به نام پروردگار مهربان

فیزیک دوازدهم

ریاضی

مفاهیم، تعاریف، تصاویر و فرمول‌ها

مهندس حسن محمدی

مهروماه

مقدمه

یکی از دغدغه‌های بزرگ دانش‌آموزان توی چند سال اخیر این بوده که با این کتاب درسیِ پر از نکته که کوچک‌ترین جزئیاتش، مثال‌هاش، پرسش‌ها و تمرین‌های بدون جوابش ☹️ مستقیماً توی امتحانات نهایی و کنکور به عنوان سـؤال و تسـت مطرح میشه چیکار کنن؟ 🤔 جواب این سـؤال مهم و طولانی همینجاست! یکم صبر کنید تا دونه دونه بهتون بگم چه لقمهٔ خوشـمزه‌ای 😋 براتون آوردم:

🍕 **لقمهٔ اول:** همهٔ مفاهیم کتاب درســی، شکلا و توضیحاتشون، فرمول‌ها و نکاتشــون رو توی این لقمه براتون آماده کردم. اما این لقمه وقتی جذاب‌تر میشــه که بدونید سؤالای امتحان نهایی چند سال اخیر، تمرین‌ها و پرسش‌های مهم کتاب که به مثال تبدیل شدن رو لابه‌لای درسـنامه براتون خیلی شـیک چیدم تـا برید بخونید و لذتشو ببرید. هنوز تموم نشده؛ یه سورپرایزم دارم! اگه میخواید آخر هر فصل خودتونو محک بزنید، چنتا سؤال خوب و چالشی به عنوان محتوای افزوده براتون توی سایت گذاشتیم 😎

🍕 **لقمهٔ دوم:** تمام پرســش‌ها، فعالیت‌هــا و آزمایش‌ها رو توی این لقمه با جوابشون براتون آوردم تا بتونید خوبِ خوب کتاب رو هضم کنید!

🍕 **لقمهٔ آخر:** یک لقمهٔ شگفت‌انگیز: اسمَش تعاریف و فرمولنامست جاشــم آخر کتابه! فرمول‌ها و تعاریف همهٔ فصلا رو یکجا آوردم تا بتونید توی کمتر از ۱ ساعت کل کتاب رو ببلعید!

خیلی تلاش کردیم تــا کتاب کاملاً جامعی رو براتــون آماده کنیم اما کتاب کوچیکه و محدودیت حجم همیشه اذیتمون میکنه. اما اصلاً نگران نباشــید چون چیزی کم نگذاشتیم و یه سری سوال ترکیبیِ جون‌دار و پاسخ فعالیت‌ها و آزمایش ها رو به عنــوان محتوای افزوده تو ســایت براتون آپلود کردیم که با اســکن کردن کدی که میبینید میتونید راحت دانلودش کنید.

حرف آخر: ببینید بچه‌ها من ادعا میکنم این کتاب کوچیک با تمام جمع و جور بودنش کتابیه که میتونید با خوندنش از پس هر آزمونی بر بیایید! از امتحانای تشریحی و تستی مدرسه گرفته تا امتحان نهایی و کنکور! پس قورتش 💪 بدید استیکر قبل اینکه امتحانا شما رو قوت بدن.

تشکر و سپاس فراوان از:

در اینجا لازمه از کلیهٔ عزیزانی که در به چاپ رسـیدن کتاب سـهیم بودن تشکر کنم:

- جناب آقای احمد اختیاری، مدیر محترم انتشـارات، که همیشـه با اعتمادشون به جوون‌ترها، به اونها امید میبخشن.
- جناب آقای محمدحسین انوشه مدیر محترم شورای تألیف و جناب آقـای نصرالله افاضل مدیـر و ناظر علمی گـروه فیزیک که فرصت نوشتن این کتاب رو به من دادن.
- سرکار خانم مهندس مهدیه اسکندری مسئول تألیف گروه فیزیک که باید بگم کل زحمات از صفر تا صد روی دوششون بوده و توی این یکی دو خط نمیشه به هیچ شکلی از ایشون تشکر کرد.
- جنای آقای محسـن فرهـادی مدیر هنری، سـرکار خانم سـمیرا سیاوشی مدیر تولید و جناب آقای میلاد صفایی مدیر فنی که زحمت کشیدن تا کتاب با بهترین کیفیت به‌دست شما برسه.
- شما دبیران و دانش‌آموزان عزیزی که قراره کتاب رو نقد کنید و نظراتتونو از طریق پل ارتباطی physics_mehromah@ با ما در میون بزارید.

ارادتمند شما

حسن محمدی

فهرست

نمودار مکان ـ زمان $(x-t)$

برای توصیف حرکت یک جسم می‌توان از نمودار مکان ـ زمان که مکان جسم را در هر لحظه نشان می‌دهد، استفاده کرد.

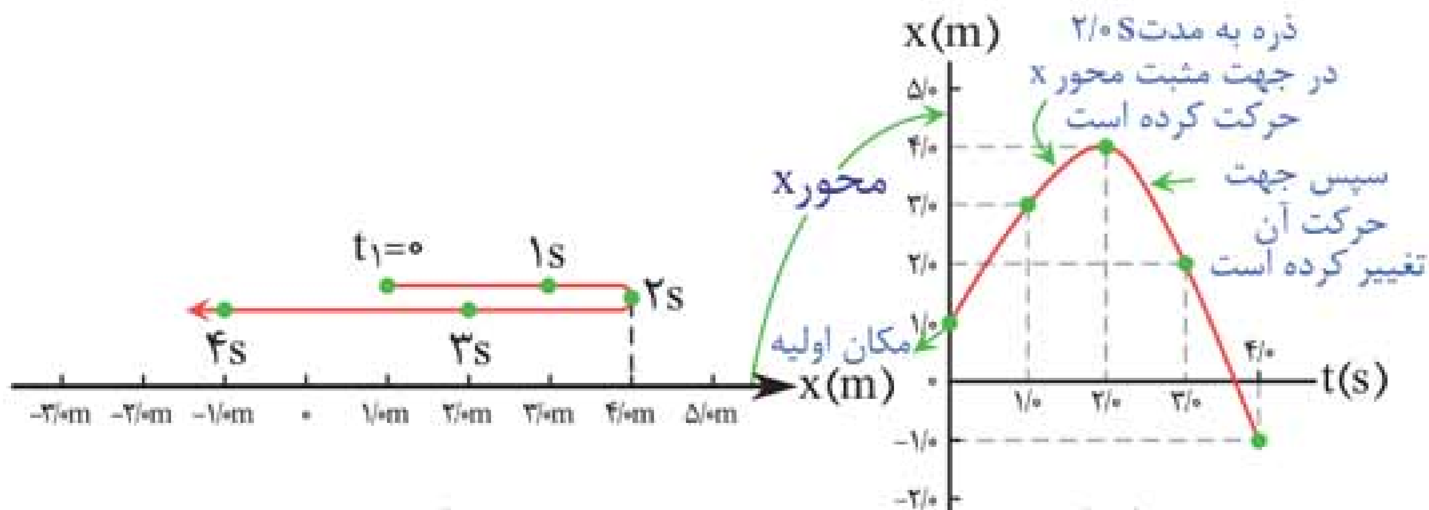
در شکل (الف) مسیر حرکت متحرک نشان داده‌شده است. متحرک در مسیر حرکت خود:

۱ در مبدأ زمان، در $x_{۱} = ۱m$ بوده است.

۲ در $t_{۲} = ۱s$، در مکان $x_{۲} = ۳m$ بوده است.

۳ در لحظهٔ $t_{۳} = ۲s$ در مکان $x = ۴m$ بوده است و به همین ترتیب حرکت خود را ادامه داده است.

اگر نقاط بالا را که مربوط به زمان‌ها و مکان‌های مشخص است، روی صفحهٔ $x-t$ مشخص کنیم و به‌وسیلهٔ یک منحنی (خم) هموار به هم وصل کنیم، نمودار مکان ـ زمان مطابق شکل (ب) به‌دست می‌آید.



(ب) (الف)

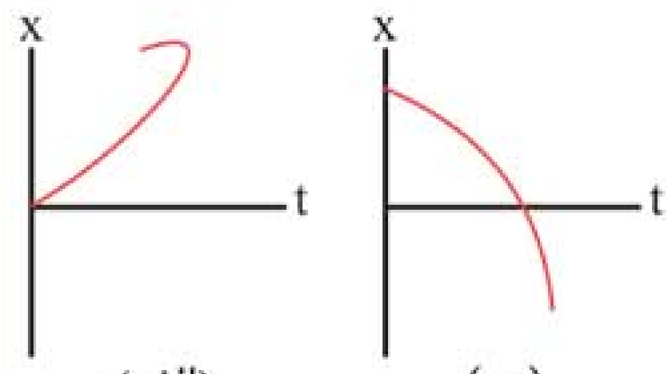
نکته‌ها: ۱ نقطهٔ برخورد نمودار با محور عمودی نشان‌دهندهٔ مکان اولیهٔ متحرک است.

۲ در زمان‌هایی که نمودار مکان ـ زمان، افقی و موازی محور t باشد، متحرک ساکن است.

۳ نقطهٔ برخورد نمودار با محور افقی نشان‌دهندهٔ لحظه‌ای است که متحرک در مبدأ است. اگر نمودار محور t را قطع کند، بردار مکان آن تغییر جهت می‌دهد (قطع کند، نه این‌که مماس شود!).

۴ اگر مکان ثانویه بالاتر از مکان اولیه باشد جابه‌جایی مثبت و اگر مکان ثانویه پایین‌تر از مکان اولیه باشد، جابه‌جایی منفی است.

مثال ۴: **با توجه به شــکل مقابل، توضیح دهید کدام‌یک از نمودارهای مکان ـ زمان (الف) یا (ب) می‌تواند نشان‌دهندهٔ نمودار مکان ـ زمان متحرک باشد؟** (تجربی ـ شهریور ۹۸)

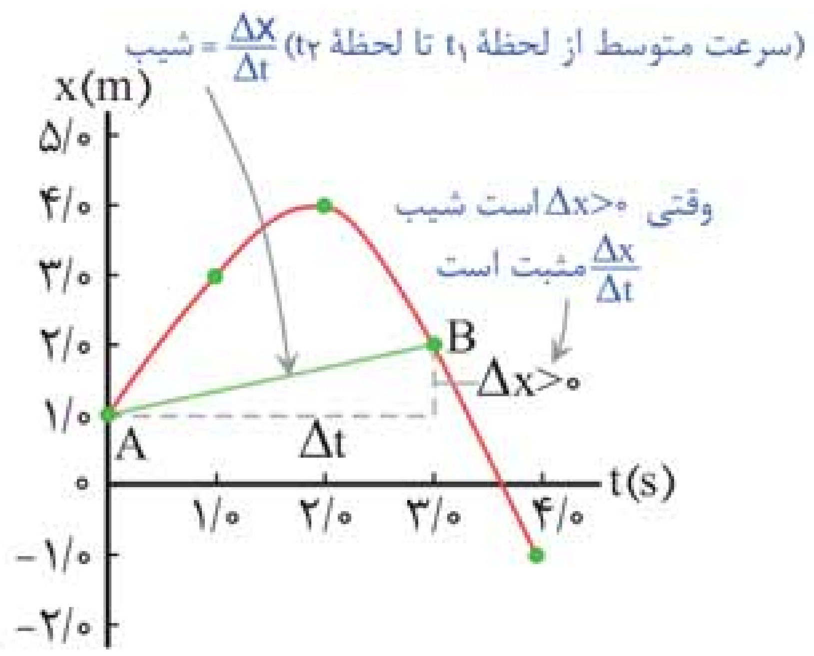


(الف) (ب)

■ **پاسخ:** نمــودار (ب)؛ در برخــی نقاط نمــودار (الف)، متحرک در یک لحظه در دو مکان است که این امکان‌پذیر نیست!

تعیین سرعت متوسط به کمک نمودار مکان ـ زمان

مطابق شکل، سرعت متوسط متحرک بین دو لحظهٔ دلخواه، برابر شیب خطی است که نمودار مکان ـ زمان را در آن دو لحظه قطع می‌کند. مثلاً سرعت متوسط بین $t_1 = ۰s$ و $t_2 = ۳s$ برابر است با شیب خط AB ؛ بنابراین داریم:



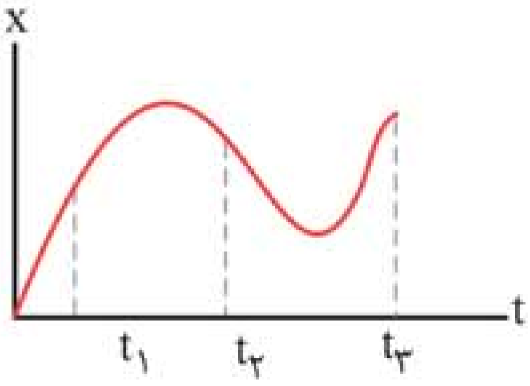
$$v_{av} = \text{شیب خط واصل بین دو نقطه} = \frac{۲-۱}{۳-۰} = \frac{۱}{۳}\ m/s$$

در مورد علامت سرعت متوسط از روی نمودار $x-t$ به‌جدول زیر توجه کنید:

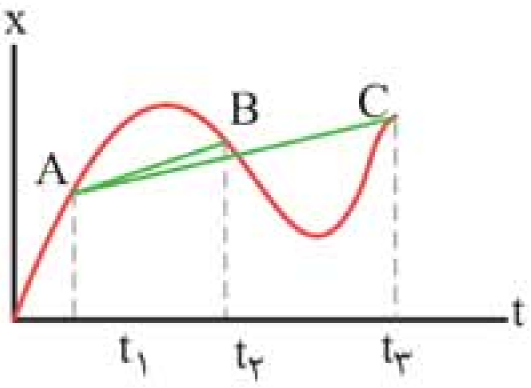
شیب خط	علامت v_{av}
مثبت	$+$: سرعت متوسط در جهت محور x
منفی	$-$: سرعت متوسط در خلاف جهت محور x

نکته: اگر شیب نمودار مکان ـ زمان یک متحرک در طول حرکت ثابت باشد، سرعت متوسط در هر بازهٔ زمانیِ دلخواه یکسان است.

مثال ۵: نمودار مکان ـ زمان متحرکی که بر روی محور x حرکت می‌کند، مطابق شکل مقابل است. سرعت متوسط این متحرک را در بازه‌های زمانی t_1 تا t_2 و t_1 تا t_3 با هم مقایسه کنید.



پاسخ:



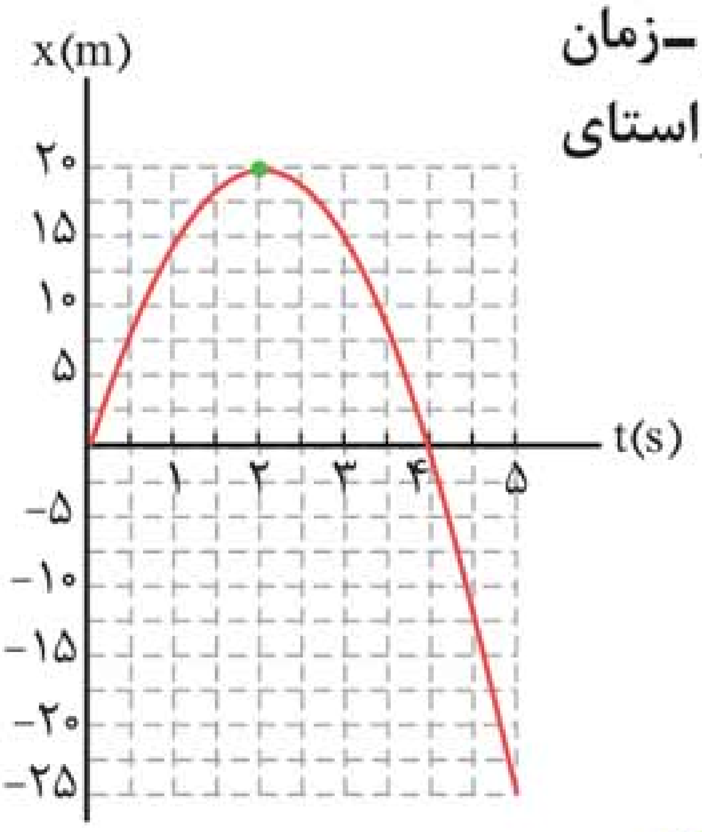
شیب خط $AC >$ شیب خط AB

$$\Rightarrow v_{av_{t_1 \text{ تا } t_2}} > v_{av_{t_1 \text{ تا } t_3}}$$

مثال ۶: شکل مقابل نمودار مکان ـ زمان خودرویی را نشان می‌دهد که در راستای خط راست حرکت می‌کند.

الف) سرعت و تندی متوسط را در بازهٔ زمانی $t_1 = 1s$ تا $t_3 = 3s$ پیدا کنید.

ب) سرعت متوسط و جهت آن را در بازهٔ زمانی $t_1 = 1s$ تا $t_5 = 5s$ به‌دست آورید.



■ **پاسخ:** الف)

$$\left.\begin{array}{l} t_1=1s\Rightarrow x_1=15m \\ t_3=3s\Rightarrow x_3=15m \end{array}\right\}\Rightarrow \Delta x=0\Rightarrow v_{av}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=0\,m/s$$

$$\ell=|20-15|+|15-20|=10m$$

$$\Rightarrow s_{av}=\frac{\ell}{\Delta t}=\frac{10}{3-1}=5m/s$$

تذکر: در محاسبهٔ مسافت دقت کنید که متحرک در لحظهٔ $t_2=2s$ تغییر جهت داده است.

ب)

$$\left.\begin{array}{l} t_1=1s\Rightarrow x_1=15m \\ t_5=5s\Rightarrow x_5=-25m \end{array}\right\}\Rightarrow v_{av}=\frac{x_5-x_1}{t_5-t_1}$$

$$=\frac{-25-15}{5-1}=-10m/s\xrightarrow{v_{av}<0}$$ در خلاف جهت محور x

◄ تندی و سرعت لحظه‌ای

تندی متحرک در هر لحظه از زمان را **تندی لحظه‌ای** می‌نامند. در حالی که اگر در گزارش تندی لحظه‌ای، به جهت حرکت متحرک نیز اشاره شود، در واقع **سرعت لحظه‌ای** $(\vec{v})$ که یک کمیت برداری است را گزارش کرده‌ایم.

نکته‌ها: ۱ عقربهٔ تندی‌سنج خودرو، تندی لحظه‌ای را نشان می‌دهد و هیچ گونه اطلاعی در خصوص جهت حرکت خودرو به ما نمی‌دهد.

۲ منظور از سرعت و تندی، همان سرعت و تندی لحظه‌ای است.

۳ هرگاه متحرک در جهت مثبت محور x حرکت کند، $v>0$ و هرگاه در خلاف جهت محور x حرکت کند، $v<0$ است. دقت کنید که تندی، یک کمیت نرده‌ای و همواره مثبت است.

لقمهٔ دوم تمرین‌ها، فعالیت‌ها و پرسش‌ها

پرسش ۱-۱

۱. شکل (الف) شخصی را در حال پیاده‌روی در راستای خط راست و بدون تغییر جهت، از مکان ۱ به مکان ۲ نشان می‌دهد. مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازهٔ بردار جابه‌جایی را با مسافت مقایسه کنید.

(الف)

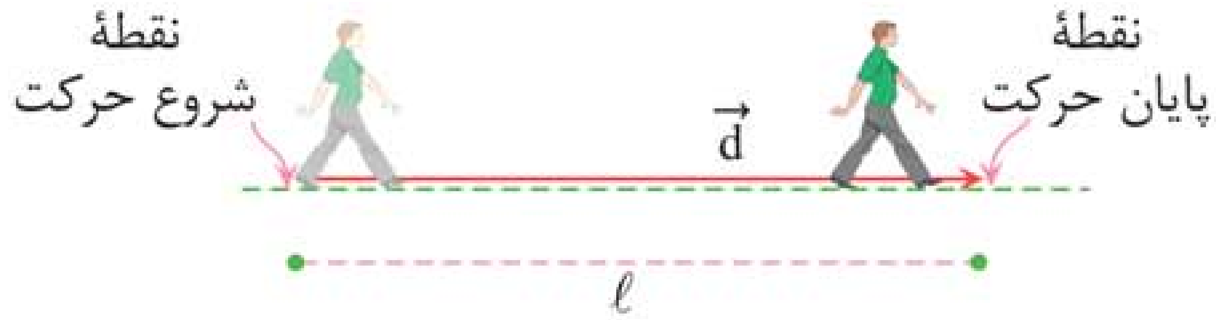
۲. شخص پس از رسیدن به مکان ۲، برمی‌گردد و روی همان مسیر به مکان ۳ می‌رود (شکل ب). مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی شخص را روی شکل مشخص و اندازهٔ بردار جابه‌جایی را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.

(ب)

۳. شکل (پ) مسیر حرکت ماه به دور زمین را نشان می‌دهد. وقتی ماه در جهت نشان داده شده در شکل، از مکان ۱ به مکان ۲ می‌رود، مسیر حرکت و بردار جابه‌جایی آن را روی شکل مشخص و اندازهٔ بردار جابه‌جایی آن را با مسافت پیموده شده مقایسه کنید.

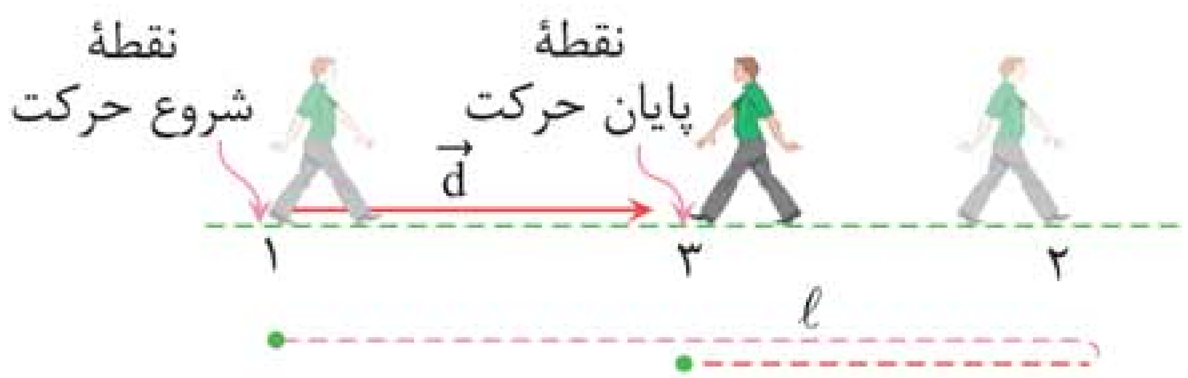
(پ)

■ **پاسخ:** ۱) چون متحرک روی خط راست و در یک جهت ثابت حرکت کرده است (تغییر جهت نداده است)، مسافت و اندازهٔ جابه‌جایی برابرند.



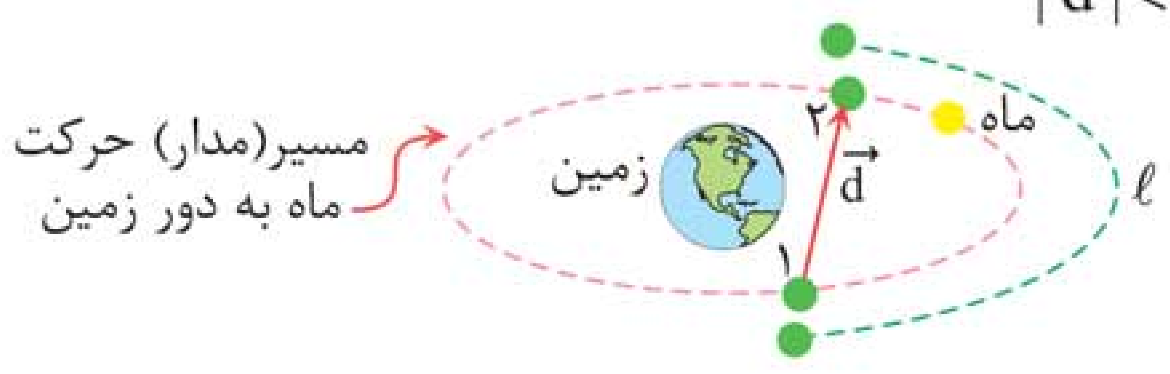
(الف)

۲) به این دلیل که متحرک تغییر جهت داده است، مسافت و جابه‌جایی برابر نیستند و مسافت طی‌شده بیشتر از اندازهٔ جابه‌جایی است. $|\vec{d}| < \ell$



(ب)

۳) به علت تغییر جهت، اندازهٔ جابه‌جایی کوچک‌تر از مسافت طی‌شده است: $|\vec{d}| < \ell$

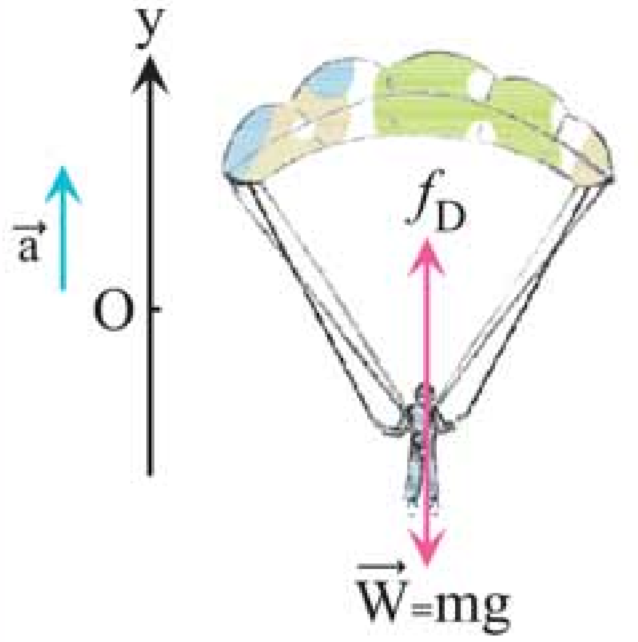


پرسش ۱-۲

در چه صورت اندازهٔ سرعت متوسط یک متحرک با تندی متوسط آن برابر است؟ برای پاسخ خود می توانید به شکل های پرسش ۱-۱ نیز توجه کنید.

■ **پاسخ:** اگر متحرک در یک بازهٔ زمانی روی خط راست و در یک جهت ثابت حرکت کند، در آن بازهٔ زمانی، تندی متوسط با اندازهٔ سرعت متوسط برابر است.

ب) واکنش هر یک از نیروهای وارد بر چترباز به چه جسمی وارد می‌شود؟ (تجربی ـ خرداد ۹۸)



■ **پاسخ:** الف) چون نیروی مقاومت هوا $(f_D = ۱۰۰۰N)$ از نیروی وزن $(W = mg = ۸۰۰N)$ بیشتر است، نیروی خالص و شتاب چترباز رو به بالاست:

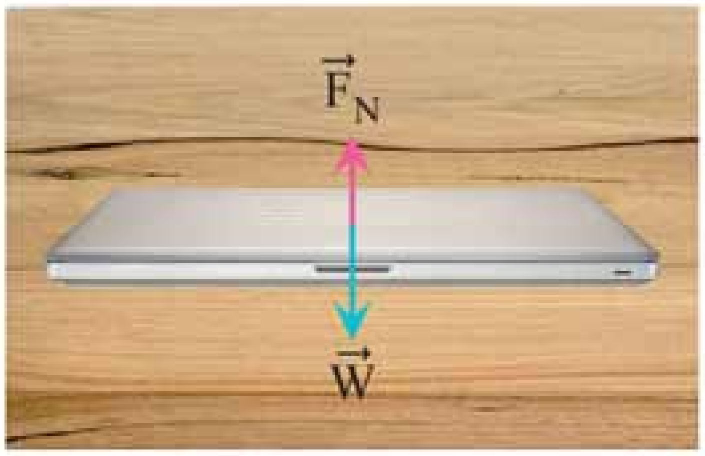
$$F_{net} = ma \Rightarrow f_D - W = ma$$

$$\Rightarrow ۱۰۰۰ - ۸۰۰ = ۸۰a$$

$$\Rightarrow ۲۰۰ = ۸۰a \Rightarrow a = ۲/۵\ m/s^۲$$

ب) واکنش نیروی مقاومت هوا (f_D) به مولکول‌های هوا و واکنش نیروی وزن (W) به مرکز زمین وارد می‌شود.

نیروی عمودی سطح (F_N)

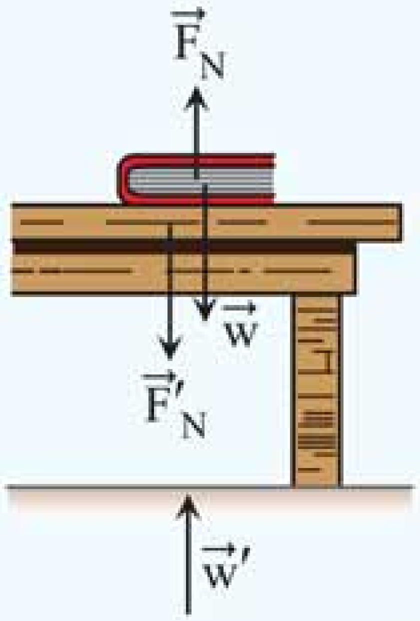


نیروهای وارد بر لپ‌تاپ متوازن‌اند.

لپ‌تاپی را مطابق شکل روی یک سطح افقی در نظر بگیرید. در این حالت نیروهای وارد بر لپ‌تاپ متوازن‌اند. بنابراین باید نیرویی **هم‌اندازه** و در **خلاف جهت** نیروی وزن از طرف میز (سطح) بر لپ‌تاپ وارد شده باشد تا نیروی وزن را خنثی کند. این نیرو که **عمود بر سطح تماس** است را **نیروی عمودی سطح** گویند.

نکته‌ها: ۱ نیروی عمودی سطح ناشی از تغییر شکل سطح تماس دو جسم است که مربوط به نیروهای بین مولکولی است.

۲ با توجه به شکل درمی‌یابیم که:

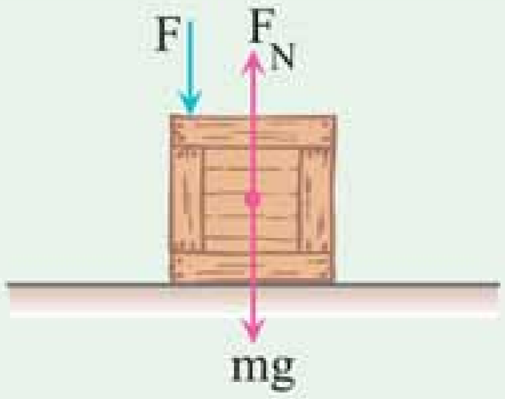
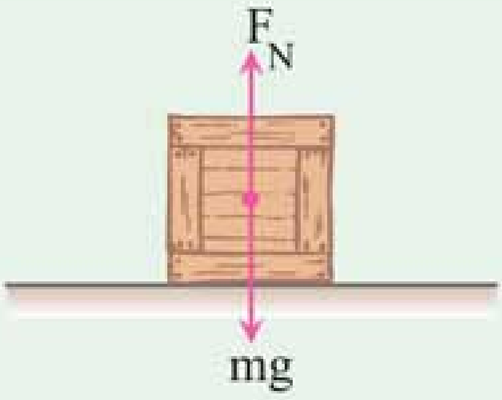
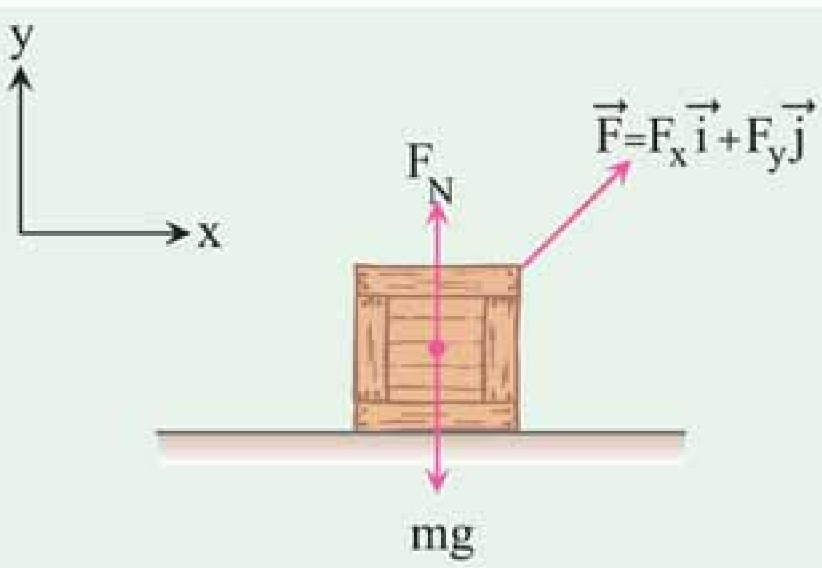
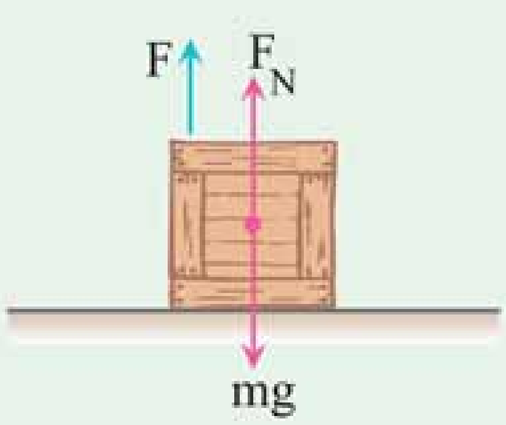


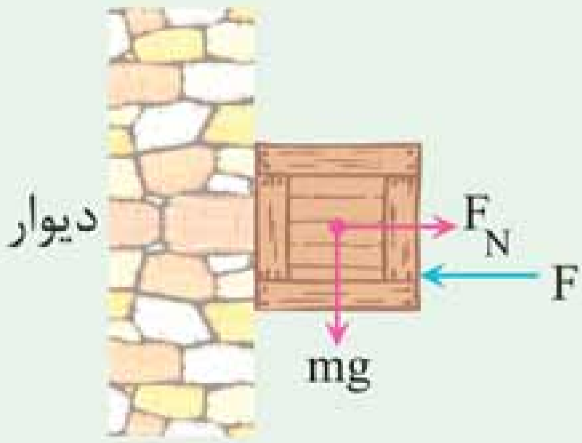
- نیروی عمودی تکیه‌گاه از طرف سطح به جسمی که روی آن قرار دارد وارد می‌شود ($\vec{F}_N$).
- واکنش $\vec{F}_N$، $\vec{F}'_N$ است که در خلاف جهت آن از طرف جسم به سطح وارد می‌شود.
- واکنش نیروی وزن ($\overrightarrow{W}$)، نیرویی است ($\overrightarrow{W}'$) که از طرف جسم به زمین و در خلاف جهت $\overrightarrow{W}$ به آن وارد می‌شود.

تذکر: نیروی وزن ($\overrightarrow{W}$)، واکنش نیروی عمودی سطح نیست!!! و بالعکس.

۳ اگر جسمی روی ترازو قرار داشته باشد، ترازو F_N را نشان می‌دهد.

تکنیک: جدول زیر چند حالت مهم را برای F_N بررسی می‌کند:

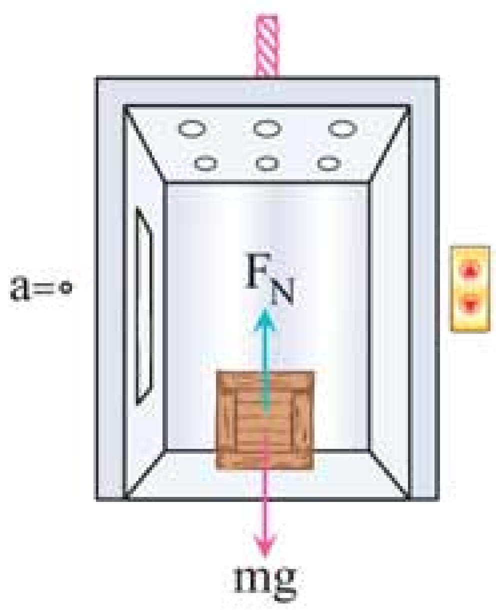
	
$F_N = mg + F$	$F_N = mg$
	
$F_N = mg - F_y$	$F_N = mg - F$

	
$F_N = F - mg$	$F_N = F$

آسانسور

اگر جسمی را در یک آسانسور تصور کنیم، بسته به اندازه و جهت شتاب آسانسور، نیروی عمودی سطح در برخی حالت‌ها دیگر برابر mg نیست. به حالت‌های زیر به خوبی توجه کنید.

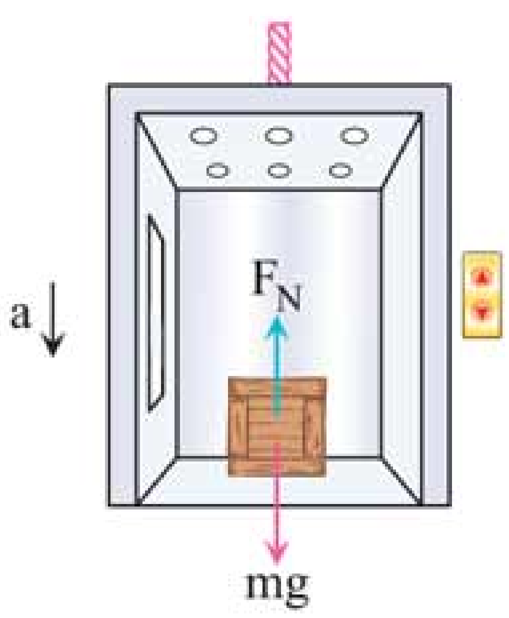
حالت اول: آسانسور ساکن است:



$$F_N - mg = ۰ \Rightarrow F_N = mg$$

تذکر: در حالتی که آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند نیز $F_N = mg$ است.

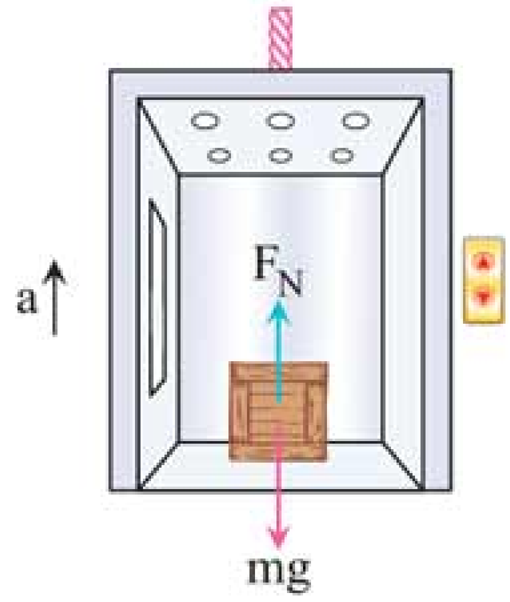
حالت دوم: آسانسور تندشونده رو به پایین یا کندشونده رو به بالا حرکت کند: (در این حالت جهت شتاب رو به پایین است)



$$mg - F_N = m\underbrace{a}_{\text{اندازهٔ شتاب آسانسور}} \Rightarrow F_N = m(g - a)$$

تذکر: در این حالت ترازو عددی کوچک‌تر از اندازهٔ وزن را نشان می‌دهد.

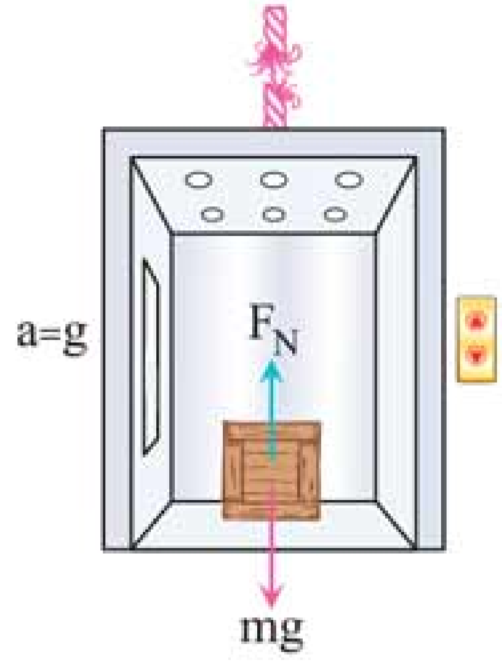
حالت سوم: آسانسور تندشونده رو به بالا یا کندشونده رو به پایین حرکت کند: (در این حالت جهت شتاب رو به بالا است.)



$$F_N - mg = m\underbrace{a}_{\text{اندازهٔ شتاب آسانسور}} \Rightarrow F_N = m(g+a)$$

تذکر: در این حالت ترازو عددی بزرگ‌تر از اندازهٔ وزن را نشان می‌دهد.

حالت چهارم: کابل آسانسور پاره شود (آسانسور سقوط آزاد کند): (در این حالت شتاب آسانسور برابر g و رو به پایین است.)



$$mg - F_N = ma \Rightarrow F_N = m(g-a)$$
$$= m(g-g) = ۰$$

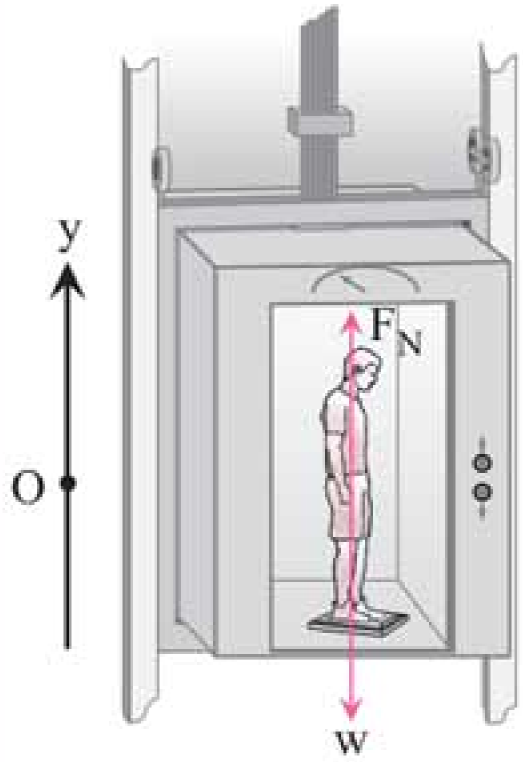
تذکر: در سقوط آزاد، نیروی عمودی سطح صفر است (ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد)

مثال ۱۰: دانش‌آموزی به جرم $۶۰\,kg$ روی یک ترازوی فنری در آسانسور ساکن ایستاده است. آسانسور با شتاب ثابت $۱/۲\,m/s^۲$ به طرف بالا شروع به حرکت می‌کند؛

الف) ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟

ب) اگر کابل آسانسور پاره شده و آسانسور سقوط آزاد کند، ترازو چه عددی را نشان می‌دهد؟ $(g = ۹/۸\,N/kg)$ (تجربی ـ خرداد ۹۸)

■ **پاسخ:** الف) چون شتاب رو به بالاست، نیروی خالص نیز رو به بالاست.



عددی که ترازو نشان می‌دهد.

$$F_{net} = ma \Rightarrow F_N - W = ma$$

$$\Rightarrow F_N = m(g+a)$$

$$\Rightarrow F_N = ۶۰ \times (۹/۸ + ۱/۲) = ۶۶۰\,N$$

ب) در حالتی که آسانسور سقوط آزاد می‌کند، شتاب حرکت آن برابر g و رو به پایین است.

$$mg - F_N = ma \Rightarrow F_N = m(g-a) \xrightarrow{a=g} F_N = m(g-g) = ۰$$

بنابراین، در سقوط آزاد، نیروی عمودی سطح صفر است و ترازو عدد صفر را نشان می‌دهد.

نیروی اصطکاک

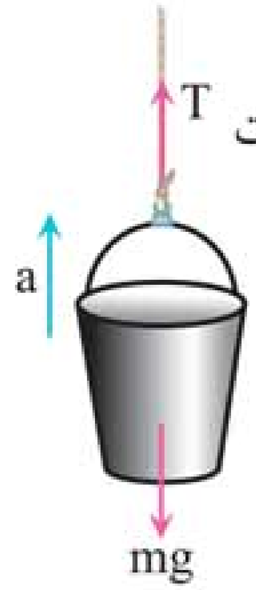
وقتی تلاش می‌کنیم جسمی را روی سطحی به حرکت در آوریم، چه جسم حرکت کند و چه ساکن بماند، نیروی مقاومتی در خلاف جهتی که تلاش کرده‌ایم جسم را به حرکت در آوریم ظاهر می‌شود که به آن **نیروی اصطکاک** می‌گویند. با دو حالت روبه‌رو هستیم:

حالت اول: اگر جسمی را هُل دهیم و نتوانیم آن را حرکت دهیم، با نیروی **اصطکاک ایستایی** (f_s) مواجه هستیم که با حرکت جسم مخالفت کرده است.

تمرین ۲-۶

کارگری یک سطل محتوی مصالح به جرم $16/0\,kg$ را با طناب سبکی به طرف بالا می‌کشد. اگر شتاب رو به بالای سطل $1/2\,m/s^2$ باشد، نیروی کشش طناب چقدر است؟ $(g = 9/80\,m/s^2)$

■ **پاسخ:**



$$T - mg = ma$$
$$\Rightarrow T = m(g + a)$$
$$= 16 \times (9/8 + 1/2) = 176\,N$$

تمرین ۲-۷

نشان دهید بین اندازهٔ تکانه (p) و انرژی جنبشی (K) جسمی به جرم m، رابطهٔ $K = \frac{p^2}{2m}$ برقرار است.

■ **پاسخ:**

$$\left.\begin{aligned} &K = \frac{1}{2}mv^2 \\ &p = mv \Rightarrow v = \frac{p}{m} \end{aligned}\right\} \Rightarrow K = \frac{1}{2}m\left(\frac{p}{m}\right)^2 \Rightarrow K = \frac{p^2}{2m}$$

پرسش ۲-۸

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

■ **پاسخ:** در حرکت دایره‌ای یکنواخت، تندی متحرک در بازه‌های زمانی متفاوت ثابت است. پس متحرک در بازه‌های زمانی برابر، مسافت‌های یکسانی را طی می‌کند.

لقمهٔ اول مفاهیم، تعاریف، نکته‌ها و روابط

حرکت نوسانی

به حرکت‌های پی‌درپی و مداوم روبه‌جلو و عقب یا بالا و پایینِ جسم، حرکت نوسانی می‌گویند.

مفاهیم اولیه

نوسان دوره‌ای: نوسان‌هایی را که هر دور آن در دوره‌های دیگر تکرار شود، **نوسان دوره‌ای** می‌نامند.

شکل مقابل، تصویری از ضرباهنگ (ریتم) قلب یک شخص را نشان می‌دهد که در هر دقیقه ۶۵ بار می‌زند که نمونه‌ای از یک نوسان دوره‌ای است.

چرخه (سیکل): نقش‌های تصویر ریتم قلب که به‌طور منظم درحال تکرار هستند را **چرخه (سیکل)** گویند.

تذکر: **نوسانگر:** جسمی است که در نوسان است!

دورهٔ تناوب (T): مدت زمان انجام یک چرخهٔ کامل (نوسان کامل) را **دورهٔ تناوب** می‌نامند.

بسامد (فرکانس) (f): تعداد نوسان‌های انجام شده (تعداد چرخه‌ها) در هر ثانیه، **بسامد (فرکانس)** نامیده می‌شود.

تذکر: بسامد عکس دورهٔ تناوب است.

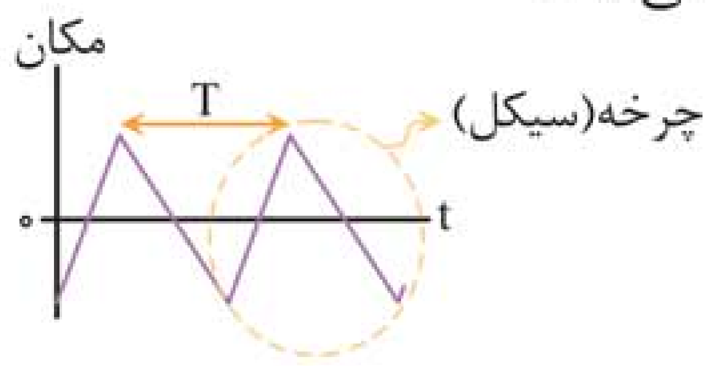
$$\text{(Hz) بسامد} \leftarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow \text{دورهٔ تناوب(s)}$$

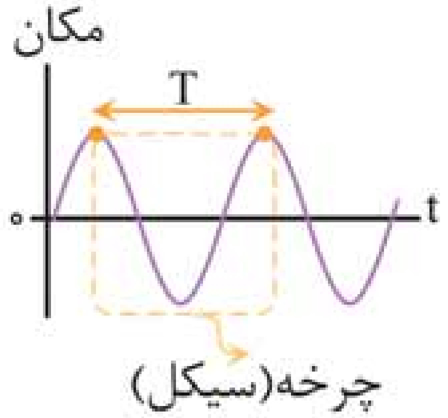
نکته: اگر نوسانگر در مدت t ثانیه، n نوسان کامل را انجام دهد:

$$T = \frac{t}{n} \qquad , \qquad f = \frac{n}{t}$$

حرکت هماهنگ ساده

شکل‌های زیر، نمودار مکان ـ زمان دو نمونه از نوسان‌های دوره‌ای را نشان می‌دهد.



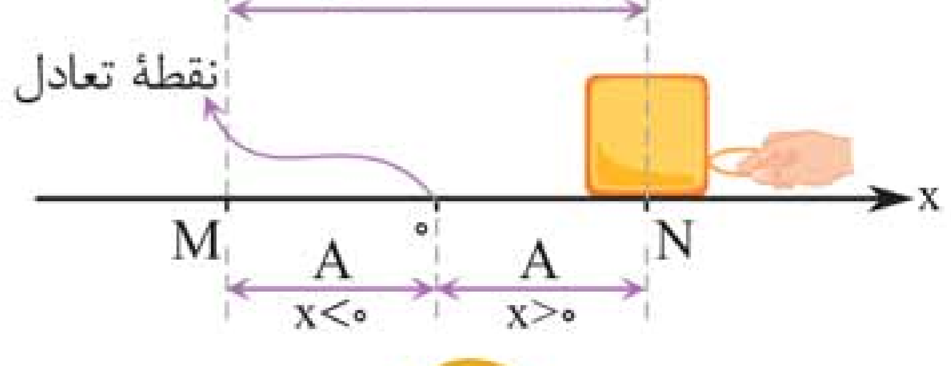


نوسان شکل (ب) که به‌طور سینوسی رخ داده است مربوط به یک **حرکت هماهنگ ساده** است.

در واقع، حرکتی که به‌صورت نوسان رفت و برگشتی روی پاره‌خطی ثابت (**پاره‌خط نوسان**) در دو طرف نقطه‌ای به نام **نقطهٔ تعادل** (واقع بر وسط پاره‌خط نوسان) انجام می‌شود را **حرکت هماهنگ ساده** می‌نامند.

دامنهٔ حرکت (A)

بیشینهٔ فاصلهٔ نوسانگر از نقطهٔ تعادلش را گویند. در حرکت هماهنگ ساده، نوسانگر مطابق شکل روی محور x بین $x=+A$ و $x=-A$ به جلو و عقب می‌رود که در آن A **دامنهٔ حرکت** است.



فصل ۳

نکته‌ها: ۱ نقطهٔ تعادل، نقطه‌ای وسط پاره‌خط مسیر نوسان است.
۲ طول پاره خط نوسان (MN) دو برابر دامنهٔ نوسان است:
$$\overline{MN} = ۲A$$

بسامد زاویه‌ای (ω)

کمیتی اسـت که برای توصیف حرکت هماهنگ سـاده به کار می‌رود و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\underset{\text{بسامد زاویه‌ای (rad / s)}}{\omega} = \frac{۲\pi}{\underset{\text{دورهٔ تناوب (s)}}{T}} = ۲\pi \underset{\text{بسامد (Hz)}}{f}$$

نکته‌ها: ۱ تنـدی نوسـانگر در نقطهٔ تعادل بیشـینه و در دو سـر پاره‌خـط نوسـان (نقـاط بازگشـت)، صفر اسـت (نوسـانگر در دو نقطهٔ $M(x = +A)$ و $N(x = -A)$، متوقف شده و تغییر جهت می‌دهد).

تذکر: بسته به این که جسم در جهت $+x$ یا $-x$ از نقطهٔ تعادل بگذرد، به‌ترتیب $v = +v_{max}$ یا $v = -v_{max}$ خواهد بود.

۲ **مسافت طی شده توسط نوسانگر:**

نوسانگر در هر مکانی باشد، پس از دو بار طی کردن پاره‌خط نوسان، یـک نوسـان کامل انجـام داده و به همان وضعیت اولیـه باز می‌گردد؛ بنابراین مسـافت طی شده توسط نوسانگر پس از یک نوسان کامل از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

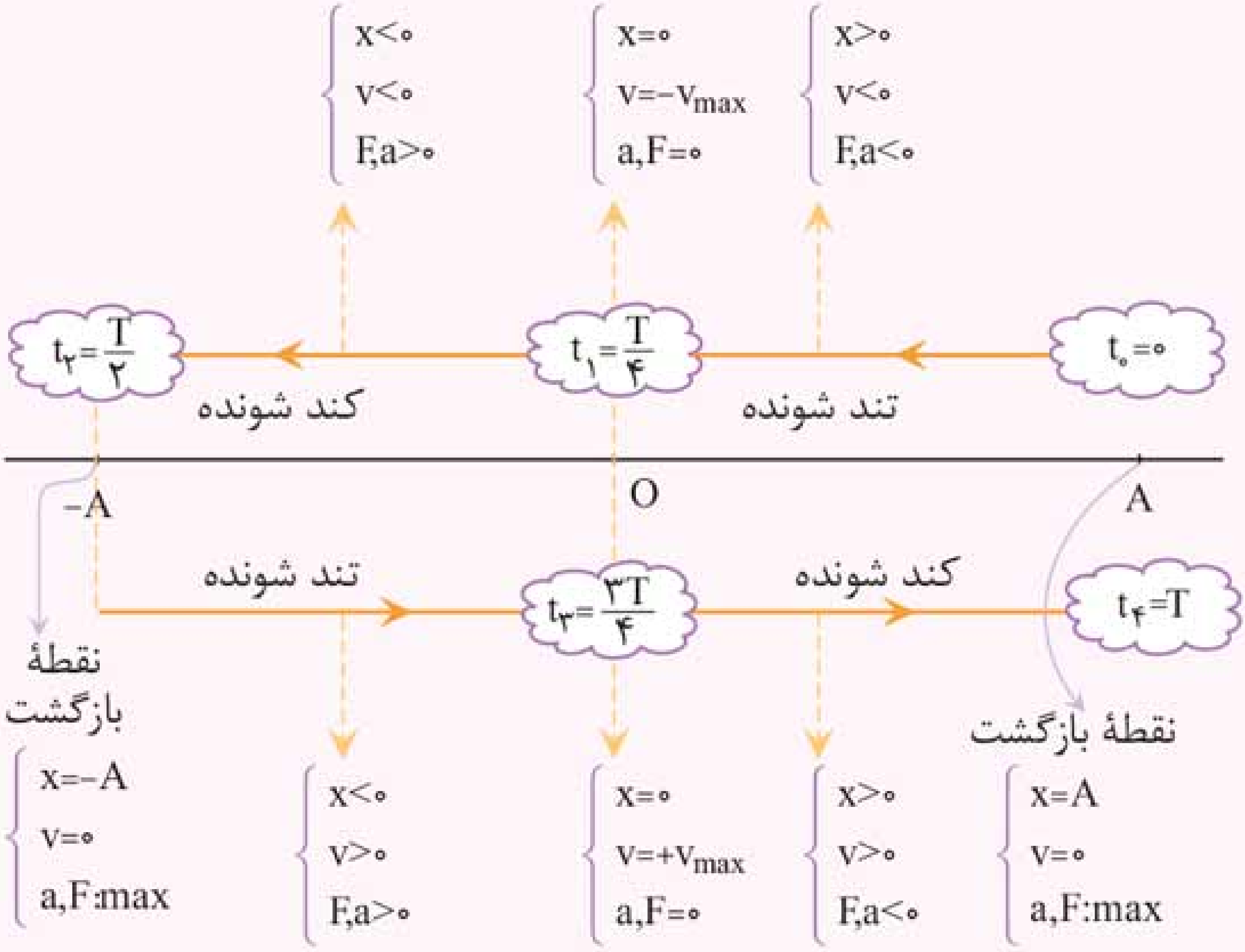
$$\ell = ۲(\underbrace{\overline{MN}}_{\text{طول پاره‌خط نوسان}}) = ۴\underset{\text{دامنهٔ نوسان}}{A}$$

۳ نیروی وارد بر نوسانگر و شتاب آن در نقطهٔ تعادل برابر صفر و در دو سر پاره‌خط نوسان بیشینه است. در مورد جهت نیرو و شتاب نوسانگر، چون نیروی وارد بر نوسانگر از رابطهٔ $F = -kx$ به‌دست می‌آید، **علامت x و F همواره قرینهٔ یکدیگرند** و هنگام عبور نوسانگر از مرکز نوسان $(x = ۰)$، نیرو و شتاب تغییر جهت می‌دهند. این جملهٔ طلایی را به خاطر داشته باشید:

«جهت نیرو و شتاب نوسانگر، همواره به سمت مرکز نوسان است»

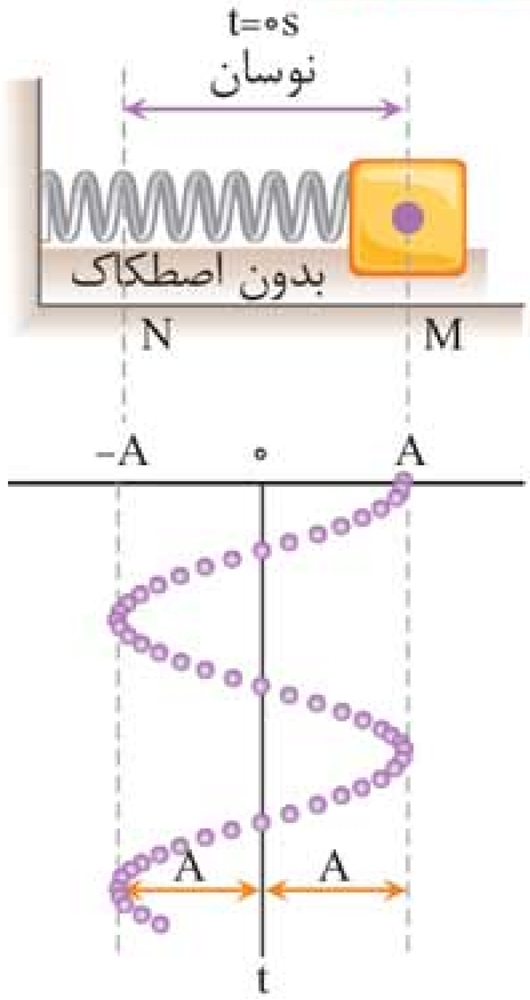
۴ **نوع حرکت نوسانگر:** در لحظاتی که نوسانگر در حال نزدیک شدن به مرکز نوسان است، تندی نوسانگر در حال افزایش (**حرکت تندشونده**) و در لحظاتی که نوسانگر از مرکز نوسان دور می‌شود، حرکت **کندشونده** است.

۵ در شکل زیر، علامت کمیت‌های مکان، سرعت، نیرو، شتاب و نوع حرکت یک نوسانگر در یک نوسان کامل را مشاهده می‌کنید:



فصل ۳

معادله و نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده



اگر جسم متصل به فنری را مطابق شکل روی سطح افقی بدون اصطکاکی کشیده و سپس رها کنیم و مکان جسم را در زمان‌های متوالی ثبت کنیم، به نمودار سینوسی می‌رسیم که در زیرِ سامانهٔ جرم ـ فنر نشان داده شده است. اگر نوسانگر در لحظه $t_\circ = \circ s$ از مکان $x_\circ = +A$، از حال سکون حرکت خود را شروع کند، در این‌صورت، معادلهٔ مکان ـ زمان به‌صورت زیر است:

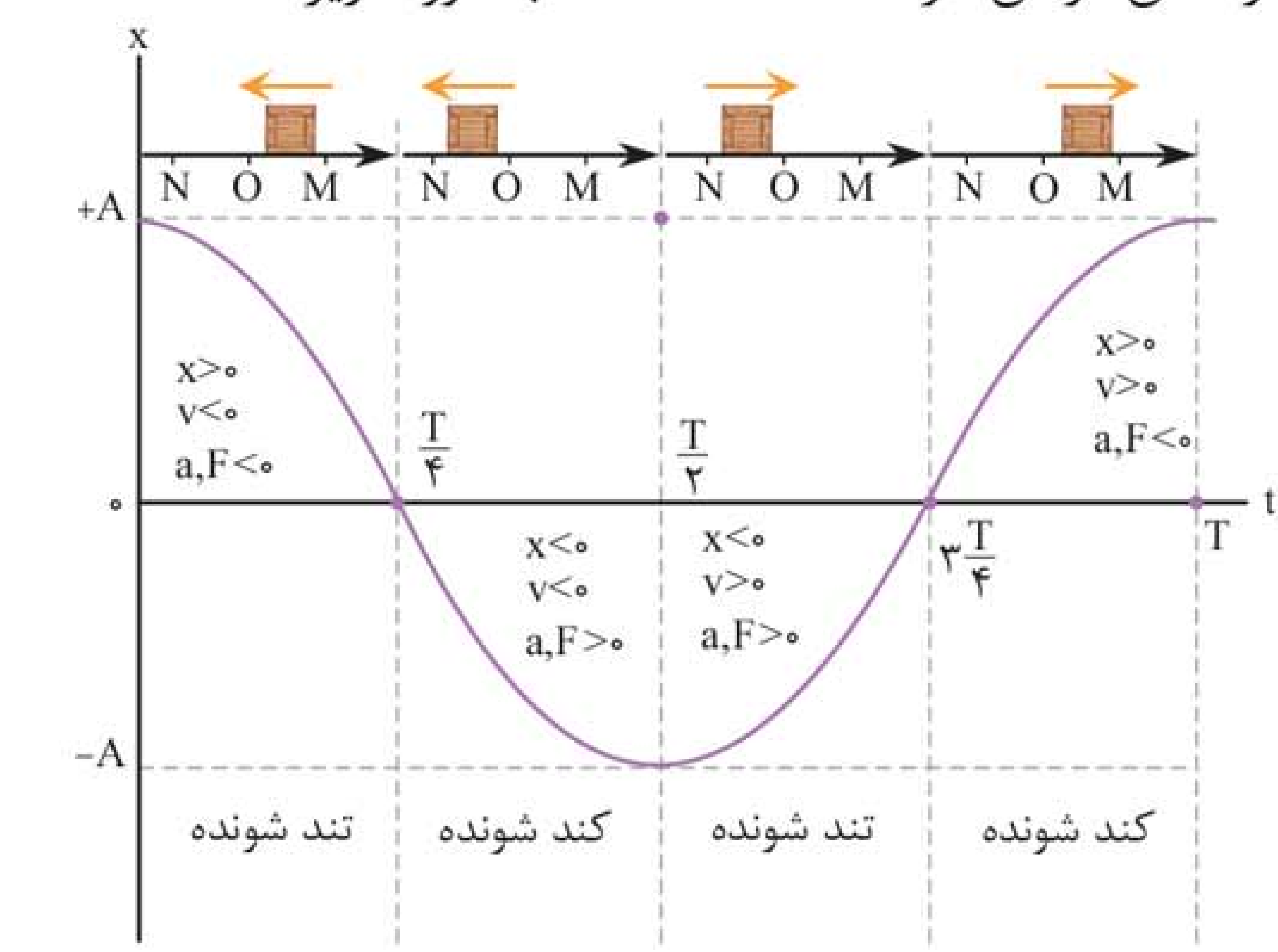
$$x(t) = A\cos(\omega t)$$

مکان نوسانگر (m) ← $x(t)$

دامنهٔ نوسان (m) ← A

شناسهٔ تابع کسینوس (rad) ← ωt

نمودار مکان ـ زمان حرکت هماهنگ ساده به‌صورت زیر است:



مثال ۱۰: جسمی به جرم $1\,kg$ به فنری افقی با ثابت $6\,N/cm$ متصل است. فنر به اندازهٔ $9\,cm$ فشرده و سپس رها می شود و جسم روی سطح شروع به نوسان می‌کند. با چشم‌پوشی از اصطکاک:

الف) دامنهٔ نوسان و تندی بیشینهٔ جسم چقدر است؟

ب) وقتی تندی جسم $1/6\,m/s$ است، انرژی پتانسیل کشسانی آن چقدر است؟

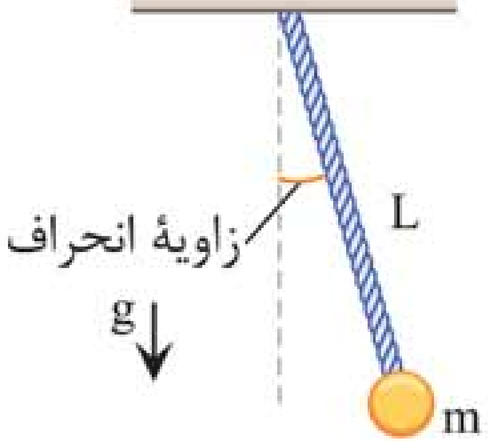
■ **پاسخ:** الف) $m = 1kg \;,\; k = 600\,N/m \;,\; A = 0/09\,m$

$$v_{max} = A\omega = 0/09 \times \sqrt{\frac{k}{m}} = 0/09 \times \sqrt{\frac{600}{1}} = 2/2\,m/s$$

ب) $$E = K + U \Rightarrow U = E - K = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}mv^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 600 \times (0/09)^2 - \frac{1}{2} \times 1 \times (1/6)^2 = 1/15J$$

آونگ ساده



مطابق شکل، آونگ ساده شامل وزنهٔ کوچکی به جرم m (موسوم به وزنهٔ آونگ) است که از نخی بدون جرم و غیرقابل کشش به‌طول L که سر دیگر آن ثابت شده است، آویزان است. اگر زاویهٔ انحراف آونگ از وضع تعادل کوچک باشد، آونگ حرکت هماهنگ ساده دارد؛ در این‌صورت بسامد زاویه‌ای، دورهٔ تناوب و بسامد آونگ از روابط زیر به‌دست می‌آیند:

$$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}} \xrightarrow{T=\frac{2\pi}{\omega}} \boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}} \xrightarrow{f=\frac{1}{T}} \boxed{f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}}}$$

در روابـط صفحـهٔ قبل، g شتاب‌گرانشـی برحسـب m/s^2 و L طول آونگ برحسب m است.

تذکر: بسامد و دورهٔ تناوب آونگ ساده، به جرم گلولهٔ آونگ (m) و دامنهٔ نوسان آن (A) بستگی ندارد.

نکته‌ها: ۱ اگر آونگی را در نقطه‌ای به ارتفاع h از سطح زمین به نوسـان در آوریم، به علت کاهش شـتاب گرانشـی (g)، دورهٔ تناوب آونگ (T) افزایش می‌یابد. به‌طور کلی برای مقایسهٔ دورهٔ تناوب آونگ در این دو نقطه داریم:

$$\frac{T_h}{T}=\sqrt{\frac{g}{g_h}}\xrightarrow{\frac{g}{g_h}=\frac{(R+h)^2}{R^2}}\frac{T_h}{T}=\frac{R+h}{R}$$

۲ **برای یک ساعت آونگ‌دار:**

- اگر دورهٔ تناوب آونگ کاهش یابد، آونگ تندتر کار کرده و ساعت جلو می‌افتد.
- اگر دورهٔ تناوب آونگ افزایش یابد، آونگ کندتر کار کرده و سـاعت عقب می‌افتد.

تذکر: مقـدار جلو یا عقب افتادن سـاعت در مدت یـک دوره برابر تفاضل دورهٔ تناوب در آونگ $\Delta T=|T_1-T_2|$ است.

مثال ۱۱: **حساب کنید طول یک آونگ سادهٔ کم‌دامنه چند متر باشد تا در هر دقیقه ۳۰ نوسان کامل انجام دهد؟ $(g=\pi^2)$** (تجربی_شهریور ۹۴)

پاسخ: ابتدا با استفاده از رابطهٔ $T=\frac{t}{n}$، دورهٔ تناوب آونگ را می‌یابیم:

$$T=\frac{t}{n}\xrightarrow[n=30]{t=60\,s}T=\frac{60}{30}=2\,s$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ، طول آونگ را محاسبه می‌کنیم:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\xrightarrow{T=2\,s,\,g=\pi^2}\overset{1}{\cancel{2}}=\overset{1}{\cancel{2}}\pi\sqrt{\frac{L}{\pi^2}}$$

$$\xrightarrow{\text{توان}2}1=\cancel{\pi^2}\times\frac{L}{\cancel{\pi^2}}\Rightarrow L=1\,m$$

مثال ۱۲: 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 طول یک شبانه‌روز چقدر است؟ ($g_{\text{تهران}}=9/8\,m/s^2$, $g_{\text{استوا}}=9/78\,m/s^2$)

ب) به نظر شما آیا با افزایش دما، یک ساعت آونگ‌دار جلو می‌افتد یا عقب؟

■ **پاسخ:** الف)

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}\Rightarrow\frac{T_{\text{استوا}}}{T_{\text{تهران}}}=\sqrt{\frac{g_{\text{تهران}}}{g_{\text{استوا}}}}=\sqrt{\frac{9/8}{9/78}}=1/001$$

دورهٔ تناوب آونگ در استوا بیشتر از دورهٔ تناوب آونگ در تهران است؛ پس ساعت کندتر کار کرده و عقب می‌افتد.

$$T_{\text{استوا}}=1/001\,T_{\text{تهران}}$$

$$\Rightarrow\Delta T=T_{\text{استوا}}-T_{\text{تهران}}=1/001T_{\text{تهران}}-T_{\text{تهران}}=0/001T_{\text{تهران}}\Rightarrow$$

$$=0/001\times24h=0/001\times86400\,s=86/4\,s$$

ب) با افزایش دما، طول افزایش می‌یابد و با توجه به این که $\frac{T_2}{T_1}=\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}>1$ می‌شود، دورهٔ تناوب بزرگتر شده، ساعت کندتر کار کرده و عقب می‌افتد.

لقمهٔ ۲ تمرین‌ها، فعالیت‌ها و پرسش‌ها

پرسش ۳-۱

بسامد ضربان قلب مربوط به نمودار شکل ۳-۲ چقدر است؟

■ پاسخ:

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۰/۹۲} = ۱/۰۸Hz$$

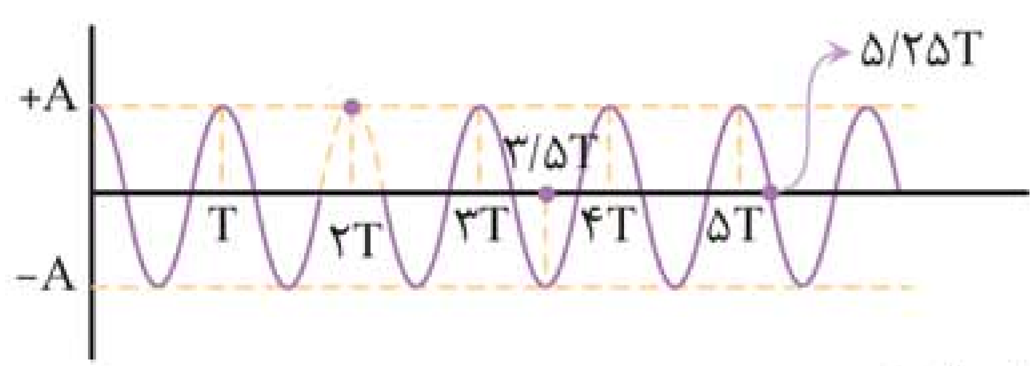
تمرین ۳-۱

ذره‌ای در حال نوسان هماهنگ ساده با دورهٔ تناوب T است. با فرض این‌که در $t = ۰s$ ذره در $x = +A$ باشد، تعیین کنید در هر یک از لحظات زیر، آیا ذره در $x = -A$، در $x = +A$، یا در $x = ۰$ خواهد بود؟

الف) $t = ۲T$ ، ب) $t = ۳/۵T$ ، پ) $t = ۵/۲۵T$

(راهنمایی: برای پاسخ به این تمرین، ساده‌تر آن است که چند دوره از یک نمودار کسینوسی را رسم کنید)

■ پاسخ:



الف) $x = +A : t = ۲T$

ب) $x = -A : t = ۳/۵T$

پ) $x = ۰ : t = ۵/۲۵T$

تذکر: از همین سازوکار برای دریافت امواج رادیویی توسط آنتن‌های بشقابی و یا امواج فروسرخ برای گرم کردن آب یا مواد غذایی در اجاق‌های خورشیدی استفاده می‌شود.

همان‌طور که قبلاً گفتیم، نور مرئی بخشی از طیف امواج الکترومغناطیسی است، بنابراین مطابق شکل:

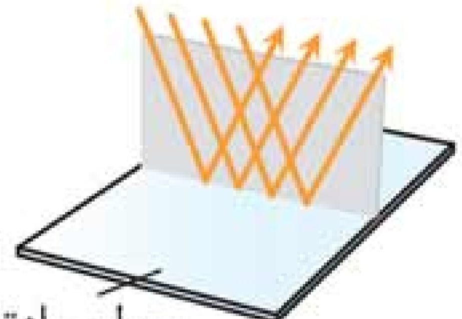
۱ نور مرئی نیز از همان قانون بازتاب عمومی امواج پیروی می‌کند. $(\theta_i = \theta_r)$

۲ پرتو تابش، پرتو بازتابش و خط عمود بر سطح بازتابنده در یک صفحه واقعند.

انواع بازتاب براساس نوع مانع:

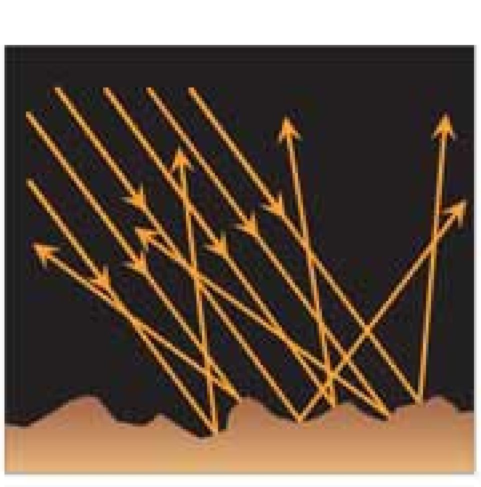
بازتاب نور براساس نوع مانع به دو صورت کلی تقسیم می‌شود:

۱. بازتاب آینه‌ای (منظم)



اگر سطح بازتابندهٔ نور همچون یک آینه، بسیار هموار باشد، بازتاب نور را **آینه‌ای** یا **منظم** می‌گوییم.

۲. بازتاب پخشنده (نامنظم)



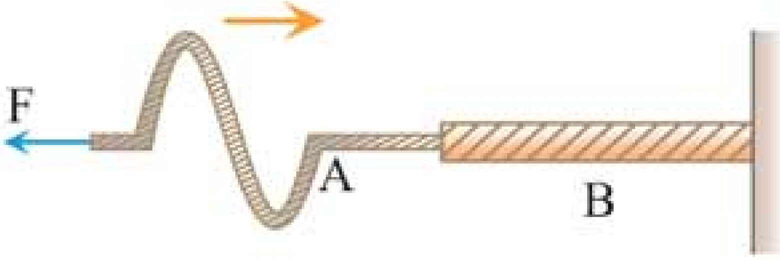
اگر سطح بازتابندهٔ نور، صیقلی و هموار نباشد، بازتاب را **پخشنده یا نامنظم** گویند. در این نوع بازتاب، پرتوهای نور به طور کاتوره‌ای از پستی و بلندی‌های سطح بازتابیده و در تمام جهات پراکنده می‌شوند.

مثال ۴: طول موج نور قرمز لیزر در هوا حدود $630\ \mathrm{nm}$ و در محیط شیشه حدود $420\ \mathrm{nm}$ است. تندی این نور در شیشه را محاسبه کنید (تندی نور در هوا $3\times10^{8}\ \mathrm{m/s}$ فرض شود). (تجربی ـ خرداد ۹۸)

■ **پاسخ:** با استفاده از رابطهٔ $\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ داریم:

$$\frac{v_{\text{هوا}}}{v_{\text{شیشه}}}=\frac{\lambda_{\text{هوا}}}{\lambda_{\text{شیشه}}}\Rightarrow\frac{3\times10^{8}}{v_{\text{شیشه}}}=\frac{630}{420}\Rightarrow v_{\text{شیشه}}=2\times10^{8}\ \mathrm{m/s}$$

مثال ۵: مطابق شکل، طناب مرکبی متشکل از دو طناب A و B است. سطح مقطع طناب B، ۲ برابر طناب A و چگالی طناب B، نصف چگالی طناب A است. یک موج سینوسی از طناب A وارد طناب B می‌شود. طول موج در طناب B چند برابر طول موج در طناب A است؟



■ **پاسخ:** با استفاده از رابطهٔ $v=\sqrt{\frac{F}{\rho A}}$ داریم:

$$\frac{v_B}{v_A}=\sqrt{\frac{F_B}{F_A}\times\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{A_A}{A_B}}\xrightarrow[A_B=2A_A]{\rho_B=\frac{1}{2}\rho_A}$$

$$\frac{v_B}{v_A}=\sqrt{1\times\frac{2\rho_B}{\rho_B}\times\frac{A_A}{2A_A}}\Rightarrow\frac{v_B}{v_A}=1$$

حالا با استفاده از رابطهٔ $\lambda=\frac{v}{f}$ داریم:

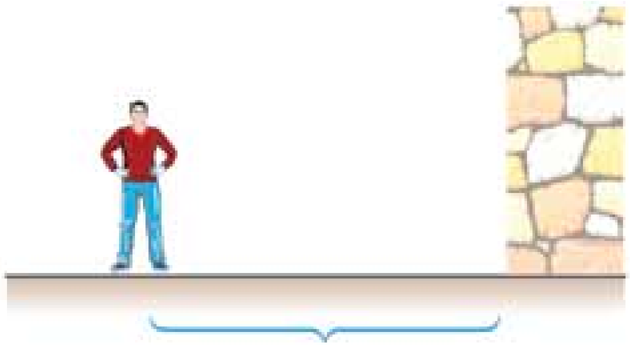
$$\frac{\lambda_B}{\lambda_A}=\frac{v_B}{v_A}=1$$ (f یکسان است)

تمرین‌ها، فعالیت‌ها و پرسش‌ها لقمهٔ دوم

تمرین ۴-۱

کم‌ترین فاصلهٔ بین شما و یک دیوار بلند چقدر باشد تا پژواک صدای خود را از صدای اصلی تمیز دهید؟ تندی صوت در هوا را $340\ m/s$ در نظر بگیرید.

■ **پاسخ:** با توجه به این‌که اگر تأخیر زمانی صوت بازتابیده و صوت اولیه کم‌تر از $0/1\,s$ باشد، گوش انسان قادر به تمیز دادن پژواک از صوت اولیه نمی‌باشد، فاصلهٔ کمینه بین چشمه و سطح بازتابنده را محاسبه می‌کنیم:



$$\left.\begin{array}{l} x = 2L \\ x = vt \end{array}\right\} \Rightarrow 2L = vt \Rightarrow L = \frac{1}{2}vt$$

$$\xrightarrow[t=0/1\,s]{v=340\ m/s} L = \frac{1}{2}\times 340 \times 0/1 = 17\ m$$

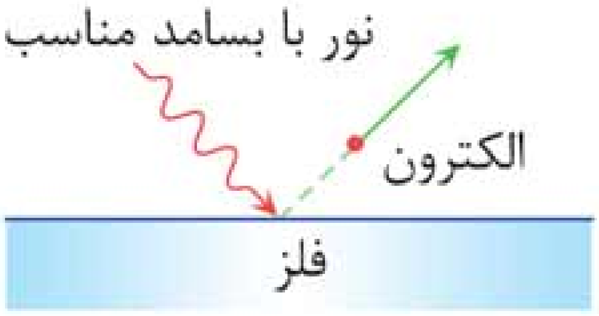
پرسش ۴-۱

اگر موج سینوسی از قسمت ضخیم طناب به قسمت نازک آن وارد شود، بسامد، تندی، و طول‌موجِ موجِ عبوری در مقایسه با موج فرودی چه تغییری می‌کند؟

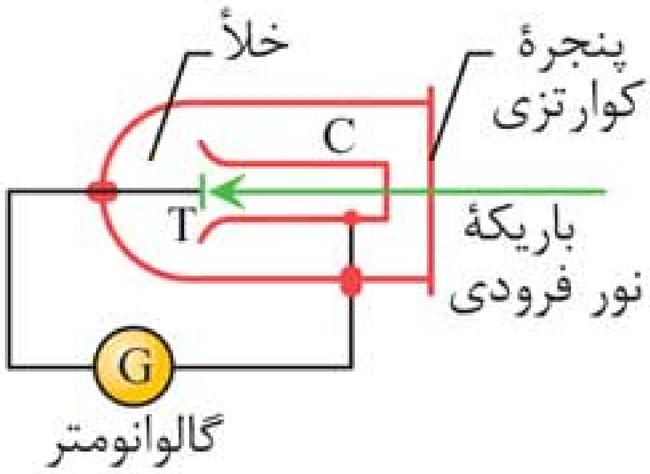
■ **پاسخ:** بسامد **تغییری نمی‌کند**، چون بسامد از ویژگی‌های ذاتی چشمهٔ موج است و به محیط انتشار بستگی ندارد!

● تندی در قسمت نازک طناب **بیشتر** است؛ طبق رابطهٔ $v = \frac{2}{D}\sqrt{\frac{F}{\pi\rho}}$ برای یک طناب، هر چه ضخامت کم‌تر باشد، تندی بیشتر است.

آزمایش نشان می‌دهد که هرگاه نوری با بسامد مناسب مانند نور فرابنفش به سطح فلزی بتابد، الکترون‌هایی از آن گسیل می‌شوند. این پدیدهٔ فیزیکی را **اثر فوتوالکتریک** و الکترون‌های جداشده از سطح فلز را **فوتوالکترون** می‌نامند.



بررسی پدیدهٔ فوتوالکتریک



دستگاهی مطابق شکل مقابل را در نظر بگیرید. در این دستگاه، صفحهٔ فلزی هدف T و جمع‌کنندهٔ فلزی C درون یک محفظهٔ شیشه‌ای خلأ قرار گرفته‌اند که از بیرون به یک گالوانومتر (آمپرسنج حساس) متصل شده‌اند.

مشاهدات

- **اگر نور تکفام (تک‌بسامد)، با بسامد به قدر کافی بالا بر صفحهٔ T فرود آید:**

۱ فوتوالکترون‌ها آزادشده و به جمع‌کنندهٔ C می‌رسند و گالوانومتر جریانی را آشکار می‌کند. ۲ با افزایش شدت نور فرودی، گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می دهد.

- **اگر بسامد نور 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.

نارسایی فیزیک کلاسیک در توجیه پدیدهٔ فوتوالکتریک

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 وادارد، بنابراین با رسیدن دامنهٔ نوسانات به یک حد معین، الکترون‌ها انرژی جنبشی لازم برای جداشدن از سطح فلز را پیدا می کنند.

فصل ۵

مثال ۱: توان باریکهٔ نور خروجی از لیزری ۶۰۰ میکرووات است. اگر توان ورودی این لیزر $۳۰\mathbf{W}$ باشد:

الف) بازده این لیزر چند درصد است؟

ب) اگر طول موج باریکهٔ نور خروجی $۶۶۰\mathbf{nm}$ باشد، در هر ثانیه چند فوتون از این لیزر گسیل می‌شود؟

$(c = ۳\times۱۰^{۸} m/s , h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴} J\cdot s)$

■ **پاسخ:** الف) $P_۲ = ۶۰۰\mu W \;,\; P_۱ = ۳۰W$

$$R_a = \frac{\text{توان خروجی}}{\text{توان ورودی}}\times۱۰۰ = \frac{۶۰۰\times۱۰^{-۶}}{۳۰}\times۱۰۰ = ۰/۰۰۲\%$$

ب)

$$E = Pt \rightarrow nh\frac{c}{\lambda} = Pt \xrightarrow[P=۶۰۰\times۱۰^{-۶}W]{\lambda=۶۶۰\times۱۰^{-۹}m\,,\,t=۱s}$$

$$\frac{n\times۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\times۳\times۱۰^{۸}}{۶۶۰\times۱۰^{-۹}} = ۶۰۰\times۱۰^{-۶}\times۱$$

$$\Rightarrow n = ۲\times۱۰^{۱۵}\ \text{فوتون}$$

مثال ۲: اگر شدت تابشی متوسط خورشید در سطح زمین به ازای هر مترمربع $۳۳۰\mathbf{W/m^۲}$ باشد، در هر دقیقه چند فوتون به هر مترمربع از سطح زمین می‌رسد؟ (طول موج متوسط فوتون‌ها را $۵۷۰\mathbf{nm}$ فرض کنید.) (تجربی ـ خرداد ۹۸)

$(h = ۶/۶\times۱۰^{-۳۴} J\cdot s \;,\; c = ۳\times۱۰^{۸} m/s)$

■ **پاسخ:**

$$I = \frac{E}{A\cdot t} = \frac{nhc}{A\cdot t\cdot\lambda} \xrightarrow[\substack{c=۳\times۱۰^{۸}m/s,\ \lambda=۵۷۰\times۱۰^{-۹}m \\ t=۱min=۶۰s,\ A=۱m^۲}]{I=۳۳۰W/m^۲,\ h=۶/۶\times۱۰^{-۳۴}J\cdot s}$$

$$۳۳۰ = \frac{n\times۶/۶\times۱۰^{-۳۴}\times۳\times۱۰^{۸}}{۱\times۶۰\times۵۷۰\times۱۰^{-۹}} \Rightarrow n = ۵/۷\times۱۰^{۲۲}$$

واپاشی گاما (γ)

اغلب هسته‌ها پس از واپاشی آلفا یا بتا، در حالت برانگیخته قرار می‌گیرند و با گسیل فوتون‌های پرانرژی گاما به حالت پایه می‌رسند.

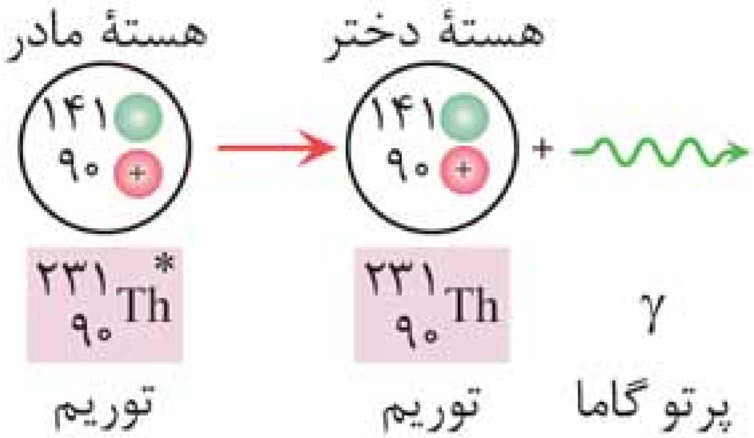
هستهٔ برانگیختهٔ مادر

$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \boxed{\gamma} $$

پرتو گاما

هستهٔ دختر

شکل مقابل، مثالی از واپاشی γ، برای توریم ۲۳۱ را نشان می‌دهد که به‌طور طبیعی رخ می‌دهد.



تذکر: در واپاشی γ، A و Z تغییر نمی‌کنند، بلکه هستهٔ برانگیخته که با علامت * نشان داده‌شده با گسیل یک ذرهٔ گاما به حالت پایه می‌رسد.

مثال ۶: هر یک از گزاره‌های ستون (الف) تنها به یک واپاشی در ستون (ب) ارتباط دارد. گزاره مرتبط با هر واپاشی را در پاسخ‌نامه مشخص کنید. (در ستون (ب) یک مورد اضافه است). (تجربی ـ خرداد ۹۸)

ستون (الف)	ستون (ب)
۱. پرتوهای این واپاشی بیشترین نفوذ را در ورقهٔ سرب دارند.	**a**. آلفا
۲. نوترون درون هسته به الکترون و پروتون تبدیل می‌شود.	**b**. بتای مثبت
۳. این نوع واپاشی در هسته‌های سنگین صورت می‌گیرد.	**c**. بتای منفی
	d. گاما

■ **پاسخ:** ۱) d ۲) c ۳) a

مثال ۷: معادله‌های واپاشی زیر را کامل کنید. (عنصر مجهول را با X نمایش دهید.) (شهریور ـ تجربی ۹۶)

الف) $^{240}_{92}\mathrm{U} \rightarrow \cdots + {}^{236}_{90}\mathrm{Th}$

ب) $^{231}_{91}\mathrm{Pa} \rightarrow {}^{0}_{+1}\mathrm{e} + \cdots\cdots$

■ **پاسخ:** الف) دو واحد از عدد اتمی و چهار واحد از عدد جرمی کاسته شده است، بنابراین ذرهٔ گسیل‌شده، ذرهٔ آلفا بوده است.

$$^{240}_{92}\mathrm{U} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{X} + {}^{236}_{90}\mathrm{Th}$$

تذکر: عنصر $^{4}_{2}\mathrm{X}$ همان هستهٔ اتم هلیم یعنی ذرهٔ آلفا است.

ب) فرایند واپاشی β^{+} (پوزیترون) است.

$$^{231}_{91}\mathrm{Pa} \rightarrow {}^{0}_{+1}\mathrm{e}^{+} + {}^{231}_{90}\mathrm{X}$$

مثال ۸: نپتونیم $^{237}_{93}\mathrm{Np}$ ایزوتوپی است که در راکتورهای هسته‌ای تولید می‌شود. این ایزوتوپ ناپایدار است و واپاشی آن از طریق گسیل ذرات α ، β^{-} ، α و α صورت می‌گیرد. پس از وقوع تمام این واپاشی‌ها، عدد اتمی و عدد جرمی هستهٔ نهایی را محاسبه کنید.

■ **پاسخ:** واکنش انجام‌شده به شکل زیر است:

$$^{237}_{93}\mathrm{Np} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + 3\alpha + \beta^{-}$$

$$\Rightarrow {}^{237}_{93}\mathrm{Np} \rightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + 3({}^{4}_{2}\mathrm{He}) + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}^{-}$$

$$\begin{cases} \text{پایستگی نوکلئون‌ها}: 237 = A + 3(4) + 0 \xrightarrow[\text{جرمی}]{\text{عدد}} A = 225 \\ \text{پایستگی بار}: 93 = Z + 3(2) - 1 \xrightarrow{\text{عدد اتمی}} Z = 88 \end{cases}$$

لقمهٔ آخر

تعاریف

فرمولنامه

فصل ۱ حرکت بر خط راست ـ تعاریف

۱ مبدأ مکان

به نقطهٔ $x=0$ روی محور x، **مبدأ مکان** یا به اختصار مبدأ گفته می‌شود.

۲ مکان اولیه (x_0)

به مکان جسم در لحظهٔ $t_0 = 0s$ **مکان اولیه** گفته می‌شود.

۳ بردار مکان

برداری است که مبدأ مکان را به مکان جسم در هر لحظه وصل می‌کند.

۴ بردار جابه‌جایی

پاره‌خط جهت‌داری است که مکان اولیهٔ جسم را به مکان نهایی آن وصل می‌کند.

۵ مسافت

طول مسیر پیموده شده توسط متحرک را **مسافت** می‌نامند.

۶ تندی متوسط

نسبت مسافت طی‌شده به مدت زمان طی کردن آن را **تندی متوسط** گویند که کمیتی نرده‌ای است.

۷ سرعت متوسط

نسبت جابه‌جایی صورت گرفته به مدت زمان انجام جابه‌جایی را **سرعت متوسط** گویند که کمیتی برداری است.

۸ تندی لحظه‌ای

تندی متحرک در هر لحظه از زمان را **تندی لحظه‌ای** گویند.

۹ سرعت لحظه‌ای

تندی متحرک در هر لحظه با در نظر گرفتن جهت حرکت آن را **سرعت لحظه‌ای** می‌نامند که یک کمیت برداری است.

فصل ۱ حرکت بر خط راست ـ فرمولنامه

۱ تندی متوسط

$$s_{av} = \frac{\ell \rightarrow (m)\ \text{مسافت}}{\Delta t \rightarrow (s)\ \text{زمان حرکت}}$$

۲ سرعت متوسط

$$v_{av} = \frac{\Delta x \rightarrow (m)\ \text{جابه‌جایی}}{\Delta t \rightarrow (s)\ \text{زمان حرکت}}$$

۳ شتاب متوسط

$$a_{av} = \frac{\Delta v \rightarrow (m/s)\ \text{تغییرات سرعت}}{\Delta t \rightarrow (s)\ \text{زمان حرکت}}$$

۴ معادلهٔ مکان ـ زمان در حرکت با سرعت ثابت

(m) مکان اولیهٔ متحرک

$$x = vt + x_0$$

(m/s) سرعت متحرک

۵ معادلهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت

(s) مدت زمان حرکت

$$v = at + v_0 \rightarrow (m/s)\ \text{سرعت اولیهٔ متحرک}$$

(m/s^2) شتاب متحرک

۶ معادلهٔ سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت

(m / s) سرعت نهایی متحرک

$$v_{av} = \frac{v + v_0}{2} \quad v_0 \rightarrow (m/s)\ \text{سرعت اولیهٔ متحرک}$$