در نقطه C متوقف می‌شود. مسافت طی شده و اندازه جابه‌جایی شخص در کل این حرکت به ترتیب از راست به چپ، چند متر است؟

- (۱) ۳۰، ۷۰
- (۲) ۷۰، ۳۰
- (۳) ۲۰، ۷۰
- (۴) ۲۰، ۳۰

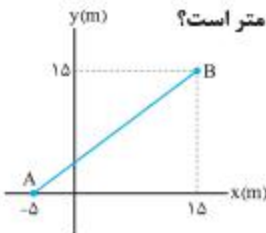
۶. فوتبالیستی از دروازه تیم خودشان در یک مسیر مستقیم شروع به دویدن به سمت دروازه تیم حریف می‌کند و وقتی به دروازه حریف می‌رسد، متوقف شده و دوباره روی خط راست باز می‌گردد و در مرکز زمین می‌ایستد. مسافت طی شده در طی این حرکت چند برابر اندازه جابه‌جایی آن است؟

- (۱) ۱
- (۲) ۲
- (۳) ۳
- (۴) ۴

۷. توپ کوچکی را از ارتفاع ۱۰ متری زمین رها می‌کنیم. هر بار که توپ به زمین برخورد می‌کند، به اندازه نصف بیشترین ارتفاع قبل از برخورد به زمین، بالا می‌رود. از لحظه رها شدن تا لحظه سومین برخورد به زمین، مسافتی که توپ طی کرده است، چند برابر اندازه جابه‌جایی آن است؟

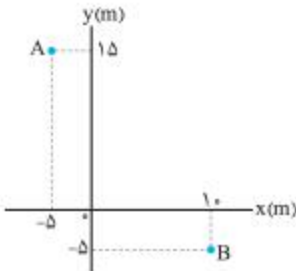
- (۱) ۱/۵
- (۲) ۲
- (۳) ۲/۵
- (۴) ۳

۸. شکل زیر مسیر حرکت متحرکی را در صفحه $x-y$ نشان می‌دهد. بزرگی جابه‌جایی متحرک از نقطه A تا نقطه B چند متر است؟



- (۱) ۱۵
- (۲) ۲۰
- (۳) ۲۵
- (۴) ۳۰

۹. مطابق شکل متحرکی در صفحه $x-y$ ، از نقطه A به نقطه B می‌رسد. اندازه جابه‌جایی متحرک و مسافتی که طی می‌کند، بر حسب متر کدام است؟



- (۱) ۲۵، ۲۵
- (۲) ۲۵، نمی‌توان تعیین کرد.
- (۳) $۵\sqrt{۵}$ ، $۵\sqrt{۵}$
- (۴) $۵\sqrt{۵}$ ، نمی‌توان تعیین کرد.

۱۰. از ارتفاع ۳۰ متری سطح زمین، گلوله کوچکی را پرتاب می‌کنیم تا ۴۰m دورتر از پای محل پرتاب به زمین برخورد کند. بزرگی جابه‌جایی جسم در این حرکت چند متر است؟

- (۱) ۷۰
- (۲) ۵۰
- (۳) ۱۰
- (۴) صفر

۱۱. متحرکی در صفحه $x-y$ در حال حرکت است و معادله مسیر حرکت آن در SI به صورت $y = ۳x + ۱۰$ می‌باشد. اندازه جابه‌جایی متحرک هنگامی که از $x_1 = ۲m$ به $x_2 = ۴m$ می‌رود، چند متر است؟

- (۱) ۸
- (۲) $۲\sqrt{۱۰}$
- (۳) $۳\sqrt{۳}$
- (۴) ۱۲

۱۲. پهبادی از روی زمین ۱۰m به طرف بالا و در راستای قائم حرکت می‌کند، سپس ۲۰m به طرف شمال و بعد از آن ۱۰m به طرف جنوب حرکت می‌کند. در کل این حرکت، بزرگی جابه‌جایی پهباد چند متر است؟

- (۱) صفر
- (۲) $۱۰\sqrt{۲}$
- (۳) ۲۰
- (۴) $۲۰\sqrt{۲}$

۱۳. پرنده‌ای از لانه‌اش به پرواز در می‌آید. این پرنده ابتدا ۶۰m به طرف شمال، ۸۰m به طرف غرب پرواز می‌کند و در نهایت ۱۰۰m در راستای قائم رو به بالا پرواز می‌کند. جابه‌جایی پرنده در طی این حرکت چند متر است؟

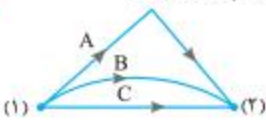
- (۱) ۲۴۰
- (۲) ۲۰۰
- (۳) $۱۰۰\sqrt{۲}$
- (۴) $۱۰۰\sqrt{۳}$

۱۴. متحرکی در یک مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند. هنگامی که یک چهارم محیط دایره را طی می‌کند، نسبت اندازه جابه‌جایی به مسافت طی شده آن کدام است؟

- (۱) ۱
- (۲) $\frac{\sqrt{۲}}{\pi}$
- (۳) $\frac{۲\sqrt{۲}}{\pi}$
- (۴) π



۲۲. مطابق شکل زیر سه متحرک A، B و C در مسیرهای مشخص شده از نقطه (۱) تا نقطه (۲) جابه‌جا می‌شوند. اگر سرعت متوسط این سه متحرک در طی این سه مسیر یکسان باشد، کدام گزینه، مقایسه‌ی درستی بین تندی متوسط این متحرک‌ها در طی این سه مسیر انجام داده است؟



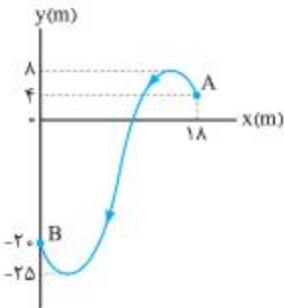
$$S_{avA} > S_{avB} > S_{avC} \quad (۲)$$

$$S_{avA} = S_{avB} = S_{avC} \quad (۱)$$

$$S_{avA} = S_{avB} > S_{avC} \quad (۴)$$

$$S_{avA} < S_{avB} < S_{avC} \quad (۳)$$

۲۳. مطابق شکل، جسمی طی مدت ۴ s در صفحه x-y از نقطه A تا نقطه B جابه‌جا می‌شود. اندازه سرعت متوسط آن در این مدت چند متر بر ثانیه است؟



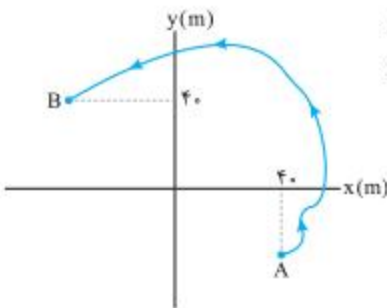
$$۷/۵ \quad (۱)$$

$$-۷/۵ \quad (۲)$$

$$۳۰ \quad (۳)$$

$$-۳۰ \quad (۴)$$

۲۴. مطابق شکل، متحرکی در صفحه x-y در مسیر نشان داده‌شده، از نقطه A به نقطه B می‌رود. اگر مسافتی که جسم می‌پیماید ۲۵۰ m باشد، تندی متوسط جسم چند برابر بزرگی سرعت متوسط آن است؟



$$۲/۵ \quad (۱)$$

$$۲ \quad (۲)$$

$$۱/۵ \quad (۳)$$

$$۱ \quad (۴)$$

۲۵. طول عقربه دقیقه‌شمار یک ساعت دیواری ۲۰ cm است. بزرگی سرعت متوسط و تندی متوسط نوک این عقربه در مدت ۱۰ دقیقه به ترتیب از راست به چپ چند متر بر ثانیه است؟

$$\frac{\pi}{۹۰۰۰}, \frac{۱}{۳۰۰۰} \quad (۲)$$

$$\frac{\pi}{۹۰}, \frac{۱}{۳۰} \quad (۱)$$

$$\frac{\pi}{۹۰}, \frac{۱}{۳۰۰۰} \quad (۴)$$

$$\frac{\pi}{۹۰۰۰}, \frac{۱}{۳۰} \quad (۳)$$

۲۶. دونه‌ای در یک مسیر دایره‌ای به شعاع ۲۰ m می‌دود. اگر بزرگی سرعت متوسط دونه هنگامی که یک چهارم این دایره را می‌پیماید برابر $۵\sqrt{۲}$ متر بر ثانیه باشد، تندی متوسط این دونه در این مدت چند متر بر ثانیه است؟ ($\pi = ۳$)

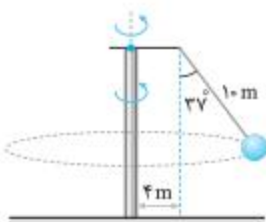
$$۱۰ \quad (۴)$$

$$۷/۵ \quad (۳)$$

$$۵ \quad (۲)$$

$$۲/۵ \quad (۱)$$

۲۷. مطابق شکل، گلوله به‌طور یکنواخت در هر دقیقه شش بار مسیر دایره‌ای شکل را دور می‌زند. تندی متوسط گلوله در یک دقیقه چند متر بر ثانیه است؟ ($\sin ۳۷^\circ = ۰.۶$)



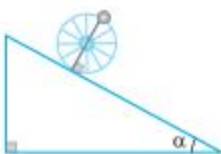
$$\text{صفر} \quad (۱)$$

$$۶/۲۸ \quad (۲)$$

$$۳/۱۴ \quad (۳)$$

$$۱/۵۷ \quad (۴)$$

۲۸. مطابق شکل، تکه سنگی به نقطه مشخص شده از چرخ به شعاع r چسبیده است. این چرخ در مدت ۰.۵ ثانیه به اندازه نیم دور از بالای سطح شیب‌دار به سمت پایین می‌چرخد. اگر در این حرکت، اندازه سرعت متوسط سنگ $۴\sqrt{۱۳}$ m/s باشد، شعاع r چند متر است؟ ($\pi = ۳$)



$$۳ \quad (۴)$$

$$۴ \quad (۳)$$

$$۲/۵ \quad (۲)$$

$$۲ \quad (۱)$$

۲۹. متحرک A با تندی ثابت ۱۸ m/s به طرف شمال و هم‌زمان از همان نقطه، متحرک B با تندی ثابت ۲۴ m/s به طرف غرب حرکت می‌کنند. چند ثانیه طول می‌کشد تا فاصله دو متحرک به ۹۰ m برسد؟

$$۶ \quad (۴)$$

$$۵ \quad (۳)$$

$$۴ \quad (۲)$$

$$۳ \quad (۱)$$

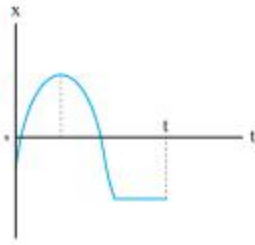
۳۰. متحرکی t ثانیه اول حرکتش را با تندی ثابت ۲۰ m/s رو به شمال و ۲t ثانیه بعدی را با تندی ثابت ۸ m/s رو به غرب و t ثانیه آخر را با تندی ثابت ۲ m/s رو به جنوب حرکت می‌کند. اندازه سرعت متوسط این متحرک در کل حرکت چند متر بر ثانیه است؟

$$۶ \quad (۴)$$

$$۵ \quad (۳)$$

$$۴ \quad (۲)$$

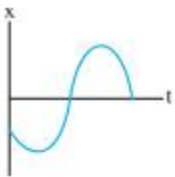
$$۳ \quad (۱)$$



۴۶. نمودار مکان-زمان متحرکی که در مسیری مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در بازه زمانی صفر تا t .

جهت حرکت متحرک چند بار تغییر کرده است؟

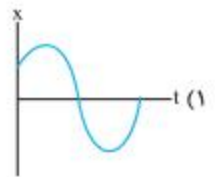
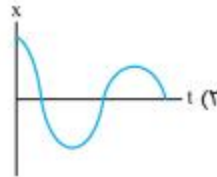
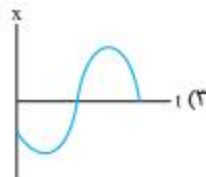
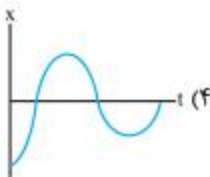
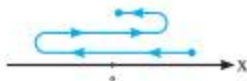
- (۱) صفر
- (۲) ۱
- (۳) ۲
- (۴) ۳



۴۷. نمودار مکان-زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در کدام گزینه مسیر حرکت متحرک روی محور x به درستی رسم شده است؟

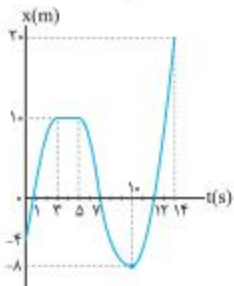


۴۸. مسیر حرکت متحرکی روی محور x مطابق شکل است. کدام گزینه می‌تواند نمودار مکان-زمان مربوط به این حرکت باشد؟



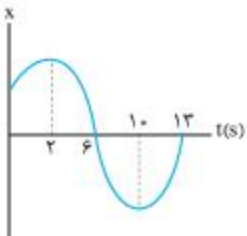
۴۹. در نمودار مکان-زمان شکل روبه‌رو، متحرک در بازه زمانی صفر تا ۱۴ ثانیه متر را پیموده و متر را جابه‌جا شده و جهت حرکتش بار عوض شده است.

- (۱) ۳، ۲۴، ۶۰
- (۲) ۲، ۲۴، ۴۲
- (۳) ۲، ۲۴، ۶۰
- (۴) ۳، ۲۴، ۴۲



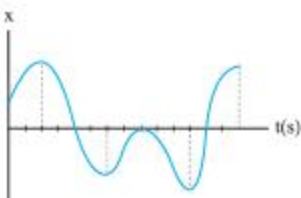
۵۰. نمودار مکان-زمان متحرکی مطابق شکل است. در بازه زمانی صفر تا $t = 13$ s، این متحرک در مجموع ثانیه در حال دور شدن از مبدأ مکان است و ثانیه در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند. (پاسخ‌ها از راست به چپ نوشته شده‌اند).

- (۱) ۸، ۶
- (۲) ۶، ۸
- (۳) ۷، ۶
- (۴) ۶، ۷



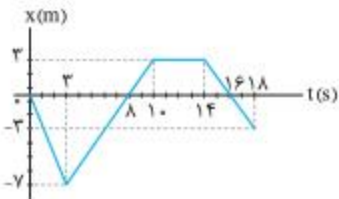
۵۱. نمودار مکان-زمان متحرکی که روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در طی این حرکت به ترتیب از راست به چپ، چند بار جهت بردار مکان متحرک تغییر می‌کند و متحرک در کل چند ثانیه در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند؟ (محور زمان به واحدهای یک ثانیه‌ای درجه‌بندی شده است). (کانون فرهنگی آموزش)

- (۱) ۷، ۲
- (۲) ۸، ۴
- (۳) ۷، ۴
- (۴) ۸، ۲



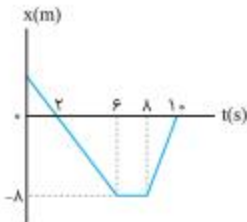
۵۲. شکل روبه‌رو نمودار مکان-زمان متحرکی را نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد حرکت این متحرک از شروع حرکت تا لحظه $t = 18$ s درست است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

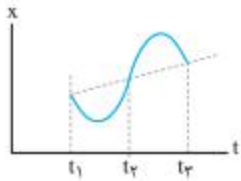
- (۱) در لحظه‌های ۸ s و ۱۶ s تغییر جهت داده است.
- (۲) در مجموع به مدت ۷ ثانیه در خلاف جهت محور x حرکت کرده است.
- (۳) در مجموع به مدت ۶ ثانیه سرعت آن صفر بوده است.
- (۴) در بازه زمانی صفر تا ۱۶ ثانیه، تندی متوسط آن صفر است.



۵۳. نمودار مکان-زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. در بازه زمانی صفر تا ۱۰ s، جسم چند متر در جهت x های منفی حرکت کرده است؟

- (۱) صفر
- (۲) ۴
- (۳) ۸
- (۴) ۱۲





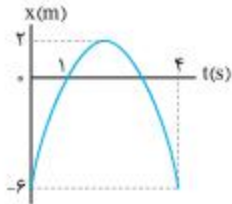
۷۳. نمودار مکان-زمان متحرکی که روی مسیری مستقیم در حال حرکت است، مطابق شکل است. اگر سرعت متوسط متحرک در بازه زمانی t_1 تا t_3 برابر v_{av_1} و سرعت متوسط آن در بازه زمانی t_1 تا t_2 برابر v_{av_2} باشد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

$$v_{av_1} = v_{av_2} \quad (1)$$

$$v_{av_1} > v_{av_2} \quad (2)$$

$$v_{av_1} \leq v_{av_2} \quad (3)$$

$$v_{av_1} < v_{av_2} \quad (4)$$



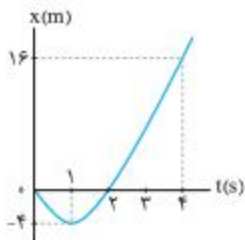
۷۴. نمودار مکان-زمان متحرکی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. سرعت متوسط متحرک در فاصله زمانی $t_1 = 1s$ تا $t_2 = 4s$ چند متر بر ثانیه است؟ (تجربین ۸۷)

$$2 \quad (1)$$

$$-2 \quad (2)$$

$$6 \quad (3)$$

$$-6 \quad (4)$$



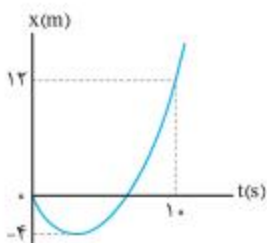
۷۵. شکل روبه‌رو، نمودار مکان-زمان متحرکی در مسیر مستقیم است. بزرگی سرعت متوسط متحرک در چهار ثانیه اول، چند متر بر ثانیه است؟ (ریاضی ۸۴)

$$2 \quad (1)$$

$$3 \quad (2)$$

$$4 \quad (3)$$

$$5 \quad (4)$$



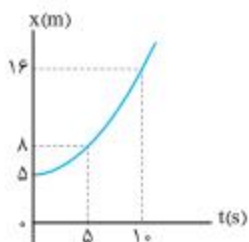
۷۶. نمودار مکان-زمان متحرکی که روی خط راست حرکت می‌کند، مطابق شکل است. تندی متوسط جسم در بازه زمانی $t_1 = 0s$ تا $t_2 = 10s$ چند کیلومتر بر ساعت است؟

$$1/6 \quad (1)$$

$$2 \quad (2)$$

$$5/76 \quad (3)$$

$$7/2 \quad (4)$$



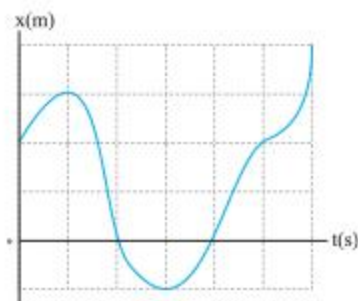
۷۷. نمودار مکان-زمان متحرکی مطابق شکل است. نسبت سرعت متوسط متحرک در ۵ ثانیه دوم حرکت به ۵ ثانیه اول حرکت کدام است؟

$$\frac{16}{5} \quad (1)$$

$$\frac{8}{5} \quad (2)$$

$$1 \quad (3)$$

$$\frac{8}{3} \quad (4)$$



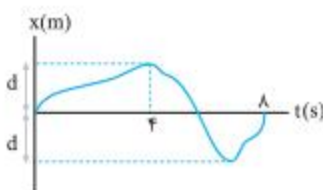
۷۸. نمودار مکان-زمان متحرکی که روی مسیر مستقیم حرکت می‌کند، مطابق شکل است. تندی متوسط متحرک در شش ثانیه اول حرکت چند برابر بزرگی سرعت متوسط متحرک در سه ثانیه دوم حرکت است؟ (هر یک از اضلاع مربع‌های کوچک یک واحد SI است.) (کانون فرهنگی آموزش)

$$1 \quad (1)$$

$$\frac{3}{5} \quad (2)$$

$$\frac{1}{3} \quad (3)$$

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



۷۹. در شکل روبه‌رو، اندازه سرعت متوسط در چهار ثانیه اول، چند برابر تندی متوسط در چهار ثانیه دوم است؟

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

$$\frac{1}{3} \quad (2)$$

$$\frac{1}{4} \quad (3)$$

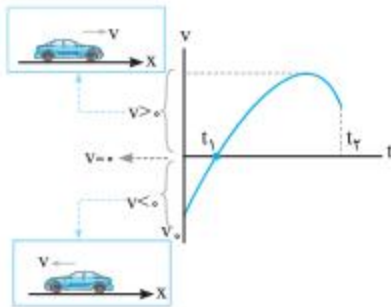
$$1 \quad (4)$$

ایستگاه ۷: نمودار و معادله سرعت - زمان

نمودار سرعت - زمان

متحرکی را در نظر بگیرید که روی محور x در حرکت است اگر نمودار سرعت متحرک، در هر لحظه برحسب زمان متناظر با آن لحظه رسم شود، نمودار سرعت - زمان حاصل می‌شود. با استفاده از نمودار سرعت - زمان، اطلاعات بسیار کاربردی و مفیدی از حرکت متحرک بدست می‌آید که پس از خواندن نکات زیر شما هم قادر خواهید بود این نکات را از هر نمودار سرعت - زمانی استخراج کنید:

۱. سرعت و جهت حرکت:

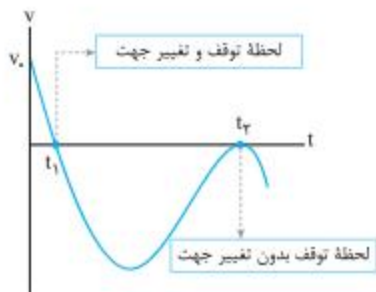


در بازه‌های زمانی‌ای که نمودار زیر محور t قرار دارد، سرعت عددی منفی است ($v < 0$) و این یعنی در این بازه‌ها متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند. مثلاً در نمودار مقابل در بازه زمانی صفر تا t_1 متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

همچنین در بازه‌های زمانی‌ای که نمودار بالای محور t قرار دارد، سرعت عددی مثبت است ($v > 0$) و این یعنی متحرک در جهت محور x در حرکت است. مثلاً در نمودار مقابل، در تمام لحظات بازه $(t_1$ تا $t_2)$ سرعت، مثبت بوده و متحرک در جهت محور x حرکت می‌کند.

در نمودار سرعت - زمان، محل تلاقی نمودار با محور قائم (محور v) برابر با سرعت اولیه (سرعت در لحظه صفر یا v_0) می‌باشد که در نمودار مقابل $v_0 < 0$ است و این یعنی متحرک در شروع حرکتش در خلاف جهت محور در حرکت بوده است.

۲. لحظات توقف و تغییر جهت حرکت:

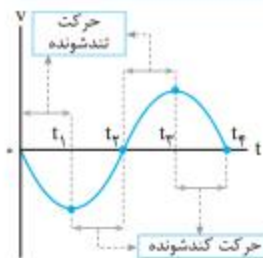


در لحظاتی که نمودار محور t را قطع کرده و از آن عبور می‌کند، متحرک متوقف شده و جهت حرکتش تغییر می‌کند به عنوان مثال در نمودار فوق در لحظه t_1 متحرک تغییر جهت داده است چون همان طور که گفتیم سرعت، قبل از این لحظه، مثبت، در خود این لحظه، صفر و پس از این لحظه، منفی است و در نتیجه حتماً در این لحظه، تغییر جهت داریم.

اما دقت کنید اگر مطابق نمودار مقابل، نمودار سرعت - زمان در لحظه‌ای مانند t_2 با محور t تلاقی داشته باشد ولی از آن عبور نکند (نمودار بر محور t مماس باشد) متحرک در این لحظه متوقف شده ولی جهت حرکت آن عوض نمی‌شود، چون هم در لحظات قبل و هم در لحظات بعد از t_2 سرعت منفی و جهت حرکت یکسان است اما طبق نکته قبلی، در لحظه t_2 جهت حرکت عوض شده است.

قاطی نکنید! اون توی نمودار مکان - زمان بود که در قله و قعر نمودار، تغییر جهت داشتیم اینجا بحث، نمودار سرعت - زمانه و داستان به چیز دیگس!

۳. نوع حرکت متحرک:



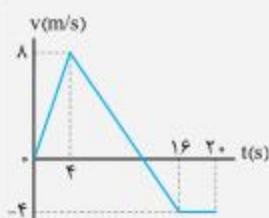
فاصله نمودار سرعت - زمان از محور t در هر لحظه برابر با تندی (اندازه سرعت) متحرک است در نتیجه در بازه‌های زمانی‌ای که نمودار در حال دور شدن از محور t است، تندی در حال افزایش بوده و حرکت تندشونده است و در بازه‌های زمانی‌ای که نمودار در حال نزدیک شدن به محور t است، تندی در حال کاهش بوده و حرکت کندشونده است. به عنوان مثال در نمودار شکل مقابل در بازه‌های زمانی صفر تا t_1 و t_2 تا t_3 ، حرکت کندشونده و در بازه‌های زمانی t_1 تا t_2 و t_3 تا t_4 حرکت کندشونده است.

تذکره: نمودار سرعت - زمان هیچ اطلاعاتی درباره مکان اولیه متحرک (x_0) به ما نمی‌دهد.

تست: متحرکی روی محور x حرکت می‌کند و نمودار سرعت - زمان آن، مطابق شکل است. متحرک در ۲۰ ثانیه

(برگرفته از کتاب درسی)

اول، چند ثانیه در جهت مخالف محور x حرکت کرده است؟



۴ (۱)

۶ (۲)

۸ (۳)

۱۲ (۴)

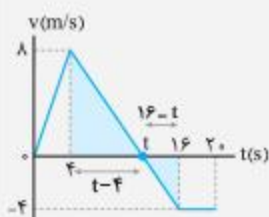
پاسخ: گزینه ۳

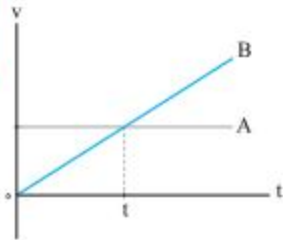
در بازه زمانی t تا 20 س علامت سرعت، منفی بوده و متحرک در خلاف جهت محور x حرکت می‌کند.

برای تعیین t از تشابه مثلث‌های رنگی استفاده می‌کنیم: $\frac{t-4}{16-t} = \frac{8}{4} \Rightarrow t = 12$ س

متحرک از $t = 12$ س تا $t = 20$ س در جهت منفی محور x حرکت کرده است:

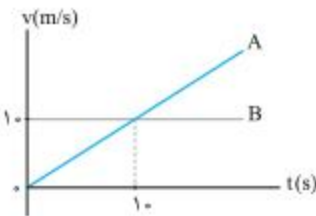
مدت زمان حرکت در سوی مخالف محور x ها $t' = 20 - 12 = 8$ س





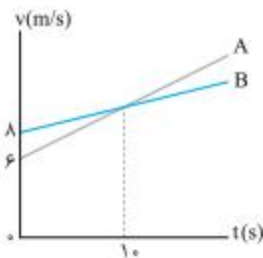
۴۶۹. نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که در مبدأ زمان از یک نقطه در مسیری مستقیم عبور کرده‌اند، مطابق شکل است. در چه لحظه‌ای متحرک A و B دوباره به هم می‌رسند؟

- (۱) t
- (۲) $2t$
- (۳) دو متحرک به هم نمی‌رسند.
- (۴) باید سرعت متحرک A معلوم باشد.



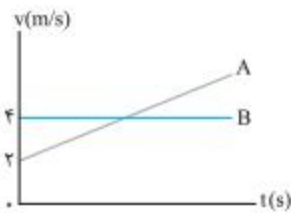
۴۶۸. در شکل مقابل، نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که هم‌زمان از یک نقطه در مسیری مستقیم عبور می‌کنند، نشان داده شده است. در لحظه $t = 10s$ ،

- (۱) دو متحرک به هم می‌رسند.
- (۲) متحرک A از متحرک B سبقت می‌گیرد.
- (۳) متحرک A نصف متحرک B جابه‌جا شده است.
- (۴) تندی متوسط هر دو متحرک یکسان می‌شود.



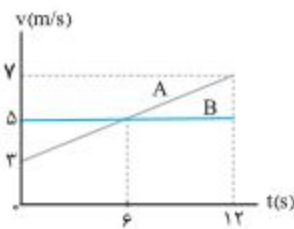
۴۶۷. نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که هم‌زمان از مبدأ مکان عبور می‌کنند، مطابق شکل است. هنگامی که تندی دو متحرک یکسان می‌شود، چه فاصله‌ای بر حسب متر از یکدیگر دارند؟

- (۱) ۲۰
- (۲) ۱۰
- (۳) ۵
- (۴) صفر



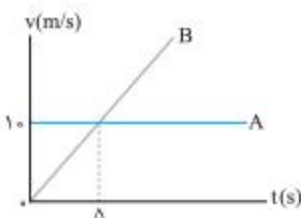
۴۷۰. شکل روبه‌رو نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B را نشان می‌دهد که هم‌زمان از یک نقطه روی خط راست در $t = 0s$ عبور کرده‌اند. سرعت A هنگام سبقت گرفتن از B چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۲
- (۲) ۴
- (۳) ۶
- (۴) ۸



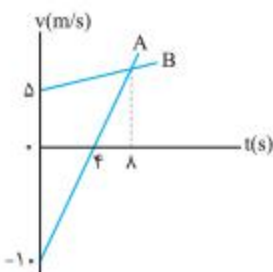
۴۷۱. نمودار سرعت - زمان دو متحرک A و B که روی خطی راست در حال حرکت‌اند، مطابق شکل است. اگر مکان اولیه این دو متحرک یکسان باشد، کدام گزینه درباره این دو متحرک در ۱۲ ثانیه اول حرکتشان نادرست است؟

- (۱) دو متحرک در لحظه $t = 12s$ از کنار هم عبور می‌کنند.
- (۲) بیشترین فاصله دو متحرک ۶m از یکدیگر است.
- (۳) فاصله دو متحرک ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.
- (۴) سرعت متوسط متحرک B، $6m/s$ است.



۴۷۲. دو متحرک A و B روی یک خط راست حرکت می‌کنند و نمودار سرعت - زمان آن‌ها مطابق شکل است. اگر در لحظه $t = 0s$ متحرک A از $x = 100m$ و متحرک B از $x = 25m$ عبور کند، دو متحرک در چه لحظه‌ای بر حسب ثانیه به هم می‌رسند؟

- (۱) ۱۰
- (۲) ۱۲
- (۳) ۱۵
- (۴) ۲۰



۴۷۳. دو متحرک A و B روی خط راست از یک نقطه حرکت می‌کنند و نمودار سرعت - زمان آن‌ها مطابق شکل است. بیشترین فاصله دو متحرک قبل از رسیدن به یکدیگر چند متر است؟

- (۱) ۲۰
- (۲) ۴۰
- (۳) ۶۰
- (۴) ۸۰

(برگرفته از کتاب درسی)

۶۴۴. چه تعداد از عبارات‌های زیر درست می‌باشند؟

(الف) وقتی جسمی روی خط راست در یک جهت ثابت حرکت می‌کند، نیروهای وارد بر آن متوازن‌اند.
(ب) نقش کمربند در اتومبیل‌ها، مقابله با قانون اول نیوتون است.

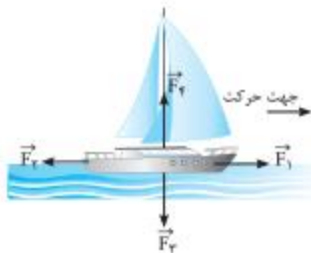
(پ) به خاصیتی که اجسام دوست دارند وضعیت حرکتی خود را در حالتی که نیروهای وارد بر آن‌ها متوازن است، حفظ کنند، لغتی می‌گویند.
(ت) برای این که یک جسم به حرکت خود ادامه دهد، باید حتماً بر آن نیرو وارد شود.

- (۱) صفر (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳



۶۴۵. در شکل مقابل، سه جسم روی سطح افقی با نخ‌های یکسان به هم بسته شده‌اند. اگر مجموعه را به آرامی با نیروی \vec{F} بکشیم، هر سه جسم روی سطح کشیده می‌شوند. اگر نیروی \vec{F} را به‌طور ناگهانی به مجموعه وارد کنیم، کدام نخ پاره می‌شود؟ (اصطکاک سطح ناچیز است.)

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) هر سه نخ هم‌زمان پاره می‌شوند.



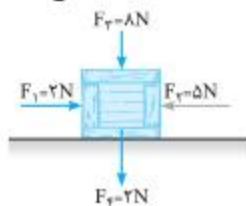
۶۴۶. شکل روبه‌رو، نیروهای وارد بر قایقی را نشان می‌دهد که با سرعت ثابت در حال حرکت است. در کدام گزینه مقایسه‌ی درستی بین اندازه‌ی نیروهای وارد شده بر قایق، انجام شده است؟

- (۱) $F_1 = F_2 = F_3 = F_4$
(۲) $F_1 = F_2$, $F_3 = F_4$
(۳) $F_1 > F_2$, $F_3 = F_4$
(۴) $F_1 = F_2$, $F_3 < F_4$

۶۴۷. هواپیمایی به وزن 10^5 N در ارتفاع معینی از سطح زمین با سرعت ثابت و به‌طور افقی در حال حرکت است. اگر نیروی مقاوم در برابر حرکت هواپیما 5000 N باشد، به‌ترتیب از راست به چپ، اندازه‌ی نیروی موتور هواپیما و اندازه‌ی نیرویی که مانع از پایین آمدن هواپیما می‌شود، در SI کدام است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

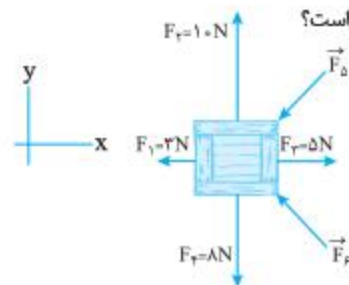
- (۱) صفر - صفر (۲) صفر - 10^5 (۳) 5×10^3 - 10^5 (۴) 5×10^3 - صفر

۶۴۸. جسمی روی سطحی افقی دارای حرکت یکنواخت است و تعدادی از نیروهای وارد بر آن در شکل نشان داده شده است. در راستای موازی سطح و در راستای عمود بر سطح، به‌ترتیب از راست به چپ چه نیروهای دیگری بر جسم می‌تواند وارد شود؟



- (۱) ۳ نیوتون به‌طرف راست - ۱۰ نیوتون به‌طرف بالا
(۲) ۷ نیوتون به‌طرف راست - ۶ نیوتون به‌طرف بالا
(۳) ۳ نیوتون به‌طرف چپ - ۱۰ نیوتون به‌طرف پایین
(۴) ۷ نیوتون به‌طرف چپ - ۶ نیوتون به‌طرف پایین

۶۴۹. در شکل مقابل، نیروهای وارد بر جسم نشان داده شده‌اند و جسم در حال تعادل است. حاصل عبارت $\vec{F}_5 + \vec{F}_6$ در SI کدام است؟



- (۱) $8\vec{i} + 18\vec{j}$
(۲) $-8\vec{i} - 18\vec{j}$
(۳) $7\vec{i} + 2\vec{j}$
(۴) $-7\vec{i} - 2\vec{j}$

۶۵۰. فقط دو نیروی $\vec{F}_1 = 6\vec{i} - 2\vec{j}$ و \vec{F}_2 بر ذره‌ای وارد می‌شوند و این ذره با سرعت ثابت $\vec{v} = 2\vec{i} + 4\vec{j}$ حرکت می‌کند. در این حالت نیروی \vec{F}_2 کدام است؟ (ریاضی خارج)

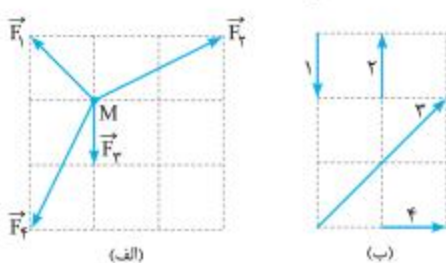
- (۱) $\vec{i} + 2\vec{j}$ (۲) $-\vec{i} - 2\vec{j}$ (۳) $2\vec{i} - 6\vec{j}$ (۴) $-2\vec{i} + 6\vec{j}$

۶۵۱. چهار نیروی 50 ، 100 ، 50 و 150 نیوتونی بر جسمی اثر می‌کنند و جسم ساکن است. بزرگی برابند نیروهای 50 و 150 نیوتونی چند نیوتون است؟ (کانون فرهنگی آموزش)

- (۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۱۵ (۴) نمی‌توان تعیین کرد.

۶۵۲. سه نیروی هم‌راستا و افقی به جسمی به جرم 2 kg که روی سطح افقی بدون اصطکاک در حال سکون قرار دارد، به‌طور هم‌زمان وارد می‌شوند. اندازه‌های سه نیرو بر حسب نیوتون مطابق کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد تا جسم همچنان حالت سکون خود را حفظ کند؟ (کانون فرهنگی آموزش)

- (۱) $4, 1, 2$ (۲) $3, 2, 2$ (۳) $4, 3, 1$ (۴) $3, 3, 3$



۶۵۳. چهار نیروی \vec{F}_1 ، \vec{F}_2 ، \vec{F}_3 و \vec{F}_4 مطابق شکل (الف) بر ذره‌ی M وارد می‌شوند. برای این که جسم به‌طور یکنواخت به حرکت خود ادامه دهد، کدام یک از نیروهای شکل (ب) باید بر آن وارد شوند؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

تست: جسمی به جرم 2 kg از بالای ساختمان بلندی به سمت پایین پرتاب می‌شود. اگر نیروی مقاومت هوا در یک لحظه برابر 40 N باشد، بزرگی

شتاب متحرک در این لحظه چند متر بر مجذور ثانیه و به کدام سمت است؟ ($g = 10\text{ m/s}^2$)

(۴) 10 ، پایین

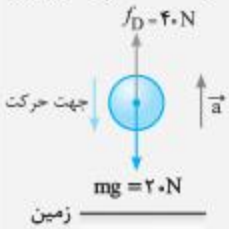
(۳) 20 ، بالا

(۲) 10 ، بالا

(۱) 20 ، پایین

پاسخ: گزینه ۲

مطابق شکل در لحظه مذکور، $f_D > mg$ است. بنابراین نیروی خالص و شتاب جسم به سمت بالا و حرکت کندشونده است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:



$$f_D - mg = ma \Rightarrow a = \frac{f_D}{m} - g = \frac{40\text{ N}}{2\text{ kg}} - 10\text{ m/s}^2 = 20 - 10 = 10\text{ m/s}^2$$

تحلیل کامل حرکت یک چترباز

چتربازی را در نظر بگیرید که از ارتفاع بلندی سقوط می‌کند و پس از رسیدن به تندی حدی‌اش چترش را باز می‌کند. مطابق جدول زیر حرکت چترباز را از لحظه سقوط تا رسیدن به زمین در ۴ مرحله بررسی می‌کنیم:

شکل	مقایسه f_D و mg	توجه تغییر f_D	جهت شتاب	نوع حرکت	هنوان مرحله
	$f_D < mg$	افزایش	پایین	تندشونده	(۱) سقوط اولیه چترباز
	$f_D = mg$	ثابت	$a = 0$	یکنواخت	(۲) حرکت با تندی حدی
	$f_D > mg$	کاهش	بالا	کندشونده	(۳) باز شدن چتر
	$f_D = mg$	ثابت	$a = 0$	یکنواخت	(۴) حرکت با تندی حدی جدید

نکته: ۱) تندی حدی با چتر همواره کوچک‌تر از تندی حدی بدون چتر است!

۲) در لحظه باز شدن چتر، چون تندی بیشینه است، نیروی مقاومت هوا هم بیشینه است ($f_{D,max}$).



۸۲۰. جسمی به وزن ۲۰۰N را روی یک سطح افقی قرار داده و آن را با نیروی افقی ۴۰N می‌کشیم، ولی قادر به تکان دادن آن نیستیم. نیروی اصطکاک بر حسب نیوتون کدام است؟

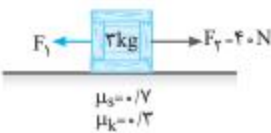
- ۶ (۱)
- ۶۰ (۲)
- ۲۰ (۳)
- ۴۰ (۴)



۸۲۱. در شکل نشان داده شده، شخصی با نیروی ۸۰N جسم ۵۰ کیلوگرمی را هل می‌دهد، اما جسم ساکن می‌ماند. ولی وقتی با نیروی ۱۰۰N جسم را هل می‌دهد، جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد. نیروی اصطکاک بین جسم و سطح در حالت اول نیوتون و ضریب اصطکاک ایستایی بین جسم و سطح است. $(g = 10 \text{ m/s}^2)$ (برگرفته از کتاب درسی)

- ۰/۱۶، ۵۰۰ (۱)
- ۰/۲، ۵۰۰ (۲)
- ۰/۱۶، ۸۰ (۳)
- ۰/۲، ۸۰ (۴)

۸۲۲. مطابق شکل، دو نیروی افقی F_1 و $F_2 = 40 \text{ N}$ به جسمی به جرم ۳kg وارد می‌شوند. کمینه و بیشینه بزرگی نیروی F_1 چند نیوتون باشد به طوری که جسم بر روی سطح افقی نلغزد؟



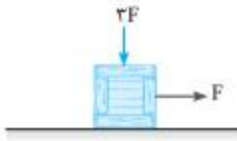
- ۴۹، ۱۹ (۱)
- ۶۱، ۳۱ (۲)
- ۶۱، ۱۹ (۳)
- ۴۹، ۳۱ (۴)

۸۲۳. مطابق شکل (الف) نیروی ثابت F_1 بر جعبه وارد می‌شود و جعبه ساکن است. اگر مطابق شکل (ب) نیروی F_2 بر جعبه وارد شود و اندازه آن از صفر افزایش یابد، کدام یک از گزینه‌های زیر تادرست است؟



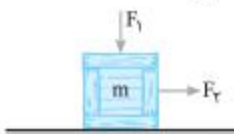
- (۱) اندازه نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.
- (۲) اندازه نیروی اصطکاک ایستایی تغییر نمی‌کند.
- (۳) اندازه بیشینه نیروی اصطکاک ایستایی افزایش می‌یابد.
- (۴) اندازه نیروی خالص وارد بر جسم افزایش می‌یابد.

۸۲۴. در شکل مقابل، وزن جعبه برابر F و ضریب اصطکاک ایستایی بین جعبه و سطح تکیه‌گاه برابر 0.4 است و جعبه از حال سکون توسط نیروی افقی F کشیده می‌شود. اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جعبه چند برابر F است؟



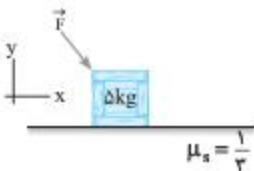
- ۱/۲ (۱)
- ۱/۶ (۲)
- ۱ (۳)
- ۴ (۴)

۸۲۵. دو نیروی F_1 و F_2 مطابق شکل در دو راستا بر جسم وارد می‌شوند و جسم ساکن است. اگر بدون تغییر F_1 ، F_2 را دو برابر کنیم،



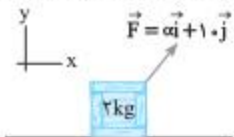
- (۱) اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جسم دو برابر می‌شود.
- (۲) اندازه نیروی عمودی سطح دو برابر می‌شود.
- (۳) اندازه نیروی اصطکاک وارد بر جسم تغییر نمی‌کند.
- (۴) اندازه نیروی عمودی سطح تغییر نمی‌کند.

۸۲۶. در شکل روبه‌رو نیروی $\vec{F} = F_1\vec{i} - F_2\vec{j}$ (در SI) بر جسمی به جرم ۵kg اثر می‌کند. حداقل بزرگی نیروی F چند نیوتون باشد تا جسم روی سطح افقی در آستانه حرکت قرار گیرد؟ $(g = 10 \text{ m/s}^2)$



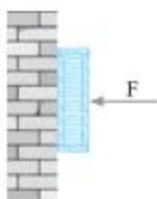
- ۱۰ (۱)
- $25\sqrt{2}$ (۲)
- $20\sqrt{2}$ (۴)
- ۲۰ (۳)

۸۲۷. مطابق شکل نیروی \vec{F} بر جسم اثر می‌کند و جسم ساکن است. اگر ضریب اصطکاک ایستایی جسم با سطح برابر 0.3 باشد، مقدار α بر حسب نیوتون کدام گزینه می‌تواند باشد؟ $(g = 10 \text{ N/kg})$



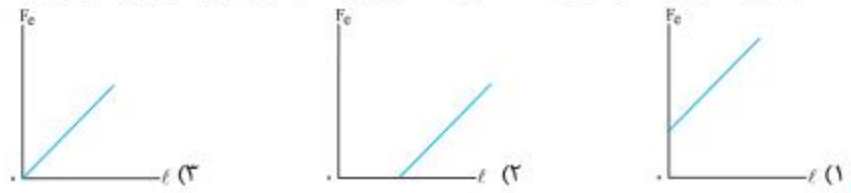
- ۲/۵ (۱)
- ۷ (۲)
- ۹ (۳)
- ۱۲ (۴)

۸۲۸. در شکل روبه‌رو، نیروی عمود بر سطح F را بر جسم وارد می‌کنیم و جسم ساکن مانده است. اگر نیروی F را زیاد کنیم،



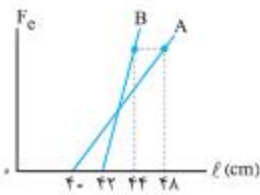
- (۱) نیروی اصطکاک افزایش می‌یابد.
- (۲) نیروی وزن افزایش می‌یابد.
- (۳) نیروی عمودی سطح افزایش می‌یابد.
- (۴) هر دو گزینه «۱» و «۲» درست هستند.

۹.۰۳. کدام گزینه، نمودار اندازه نیروی کشسانی یک فنر را بر حسب طول آن به درستی نمایش می‌دهد؟



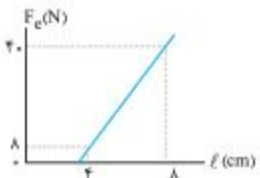
(۴) هر سه شکل می‌توانند درست باشند.

۹.۰۴. در شکل روبه‌رو، نمودار بزرگی نیروی کشسانی وارد بر دو فنر A و B بر حسب طول فنرها نشان داده شده است. ثابت فنر A چند برابر ثابت فنر B است؟



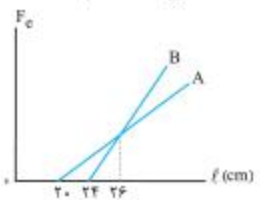
- (۱) $\frac{1}{8}$
- (۲) $\frac{1}{6}$
- (۳) $\frac{1}{4}$
- (۴) $\frac{1}{2}$

۹.۰۵. نمودار اندازه نیروی کشسانی یک فنر بر حسب طول آن، مطابق شکل است. اگر این فنر را از دو طرف با نیروی افقی ۲۴ N بکشیم، طول آن چند سانتی‌متر می‌شود؟ (جرم فنر ناچیز فرض شود). (کانون فرهنگی آموزش)



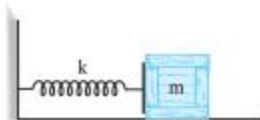
- (۱) ۵
- (۲) ۶
- (۳) ۷
- (۴) ۷/۵

۹.۰۶. شکل روبه‌رو، بزرگی نیروی کشسانی فنرهای A و B را بر حسب طول آن‌ها نشان می‌دهد. اگر نیروی F، طول فنر A را به ۳۲ cm برساند، همین نیرو طول فنر B را به چند سانتی‌متر می‌رساند؟



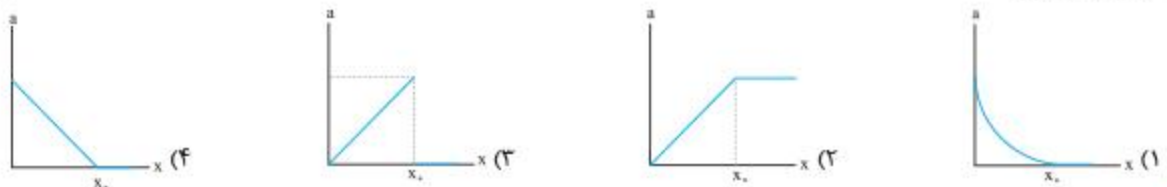
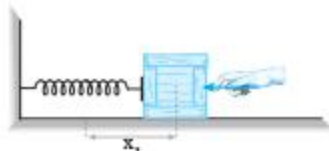
- (۱) ۲۶
- (۲) ۲۰
- (۳) ۲۸
- (۴) ۳۰

۹.۰۷. در شکل مقابل فنر با ثابت k را مطابق شکل، توسط جسمی به جرم m فشرده ساخته و سپس آن را از حالت سکون رها می‌کنیم. اگر نیروی اصطکاک بین جسم و سطح ناچیز باشد، کدام گزینه درباره حرکت جسم از لحظه رها شدن تا لحظه جدا شدن از فنر درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

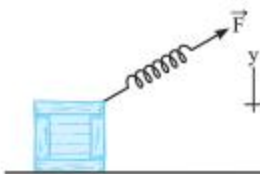


- (۱) حرکت با شتاب ثابت است.
- (۲) حرکت با شتاب متغیر است و بزرگی شتاب در حال افزایش است.
- (۳) حرکت با شتاب متغیر است و بزرگی شتاب در حال کاهش است.
- (۴) حرکت با سرعت ثابت است.

۹.۰۸. مطابق شکل روبه‌رو، فنری را توسط جسمی به جرم m به اندازه x فشرده ساخته و سپس رها می‌کنیم. اگر اصطکاک جسم با سطح ناچیز باشد، از لحظه‌ای که جسم را رها می‌کنیم تا لحظه جدا شدن آن از فنر، نمودار بزرگی شتاب جسم بر حسب مکان آن کدام است؟ (مکان جسم در لحظه رها شدن را مبدأ مکان در نظر بگیرید).



۹.۰۹. در شکل روبه‌رو، ثابت فنر ۱۰۰ N/m است و جسم با شتاب ثابت روی سطح افقی بدون اصطکاک حرکت می‌کند. اگر $\vec{F} = 4\vec{i} + 3\vec{j}$ (در SI) باشد، تغییر طول فنر از حالت هادی‌اش چند سانتی‌متر است؟



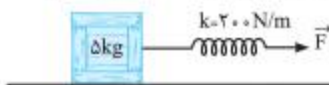
- (۱) ۴
- (۲) ۳
- (۳) ۱
- (۴) ۵

۹.۱۰. در شکل روبه‌رو، با یک نیروسنج فنری با ثابت $k = 1\text{ N/cm}$ بر جسم نیروی افقی F را وارد می‌کنیم و فنر به اندازه ۶ cm افزایش طول می‌یابد و جسم در آستانه حرکت قرار می‌گیرد. ضریب اصطکاک ایستایی جسم با سطح کدام است؟ ($g = 10\text{ N/kg}$)

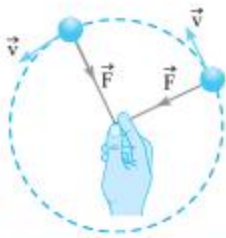


- (۱) ۰/۲
- (۲) ۰/۳
- (۳) ۰/۴
- (۴) ۰/۵

۹.۱۱. جسمی روی یک سطح افقی تحت تأثیر نیروی افقی \vec{F} با سرعت ثابت کشیده می‌شود. اگر افزایش طول فنر در ضمن حرکت ۵ سانتی‌متر باشد، ضریب اصطکاک جنبشی بین جسم و سطح کدام است؟ ($g = 10\text{ m/s}^2$) (تجربی ۹۸)



- (۱) ۰/۲
- (۲) ۰/۲۵
- (۳) ۰/۳
- (۴) ۰/۴



نکته: ۱ نیروی مرکزگرا یک نیروی جدید نیست! یعنی به خودی خود وجود ندارد و باید توسط یک نیروی خارجی مانند نیروی اصطکاک، کشش نخ، کشسانی فنر، گرانشی و... ایجاد شود. به‌طور مثال در شکل زیر نیروی کشش نخ، نیروی مرکزگرای لازم جهت چرخش جسم روی یک سطح افقی را تأمین می‌کند. برای اینکه حالت‌های خاص حرکت دایره‌ای یکنواخت و نیروهای مرکزگرای تأمین‌کننده آن‌ها را یک‌جا ببینید، جدول زیر را خوب بررسی کنید و آن را یاد بگیرید:

رابطه	نیروی تأمین‌کننده نیروی مرکزگرا	شکل	نوع حرکت دایره‌ای
$f_s = \frac{mv^2}{r}$	نیروی اصطکاک ایستایی		جسم ساکن روی سطحی دوار و در حال چرخش
$F_e = kx = \frac{mv^2}{r}$	نیروی کشسانی فنر		توسط فنر
$T = \frac{mv^2}{r}$	نیروی کشش ریسمان		توسط ریسمان
$F_B = q vB = \frac{mv^2}{r}$	نیروی مغناطیسی		در میدان مغناطیسی
$F_E = k \frac{e^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$	نیروی الکتریکی		الکترون دور پروتون (اتم هیدروژن)

تست: جسمی به جرم ۲kg روی یک صفحه دوار به شعاع ۵۰cm قرار دارد. جسم در فاصله ۲۰cm از مرکز صفحه است و با تندی ۴m/s همراه با صفحه دوار حرکت می‌کند. اندازه نیروی اصطکاک ایستایی صفحه بر جسم چند نیوتون است؟

۳۲۰ (۴)

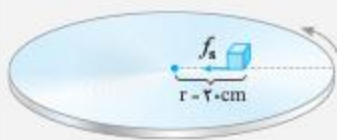
۱۶۰ (۳)

۶۴ (۲)

۰ (۱) صفر

پاسخ: گزینه «۳»

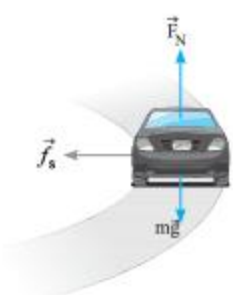
در این حالت نیروی اصطکاک ایستایی، نیروی مرکزگرای لازم برای حرکت جسم همراه با صفحه را فراهم می‌کند.



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

با جایگذاری $m = 2\text{kg}$ ، $r = 0.2\text{m}$ و $v = 4\text{m/s}$ در این رابطه، اندازه نیروی اصطکاک ایستایی را به‌دست می‌آوریم:

$$f_s = \frac{mv^2}{r} = 2 \times \frac{4^2}{0.2} = 160\text{N}$$



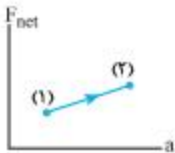
۲ اگر مطابق شکل، در یک پیچ مسطح افقی به شعاع r ، خودرویی با تندی ثابت v در حال چرخش باشد، در این حالت نیروی اصطکاک ایستایی f_s تأمین‌کننده نیروی مرکزگرای لازم برای حرکت دایره‌ای خودرو است.

$$f_s = F_c \Rightarrow f_s = \frac{mv^2}{r}$$

با افزایش تندی خودرو، اندازه نیروی اصطکاک ایستایی نیز افزایش می‌یابد. در این حالت حداکثر تندی خودرو برای این‌که از مسیر دایره‌ای منحرف نشود به ازای نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه به‌دست می‌آید که در این حالت می‌توان نوشت:

$$f_{s,max} = \frac{mv_{max}^2}{r} \quad f_{s,max} = \mu_s F_N \rightarrow \frac{m v_{max}^2}{r} = \mu_s m g \Rightarrow v_{max} = \sqrt{r g \mu_s}$$

هایپر تست



۱۱۸۳. اگر نمودار تغییرات نیرو و خالص بر حسب شتاب برای یک جسم مطابق شکل مقابل باشد، جرم جسم چگونه تغییر می کند؟
 (۱) ثابت می ماند.
 (۲) کاهش می یابد.
 (۳) افزایش می یابد.
 (۴) اظهار نظر قطعی ممکن نیست.

۱۱۸۴. جسمی به جرم ۲ kg روی سطح افقی بدون اصطکاک تحت تأثیر نیروی $\vec{F} = 7\hat{i}(N)$ از حال سکون در مبدأ زمان از مبدأ مکان شروع به حرکت می کند. در لحظه $t = 6s$ نیروی \vec{F} نیز در راستای محور x بر جسم وارد می شود و ۴s بعد سرعت جسم به ۱۸ m/s می رسد. در این صورت بردار شتاب جسم تحت تأثیر نیروی $3\vec{F} - 2\vec{F}$ در SI کدام است؟

- (۱) $4\hat{i}$ (۲) $-8\hat{i}$ (۳) $-2\hat{i}$ (۴) \hat{i}

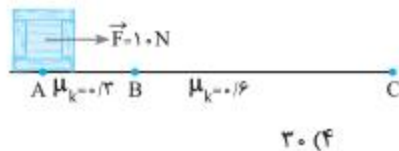
۱۱۸۵. دو شخص به جرم های m_1 و m_2 روی کفش های چرخ دار روبه روی هم ایستاده اند و همدیگر را هل می دهند و در اثر این هل دادن به ترتیب شتاب a_1 و a_2 می گیرند. اگر سطوحی که دو شخص روی آن ایستاده اند متفاوت باشد، نسبت $\frac{m_1}{m_2}$ برابر کدام گزینه است؟ (μ_{k1} ضریب اصطکاک جنبشی سطحی که شخص (۱) روی آن ایستاده و μ_{k2} ضریب اصطکاک جنبشی سطحی که شخص (۲) روی آن ایستاده است.)

- (۱) $\frac{a_1 + \mu_{k1}g}{a_2 + \mu_{k2}g}$ (۲) $\frac{a_1 - \mu_{k1}g}{a_2 - \mu_{k2}g}$ (۳) $\frac{a_2 + \mu_{k2}g}{a_1 + \mu_{k1}g}$ (۴) $\frac{a_2 - \mu_{k2}g}{a_1 - \mu_{k1}g}$

۱۱۸۶. مطابق شکل، جسمی به جرم ۴ kg با نیروی افقی $F = 20N$ از حال سکون کشیده شده و به حرکت در می آید. پس از ۱۰s ناگهان نیروی \vec{F} تغییر جهت داده و رو به بالا بر جسم اثر می کند؛ در نتیجه بزرگی شتاب جسم دو برابر می شود و همچنان در مسیر افقی به حرکت خود ادامه می دهد. در مدت ۱۵ ثانیه پس از شروع حرکت شتاب متوسط جسم بر مجذور ثانیه خواهد شد؟ ($g = 10 m/s^2$)



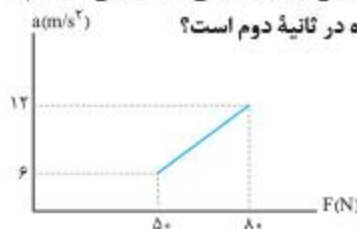
- (۱) $\frac{3}{4}$ (۲) $\frac{2}{3}$ (۳) صفر (۴) $\frac{3}{4}$



۱۱۸۷. جسمی به جرم ۲ kg در نقطه A قرار دارد. این جسم تحت تأثیر نیروی ثابت و افقی F از نقطه A به سمت نقطه C شروع به حرکت می کند. اگر فاصله AB برابر ۱۶ متر باشد و نیروی \vec{F} پس از ۶ ثانیه قطع شود، این جسم چند متر جلوتر از نقطه B می ایستد؟ ($g = 10 m/s^2$)

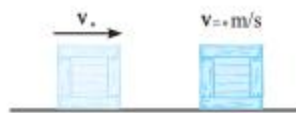
- (۱) ۱۴ (۲) ۱۷ (۳) ۲۴ (۴) ۳۰

۱۱۸۸. قسمتی از نمودار شتاب بر حسب نیروی افقی وارد بر جعبه ای مطابق شکل است. اگر این جعبه را از حال سکون با نیروی افقی ۳۰ نیوتون بکشیم و جعبه شروع به حرکت کند، مقدار مسافت طی شده توسط جعبه در سه ثانیه سوم، چند برابر مسافت طی شده در ثانیه دوم است؟



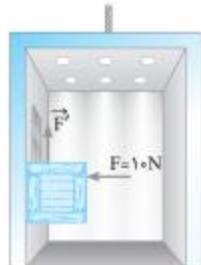
- (۱) $\frac{1}{9}$
 (۲) ۱۵
 (۳) ۹
 (۴) $\frac{1}{15}$

۱۱۸۹. جسمی را با سرعت افقی v روی سطح افقی پرتاب می کنیم. جسم ۳s پس از پرتاب می ایستد و در ثانیه دوم حرکتش به اندازه ۳ m جابه جا می شود. ضریب اصطکاک جنبشی جسم با سطح چقدر است؟ ($g = 10 m/s^2$)



- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۲ (۳) ۰/۳ (۴) ۰/۴

۱۱۹۰. مطابق شکل، به جسمی به جرم ۳ kg که روی دیواره آسانسوری قرار دارد، دو نیروی افقی F و F' وارد می شود. اگر آسانسور از حال سکون و با شتاب $2 m/s^2$ به سمت بالا شروع به حرکت کند، اندازه نیروی F' بر حسب نیوتون مطابق کدام یک از گزینه های زیر باشد تا جسم نسبت به دیواره آسانسور ساکن بماند؟ ($\mu_s = 0.6, g = 10 N/kg$)



- (۱) $F' = 42N$ و $F = 30N$
 (۲) $F' = 18N$ ، $F = 30N$
 (۳) $18N \leq F' \leq 30N$
 (۴) $30N \leq F' \leq 42N$



۱۲۵۷. نمودار جریان خروجی برحسب زمان یک وسیله برقی مطابق شکل است. اگر در هر دوره تناوب، در ۲۰ درصد لحظات، جریان غیر صفر باشد، بسامد این جریان چند کیلوهرتز است؟

	۷۵ (۱)	۸۰ (۲)	
	۱۰۰ (۳)	۱۲۵ (۴)	

۱۲۵۸. نمودار جریان عبوری از مقاومت برحسب زمان، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر بسامد این جریان ۵۰ Hz باشد، t چند ثانیه است؟

	۱ (۱)	۱ (۲)	
	۲۵ (۳)	۵۰ (۴)	
	۷۵ (۳)	۱۰۰ (۴)	

۱۲۵۹. مطابق شکل نوسانگری روی پاره‌خط MN و حول مبدأ مختصات با دوره حرکت T حرکت هماهنگ ساده می‌دهد. در زمانی که حرکت نوسانگر کندشونده و مکان نوسانگر منفی است، نوسانگر در کدام بازه زمانی قرار دارد؟ (کانون فرهنگی آموزش)

(۱) صفر تا $\frac{T}{4}$	(۲) $\frac{T}{4}$ تا $\frac{T}{2}$	(۳) $\frac{T}{2}$ تا $\frac{3T}{4}$	(۴) $\frac{3T}{4}$ تا T
--------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------

۱۲۶۰. در حرکت هماهنگ ساده با دامنه A، مسافتی که نوسانگر در مدت زمان یک دوره تناوب طی می‌کند، کدام است؟

(۱) صفر	(۲) A	(۳) ۲A	(۴) ۴A
---------	-------	--------	--------

۱۲۶۱. نوسانگر هماهنگ ساده‌ای روی یک پاره‌خط، حرکت نوسانی انجام می‌دهد. اگر این نوسانگر در هر دقیقه ۱۵ بار طول این پاره‌خط را طی کند، دوره تناوب آن چند ثانیه است؟

(۱) ۴	(۲) ۵	(۳) ۶	(۴) ۸
-------	-------	-------	-------

۱۲۶۲. دو نوسانگر ساده A و B به ترتیب با دوره‌های $\frac{3}{5}$ s و $\frac{1}{5}$ s، هم‌زمان از وضع تعادل شروع به نوسان می‌کنند. پس از چند ثانیه یکی از نوسانگرها ۸ نوسان کامل بیشتر از دیگری انجام می‌دهد؟

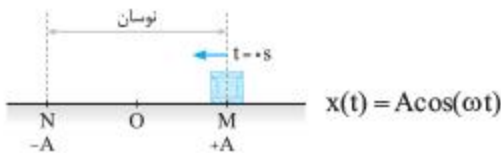
(۱) ۱۴	(۲) $\frac{۱۷}{۵}$	(۳) ۲۱	(۴) $\frac{۲۴}{۵}$
--------	--------------------	--------	--------------------

۱۲۶۳. در حرکت هماهنگ ساده، تندی نوسانگر با فاصله‌های زمانی $\frac{1}{20}$ s صفر می‌شود. بسامد این نوسانگر چند هرتز است؟

(۱) ۲۵	(۲) ۵۰	(۳) ۷۵	(۴) ۱۰۰
--------	--------	--------	---------

ایستگاه ۲: معادله مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده و نمودار آن

نوسانگر هماهنگ ساده‌ای را مانند شکل زیر در نظر بگیرید که روی پاره‌خط MN در حال حرکت نوسانی است. با این فرض که وسط پاره‌خط نوسان (نقطه O) برابر با مبدأ مکان ($x = 0$ m) باشد، معادله مکان - زمان این نوسانگر را می‌توان به صورت تابعی سینوسی یا کسینوسی از زمان نوشت. همه مسائلی که در این کتاب داریم، به این صورت‌اند که نوسانگر در لحظه $t = 0$ s از نقطه M ($x = +A$) از حال سکون حرکت خود را شروع می‌کند، در این صورت معادله مکان - زمان این نوسانگر را می‌توان به این صورت نوشت:



نکته:

- ① در معادله فوق، A برابر با دامنه نوسان، ω برابر با بسامد زاویه‌ای نوسانگر و t برابر با زمان است؛ همچنین به ωt ، شناسه تابع کسینوس می‌گویند.
- ② در معادله فوق، اگر A برحسب متر قرار داده شود، مطابق سیستم SI، x هم برحسب متر محاسبه می‌شود. همچنین اگر A برحسب سانتی‌متر قرار داده شود، x هم برحسب سانتی‌متر محاسبه می‌شود.

تست: معادله مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI، به صورت $x = 0.05 \cos(20\pi t)$ است. دامنه و بسامد نوسان این نوسانگر به ترتیب از راست به چپ چند واحد SI است؟

- | | | | |
|---------------|---------------|--------------|--------------|
| (۱) ۲۰ ، ۰/۰۵ | (۲) ۱۰ ، ۰/۰۵ | (۳) ۲۰ ، ۰/۱ | (۴) ۱۰ ، ۰/۱ |
|---------------|---------------|--------------|--------------|

پاسخ: گزینه ۳

گام اول: حالت کلی معادله مکان - زمان نوسانگر هماهنگ ساده، به صورت $x = A \cos(\omega t)$ است؛ در نتیجه می‌توان نوشت:

$$x = 0.05 \cos(20\pi t) \Rightarrow A = 0.05 \text{ m} , \omega = 20\pi \text{ rad/s}$$

$$\omega = 2\pi f \xrightarrow{\omega = 20\pi \text{ rad/s}} 20\pi = 2\pi f \Rightarrow f = 10 \text{ Hz}$$

گام دوم: با استفاده از رابطه $\omega = 2\pi f$ ، بسامد را محاسبه می‌کنیم:

۱۴۰۷. در حالتی که نوسانگر هماهنگ ساده به سمت مرکز نوسان در حال حرکت است، اندازه کدام کمیت زیر افزایش می‌یابد؟

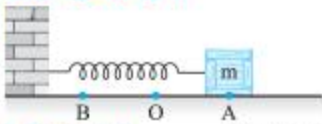
- (۱) تکانه (۲) انرژی مکانیکی (۳) شتاب (۴) انرژی پتانسیل کشسانی

۱۴۰۸. نوسانگری حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. در لحظاتی که بردارهای مکان و سرعت نوسانگر با یکدیگر هم‌جهت هستند، اندازه شتاب و انرژی جنبشی نوسانگر با گذشت زمان به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد. (۲) کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد. (۳) افزایش می‌یابد، افزایش می‌یابد. (۴) کاهش می‌یابد، کاهش می‌یابد.

۱۴۰۹. همانند شکل نوسانگر جرم - فنر روی پاره خط AB حول نقطه O حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. اگر جرم وزنه را کاهش دهیم، کدام کمیت سامانه جرم - فنر افزایش می‌یابد؟ (دامنه ثابت می‌ماند.)

- (۱) مسافت طی شده در مدت یک دوره تناوب (۲) انرژی مکانیکی (۳) بیشینه تندی نوسانگر (۴) دوره تناوب



۱۴۱۰. دامنه یک نوسانگر ساده به جرم ۰.۵۰ g برابر با ۱۰ cm و دوره آن ۲ s است. انرژی کل نوسانگر در هر لحظه چند ژول است؟ (کتکور زیرخاکی)

- (۱) $25\pi^2 \times 10^{-2}$ (۲) $5\pi \times 10^{-2}$ (۳) $25\pi^2 \times 10^{-5}$ (۴) $25 \cdot \pi^2 \times 10^{-5}$

۱۴۱۱. دامنه حرکت نوسانگر وزنه - فنری ۵ cm است. اگر جرم وزنه ۲۰۰ گرم و ثابت فنر ۲۰۰ N/m باشد، انرژی کل نوسانگر چند ژول است؟ (تجرب ۸۷)

- (۱) ۰/۲۵ (۲) ۲/۵ (۳) ۵ (۴) ۵۰

۱۴۱۲. نوسانگری به انتهای فنر سبکی با ثابت ۱۰۰ N/m بسته شده و با دامنه ۴ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد. انرژی جنبشی آن در لحظه‌ای که از مبدأ نوسان می‌گذرد، چند ژول است؟ (تجرب ۸۶)

- (۱) ۰/۰۶ (۲) ۰/۰۸ (۳) ۰/۱۲ (۴) ۰/۱۸

۱۴۱۳. اگر E و m به ترتیب انرژی مکانیکی و جرم یک نوسانگر ساده باشند، تندی نوسانگر در لحظه عبور از نقطه تعادل، برابر با کدام است؟ (کمیت‌ها در SI هستند.) (تجرب ۹۰)

- (۱) $(\frac{2E}{m})^{\frac{1}{2}}$ (۲) $\frac{E}{2m^2}$ (۳) $\frac{2E}{m^2}$ (۴) $(\frac{E}{2m})^{\frac{1}{2}}$

۱۴۱۴. انرژی جنبشی و پتانسیل کشسانی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در یک لحظه به ترتیب ۰/۱۲ J و ۰/۰۶ J است. اگر جرم نوسانگر ۱۰ g و دامنه حرکت ۴ cm باشد، دوره حرکت چند ثانیه است؟ (ریاض ۸۴)

- (۱) $30 \cdot \pi$ (۲) $\frac{4\pi}{3}$ (۳) $\frac{\pi}{75}$ (۴) $\frac{4\pi}{3\sqrt{10}}$

۱۴۱۵. معادله انرژی جنبشی برحسب انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $K = 4 - U$ است. اگر جرم این نوسانگر ۲ kg باشد، تندی بیشینه آن چند متر بر ثانیه است؟

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

۱۴۱۶. معادله انرژی پتانسیل کشسانی برحسب سرعت نوسانگر هماهنگ ساده‌ای در SI به صورت $U = 4 - v^2$ است. تندی بیشینه این نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

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

۱۴۱۷. معادله انرژی پتانسیل کشسانی برحسب تندی نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم ۸ kg در SI به صورت $U = 9 - 4v^2$ است. در لحظه‌ای که انرژی پتانسیل کشسانی نوسانگر چهار برابر انرژی جنبشی آن است، تندی نوسانگر چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) $\frac{3\sqrt{5}}{5}$ (۴) $\frac{3\sqrt{5}}{10}$

۱۴۱۸. اگر دامنه نوسان‌های نوسانگر هماهنگ ساده‌ای را دو برابر کنیم، بیشینه انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟

- (۱) ۱ (۲) $\sqrt{2}$ (۳) ۲ (۴) ۴

۱۴۱۹. نوسانگر هماهنگ ساده‌ای به جرم ۴ kg و دامنه ۲۰ cm با تندی ۰/۵ m/s از مرکز نوسان عبور می‌کند. انرژی پتانسیل این نوسانگر در نقطه بازگشت چند ژول است؟

- (۱) ۰/۲۵ (۲) ۰/۵ (۳) ۲/۵ (۴) ۵

۱۴۲۰. نوسانگری به جرم ۱۰۰ g روی پاره خطی به طول ۲۰ cm حرکت هماهنگ ساده انجام می‌دهد و در مدت $\frac{1}{4}$ ثانیه بدون تغییر جهت از مرکز نوسان به انتهای مسیر می‌رسد. انرژی جنبشی نوسانگر در مرکز نوسان، چند میلی‌ژول است؟ ($\pi^2 = 10$) (تجرب ۹۵)

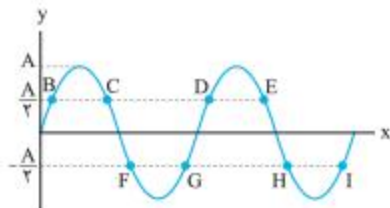
- (۱) ۲ (۲) ۸ (۳) ۲۰ (۴) ۲۵

۱۴۲۱. معادله نیرو - مکان نوسانگری در SI به صورت $F = -75x$ است. اگر نوسانگر روی پاره خطی به طول ۴۰ cm نوسان کند، انرژی نوسانگر چند ژول است؟

- (۱) ۱/۵ (۲) ۰/۷۵ (۳) ۲/۵ (۴) ۱/۷۵

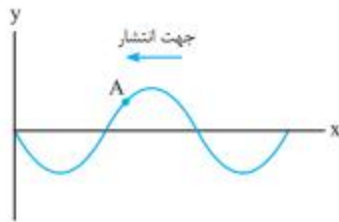
۱۴۲۲. معادله نیرو - مکان نوسانگر ساده‌ای به جرم ۲۰۰ گرم در SI به صورت $F = -180x$ است. اگر بیشینه انرژی جنبشی این نوسانگر ۲۲۵ میلی‌ژول باشد، معادله مکان - زمان این نوسانگر در SI، کدام است؟ (ریاض خارج ۹۷)

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



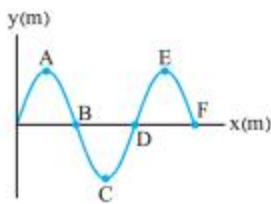
۱۵۶۰. درباره موج رویه‌رو، کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) تندی نقاط B و E یکسان است.
- (۲) تندی نقاط B و H یکسان است.
- (۳) سرعت نقاط C و D یکسان است.
- (۴) سرعت نقاط F و H یکسان است.



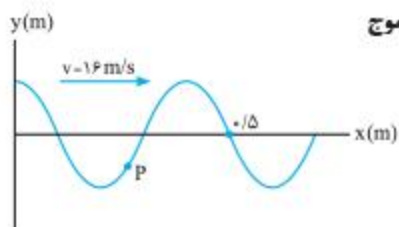
۱۵۶۱. مطابق شکل، یک موج سینوسی در یک تار کشیده شده در حال انتشار است. سرعت ذره A، _____ و نوع حرکت آن _____ است.

- (۱) مثبت، تندشونده
- (۲) مثبت، کندشونده
- (۳) منفی، تندشونده
- (۴) منفی، کندشونده



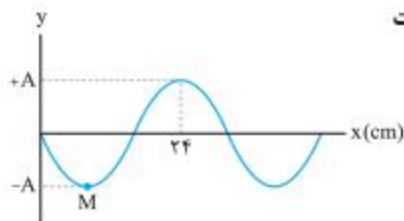
۱۵۶۲. مطابق شکل یک موج هرزی در امتداد طناب تحت کششی روی محور x ها در حال انتشار است. در کدام یک از گزینه‌های زیر، نقاط مشخص شده دارای شتاب نوسانی برابر با صفر هستند؟ (کانون فرهنگی آموزش)

- (۱) E, C, A
- (۲) C, B, A
- (۳) E, D, C
- (۴) F, D, B



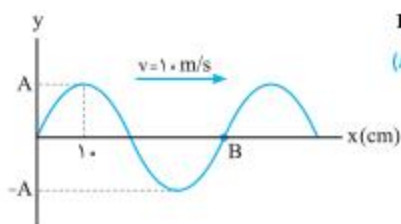
۱۵۶۳. شکل داده شده، نقش یک موج هرزی را نشان می‌دهد که در یک تار در حال انتشار است. بسامد این موج _____ هرتز و نقطه P در حال _____ است.

- (۱) ۲۰، بالارفتن
- (۲) ۲۰، پایین آمدن
- (۳) ۴۰، بالارفتن
- (۴) ۴۰، پایین آمدن



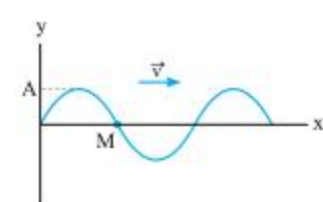
۱۵۶۴. مدل سینوسی یک موج هرزی که در طنابی منتشر می‌شود، در یک لحظه مطابق شکل است. در مدت زمانی که ذره M مسافتی برابر با 2A را طی می‌کند، موج چند سانتی متر پیشروی می‌کند؟

- (۱) ۶
- (۲) ۸
- (۳) ۱۲
- (۴) ۱۶



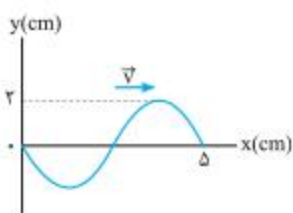
۱۵۶۵. شکل داده شده، نقش موجی را در یک طناب در لحظه t = -s نشان می‌دهد. پس از چند ثانیه، ذره B برای اولین بار در موقعیت y = +A قرار می‌گیرد؟ (تجربین خارج ۸۶)

- | | |
|---------------------|---------------------|
| $\frac{1}{50}$ (۲) | $\frac{1}{25}$ (۱) |
| $\frac{3}{100}$ (۴) | $\frac{1}{100}$ (۳) |



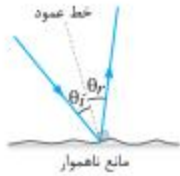
۱۵۶۶. نقش موجی در یک طناب در لحظه t = -s مطابق شکل است. در بازه زمانی صفر تا $\frac{3T}{4}$ ، جابه‌جایی ذره M و مسافتی که موج در این مدت طی می‌کند، به ترتیب کدام است؟ (ریاضی خارج ۸۵)

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| $\frac{3}{2}\lambda, -A$ (۲) | $\frac{3}{2}\lambda, A$ (۱) |
| $\frac{3}{4}\lambda, -A$ (۴) | $\frac{3}{4}\lambda, A$ (۳) |



۱۵۶۷. نقش یک موج هرزی که در یک طناب با تندی 20 cm/s در حال انتشار است، مطابق شکل است. مسافتی که یک ذره از طناب در مدت $\frac{1}{8}$ s طی می‌کند، چند سانتی متر است؟ (تجربین خارج ۹۸)

- (۱) ۱
- (۲) ۲
- (۳) ۴
- (۴) ۸



۲ قانون بازتاب عمومی، همیشه و در هر حالتی درست است. یعنی مثلاً اگر مانند شکل روبه‌رو، پرتوی موجی با یک سطح ناهموار برخورد کند، باز هم زاویه تابش و زاویه بازتابش با هم برابرند، فقط در این حالت باید در رسم خط عمود بر سطح (در نقطه تابش پرتو) دقت کنیم.

۳ طول موج و بسامد موج فرودی با طول موج و بسامد موج بازتابیده همواره برابر است؛ یعنی بازتاب تأثیری بر طول موج و بسامد موج ندارد.

تست: پرتوی موجی با زاویه تابش 30° بر موانع تختی می‌تابد. زاویه بازتابش و زاویه انحراف به ترتیب از راست به چپ چند درجه هستند؟

۱۲۰، ۶۰ (۴)

۶۰، ۶۰ (۳)

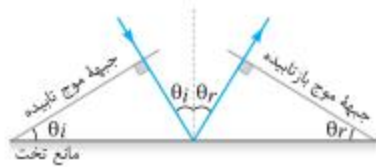
۱۲۰، ۳۰ (۲)

۶۰، ۳۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول با توجه به صورت سؤال $\theta_i = 30^\circ$ است. بنابراین: بنا به قانون بازتاب عمومی $\theta_r = \theta_i = 30^\circ$ است.

گام دوم برای محاسبه زاویه انحراف، با استفاده از رابطه $D = 180^\circ - 2\theta_i$ داریم: $D = 180^\circ - 2 \times (30^\circ) = 120^\circ$



نکته: در شکل روبه‌رو، وضعیت پرتوی موج تابیده و بازتابیده از یک مانع تخت و جبهه‌های موج متناظر با این دو پرتو را مشاهده می‌کنید. از این شکل یک نتیجه بسیار مهم می‌گیریم: این که زاویه جبهه موج تابیده با مانع تخت برابر با زاویه تابش و زاویه جبهه موج بازتابیده با مانع تخت برابر با زاویه بازتابش است. فراموش نکنید که همواره $\theta_i = \theta_r$ است.

تست: موج تختی با یک مانع برخورد می‌کند. اگر زاویه‌ای که جبهه‌های موج تابیده با سطح مانع می‌سازند، 25° باشد، زاویه تابش و زاویه انحراف

به ترتیب از راست به چپ چند درجه هستند؟

۱۳۰، ۶۵ (۴)

۵۰، ۶۵ (۳)

۱۳۰، ۲۵ (۲)

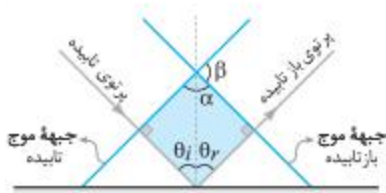
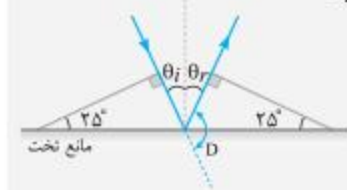
۶۵، ۲۵ (۱)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول طبق نکته گفته‌شده، زاویه جبهه موج تابیده با مانع تخت برابر با زاویه تابش است. بنابراین: $\theta_i = 25^\circ$

گام دوم برای محاسبه زاویه انحراف، با استفاده از رابطه $D = 180^\circ - 2\theta_i$ داریم:

$$D = 180^\circ - 2\theta_i = 180^\circ - 2 \times (25^\circ) = 130^\circ$$



نکته: مطابق شکل پرتوی موج تابیده و پرتوی موج بازتابیده از سطح یک مانع تخت را به همراه جبهه‌های موج متناظر با این دو پرتو مشاهده می‌کنید. اگر زاویه تابش و زاویه بازتابش برابر با $\theta_i = \theta_r = \theta$ باشد، به کمک مجموع زوایای داخلی چهارضلعی داخلی، زاویه بین جبهه موج تابیده و جبهه موج بازتابیده را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$\alpha + 90^\circ + 90^\circ + \theta_i + \theta_r = 360^\circ \xrightarrow{\theta_i = \theta_r = \theta} \alpha + 180^\circ - 2\theta \xrightarrow{\beta = 180^\circ - \alpha} \beta = 2\theta$$

بنابراین اگر زاویه تابش برابر θ باشد، زاویه بین جبهه‌های موج تابیده با جبهه‌های موج بازتابیده، برابر با $\beta = 2\theta$ یا $\alpha = 180^\circ - 2\theta$ است.

تست: شکل روبه‌رو وضعیت یک جبهه موج تابیده و یک جبهه موج بازتابیده از سطح یک مانع تخت را

نشان می‌دهد. زاویه تابش چند درجه است؟

۳۰ (۲)

۲۰ (۱)

۵۰ (۴)

۴۰ (۳)

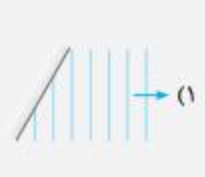
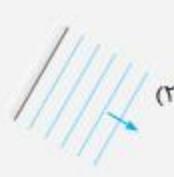
پاسخ: گزینه ۳

$$\beta = 2\theta_i \xrightarrow{\beta = 80^\circ} 80^\circ = 2\theta_i \Rightarrow \theta_i = 40^\circ$$

طبق نکته گفته شده، زاویه مشخص شده روی شکل برابر با $\beta = 2\theta_i$ است.

تست: در شکل روبه‌رو موج تختی در راستای محور x حرکت کرده و با مانع تخت برخورد می‌کند. در کدام گزینه

جبهه‌های موج بازتابیده به درستی رسم شده‌اند؟



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

بازتاب نور از آینه تخت

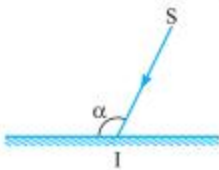
۱۸۵۲. کدام یک از گزینه‌های زیر درباره بازتاب نور، نادرست است؟

- (۱) در بازتاب پخشنده، پرتوهای نور به‌طور کائوره‌ای از سطح بازتابیده می‌شوند.
- (۲) در بازتاب آینه‌ای، بازتابش یک دسته پرتوی موازی را در تمام جهات می‌توان دید.
- (۳) رابطه بین سطح و طول موج نور، هموار و ناهموار بودن سطح را نشان می‌دهد.
- (۴) ناهمواری سطح فلزی صیقلی، بسیار کوچک‌تر از $1 \mu\text{m}$ است.

۱۸۵۳. در کدام یک از موارد زیر، از بازتاب امواج الکترومغناطیسی استفاده می‌شود؟

- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| (الف) رادار دوپلری | (ب) سونوگرافی |
| (پ) اجاق خورشیدی | (ت) دستگاه سونار در کشتی‌ها |
| (۱) الف و پ | (۲) الف و ب |
| (۳) الف، ب و پ | (۴) ب، پ و ت |

۱۸۵۴. مطابق شکل، پرتوی SI بر سطح آینه تختی تابیده است. اگر زاویه α ، 10° برابر زاویه تابش باشد، زاویه بازتابش چند درجه است؟



- (۱) ۸
- (۲) ۱۰
- (۳) ۱۲
- (۴) ۱۵

۱۸۵۵. در یک آینه تخت پرتوی تابش با سطح آینه زاویه 30° می‌سازد. زاویه بین پرتوی تابش و پرتوی تابش چند درجه است؟

- | | | | |
|--------|--------|---------|---------|
| (۱) ۶۰ | (۲) ۹۰ | (۳) ۱۲۰ | (۴) ۱۵۰ |
|--------|--------|---------|---------|

۱۸۵۶. در یک آینه تخت زاویه‌ای که بین پرتوی تابش و پرتوی بازتابش ایجاد می‌شود، چهار برابر زاویه‌ای است که پرتوی تابش با آینه می‌سازد. زاویه تابش چند درجه است؟

(کتکور زیرخاکی)

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (۱) ۳۰ | (۲) ۴۵ | (۳) ۶۰ | (۴) ۷۲ |
|--------|--------|--------|--------|

۱۸۵۷. زاویه بین راستای پرتوی تابش و بازتابش در یک آینه تخت $\frac{1}{4}$ زاویه بین پرتوی تابش و سطح آینه است. زاویه تابش چند درجه است؟

(ریاضی خارج ۸۶)

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (۱) ۱۰ | (۲) ۱۸ | (۳) ۲۰ | (۴) ۲۴ |
|--------|--------|--------|--------|

۱۸۵۸. در یک آینه تخت زاویه بین پرتوی تابش با سطح آینه برابر با زاویه بین پرتوی تابش با پرتوی بازتاب است. در این صورت زاویه تابش چند درجه است؟

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (۱) ۶۰ | (۲) ۴۵ | (۳) ۳۰ | (۴) ۷۵ |
|--------|--------|--------|--------|

۱۸۵۹. یک دسته پرتوی همگرا قبل از رسیدن به هم به یک آینه تخت برخورد می‌کنند. پرتوهای بازتابش از این آینه در ادامه مسیر خود چگونه خواهند بود؟

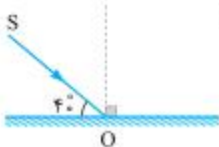
- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------------|
| (۱) همگرا | (۲) واگرا | (۳) موازی | (۴) بستگی به زاویه تابش دارد. |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------------|

۱۸۶۰. مطابق شکل، پرتوی نور SI به سمت آینه تختی تابیده می‌شود. اگر بخواهیم پرتوی بازتاب از آینه بر پرتوی تابش SI منطبق باشد، آینه حول نقطه O، باید درجه دوران کند.



- (۱) ۳۰، ساعتگرد
- (۲) ۳۰، پادساعتگرد
- (۳) ۶۰، ساعتگرد
- (۴) ۶۰، پادساعتگرد

۱۸۶۱. مطابق شکل، زاویه بین پرتوی نور SO و سطح آینه 40° است. اگر آینه حول نقطه O، 10° درجه ساعتگرد بچرخد، زاویه بازتابش از سطح آینه چند درجه می‌شود؟

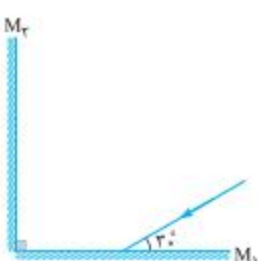


- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| (۱) ۳۰ | (۲) ۴۰ | (۳) ۶۰ | (۴) ۷۰ |
|--------|--------|--------|--------|

آینه‌های تخت متقاطع

۱۸۶۲. در شکل روبه‌رو زاویه بازتابش پرتوی نور از آینه تخت M_2 ، چند درجه است؟

(برگرفته از کتاب درسی)



- (۱) ۳۰
- (۲) ۴۵
- (۳) ۶۰
- (۴) ۷۵

پهنای نوارهای روشن و تاریک

در نقش تداخلی، در مورد پهنای نوارهای روشن و تاریک می‌توان گفت:

- ۱ پهنای هر نوار تاریک یا روشن با هم برابر است. در این کتاب پهنای هر نوار را W فرض می‌کنیم.
- ۲ فاصله مرکزهای دو نوار روشن متوالی برابر با فاصله مرکزهای دو نوار تاریک متوالی و برابر با $2W$ است.
- ۳ پهنای نوارهای تاریک و روشن متناسب با طول موج نور به کار رفته است. بنابراین، با افزایش طول موج نور به کار رفته (یا کاهش بسامد آن) پهنای نوارهای روشن و تاریک افزایش یافته و برعکس، با کاهش طول موج نور به کار رفته، (یا افزایش بسامد آن) پهنای نوارها کاهش می‌یابد.
- ۴ اگر آزمایش ینگ را با نورهای مرئی مختلف انجام دهیم، پهنای نوارهای روشن و تاریک با نور قرمز بیشترین مقدار و با نور بنفش کمترین مقدار را دارد. زیرا در طیف نور مرئی، بزرگ‌ترین طول موج مربوط به نور قرمز و کم‌ترین آن مربوط به نور بنفش است.

نکته: چون در آزمایش ینگ، پهنای نوارهای روشن و تاریک متناسب با طول موج نور به کار رفته است، اگر پهنای نوارها را با W نشان دهیم، از

$$W \propto \lambda \Rightarrow \frac{W_2}{W_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

رابطه مقایسه‌ای روبه‌رو می‌توان برای محاسبه پهنای نوارها در طول موج‌های مختلف استفاده کرد.

چون $\lambda = \frac{c}{f}$ است (طول موج با بسامد رابطه معکوس دارد)، رابطه بین پهنای نوارها و بسامد نور نیز به صورت زیر است:

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \xrightarrow{\lambda = \frac{c}{f}} \frac{W_2}{W_1} = \frac{f_1}{f_2}$$

تست: آزمایش ینگ را یک‌بار با نوری به طول موج $75 \mu\text{m}$ و بار دیگر در همان شرایط با نور دیگری به طول موج $48 \mu\text{m}$ انجام می‌دهیم. اگر پهنای هر نوار روشن در آزمایش دوم برابر $1/6 \text{mm}$ باشد، پهنای هر نوار تاریک در حالت اول چند میلی‌متر است؟

$$2/8 \text{ (۱)} \quad 1/6 \text{ (۲)} \quad 2/5 \text{ (۳)} \quad 2 \text{ (۴)}$$

پاسخ: گزینه «۳»

چون پهنای هر نوار روشن و تاریک با هم برابر و متناسب با طول موج نور به کار رفته است، می‌توان نوشت:

$$W \propto \lambda \Rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \xrightarrow{\lambda_1 = 75 \mu\text{m}, \lambda_2 = 48 \mu\text{m}} \frac{W_1}{1/6} = \frac{75}{48} \Rightarrow \frac{W_1}{1/6} = \frac{25}{16} \Rightarrow W_1 = 2/5 \text{mm}$$

نکته: اگر آزمایش ینگ را یک‌بار در هوا با نوری با طول موج λ_1 و سپس در محیط شفاف دیگری با ضریب شکست n انجام دهیم، بنا به رابطه

$\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{n}$ ، طول موج نور $\frac{1}{n}$ برابر می‌شود. بنابراین چون $W \propto \lambda$ است، پهنای هر یک از نوارهای روشن و تاریک در محیط شفاف نیز $\frac{1}{n}$ برابر خواهد شد.

بنابراین می‌توان استدلال کرد که اگر آزمایش ینگ در دو محیط شفاف با ضریب شکست‌های n_1 و n_2 انجام شود، نسبت پهنای هر یک از نوارهای تداخلی ایجاد شده در هر یک از دو محیط برابر است با:

$$W \propto \lambda \xrightarrow{\lambda \propto \frac{1}{n}} W \propto \frac{1}{n} \Rightarrow \frac{W_1}{W_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

تست: آزمایش ینگ در دو محیط به ضریب شکست‌های n_1 و n_2 انجام شده است. اگر پهنای نوار در محیط (۱) برابر 2mm و در محیط (۲) برابر

$2/5 \text{mm}$ باشد، نسبت $\frac{n_2}{n_1}$ کدام است؟

$$4/3 \text{ (۱)} \quad 3/2 \text{ (۲)} \quad 5/4 \text{ (۳)} \quad 4/5 \text{ (۴)}$$

پاسخ: گزینه «۴»

می‌دانیم $W \propto \frac{1}{n}$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{n_2}{n_1} \xrightarrow{W_1 = 2 \text{mm}, W_2 = 2/5 \text{mm}} \frac{2}{2/5} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{4}{5}$$

جمع‌بندی: در آزمایش ینگ رابطه بین پهنای نوارها با طول موج و بسامد نور و ضریب شکست محیط آزمایش به شکل مقابل است:

$$W \propto \lambda, W \propto \frac{1}{f}, W \propto \frac{1}{n}$$

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

تداخل امواج

۲۰۳۹. دو حرکت نوسانی هم‌امتداد با دوره تناوب یکسان، اولی با دامنه 4cm و دومی با دامنه 6cm ، یکی به صورت قله و دیگری به صورت دره به یک نقطه

از یک محیط در حال ارتعاش می‌رسند. دامنه حرکت ارتعاشی ترکیب این دو حرکت در این نقطه چند سانتی‌متر است؟

$$10 \text{ (۴)} \quad 7/20 \text{ (۳)} \quad 4/46 \text{ (۲)} \quad 2 \text{ (۱)}$$

(کتکور زیرخاکی)

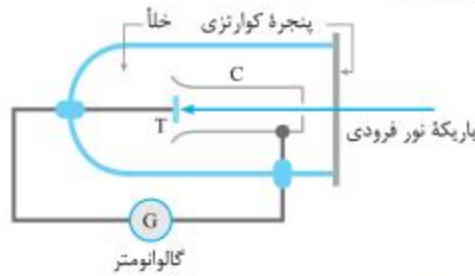
بنابراین حالا می‌توانیم انحراف ورقه‌های برق‌نما را این‌گونه توجیه کنیم:

۱ نور فرابنفش توانسته موجب رخداد اثر فوتوالکتریک در سطح فلز کلاهدک الکتروسکوپ شود؛ بنابراین تعدادی فوتوالکترون از این سطح جدا شده و ورقه‌های برق‌نما به هم نزدیک می‌شوند.

۲ با تابیدن نور مرئی به‌وجود آمده توسط لامپ رشته‌ای معمولی به سطح فلز کلاهدک برق‌نما، اثر فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد؛ پس فوتوالکترونی جدا نشده و در انحراف ورقه‌ها تغییری ایجاد نمی‌شود. بنابراین بسامد نور مرئی تکفامی که توسط لامپ رشته‌ای به وجود آمده به اندازه‌ای نیست که بتواند موجب رخداد اثر فوتوالکتریک شود.

آزمایش فوتوالکتریک

دستگاهی مطابق شکل زیر را در نظر بگیرید. در این دستگاه صفحه فلزی هدف (T) و جمع‌کننده فلزی (C) درون یک محفظه شیشه‌ای که داخل آن خلأ است، قرار گرفته‌اند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند. اگر نوری با بسامد f به صفحه فلزی بتابد، حالت‌های مختلفی اتفاق می‌افتد که آن‌ها را در جدول زیر دسته‌بندی کرده‌ایم:



ردیف	آزمایش	مشاهدات	نتیجه
۱	اگر نور تکفام (تک‌بسامد)، با بسامد به قدر کافی بالا به صفحه T بتابد.	۱. فوتوالکترون‌های آزاد شده به جمع‌کننده C می‌رسند و گالوانومتر جریانی را آشکار می‌کند. ۲. با افزایش شدت نور فرودی، گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.	اثر فوتوالکتریک رخ می‌دهد.
۲	اگر بسامد نور تکفام فرودی از مقدار معینی کمتر باشد.	۱. گالوانومتر جریانی را آشکار نمی‌کند. ۲. با افزایش شدت نور فرودی، گالوانومتر همچنان عبور جریانی را نشان نمی‌دهد.	اثر فوتوالکتریک رخ نمی‌دهد.

نارسایی فیزیک کلاسیک در توجیه پدیده فوتوالکتریک

مشاهده نتایج آزمایش فوتوالکتریک با مبانی فیزیک کلاسیک سازگاری نداشت، به‌طوری‌که:

۱ نور، موجی الکترومغناطیسی است. می‌توان انتظار داشت هنگام برهم‌کنش نور فرودی با سطح فلز، نیروی $\vec{F} = -e\vec{E}$ ناشی از میدان الکتریکی این موج، به الکترون‌های فلز وارد شود و آن‌ها را به نوسان وا دارد، بنابراین با رسیدن دامنه نوسانات برخی از الکترون‌ها به یک حد معین، الکترون‌ها انرژی جنبشی لازم برای جدا شدن از سطح فلز را پیدا می‌کنند.

نتیجه: این پدیده باید در هر بسامدی رخ دهد، درحالی‌که این نتیجه با تجربه سازگار نیست!

۲ براساس نظریه ماکسول، شدت نور با مربع دامنه میدان الکتریکی موج متناسب است. ($I \propto E^2$)

نتیجه: در بسامدی معین، با افزایش شدت نور فرودی بر سطح فلز، باید الکترون‌ها انرژی جنبشی بیشتری از سطح فلز جدا شود، درحالی‌که تجربه این را تأیید نمی‌کند. بلکه هر چه شدت نور فرودی بر سطح فلز افزایش یابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها افزایش نخواهد یافت بلکه تعداد فوتوالکترون‌ها بیشتر خواهد شد. بنابراین فیزیک کلاسیک در توجیه پدیده فوتوالکتریک ناتوان است. برای توجیه این پدیده به سراغ فیزیک جدید می‌رویم.

توجیه پدیده فوتوالکتریک توسط فیزیک جدید

همان‌طور که می‌دانیم اینشتین با توجه به کارهای قبلی پلانک، فرض کرد که نور با بسامد f را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای از بسته‌های انرژی در نظر گرفت. هر بسته انرژی که فوتون نام دارد، دارای انرژی‌ای است که از رابطه $E = hf = h \frac{c}{\lambda}$ به‌دست می‌آید. براساس این نظریه هر فوتون انرژی خود را تنها به یک الکترون داده و الکترون تحت شرایطی انرژی لازم جهت جدا شدن از سطح فلز را به‌دست می‌آورد. قبل از بررسی نتایج این تحلیل با سه مفهوم کلیدی زیر آشنا می‌شویم:

تابع کار (W.)

کمینه کار لازم برای خارج کردن یک الکترون (الکترونی که کمترین وابستگی به اتم را داراست)، از سطح فلز که تنها به جنس فلز بستگی دارد را تابع کار فلز می‌گویند.

بسامد آستانه (f.)

کمینه بسامد نور تابیده‌شده به سطح فلزی معین که می‌تواند منجر به رخداد پدیده فوتوالکتریک شود.

۲۳۰۵. تابع کار دو فلز A و B به ترتیب $4/5 \text{ eV}$ و 2 eV است. اگر نوری با طول موج 150 nm به هر دو فلز بتابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده از فلز A چند درصد کمتر از بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده از فلز B است؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ و $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

(ریاضی ۹۹)

- (۱) ۳۰ (۲) ۴۰ (۳) ۶۰ (۴) ۷۰

۲۳۰۶. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نوری با طول موج λ به الکترونی فلزی می‌تابد و فوتوالکترون‌هایی که بیشینه انرژی جنبشی آن‌ها $8 \times 10^{-19} \text{ J}$ است، گسیل می‌شوند. اگر طول موج نور فرودی 2λ شود، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها، $1/6 \times 10^{-19} \text{ J}$ می‌شود. تابع کار فلز چند الکترون‌ولت است؟

(تجربین خارج ۹۶)

$$(e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

- (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۵

۲۳۰۷. طول موج آستانه فلز A، نصف طول موج آستانه فلز B است. اگر پرتویی با طول موج $\frac{1}{4}$ طول موج آستانه فلز A، بر هر دو فلز A و B بتابانیم،

$$\frac{K_{\max B}}{K_{\max A}} \text{ چند است؟}$$

- (۱) $\frac{1}{6}$ (۲) $\frac{5}{6}$ (۳) $\frac{7}{6}$ (۴) $\frac{9}{6}$

بیشینه تندی فوتوالکترون‌ها



۲۳۰۸. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نوری با طول موج 200 nm بر سطح الکترونی فلزی می‌تابانیم. اگر تابع کار فلز برابر با $4/2 \text{ eV}$ باشد، بیشینه تندی فوتوالکترون‌های خارج شده از فلز، چند متر بر ثانیه است؟ ($m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$, $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

(ریاضی خارج ۹۷)

- (۱) 8×10^5 (۲) 8×10^6 (۳) 6×10^5 (۴) 6×10^6

۲۳۰۹. در یک آزمایش فوتوالکتریک، تابع کار فلز 2 eV است. اگر نوری با طول موج 200 nm بر سطح فلز بتابد، بیشینه تندی فوتوالکترون‌ها برابر با v و اگر

نوری با طول موج 300 nm بر فلز بتابد، بیشینه تندی فوتوالکترون‌ها برابر با v' خواهد شد. حاصل $\frac{v'}{v}$ کدام است؟ ($hc = 1200 \text{ eV}\cdot\text{nm}$) (ریاضی خارج ۹۸)

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

۲۳۱۰. تابع کار دو فلز A و B به ترتیب 2 eV و 7 eV است و نوری با طول موج 200 nm به هر دو فلز می‌تابد. در این صورت تندی سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایی که از فلز B جدا می‌شوند، چند برابر تندی سریع‌ترین فوتوالکترون‌هایی است که از فلز A جدا می‌شوند؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

(ریاضی ۹۷)

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

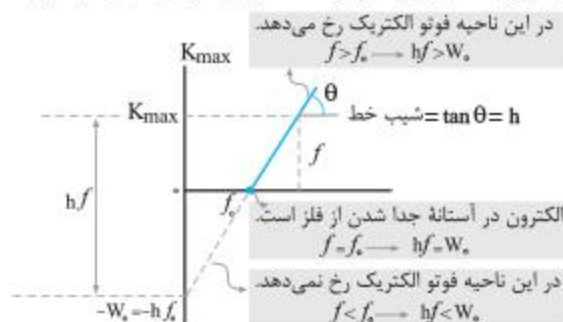
۲۳۱۱. در یک آزمایش فوتوالکتریک، اگر به سطح فلزی با تابع کار 2 eV ، نوری با بسامد 10^{15} Hz بتابانیم، بیشینه تندی فوتوالکترون‌های گسیلی v_{\max} می‌شود. اگر بخواهیم بیشینه تندی فوتوالکترون‌های گسیلی $2v_{\max}$ گردد، بسامد نور فرودی را چند مرتبه باید افزایش دهیم؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$)

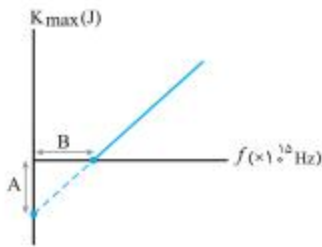
(کانون فرهنگی آموزش)

- (۱) $2/5 \times 10^{15}$ (۲) $1/5 \times 10^{15}$ (۳) 3×10^{15} (۴) 5×10^{15}

ایستگاه ۴: نمودار بیشینه انرژی جنبشی بر حسب بسامد نور فرودی

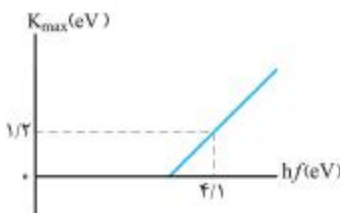
برای یک فلز معین، براساس رابطه $K_{\max} = hf - W_0$ ، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیلی بر حسب بسامد نور فرودی به صورت خط راستی خواهد بود که محور افقی را در $f = f_0$ قطع می‌کند و عرض از مبدأ آن برابر با $-W_0$ است. همان‌طور که در نمودار قابل مشاهده است، وقتی بسامد نور فرودی بزرگ‌تر از f_0 یا مساوی با آن باشد، فوتون‌ها می‌توانند الکترون‌ها را از سطح فلز خارج کنند و پدیده فوتوالکتریک رخ خواهد داد.





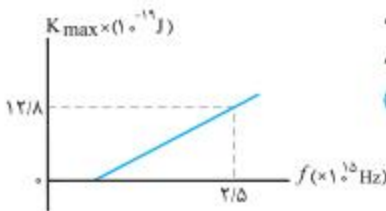
۲۳۲۰. در شکل روبه‌رو، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بر حسب بسامد فوتون فرودی بر فلز نشان داده شده است. اگر بسامد آستانه فلز، $2 \times 10^{15} \text{ Hz}$ باشد، اندازه هر یک از مقادیر A و B به ترتیب از راست به چپ در SI کدام‌اند؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ ، $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

- ۱) 2×10^{15} ، ۸
- ۲) 2×10^{-19} ، $12/8 \times 10^{-19}$
- ۳) ۲، ۸
- ۴) 2×10^{15} ، $12/8 \times 10^{-19}$



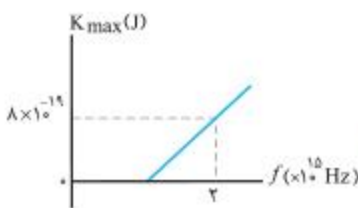
۲۳۲۱. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بر حسب انرژی فوتون‌های تابشی به سطح فلزی معین، مطابق شکل است. اگر آزمایش فوتوالکتریک برای این فلز با فوتون‌هایی که انرژی هر یک از آن‌ها برابر با $5/2 \text{ eV}$ است، انجام شود، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها چند الکترون‌ولت می‌شود؟

- ۱) $2/9$
- ۲) $2/3$
- ۳) $2/7$
- ۴) $8/1$



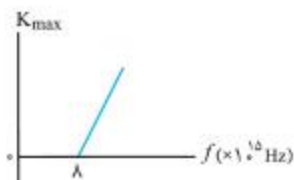
۲۳۲۲. در آزمایش فوتوالکتریک، نمودار تغییرات بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بر حسب بسامد نور فرودی، مطابق شکل است. اگر نوری با بسامد $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ بر سطح فلز بتابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها، چند الکترون‌ولت خواهد بود؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ ، $e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$) (تجربین ۹۴)

- ۱) $0/4$
- ۲) $1/2$
- ۳) 2
- ۴) 6



۲۳۲۳. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بر حسب بسامد پرتوی فرودی به فلز، مطابق شکل است. اگر نوری با طول موج 300 nm به فلز بتابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های گسیل شده چند زول خواهد بود؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ ، $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) (تجربین ۹۷)

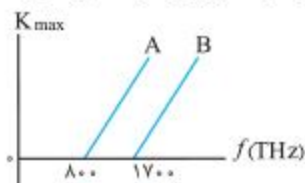
- ۱) $1/6 \times 10^{-19}$
- ۲) $2/4 \times 10^{-19}$
- ۳) 4×10^{-19}
- ۴) 5×10^{-19}



۲۳۲۴. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها بر حسب بسامد نور فرودی بر فلزی معین، مطابق شکل روبه‌رو است. کدام گزینه درباره این فلز درست است؟ ($h = 4 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$ و $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) (ریاضی ۹۰)

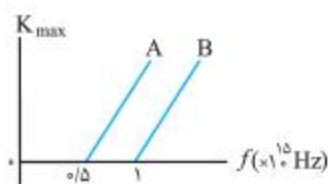
- ۱) تابع کار این فلز برابر با $3/2 \text{ eV}$ است.
- ۲) بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌های این فلز، متناسب با بسامد نور فرودی است.
- ۳) طول موج نور فرودی هرچه بیشتر از 375 nm باشد، فوتوالکترون‌های بیشتری تولید می‌شوند.
- ۴) بسامد نور فرودی هرچه کمتر از $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$ باشد، فوتوالکترون‌های بیشتری تولید می‌شوند.

۲۳۲۵. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار انرژی جنبشی بیشینه فوتوالکترون‌ها بر حسب بسامد نور فرودی به فلز A و B مطابق شکل زیر است. اگر نوری با بسامد f به سطح هر دو فلز بتابد، بیشینه انرژی جنبشی فوتوالکترون‌ها هنگام کنده‌شدن از سطح فلز A دو برابر فلز B خواهد بود. f چند THz است؟ ($h = 6/63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)



- ۱) ۱۰۰۰
- ۲) ۲۰۰۰
- ۳) ۴۰۰۰
- ۴) ۸۰۰۰

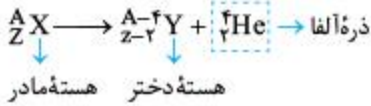
۲۳۲۶. در یک آزمایش فوتوالکتریک، نمودار انرژی جنبشی سریع‌ترین فوتوالکترون‌های گسیل‌شده از دو فلز A و B بر حسب بسامد نور فرودی به این دو فلز، مطابق شکل زیر است. فوتون‌هایی با بسامد f_A و f_B به ترتیب به فلزهای A و B می‌تابانیم و سریع‌ترین فوتوالکترون‌های این دو فلز با تندی یکسانی از دو فلز خارج می‌شوند. اگر $f_B/f_A = n$ باشد، کدام گزینه درست است؟



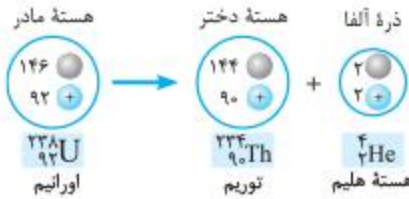
- ۱) $1 < n < 2$
- ۲) $n = 1$
- ۳) $n = 1/2$
- ۴) $1/2 < n < 1$

واپاشی α

این واپاشی در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد و طی این واپاشی، هسته مادر ${}^A_Z X$ با گسیل یک ذره آلفا (α) که همان هسته اتم هلیم (${}^4_2\text{He}$) با بار مثبت است، وا می‌باشد. بنابراین با وقوع این واپاشی، عدد اتمی هسته مادر (هسته اولیه) ۲ واحد و عدد جرمی آن ۴ واحد کم می‌شود.



مثال: واپاشی α برای اورانیم ۲۳۸:



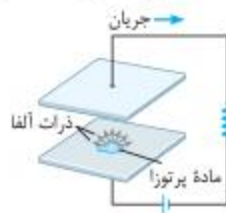
تذکره: با تابش هر ذره α، هسته دختر در جدول تناوبی عناصر ۲ خانه نسبت به هسته مادر عقب‌تر می‌رود.

ویژگی‌های ذرات α

- ۱) ذرات آلفا، سنگین، پرانرژی و دارای بار مثبت‌اند. جرم این ذرات تقریباً ۴ برابر جرم پروتون ($m_\alpha = 4m_p$) و بار ذره α، ۲ برابر بار پروتون است ($q_\alpha = 2q_p$).
- ۲) برد این ذرات بسیار کوتاه است و پس از طی مسافت کوتاهی (۱ تا ۲ سانتی‌متر) و یا عبور از لایه‌ای نازک از مواد جذب می‌شوند.
- ۳) این ذره از راه تنفس یا دستگاه گوارش وارد بدن می‌شود و به شدت به بافت بدن آسیب می‌زند.

آشکارسازهای دود

یکی از کاربردهای گسترده واپاشی α در دستگاه‌های آشکارساز دود است. نحوه کارکرد این دستگاه به این صورت است که در ابتدا ماده پرتوزای گسیل‌کننده ذرات α با برخورد به مولکول‌های مواد، آن‌ها را یونیزه می‌کند و با جذب مولکول یونیزه شده هوا توسط صفحات در مدار جریانی ایجاد می‌شود. در نهایت با نفوذ دود بین صفحات، یون‌هایی که با دود برخورد می‌کنند خنثی شده و جریان مدار کاهش می‌یابد و به این طریق هشداردهنده را به کار می‌اندازد.



تست: واپاشی اورانیم ۲۳۸ (${}^{238}_{92}\text{U}$) یک ذره آلفا گسیل می‌کند. عنصر ایجادشده از این واپاشی به ترتیب چند نوترون و چند پروتون خواهد داشت؟ (تجربین ۸۵)

- ۱) ۹۰، ۱۴۴ (۲) ۹۰، ۱۴۶ (۳) ۱۴۴، ۹۱ (۴) ۱۴۶، ۹۱ (۴)

پاسخ: گزینه ۱

معادله واکنش را نوشته و مجموع عددهای اتمی و مجموع عددهای جرمی دو طرف معادله واکنش را به‌طور جداگانه مساوی هم قرار می‌دهیم. دقت کنید، ذره آلفا هم‌جنس هسته اتم هلیم (${}^4_2\text{He}$) است.

$${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z X \Rightarrow \begin{cases} A + 4 = 238 \Rightarrow A = 234 \\ Z + 2 = 92 \Rightarrow Z = 90 \end{cases}$$

یعنی تعداد پروتون‌ها ۹۰ تا است و تعداد نوترون‌ها، ۱۴۴ تا است.

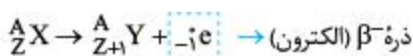
واپاشی β

نخستین مورد پرتوزایی بود که توسط هانری بکرل مشاهده شد. این واپاشی، متداول‌ترین نوع واپاشی است و ذرات گسیل‌شده در این واپاشی را بتا می‌نامند. در این فرایند، امکان گسیل دو ذره β⁻ (الکترون) و β⁺ (پوزیترون) وجود دارد که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

واپاشی بتای منفی (β⁻)

در این نوع واپاشی، هسته مادر ${}^A_Z X$ با گسیل ذره β⁻ وا می‌باشد. ذره بتای منفی، الکترون است اما الکترون گسیل‌شده در این واکنش نه در هسته مادر وجود دارد و نه از الکترون‌های مدار اتم است! پس این الکترون از کجا می‌آید؟

پاسخ سؤال این است که این الکترون زمانی به‌وجود می‌آید که یک نوترون در هسته به پروتون و الکترون تبدیل شود (الکترون گسیل می‌شود و پروتون در هسته باقی می‌ماند). بنابراین معادله واپاشی مطابق زیر است:



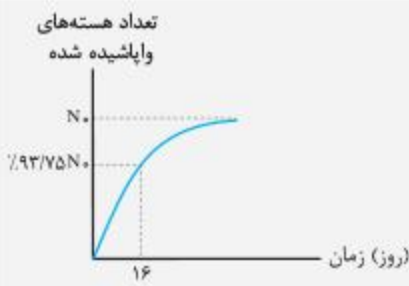
نمودار تعداد هسته‌های واپاشی شده یک عنصر پرتوزا بر حسب زمان مطابق شکل است. پس از گذشت ۱۶ روز، چند روز دیگر طول می‌کشد تا $\frac{1}{33}$ هسته‌های اولیه باقی بماند؟

- ۱) ۱۶
- ۲) ۸
- ۳) ۴
- ۴) ۱۲

پاسخ: گزینه ۳

گام اول

۹۳/۷۵٪ هسته‌ها واپاشیده‌اند. این بدین معنی است که ۶/۲۵٪ هسته‌ها باقی مانده‌اند که معادل $\frac{N_0}{16}$ است $(\frac{6}{25} = \frac{625}{10000} = \frac{1}{16})$. تعداد نیمه‌عمرهای سپری شده را با طرحوارهٔ مقابل محاسبه می‌کنیم:



$$N_0 \xrightarrow{1} \frac{N_0}{2} \xrightarrow{2} \frac{N_0}{4} \xrightarrow{3} \frac{N_0}{8} \xrightarrow{4} \frac{N_0}{16}$$

$$4T_{1/2} = 16 \Rightarrow T_{1/2} = 4 \text{ روز}$$

بنابراین تعداد ۴ نیمه‌عمر در مدت ۱۶ روز سپری شده است؛ پس:

$$\frac{N_0}{16} \xrightarrow{T_{1/2} = 4 \text{ روز}} \frac{N_0}{32}$$

حالا مراحل واپاشی را ادامه می‌دهیم تا تعداد هسته‌های باقی‌مانده به $\frac{1}{33}$ هسته‌های اولیه برسد.

بنابراین پس از ۴ روز دیگر، تعداد هسته‌های باقی‌مانده به $\frac{1}{33}$ هسته‌های مادر اولیه خواهد رسید.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

نیمه‌عمر

۲۵۸۸. نیمه‌عمر مادهٔ پرتوزا مدت زمانی است که در طی آن

- ۱) ماده نصف عمر مفید خود را گذرانده باشد.
- ۲) ماده نیمی از جرم خود را از دست دهد.
- ۳) نیمی از هسته‌های مادهٔ پرتوزا واپاشیده شود.
- ۴) همهٔ هسته‌ها تجزیه شوند و نصف جرم ماده از آن جدا شود.

(ریاضی خارج ۸۵)

- ۱) نیمه‌عمر یکسانی دارند.
- ۲) انرژی بستگی یکسانی دارند.
- ۳) دارای عدد اتمی یکسان و جرم‌های متفاوت‌اند.
- ۴) دارای جرم‌های یکسان و عدد اتمی متفاوت‌اند.

(تجرب ۸۴)

۲۵۹۰. کدام عبارت درست است؟

- ۱) با گذشت زمان، نیمه‌عمر عنصر پرتوزا کاهش می‌یابد.
- ۲) در اثر پرتوزایی، ممکن است عدد اتمی هسته افزایش یابد.
- ۳) هر چه انرژی بستگی هسته بیشتر باشد، آن هسته ناپایدارتر است.
- ۴) اگر از هسته‌ای فقط ذرهٔ آلفا گسیل شود، عدد جرمی آن یک واحد کاهش می‌یابد.

۲۵۹۱. از ۱۲ g یک مادهٔ پرتوزا پس از ۱۸ روز، ۱/۵ g به صورت واپاشی تشده باقی مانده است. نیمه‌عمر این ماده چند روز است؟

- ۱) ۹
- ۲) ۶
- ۳) ۴
- ۴) ۳

(ریاضی ۸۷)

۲۵۹۲. چند درصد از هسته‌های یک مادهٔ پرتوزا پس از واپاشی در مدت ۴ نیمه‌عمر، به صورت فعال باقی می‌ماند؟

- ۱) ۲/۵
- ۲) ۳
- ۳) ۶/۲۵
- ۴) ۱۲/۵

۲۵۹۳. نیمه‌عمر مادهٔ پرتوزایی ۲۵ سال است. اگر m گرم از این ماده موجود باشد، پس از گذشت ۷۵ سال چه کسری از آن به صورت فعال باقی می‌ماند؟

(کنکور زیرخاک)

- ۱) $\frac{1}{8}$
- ۲) $\frac{1}{6}$
- ۳) $\frac{1}{4}$
- ۴) $\frac{1}{3}$

(تجرب خارج ۹۳)

۲۵۹۴. نیمه‌عمر یک مادهٔ پرتوزا ۲ ساعت است. پس از چند ساعت $\frac{1}{128}$ هسته‌های اولیه، فعال باقی می‌مانند؟

- ۱) ۳۶
- ۲) ۲۸
- ۳) ۱۴
- ۴) ۱۲

۲۵۹۵. تعداد هسته‌های اولیهٔ یک مادهٔ پرتوزا $N_0 = 1600$ است. اگر نیمه‌عمر این ماده ۶ ساعت باشد، بعد از چند ساعت ۲۰۰ هستهٔ آن فعال باقی می‌ماند؟

(تجرب ۹۳)

- ۱) ۱۲
- ۲) ۱۸
- ۳) ۳۶
- ۴) ۴۸