فصل

۲

کار، انرژی و توان

در این فصل خواهیم خواند:

- انرژی جنبشی
- کار انجام شده توسط نیروی ثابت
- کار و انرژی جنبشی
- کار و انرژی پتانسیل
- پایستگی انرژی مکانیکی
- توان

تاندون آشیل (زردپی) که در پشت قوزک پا قرار دارد و عضلات پشت ساق پا را به استخوان پاشنه پا متصل می‌کند، مانند یک فنر طبیعی عمل می‌کند. وقتی شما می‌دوید، این فنرها کشیده شده و مانع کشیدگی بیش از حد دیگر عضلات پا می‌شوند. در این حالت، انرژی در تاندون آشیل ذخیره شده و در گام بعدی آزاد می‌شود و تاندون آشیل به طول اولیهٔ خود برمی‌گردد. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که هنگام دویدن، این فرایند بین گام‌های متوالی از طریق ذخیره‌سازی انرژی کشسانی در تاندون آشیل، به میزان ۴۰ تا ۵۰ درصد از مقدار انرژی مورد نیاز عضلات پا را کاهش می‌دهد.

درس اول: انرژی جنبشی

پرسش و تمرین

۱. جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف. انرژی وابسته به حرکت یک جسم را _____ یا _____ می‌نامیم.

ب. انرژی جنبشی کمیتی _____ و همواره _____ است.

پ. انرژی جنبشی تنها به _____ و _____ بستگی دارد و به _____ جسم وابسته نیست.

ت. اگر تندی جسمی دو برابر شود، انرژی جنبشی آن _____ می‌شود.

۲. به پرسش‌های زیر پاسخ کوتاه دهید.

الف. انرژی جنبشی به چه کمیت‌های فیزیکی بستگی دارد؟ _____

ب. آیا انرژی جنبشی می‌تواند منفی باشد؟ یک دلیل قابل قبول برای پاسخ خود بیاورید.

_____

پ. تندی ذره‌ای چند برابر شود تا انرژی جنبشی آن ۹برابر گردد؟

_____

ت. جرم ذرهٔ A، $\frac{۱}{۲}$ جرم ذرهٔ B و انرژی جنبشی آن ۸ برابر انرژی جنبشی ذرهٔ B است. تندی ذرهٔ A چند برابر تندی ذرهٔ B است؟

_____

۳. انرژی جنبشی یک ورزشکار ۵۰/۰ کیلوگرمی را که با تندی $۳/۰۰\frac{m}{s}$ می‌دود، با انرژی جنبشی یک یوزپلنگ ۲۵/۰ کیلوگرمی با تندی $۳۰/۰\frac{m}{s}$ مقایسه کنید.

_____

_____

۴. تندی یک خودروی ۱۰۰۰ کیلوگرمی چقدر باشد تا انرژی جنبشی آن با انرژی جنبشی کامیونی به جرم ۲۰۰۰۰kg و تندی $۳۶\frac{km}{h}$ هم‌اندازه شود؟

_____

_____

۵. مادر و دختری هر دو با انرژی جنبشی یکسان در حال دویدن هستند. تندی دختر ۲ برابر تندی مادر است. جرم مادر چند برابر جرم دخترش است؟

_____

_____

۶. جرم هستهٔ هلیوم $۶/۷\times۱۰^{-۲۷}$ kg است. اگر انرژی جنبشی این هسته $۸/۰\times۱۰^{-۱۳}$ J باشد، تندی آن چقدر است؟

_____

_____

یادآوری

در حل مسائل این فصل در صورت نیاز، شتاب گرانش زمین را $۹/۸\frac{N}{kg}$ درنظر بگیرید.

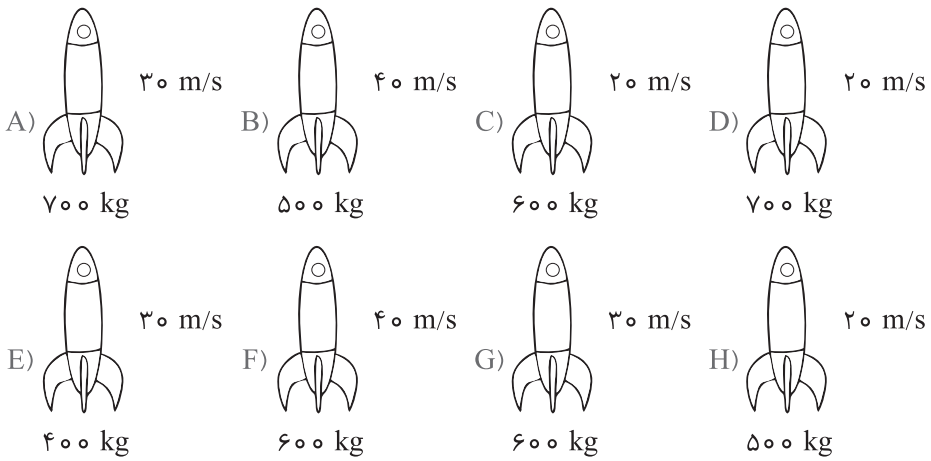
تعریف

انرژی وابسته به حرکت یک جسم را انرژی حرکتی یا انرژی جنبشی می‌نامیم و از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

$K=\frac{۱}{۲}mv^۲$

۷. مولکول‌های اکسیژن در دمای اتاق تقریباً با تندی $۳۸۰\frac{m}{s}$ حرکت می‌کنند. جرم مولکول اکسیژن ۳۲ برابر جرم پروتون است. انرژی جنبشی این مولکول چقدر است؟
(جرم پروتون $= ۱/۶۷\times۱۰^{-۲۷}kg$)

۸. شکل زیر ۸ موشک با ابعاد و شکل یکسان که بارهای متفاوتی را با تندی‌های متفاوت به سمت بالا حمل می‌کنند، نشان می‌دهد. (از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.) هنگامی که موشک‌ها در ارتفاع یکسانی قرار دارند، موتور آن‌ها خاموش می‌شود.



الف. انرژی جنبشی موشک‌ها را از بیشترین تا کم‌ترین مقدار مرتب کنید.

ب. دلیل مرتب‌سازی خود در قسمت «الف» را بنویسید.

پ. چقدر به مرتب‌سازی خود مطمئن هستید؟ دور عدد مورد نظر خط بکشید.

۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
کم				مطمئن					خیلی‌مطمئن

۹. الف. یک خودروی ۸۰۰ کیلوگرمی با بیشینهٔ مجاز تندی برابر با $۱۲۰\frac{km}{h}$ در یک بزرگراه حرکت می‌کند، انرژی جنبشی آن در این شرایط چند ژول است؟

ب. اگر این خودرو با نصف این تندی حرکت کند، انرژی جنبشی آن چند درصد کاهش می‌یابد؟

پ. تندی این خودرو چقدر باشد تا انرژی جنبشی آن نصف انرژی جنبشی به‌دست‌آمده در قسمت «الف» شود؟

یادآوری

برای تبدیل یکای $\frac{km}{h}$ به $\frac{m}{s}$ و برعکس از روش زیر استفاده می‌کنیم:

$\frac{km}{h} \xrightarrow{\div ۳/۶} \frac{m}{s}$ $\quad \frac{m}{s} \xrightarrow{\times ۳/۶} \frac{km}{h}$

۱۰. اگر جرم پروتون ۱۸۳۶برابر جرم الکترون باشد و پروتون با تندی v حرکت کند:

الف. یک الکترون با چه تندی برحسب v دارای انرژی جنبشی برابر با انرژی جنبشی پروتون خواهد بود؟

ب. الکترونی دارای انرژی جنبشی K است. اگر تندی پروتون برابر با تندی الکترون باشد، انرژی جنبشی پروتون، برحسب K، چقدر خواهد بود؟

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. انرژی جنبشی کدام جسم از بقیه بیشتر است؟

۱) m → ۲v ؛ ۲m ↓ v

۲) ۲m → v ؛ ۲m ↓ ۰/۵v

۳)

۴)

۲. نسبت انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v حرکت می‌کند به انرژی جنبشی جسمی به جرم ۲m که با تندی $\frac{1}{2}v$ حرکت می‌کند، چقدر است؟

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

۳. جرم جسمی ۲ kg و تندی آن در یک مسیر مستقیم v_1 است. اگر تندی آن به اندازهٔ $8\frac{m}{s}$ افزایش یابد، انرژی جنبشی آن ۴ برابر می‌شود. v_1 چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۸ ۲) ۱۶ ۳) ۲۴ ۴) ۳۲

۴. رانندهٔ کامیونی با حذف مقداری بار، ۲۵ درصد جرم کامیون را کم کرده و ۲۰ درصد به تندی حرکت آن افزوده است. با این کار انرژی جنبشی کامیون ــــــ درصد ــــــ می‌یابد.

۱) ۵ – کاهش ۲) ۵ – افزایش ۳) ۸ – کاهش ۴) ۸ – افزایش

۵. پدر و پسری به ترتیب با تندی‌های $3\frac{m}{s}$ و $5\frac{m}{s}$ حرکت می‌کنند. اگر هر دو انرژی جنبشی یکسانی داشته باشند، نسبت جرم پدر به جرم پسر برابر با کدام گزینه است؟

۱) $\frac{5}{3}$ ۲) $\frac{25}{9}$ ۳) $\frac{3}{5}$ ۴) $\frac{9}{25}$

درس دوم: کار انجام شده توسط نیروی ثابت

پرسش و تمرین

۱. جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.

الف. کار از حاصل‌ضرب اندازهٔ بردارهای ــــــ و ــــــ به دست می‌آید و کمیتی ــــــ است.

ب. اندازهٔ کار یک نیروی ثابت در جابه‌جایی d از رابطهٔ ــــــ به دست می‌آید.

پ. اگر نیروی واردشده به جسمی با جابه‌جایی آن زاویهٔ θ بسازد، مؤلفهٔ ــــــ نیرو، کاری روی جسم انجام نمی‌دهد.

تعریف

برای محاسبهٔ کار، ۲ محدودیت وجود دارد:
۱. نیروی ثابت وارد بر جسم، با جابه‌جایی جسم هم‌جهت باشد.
۲. بتوان جسم را مانند یک ذره در نظر گرفت.

ت. جعبه‌ای به جرم $5kg$ را در دست گرفته و $10m$ به صورت افقی جلو می‌بریم. کار نیروی وزن برابر _____ است.

۲. در کدام‌یک از حالت‌های زیر، توسط شخص کار انجام می‌شود؟

الف. دوچرخه‌سواری بدون رکاب‌زدن در مسیری افقی در حرکت است.

ب. دوچرخه‌سواری بدون رکاب‌زدن در سراشیبی یک تپه در حرکت است.

پ. نوشتن با مداد روی کاغذ.

۳. با استدلال بیان کنید، برای بلندکردن یک جسم سنگین روی کرهٔ زمین کار بیشتری انجام می‌دهیم یا روی کرهٔ ماه؟ (فرض کنید در هر دو حالت جسم به آرامی در امتداد قائم جابه‌جا می‌شود.)

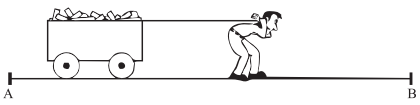
نکته

شتاب جاذبهٔ کرهٔ ماه ۱/۶۵ نیوتون بر کیلوگرم است.

۴. با توجه به داده‌های جدول زیر، جهت نیروی خالص، جهت جابه‌جایی و علامت کار انجام‌شده توسط نیرو را تعیین کنید.

زاویهٔ بین نیروی خالص و جابه‌جایی	جهت نیروی خالص	جهت جابه‌جایی	علامت کار
$\theta = 0$	↓		
$0 < \theta < 90^\circ$		←	
$\theta = 90^\circ$	↑		
$90^\circ < \theta < 180^\circ$		↖	
$\theta = 180^\circ$	→		

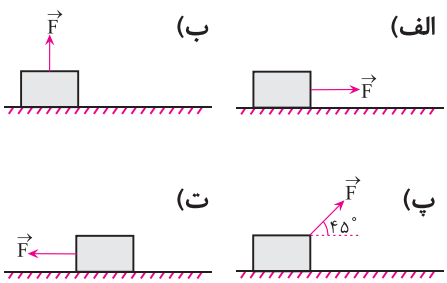
۵. شکل مقابل شخصی را در حال کشیدن یک چرخ‌دستی پر از بار در مسیر A تا B با تندی ثابت نشان می‌دهد.



الف. برای اندازه‌گیری کار انجام‌شده توسط شخص، به چه کمیت‌هایی نیاز دارید؟

ب. شخص دیگری همان چرخ‌دستی و بارش را از نقطهٔ A تا B بسیار سخت‌تر از نفر اول می‌کشد. به نظر شما چه عاملی باعث این تفاوت شده است؟

۶. به جسمی به جرم $5/00kg$ نیرویی برابر $20N$ مطابق حالت‌های داده‌شده وارد و جسم در راستای افقی و در جهت محور xها به اندازهٔ $10/0m$ جابه‌جا می‌شود. کار انجام‌شده توسط این نیرو را در هر یک از حالت‌ها مقایسه کنید.



۷. در هر یک از حالت‌های زیر، کار انجام‌شده توسط شخص را برحسب ژول و کیلوژول محاسبه کنید.

الف. چمدانی به جرم $20kg$ را به اندازهٔ $2/0$ متر بالا می‌برد.

ب. جعبه‌ای را با نیروی $100\,N$ در امتدادی که با افق زاویهٔ 60° می‌سازد، به اندازهٔ $200\,m$ می‌کشد.

پ. به کتابی به جرم $300\,g$ که روی میز قرار دارد، نیروی قائم $0/50$ نیوتونی رو به پایین وارد می‌کند.

نکته

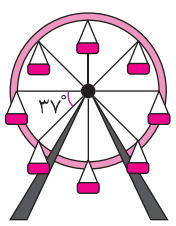
اگر نیروی ثابت وارد شده بر جسم با جابه‌جایی زاویهٔ θ بسازد، کار انجام شده روی جسم تنها ناشی از مؤلفه افقی نیرو است و از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$W = (F\cos\theta)d$

۸. مردی آپارتمان خود را با یک جاروی برقی تمیز می‌کند. اگر او با نیرویی به اندازهٔ $F = 50/0\,N$ که با افق زاویهٔ 30° می‌سازد، جاروبرقی را $3/00\,m$ به سمت راست جابه‌جا کند، کار انجام شده روی جاروبرقی را محاسبه کنید. $(\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2})$

۹. جرثقیلی با استفاده از یک کابل فولادی، خودرویی را که به طور افقی به آن متصل است روی سطح افقی می‌کشد و برای $1/40\,km$ جابه‌جایی مقدار $1/12\,MJ$ کار روی خودرو انجام می‌دهد. کشش متوسط کابل در این مدت چقدر است؟ (از اصطکاک ماشین و زمین صرف نظر کنید.)

۱۰. در یک لنگرگاه، جرثقیلی بسته‌هایی به جرم $800\,kg$ را از اسکله تا ارتفاع $8/00\,m$ به طور یکنواخت بالا می‌برد و سپس بسته‌ها را $2/35\,m$ پایین‌تر از سطح اسکله در داخل انبار کشتی قرار می‌دهد. با چشم‌پوشی از اصطکاک، این جرثقیل در هر بار انتقال یک بسته، چقدر کار انجام می‌دهد؟



۱۱. در یک شهربازی، چرخ و فلکی در سطح قائم دور می‌زند. شعاع چرخ $2/00\,m$ و جرم متوسط هر کودک $30/0\,kg$ است.

الف. کار نیروی وزن یک کودک در یک دور چرخش کامل، چقدر است؟

ب. هنگامی که کودک از بالاترین نقطه به پایین‌ترین نقطه می‌رسد، کار نیروی وزن او چقدر است؟

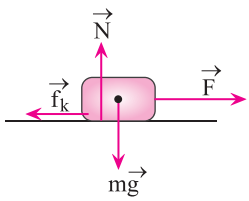
۱۲. جعبه‌ای به جرم $60/0\,kg$ درون آسانسوری که با شتاب $1/20\,\frac{m}{s^2}$ به سمت بالا می‌رود، قرار دارد. هنگامی که آسانسور $12/0\,m$ بالا می‌رود:

الف. کار نیروی وزن جعبه چقدر است؟

ب. کار کل انجام‌شده روی جعبه چقدر است؟

پ. کار نیروی عمودی سطح چقدر است؟

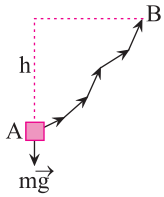
۱۳. مطابق شکل، به جعبه‌ای به جرم ۳۰kg نیرویی به بزرگی $\vec{F}=۱۵۰\text{N}$ وارد می‌شود و جعبه را روی سطح افقی ۱۰m به سمت راست جابه‌جا می‌کند. اگر اندازهٔ نیروی اصطکاک جنبشی $f_k=۵۰\text{N}$ باشد:



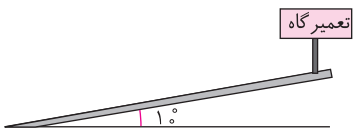
الف. کار هر یک از نیروهای وارد بر جعبه را محاسبه کنید.

ب. کار کل انجام‌شده روی جعبه چقدر است؟

۱۴. مطابق شکل جسمی از نقطهٔ A تا نقطهٔ B جابه‌جا می‌شود. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چقدر است؟



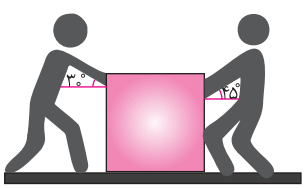
۱۵. ۳ نفر خودروی خاموشی به جرم ۱۲۰۰kg را به سمت تعمیرگاه هل می‌دهند. اگر هر شخص به خودرو نیروی ۸۰۰N موازی با سطح شیب‌دار مقابل وارد کند و تعمیرگاه در فاصلهٔ ۱۰۰ متری از انتهای خودرو قرار داشته باشد:

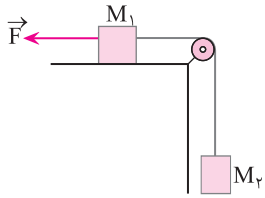


الف. هر شخص برای انتقال خودرو چقدر کار انجام می‌دهد؟

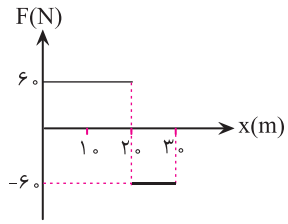
ب. کار نیروی وزن خودرو در این جابه‌جایی چقدر است؟ $(g=۹/۸۰\frac{\text{m}}{\text{s}^۲}\ ,\ \sin۱۰^\circ=۰/۱۷۴)$

۱۶. دو نفر گاوصندوقی به جرم ۳۰۰kg را به اندازهٔ ۱۰m به سمت راست منتقل می‌کنند. اگر نفر اول با نیروی ۲۵۰N و زاویهٔ ۳۰° نسبت به افق گاوصندوق را هل دهد و نفر دوم با نیروی ۲۲۰N و زاویهٔ ۴۵° نسبت به افق آن را بکشد، کل کار انجام‌شده روی جسم را محاسبه کنید.





۱۷. مطابق شکل، دو جسم با نیروی $\vec{F}=10N$ و تندی ثابت $4/0m$ به سمت چپ جابه‌جا می‌شوند. کار نیروی وزن M_2 در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (از اصطکاک سطح و قرقره صرف‌نظر کنید.)



۱۸. نمودار نیرو برحسب جابه‌جایی جسمی به جرم $8\,kg$ مطابق شکل، نشان داده شده است. نیرو و جابه‌جایی، هر دو در یک راستا هستند. کار نیروی F برای $30m$ جابه‌جایی چقدر است؟

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

یادآوری

در حرکت با تندی ثابت، نیروی خالص وارد بر جسم صفر است.

۱. کار چه نوع کمیتی است و یکای آن در SI چیست؟

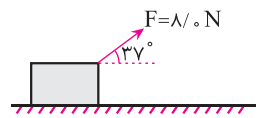
۱) برداری، $N\cdot m$ ۲) نرده‌ای، $N\cdot m$

۳) برداری، $\frac{N}{m}$ ۴) نرده‌ای، $\frac{N}{m}$

۲. جسمی به جرم $2\,kg$ را در امتداد قائم $3\,m$ بلند می‌کنیم و سپس به محل اولیه برمی‌گردانیم. در این جابه‌جایی چند ژول کار انجام شده است؟

۱) ۶۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۳۰ ۴) کاری انجام نشده است.

۳. مطابق شکل وزنهٔ M با تندی ثابت روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود. کار نیروی اصطکاک در هر متر جابه‌جایی چند ژول است؟ $(\cos 37^\circ = 0/8)$

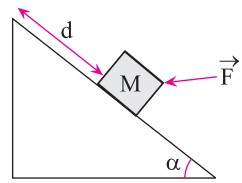


۱) $-6/4$ ۲) $6/4$ ۳) $-4/8$ ۴) $4/8$

۴. جسمی روی سطح افقی به وسیلهٔ نیروی افقی F به اندازه $20m$ جابه‌جا می‌شود. اگر نیروی اصطکاک در مقابل حرکت جسم، $2/5\,N$ باشد، کار انجام شده برای غلبه بر اصطکاک سطح چند ژول است؟

۱) -50 ۲) ۵۰ ۳) -5 ۴) ۵

۵. مطابق شکل جسمی روی سطح شیب‌داری به طول L تحت تأثیر نیروی F به اندازهٔ d به سمت بالا جابه‌جا می‌شود و سپس سقوط می‌کند و روی زمین می‌افتد. کار نیروی وزن در کل این حرکت برابر با کدام گزینه است؟



۱) $mg\sin\alpha(d-L)$ ۲) $mg\cos\alpha(d-L)$

۳) $mg\sin\alpha(L-d)$ ۴) $mg\cos\alpha(L-d)$

درس سوم: کار و انرژی جنبشی

پرسش و تمرین

۱. متن زیر را با عبارت‌های داده شده، کامل کنید.

«$W_t = K_2 - K_1$ ، $W_t = K_1 - K_2$ ، کم‌تر، بیشتر، افزایش، کاهش، ثابت، تغییر، تندتر، کندتر»

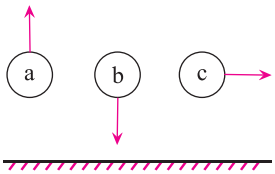
صورت قضیهٔ کار ـ انرژی با رابطهٔ _____ بیان می‌شود. هنگامی که $W_t > 0$ است، انرژی جنبشی جسم _____ می‌یابد و جسم در پایان جابه‌جایی _____ از آغاز آن حرکت می‌کند. هنگامی که $W_t < 0$ است، انرژی جنبشی جسم _____ می‌یابد و تندی جسم در پایان جابه‌جایی _____ است. هنگامی که $W_t = 0$ است، انرژی جنبشی جسم _____ است و تندی آن در این دو نقطه _____ نمی‌کند.

یادآوری

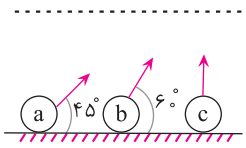
در روابط مثلثاتی داریم:

$$\cos(\frac{\pi}{2} - \alpha) = \sin\alpha$$

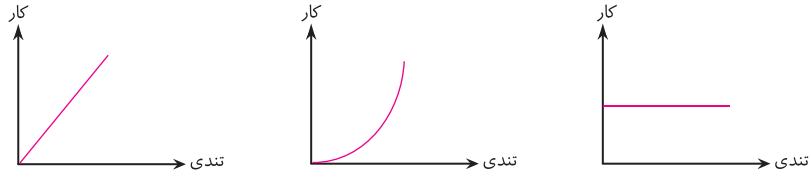
۲. الف. سه توپ با جرم و تندی یکسان ولی در جهت‌های مختلف از یک ارتفاع پرتاب می‌شوند. انرژی جنبشی هر یک از توپ‌ها در لحظهٔ برخورد با زمین را با هم مقایسه کنید و مقدار آن‌ها را به ترتیب از کم‌ترین تا بیشترین مقدار بنویسید.



ب. مطابق شکل، سه توپ با جرم و تندی یکسان، با زاویه‌های متفاوت پرتاب می‌شوند. انرژی جنبشی هر یک از توپ‌ها را در لحظه رسیدن به سطح افقی که با خط‌چین نشان داده شده با هم مقایسه کنید و مقدار آن‌ها را به ترتیب از بیشترین تا کم‌ترین مقدار بنویسید.



پ. جسمی از حال سکون با وارد کردن نیروی ثابت به حرکت درمی‌آید. اگر این نیرو در تمام طول مسیر بر جسم اثر کرده و نیروی اصطکاک وجود نداشته باشد، کدام نمودار کار نیرو برحسب تندی جسم را درست نشان می‌دهد؟ (دلیل را توضیح دهید.)



(۱) (۲) (۳)

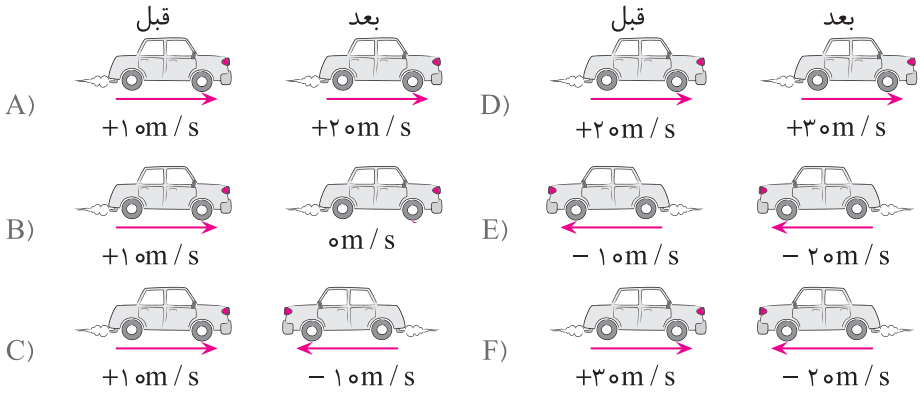
تعریف

اگر انرژی جنبشی جسمی را در دو حالت متفاوت K_1 و K_2 نشان دهیم، در این‌صورت قضیهٔ کار - انرژی جنبشی با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

$W_t = K_2 - K_1$

۳. شش موقعیت نشان داده شده در شکل زیر، تندی یک خودرو را در دو لحظهٔ متفاوت نشان می‌دهند. جرم خودروها و مقدار جابه‌جایی آن‌ها یکسان است.

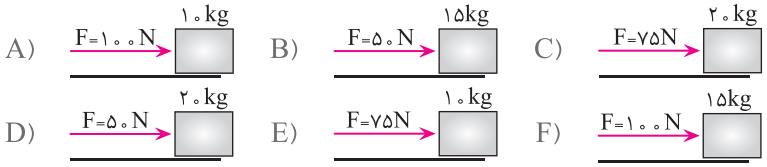
کار انجام شده روی خودروها را از بیشترین مقدار مثبت تا بیشترین مقدار منفی مرتب کنید.



راهنمایی

با داشتن کار کل می‌توانیم تندی جسم را در هر نقطهٔ دلخواه از مسیرش از قضیهٔ کار- انرژی جنبشی محاسبه کنیم.

۴. مطابق شکل، جعبه‌های مشابهی را با نیروی خالص افقی هل داده و $10\,m$ جابه‌جا می‌کنیم. جرم هر جعبه و نیروی افقی خالص وارد بر آن در شکل مشخص شده است. مقدار تغییر انرژی جنبشی هر جعبه را به ترتیب از بیشترین تا کم‌ترین مقدار بنویسید.



۵. گلوله‌ای به جرم $100\,g$ با تندی $100\,\frac{m}{s}$ به دیواری برخورد می‌کند و $10\,cm$ در آن فرو می‌رود و متوقف می‌شود. متوسط نیرویی که دیوار به گلوله وارد می‌کند، چقدر است؟

۶. گلوله‌ای به جرم $50\,g$ با تندی $100\,\frac{m}{s}$ به مانعی برخورد کرده و با تندی $20\,\frac{m}{s}$ از طرف دیگر آن خارج می‌شود. کار کل نیروهای وارد بر گلوله را به دست آورید.

۷. خودرویی به جرم ۱/۲ تن، با تندی ثابت روی سطح افقی در حرکت است. راننده ترمز می‌کند و خودرو متوقف می‌شود. اگر کار نیروی اصطکاک $-900\,kJ$ باشد، تندی خودرو قبل از ترمز چند $\frac{m}{s}$ بوده است؟

۸. گلوله‌ای به جرم $۴/۰\,kg$ از ارتفاع $۲/۰$ متری از سطح زمین شنی رها می‌شود و به اندازهٔ $۳۰\,cm$ در تودهٔ شن فرو می‌رود. کار نیروی مقاومت تودهٔ شن روی گلوله چقدر است؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

۹. در یک شتاب‌دهنده، تندی اولیهٔ پروتونی از $۲/۴\times ۱۰^{۷}\ \frac{m}{s}$ در امتداد یک خط مستقیم به تندی $۲/۹\times ۱۰^{۷}\ \frac{m}{s}$ می‌رسد. کار انجام شده روی پروتون توسط شتاب‌دهنده را محاسبه کنید. (جرم پروتون $= ۱/۶\times ۱۰^{-۲۷}\ kg$)

۱۰. پروکسیما قنطورس نزدیک‌ترین ستاره بعد از خورشید به زمین است که در حدود ۴ سال نوری $(۴/۰\times ۱۰^{۱۶}\ m)$ از زمین فاصله دارد.

الف. یک سفینه با چه تندی ثابتی حرکت کند تا بتواند در مدت $۴/۰$ سال به این ستاره برسد؟ (تحقیق کنید آیا تاکنون بشر توانسته است سفینه‌ای با این تندی به فضا بفرستد؟)

ب. چه مقدار کار لازم است تا تندی سفینه‌ای به جرم $۳/۰\times ۱۰^{۵}$ به تندی محاسبه شده در قسمت «الف» برسد؟

۱۱. یک هلی‌کوپتر نجات به وسیلهٔ طناب، شخص مصدومی به جرم $۸۰/۰\,kg$ را تا ارتفاع $۲۰/۰\,m$ بالا می‌برد.

الف. کار نیروی وزن شخص چقدر است؟

ب. اگر شتاب شخص $۱/۲۰\ \frac{m}{s^{۲}}$ باشد، کار نیروی کشش طناب چقدر است؟ (کار نیروی مقاومت هوا را نادیده بگیرید.)

پ. تغییرات انرژی جنبشی شخص را حساب کنید.

۱۲. با محاسبه نشان دهید آیا کار انجام شده برای دادن تندی $۱۰\ \frac{m}{s}$ به قطاری ساکن بیشتر از کار انجام شده برای این‌که همان قطار از تندی $۱۰\ \frac{m}{s}$ به $۲۰\ \frac{m}{s}$ برسد، است؟ (از مقاومت هوا در برابر حرکت صرف‌نظر کنید.)

راهنمایی

هنگامی که موتور خاموش می‌شود تنها نیروی وارد بر خودرو در راستای حرکت، نیروی اصطکاک است.

۱۳. خودرویی به جرم $800\,kg$ با تندی $7/5\,\frac{m}{s}$ حرکت می‌کند. راننده موتور را خاموش می‌کند و خودرو پس از طی مسافت $7/0\,m$ می‌ایستد.

الف. کار کل نیروهای وارد بر خودرو را محاسبه کنید.

ب. نیروی اصطکاک چقدر است؟

۱۴. از بالای ساختمانی به ارتفاع $30\,m$، جسمی به جرم $500\,g$ را رها می‌کنیم. تندی جسم در لحظهٔ رسیدن به زمین $20\,\frac{m}{s}$ است.

الف. کل کار نیروهای وارد بر جسم را به دست آورید.

ب. کار نیروی وزن و کار مقاومت هوا را به دست آورید.

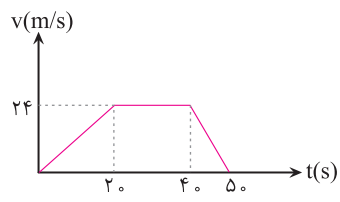
۱۵. جسمی را با تندی v_0 در امتداد قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. اگر جسم تا ارتفاع h بالا رود:

الف. تندی جسم در نیمهٔ راه را محاسبه کنید.

ب. تندی در ارتفاع $\frac{1}{4}h$، $\frac{1}{3}h$ و h را به دست آورید.

پ. نتایج قسمت «الف» و «ب» را در جدولی بنویسید و مقایسه کنید. (از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

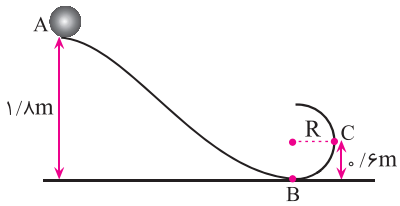
۱۶. نمودار تندی ـ زمان مربوط به بالابری مطابق شکل داده شده است. اگر جرم این بالابر و مسافرانش $800\,kg$ باشد:



الف. کار انجام شده روی بالابر را در هر یک از بازه‌های زمانی محاسبه کنید.

ب. کل کار چقدر است؟

۱۷. مطابق شکل، گلولهٔ کوچکی به جرم $0/80\,kg$ از موقعیت **A** بدون تندی اولیه به پایین می‌لغزد. کار نیروی اصطکاک جنبشی در مسیر **ABC** برابر $6/4\,J$ است. انرژی جنبشی جعبه را در موقعیت **C** به دست آورید.



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. جسمی روی سطح افقی قرار دارد و بین جسم و سطح، نیروی اصطکاک وجود دارد. اگر نیروی خارجی $\vec{F}$ جسم را به حرکت درآورد و به تندی **v** برساند، کار انجام شده توسط نیروی $\vec{F}$:

۱) برابر صفر است.
۲) برابر $\frac{1}{2}mv^2$ است.
۳) کم‌تر از $\frac{1}{2}mv^2$ است.
۴) بزرگ‌تر از $\frac{1}{2}mv^2$ است.

۲. جسمی به جرم **m** با تندی ثابت **v** روی یک سطح افقی در حال حرکت است. اگر ناگهان نیروی $\vec{F}$ به جسم وارد شود و تندی و راستای حرکت جسم تغییر نکند، کدام عبارت می‌تواند صحیح باشد؟

۱) کار نیروی F برابر صفر است.
۲) نیروی F عمود بر مسیر حرکت است.
۳) کار نیروهای خالص وارد بر جسم تغییر نکرده است.
۴) همهٔ موارد

نکته
جهت سرعت تأثیری در مقدار انرژی جنبشی ندارد.

۳. جسمی با تندی $10\frac{m}{s}$ در جهت مثبت محور **x**ها با انرژی جنبشی $100\,J$ در حال حرکت است. پس از مدتی تندی این جسم تغییر کرده و در جهت منفی محور **x**ها به $20\frac{m}{s}$ می‌رسد. کار نیروهای خالص وارد بر این جسم چند ژول است؟

۱) -500
۲) -300
۳) 300
۴) 500

۴. جسمی به جرم $8/0\,kg$ با تندی ثابت $10\frac{m}{s}$ روی خط راست حرکت می‌کند. چه نیرویی برحسب نیوتون و در کدام جهت باید در راستای حرکت به آن وارد شود تا پس از طی مسافت $8/0$ متر، انرژی جنبشی آن به 1200 ژول برسد؟ (از اصطکاک صرف‌نظر شود.)

۱) 100 و در جهت حرکت
۲) 50 و در جهت حرکت
۳) 50 و در خلاف جهت حرکت
۴) 100 و در خلاف جهت حرکت

۵. در یک جابه‌جایی افقی:

۱) کار نیروی عمودی صفر است.
۲) فقط کار نیروی وزن صفر است.
۳) کار همهٔ نیروها صفر است.
۴) کار هیچ نیرویی صفر نیست.

درس چهارم: کار و انرژی پتانسیل

پرسش و تمرین

۱. جاهای خالی را در جمله‌های زیر با یکی از کلمات داخل پرانتز تکمیل کنید.

الف. انرژی پتانسیل، ویژگی یک _____ است. (سامانه ـ جسم منفرد)

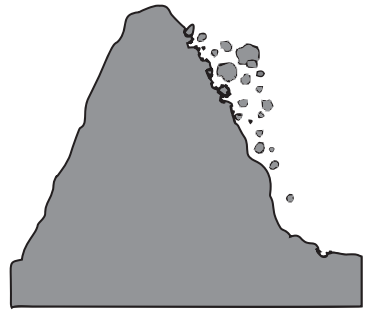
ب. کار نیروی وزن برابر با _____ جسم است. (انرژی پتانسیل گرانشی ـ منفی انرژی پتانسیل گرانشی)

پ. هنگامی که جسمی رو به زمین حرکت می‌کند، نیروی وزن جسم کار _____ انجام می‌دهد. (مثبت ـ منفی)

۲. درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.

	درست	نادرست
الف. دو بار الکتریکی هم‌نام در نزدیکی یک‌دیگر قرار دارند. وقتی یکی از آن‌ها رها شود، مقدار انرژی پتانسیل الکتریکی سامانهٔ دو بار الکتریکی، کاهش می‌یابد.	☐	☐
ب. فنری را با دست کشیده و رها می‌کنیم، انرژی پتانسیل کشسانی سامانهٔ فنر ـ دست، افزایش می‌یابد.	☐	☐
پ. چتربازی در حال سقوط است. انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ چترباز ـ زمین، کاهش می‌یابد.	☐	☐

۳. شکل مقابل، ریزش سنگ از کوه را نشان می‌دهد. سنگ‌های بالای کوه خرد می‌شوند و سقوط می‌کنند و در پایین کوه متوقف می‌شوند. نام انرژی توصیف شده در هر مورد را بنویسید.



الف. سنگ‌ها قبل از سقوط، این انرژی را به علت موقعیت خود دارند. _____

ب. انرژی سنگ‌ها در حین سقوط، به این نوع انرژی‌ها تبدیل می‌شوند. _____

_____

پ. در پایین کوه پس از رسیدن به زمین، تنها انرژی سنگ‌ها است. _____

۴. خودرویی در حال بالارفتن از جاده‌ای شتاب می‌گیرد. کدام مورد تغییرات انرژی خودرو را درست نشان می‌دهد؟

_____

_____

_____

_____

	انرژی جنبشی	انرژی پتانسیل گرانشی
الف	کاهش	کاهش
ب	افزایش	کاهش
پ	کاهش	افزایش
ت	افزایش	افزایش

۵. با صرف ۱/۰ ژول انرژی، وزنه‌ای به جرم ۱/۰kg را حداکثر تا ارتفاع چند متر می‌توان بالا برد؟

_____

_____

۶. الف. برای بالابردن یک قطعه یخ ۱۰/۰ کیلوگرمی به ارتفاع ۲/۰۰m از سطح زمین حداقل چند ژول کار باید انجام داد؟

_____

_____

تعریف

انرژی پتانسیل، برخلاف انرژی جنبشی که به حرکت یک جسم وابسته است، ویژگی یک سامانه (دستگاه یا سیستم) است تا ویژگی یک جسم منفرد.

تعریف

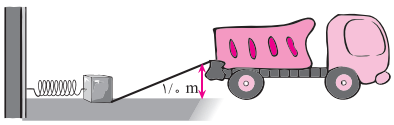
انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ متشکل از زمین و جسمی به جرم m که در ارتفاع h از سطح زمین قرار دارد، برابر با $U=mgh$ است.

ب. اگر بخواهیم با استفاده از یک سطح شیب‌دار به طول $4/00\,m$ همان قطعه را با نیروی $49/0\,N$ که موازی سطح است هل داده و به همان نقطه برسانیم، چه مقدار کار باید انجام داد؟

پ. افزایش انرژی پتانسیل گرانشی در قسمت‌های «الف» و «ب» را محاسبه کنید.

ت. به نظر شما انجام کار در بخش «الف» راحت‌تر است یا «ب»؟ چرا؟

۷. مطابق شکل، با استفاده از یک فنر فشرده بسته‌ای به جرم $2/0\,kg$ بر روی سطح شیب‌دار بدون اصطکاک تا ارتفاع $1/0\,m$ درون کامیون پرتاب می‌شود. اگر انرژی پتانسیل کشسانی فنر $22/5\,J$ باشد، تندی بسته هنگامی که به کامیون می‌رسد چقدر است؟



۸. کودکی به جرم $24\,kg$ از پلکان یک سرسره که ۸ پله دارد، بالا می‌رود. ارتفاع هر پله $20\,cm$ است.

الف. انرژی پتانسیل گرانشی کودک در بالای سرسره چقدر است؟

ب. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی را محاسبه کنید.

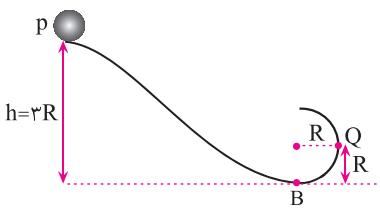
پ. هنگام سر خوردن، کودک در پایین سرسره داخل چاله‌ای به عمق $40\,cm$ می‌افتد. تغییر انرژی پتانسیل او چقدر است؟ (مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را سطح زمین بگیرید.)

نکته

کار نیروی وزن برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است.

$W_{mg} = -\Delta u$

۹. مطابق شکل، جسم کوچکی به جرم m از موقعیت P از حال سکون رها می‌شود و روی مسیر بدون اصطکاکی می‌لغزد.

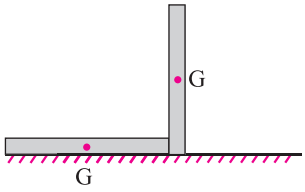


الف. هنگامی که جسم از موقعیت P تا موقعیت Q حرکت می‌کند، انرژی پتانسیل گرانشی چقدر تغییر می‌کند؟

ب. اگر جسم را به جای رها کردن، با تندی اولیه رو به پایین پرتاب کنیم، پاسخ بخش «الف» چه تغییری می‌کند؟

۱۰. یک بشکه ۲۰۰ لیتری پر از آب که ارتفاع آن $1/6\,m$ است، در اختیار داریم. اگر ته این بشکه سوراخ شود و تمام آب آن خارج شود، کار انجام شده توسط نیروی وزن آب چقدر است؟ (چگالی آب $1/0\,\frac{g}{cm^3}$ است.)

۱۱. میلهٔ همگنی به طول $2/0\,m$ و جرم $8/0\,kg$ که روی زمین به طور افقی قرار گرفته است را بلند می‌کنیم و مطابق شکل در وضعیت قائم قرار می‌دهیم. کار انجام شده روی میله چقدر است؟



۱۲. دو گلوله با بارهای الکتریکی هم‌نام در فاصلهٔ $20\,cm$ از یک‌دیگر قرار دارند. دانش‌آموزی $60\,J$ کار انجام می‌دهد تا آن‌ها را $8\,cm$ به هم نزدیک کند. مقدار انرژی پتانسیل الکتریکی سامانه دو بار چقدر و چگونه تغییر می‌کند؟

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

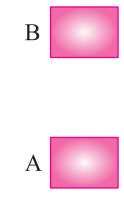
۱. انرژی پتانسیل گرانشی جسمی به اندازهٔ $-6\,J$ تغییر می‌کند. کاری که نیروی گرانش روی جسم انجام می‌دهد و تغییر ارتفاع آن چگونه است.

۱) $6\,J$ و ارتفاع جسم کاهش می‌یابد.
۲) $-6\,J$ و ارتفاع جسم کاهش می‌یابد.
۳) $6\,J$ و ارتفاع جسم افزایش می‌یابد.
۴) $-6\,J$ و ارتفاع جسم افزایش می‌یابد.

۲. جسمی از بالای ساختمانی رها می‌شود. اگر بعد از ۱۰ متر سقوط، انرژی پتانسیل آن ۴۰ درصد کاهش پیدا کند، ارتفاع ساختمان چند متر است؟

۱) ۴۰ ۲) ۵۰ ۳) ۲۵ ۴) ۴۰

۳. مطابق شکل جسمی را در راستای قائم از موقعیت A به موقعیت B می‌بریم و کار نیروی وزن در این جابه‌جایی $-30\,J$ است. اگر انرژی پتانسیل گرانشی جسم در موقعیت B برابر $40\,J$ باشد، انرژی پتانسیل گرانشی در موقعیت A چند ژول است؟

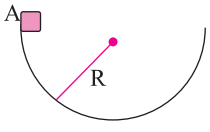


۱) -10 ۲) ۱۰ ۳) ۷۰ ۴) -70

۴. جسمی به وزن ۵۰۰ نیوتون را روی سطح شیب‌داری که با افق زاویهٔ 30° می‌سازد بالا می‌کشیم. اگر جابه‌جایی جسم روی سطح شیب‌دار ۴/۰ متر باشد، افزایش انرژی پتانسیل گرانشی آن چند ژول خواهد بود؟

۱) $9/8\times10^3$ ۲) $2/0\times10^3$
۳) $1/0\times10^3$ ۴) $1/7\times10^3$

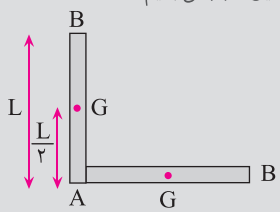
۵. جسمی درون سطح نیم‌کره‌ای مطابق شکل، از نقطهٔ A رها می‌شود و بعد از چند حرکت رفت‌وبرگشت لغزشی روی سطح، در پایین سطح می‌ایستد. نسبت کار نیروی اصطکاک به کار نیروی جاذبهٔ زمین کدام است؟



۱) -2 ۲) -1
۳) ۱ ۴) ۲

راهنمایی

مطابق شکل ارتفاع نقطهٔ A تغییر نمی‌کند. ارتفاع نقطهٔ G به اندازهٔ $\frac{L}{2}$ و ارتفاع نقطهٔ B به اندازهٔ L تغییر می‌کند. پس می‌توان تغییر ارتفاع میله را تغییر ارتفاع نقطهٔ G (گرانیگاه آن) یعنی $\frac{L}{2}$ در نظر گرفت. در حالت کلی چنانچه جسم نقطه‌ای نباشد h (ارتفاع عمودی جسم) را فاصلهٔ گرانیگاه تا مبدأ پتانسیل قرار می‌دهیم.



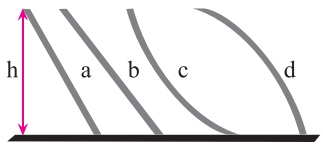
نکته

گرانیگاه یا مرکز جرم جسم، نقطه‌ای مشخص است که در بسیاری از مسائل طوری رفتار می‌کند که گویی همهٔ جرم جسم در آن نقطهٔ متمرکز شده است.

درس پنجم: پایستگی انرژی مکانیکی

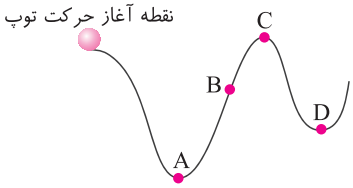
پرسش و تمرین

۱. به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

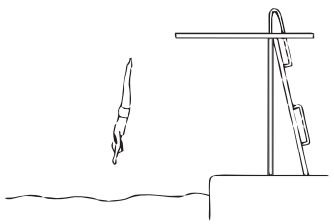


الف. اگر کودکی بدون تندی اولیه، از سرسره‌های بدون اصطکاک a تا d سر بخورد، مقدار تندی کودک در پایین سرسره‌ها را به ترتیب از بیشترین تا کم‌ترین مقدار بنویسید.

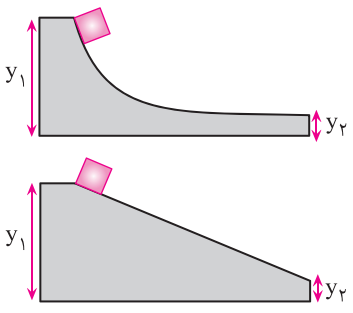
ب. توپی از حال سکون رها شده و مسیر بدون اصطکاکی مطابق شکل را طی می‌کند. دورترین مکانی را که توپ می‌تواند به آن‌جا برسد با ذکر دلیل مشخص کنید.



پ. دو جسم x و y $(m_x < m_y)$ با تندی‌های مساوی روی سطح افقی می‌لغزند و پس از رسیدن به سربالایی، از آن بالا می‌روند. اگر تمام سطوح بدون اصطکاک باشند، با دلیل بگویید کدام‌یک می‌تواند تا ارتفاع بیشتری بالا رود؟



ت. شکل روبه‌رو، مردی را در حال شیرجه رفتن به آب استخر نشان می‌دهد. هنگام سقوط، کدام شکل انرژی افزایش می‌یابد؟



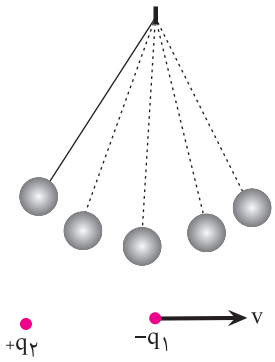
ث. دو شیب- راهۀ متفاوت بدون اصطکاک در شکل نشان داده شده‌اند. ارتفاع‌های y_1 و y_2 در هر دو شیب- راهه با هم برابرند. اگر قطعه‌ای به جرم m از حال سکون در طرف چپ هر یک از دو شیب - راهه رها شود، کدام قطعه با تندی بیشتری به طرف راست شیب- راهۀ مربوطه می‌رسد؟

۲. سنگی با تندی $۱۵\frac{m}{s}$ از برجی به ارتفاع ۲۰ متر به طرف پایین پرتاب می‌شود.

الف. تندی سنگ را در برخورد با زمین تعیین کنید.

ب. این مقدار را با تندی سنگ وقتی از همان ارتفاع بدون تندی اولیه رها می‌شود، مقایسه کنید. (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.)

۳. الف. **در یک نوسان کامل آونگ (یک رفت‌ویک برگشت کامل) چند بار انرژی پتانسیل گرانشی به جنبشی و چند بار انرژی جنبشی به انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل می‌شود؟**



ب. **بارهای q_1 و q_2 غیرهم‌نام هستند. بار q_1 را مطابق شکل با تندی v از بار q_2 که ساکن است دور کرده و رها می‌کنیم. چگونگی حرکت بار q_1 را با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی توضیح دهید.**

۴. الف. **انرژی جنبشی یک خودرو به جرم ۱۶۰۰kg که با تندی $108\frac{km}{h}$ در حرکت است، چقدر است؟**

ب. **خودروی قسمت «الف» از چه ارتفاعی سقوط کند تا درست در لحظهٔ رسیدن به زمین، این انرژی جنبشی را داشته باشد؟**

پ. **آیا پاسخ شما به جرم خودرو بستگی دارد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید.)**

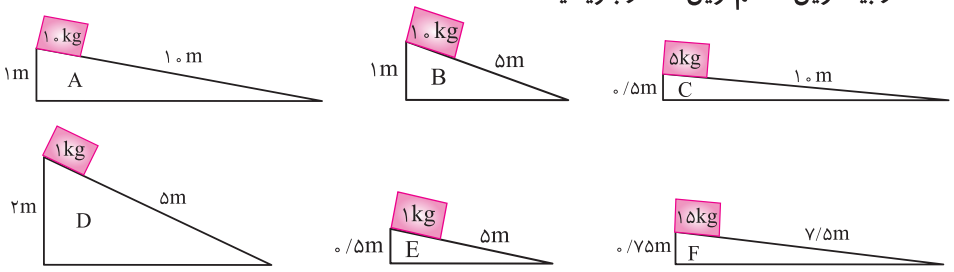
۵. سنگی از بالای یک صخره به ارتفاع ۱۵/۰m از حالت سکون به رودخانه سقوط می‌کند. جرم سنگ ۷۵/۰kg است.

الف. وزن سنگ را محاسبه کنید.

ب. با صرف‌نظر از مقاومت هوا، انرژی جنبشی سنگ در لحظهٔ برخورد با آب را محاسبه کنید.

پ. در لحظهٔ تماس آب و سنگ چه اتفاقی برای انرژی جنبشی سنگ می‌افتد؟

۶. مطابق شکل‌های زیر، جرم‌ها از حال سکون روی سطح شیب‌دار بدون اصطکاکی شروع به حرکت می‌کنند. مقدار تغییر انرژی جنبشی آن‌ها را به محض رسیدن به پایین سطح شیب‌دار از بیشترین تا کم‌ترین مقدار بنویسید.



۷. پسر بچه‌ای توپی به جرم $1/0\,kg$ را از بام یک ساختمان به ارتفاع $10\,m$ با تندی $8/0\,\frac{m}{s}$ در راستای قائم به طرف پایین پرتاب می‌کند.

الف. انرژی جنبشی توپ در لحظهٔ رسیدن به زمین چقدر است؟ (از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنید.)

ب. او بار دیگر توپ را با همان تندی رو به بالا پرتاب می‌کند. انرژی جنبشی توپ را در لحظه رسیدن به زمین حساب کنید.

۸. جسمی را با سرعت اولیهٔ v_0 در امتداد قائم رو به بالا پرتاب می‌کنیم. با صرف‌نظر از مقاومت هوا اگر این جسم تا ارتفاع h بالا رود:

الف. انرژی جنبشی جسم را در لحظهٔ پرتاب و در مکان‌های $\frac{h}{4}$، $\frac{h}{2}$ و $\frac{3}{4}h$ برحسب h حساب کنید.

ب. نمودار انرژی جنبشی برحسب ارتفاع را رسم کنید.

پ. نمودار انرژی پتانسیل گرانشی را برحسب ارتفاع رسم کنید.

ت. نمودار انرژی جنبشی، پتانسیل گرانشی و مکانیکی را برحسب ارتفاع در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

۹. مطابق شکل روبه‌رو، دو گوی کوچک یکسان با بار الکتریکی بر روی سطح بدون اصطکاکی ساکن نگه داشته شده‌اند. انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره‌شده در سامانهٔ دو بار، برابر $24/0\,J$ است. گوی‌ها را رها می‌کنیم تا فقط در اثر نیروی الکتریکی به حرکت درآیند.

الف. تبدیل انرژی در این سامانه را بنویسید.

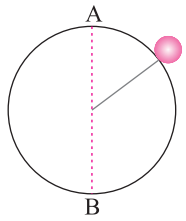
ب. وقتی انرژی پتانسیل الکتریکی سامانهٔ بارها به $7/20\,J$ برسد، انرژی جنبشی هر گوی چند ژول است؟

۱۰. جسمی بدون تندی اولیه از بام ساختمانی به ارتفاع $80/0\,m$ رها می‌شود و با تندی $12/0\,\frac{m}{s}$ به سطح زمین می‌رسد.

الف. چند درصد از انرژی پتانسیل گرانشی صرف مقابله با کار نیروی مقاومت هوا روی جسم شده است؟

ب. تندی جسم هنگام رسیدن به سطح زمین را در حالتی که مقاومت هوا ناچیز است، حساب کنید.

۱۱. گلوله‌ای به جرم $1/20kg$ را به ریسمان سبکی به طول $2/00m$ می‌بندیم و مطابق شکل، دوران می‌دهیم. تندی گلوله در وضعیت A برابر $4/00\frac{m}{s}$ و در وضعیت B برابر $8/00\frac{m}{s}$ است.



الف. کار نیروی مقاومت هوا روی جسم در جابه‌جایی از وضعیت A تا وضعیت B چقدر است؟

ب. کار نیروی کشش ریسمان در جابه‌جایی از وضعیت A تا وضعیت B چقدر است؟

راهنمایی

در حرکت دورانی جسم، نیروی کشش ریسمان همواره در راستای شعاع دایره‌ای است که جسم حول آن دوران دارد.

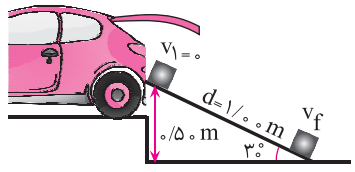
۱۲. یک کمان کاملاً کشیده، انرژی پتانسیلی معادل با $10J$ دارد. از این کمان برای پرتاب تیله‌ای به جرم $0/02kg$ به طرف بالا استفاده می‌کنیم. اگر از مقاومت هوا چشم‌پوشی کنیم:

الف. تیله تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟

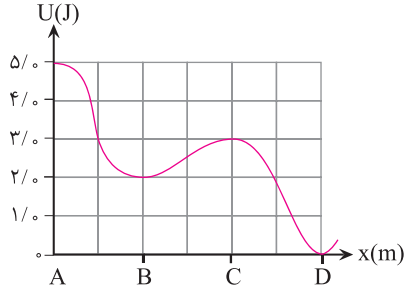
ب. هنگامی که تیله در فاصلهٔ $30m$ بالای محل پرتاب قرار دارد، تندی آن چقدر است؟

۱۳. بازیکن بسکتبالی به دو توپ مشابه از یک ارتفاع و با تندی اولیهٔ یکسان ولی در زاویه‌های آغازین متفاوت، ضربه می‌زند. توضیح دهید اگر از مقاومت هوا صرف نظر شود، هر دو توپ در لحظهٔ ورود به حلقه دارای تندی‌های یکسان هستند.

۱۴. مطابق شکل، جعبه‌ای به جرم $3/00kg$ از روی سطح شیب‌داری با ارتفاع $0/50m$ و زاویهٔ 30° بدون تندی اولیه سر می‌خورد. مقدار نیروی اصطکاک سطح شیب‌دار $5/00N$ است. تندی جعبه را در پایین سطح شیب‌دار حساب کنید.



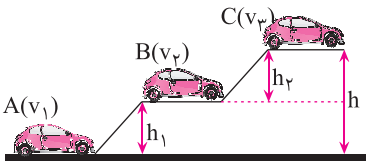
۱۵. نمودار داده شده، انرژی پتانسیل ذره‌ای به جرم $500g$ را که از حال سکون رها شده است نشان می‌دهد. تندی ذره در وضعیت‌های B، C و D را حساب کنید. (از اصطکاک صرف‌نظر کنید.)



۱۶. بازیکن والیبالی با حرکت ساعد خود توپ $0/5kg$ را در هوا به طور مستقیم و با تندی $18\frac{m}{s}$ به طرف بالا پرتاب می‌کند.

الف. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر شود، توپ تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟

ب. اگر دست بازیکن در حین پرتاب توپ، $0/5$ متر به سمت بالا حرکت کند، با فرض ثابت بودن نیروی دست، بزرگی نیروی دست بازیکن را به دست آورید.



۱۷. سه خودرو مطابق شکل، در سطوح A، B و C حرکت می‌کنند. اگر $v_۳ > v_۲ > v_۱$ باشد، انرژی مکانیکی خودروها در هر سطح نسبت به سطح زمین چگونه است؟

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. توپی از حال سکون داخل هوا سقوط می‌کند (اصطکاک وجود دارد.) و ۱۰J انرژی جنبشی کسب می‌کند. این جسم چقدر انرژی پتانسیل گرانشی از دست می‌دهد؟

۱) ۱۰J ۲) بیشتر از ۱۰J
۳) کم‌تر از ۱۰J ۴) ارائهٔ پاسخ ناممکن است.

۲. فرض کنید که قهرمان پرش با نیزه، فقط با تبدیل کامل انرژی جنبشی خود به انرژی پتانسیل، به ارتفاع مورد نظر می‌رسد. اگر تندی او درست پیش از زمین گذاشتن نیزه v باشد، او به چه ارتفاعی خواهد رسید؟

۱) $\sqrt{۲vg}$ ۲) $\frac{۲g}{v^۲}$ ۳) $\frac{v^۲}{۲g}$ ۴) $\frac{v}{۲g}$

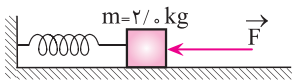
۳. سیب گلاب کوچکی به جرم ۵۰g را با تندی $v_۰$ از بالای ساختمانی به ارتفاع h پرتاب می‌کنیم. اگر انرژی جنبشی سیب در لحظهٔ رسیدن به سطح زمین ۱۰J بیشتر از انرژی جنبشی آن در لحظهٔ پرتاب باشد، h چند متر است؟ $(g = ۱۰/۰ \frac{N}{kg})$

۱) ۱۰ ۲) ۵۰ ۳) ۴۰ ۴) ۲۰

۴. جسمی بدون تندی اولیه از ارتفاع ۴/۰m سقوط می‌کند. اگر ۲۰٪ انرژی جسم صرف غلبه بر مقاومت هوا شود، تندی جسم در لحظهٔ رسیدن به زمین چقدر است؟ $(g = ۱۰/۰ \frac{N}{kg})$

۱) $۴\frac{m}{s}$ ۲) $۴\sqrt{۲}\frac{m}{s}$ ۳) $۸\frac{m}{s}$ ۴) $۹\frac{m}{s}$

۵. در شکل مقابل، انرژی پتانسیل کشسانی فنر ۵/۰J است و وزنهٔ ۲/۰ کیلوگرمی روی سطح افقی بدون اصطکاک در حال سکون است. اگر در یک لحظه نیروی $\vec{F}$ حذف شود، بیشترین تندی وزنه چند متر بر ثانیه خواهد شد؟



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

درس ششم: توان

پرسش و تمرین

۱. الف. برای انجام کاری معین در زمان‌های یکسان، خودروی A سوخت کم‌تری از خودروی B مصرف می‌کند. توان و بازده دو خودرو را با هم مقایسه کنید.

ب. دو بالابر A و B با جرم‌های یکسان از طبقهٔ اول به طبقهٔ دوم می‌روند. توان موتور A دو برابر توان موتور B است. کم‌ترین کار انجام شده توسط موتورهای A و B و زمان حرکت دو بالابر را با هم مقایسه کنید.

پ. فرض کنید امروز در $\frac{۱}{۲}$ زمان، دو برابر دیروز کار معینی انجام دهید. توان خروجی امروز شما نسبت به دیروز برای انجام این کار چند برابر است؟

ت. پردیس و برادرش پوریا، هم‌زمان از یک تپه بالا می‌روند. وزن پوریا ۷۰۰N و وزن خواهرش ۴۰۰N است. نسبت توان تولیدی آن‌ها را به‌دست آورید.

ث. یک موتور الکتریکی با توان مفید ۴/۰kW، کاری را در مدت ۱۰ دقیقه انجام می‌دهد، همین کار را موتور دیگری با توان مفید ۶/۰kW در چند دقیقه انجام می‌دهد؟

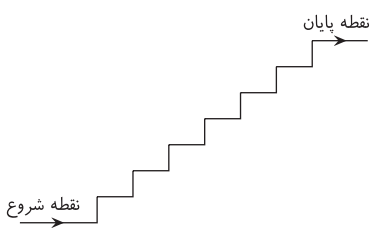
۲. توان لیفت‌تراک B دو برابر لیفت‌تراک A است.

الف. در زمان یکسان، لیفت‌تراک B چند برابر لیفت تراک A می‌تواند بار را بلند کند؟

ب. اگر لیفت‌تراک B همان بار لیفت‌تراک A را بلند کند، این کار را چقدر سریع‌تر انجام می‌دهد؟

۳. گروهی دانش‌آموز می‌خواهند توان تولیدی خود را به دست آورند. دانش‌آموزان در گروه‌های دوتایی، زمان بالا رفتن یک‌دیگر را از پله‌ها اندازه می‌گیرند. در شکل، پله‌ها نشان داده شده‌اند.

الف. لیستی از کمیت‌هایی که برای اندازه‌گیری توان، مورد نیاز است، بنویسید.



ب. یک پیشنهاد برای بهبود دقت اندازه‌گیری توان بنویسید.

پ. با استفاده از کلمات (نه علائم اختصاری)، معادلات مورد نیاز برای به‌دست آوردن توان هر دانش‌آموز را بنویسید.

ت. هنگامی که دانش‌آموز به نقطهٔ پایان می‌رسد و در بالای پله‌ها می‌ایستد، کدام شکل انرژی به بیشینهٔ مقدار خود می‌رسد؟

ث. توضیح دهید چرا توان کل دانش‌آموز از مقداری که از این روش به‌دست می‌آید، بیشتر است؟

۴. شخصی به جرم $80/0\,kg$، از ۵۰ پله در مدت $40/0\,s$ با تندی ثابت بالا می‌رود. اگر ارتفاع هر پله $25/0\,cm$ باشد:

الف. توان متوسط او را حساب کنید. (سطح زمین را مبدأ پتانسیل گرانشی گرفته و از نیروهای اتلافی چشم‌پوشی کنید.)

ب. اگر او با همین توان به حرکت خود ادامه دهد، در مدت ۲ دقیقه از چند پله بالا می‌رود؟

۵. شخصی در مدت $4/0$ ساعت، مقدار $4/8\,MJ$ کار مفید انجام می‌دهد. توان مفید او را برحسب وات و اسب بخار بنویسید.

یادآوری

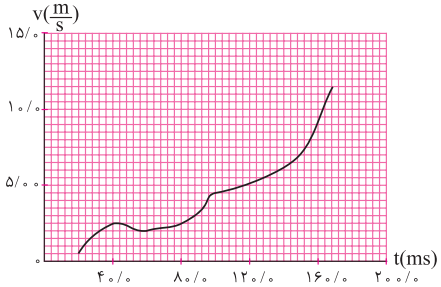
یک وات (W) معادل ۷۴۶ اسب بخار (hp) است.
یک کالری (cal)، معادل ۴/۲ ژول است.

۶. ورزشکاری $3000\,kcal$ غذا مصرف می‌کند و $2/50\,MJ$ کار مفید انجام می‌دهد. بازده او چند درصد است؟

۷. توان خودرویی به جرم $1200\,kg$ برابر $75\,kW$ است. این خودرو از حال سکون شروع به حرکت می‌کند. اگر اصطکاک ناچیز باشد، پس از چه مدتی تندی آن به $108\,\frac{km}{h}$ می‌رسد؟

۸. یک پله‌برقی می‌تواند ۴۰ نفر را که متوسط جرم هر کدام $65\,kg$ است، در مدت ۱۵ ثانیه $6/0$ متر بالا ببرد. توان مفید این پله برقی را حساب کنید.

۹. از ضربهٔ دست یک کاراته‌باز در هنگام شکستن یک قطعه چوب، عکس‌برداری شده است. شکل مقابل، نمودار تغییر تندی مشت کاراته‌باز نسبت به زمان را نشان می‌دهد.



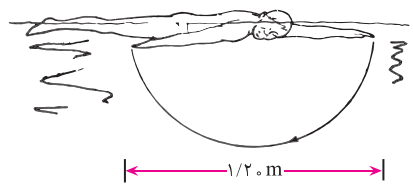
الف. از لحظهٔ $20\,ms$ تا $160\,ms$، تندی مشت چگونه تغییر کرده است؟

ب. انرژی جنبشی مشت در آغاز برخورد با چوب چقدر بوده است؟ (جرم مشت را $1/00\,kg$ در نظر بگیرید.)

پ. اگر زمان برخورد $0/03\,s$ باشد، متوسط توان ضربه را حساب کنید.

۱۰. بازدهٔ یک نیروگاه برق‌آبی دست‌کم ۹۰ درصد است. آب پیش از آن که به توربین‌ها برسد از ارتفاع ۳۰۰ متری فرو می‌ریزد. حساب کنید در هر ثانیه چه حجم آب از داخل توربین‌ها بگذرد تا توان خروجی آن ۲/۰ میلیون وات شود؟ (چگالی آب $1000\frac{kg}{m^3}$ است.)

۱۱. شکل مقابل شناگری را نشان می‌دهد که برای جلورفتن، عمدتاً از حرکت دست استفاده می‌کند و در هر حرکت نیروی متوسط $80/0N$ را در جابه‌جایی $1/20m$ اعمال می‌کند. او در هر دقیقه ۱۲۰ حرکت دست را انجام می‌دهد.



الف. کار انجام شده در هر حرکت را حساب کنید.

ب. متوسط توان تولیدشده توسط دست شناگر چقدر است؟

۱۲. شخصی به جرم $75/0kg$ از میلهٔ بارفیکس ۵۰ بار بالا می‌رود و در هر بار، مرکز بدن خود را $0/50m$ بالا می‌کشد.

الف. انرژی مصرف شده توسط شخص را حساب کنید.

ب. اگر این ورزش را در ۲ دقیقه انجام دهد، توان مفید خروجی او را حساب کنید.

راهنمایی

ورزشکار در هر بار انجام بارفیکس، هنگام بالارفتن و پایین‌آمدن، کار یکسانی انجام می‌دهد.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱. پمپ یک خودروی آتش‌نشانی در هر دقیقه $75/0kg$ آب را با تندی $20/0\frac{m}{s}$ از دهانهٔ لوله به خارج می‌فرستد. توان مفید پمپ چند کیلووات است؟

۱) ۰/۲۵ ☐ ۲) ۱/۵۰ ☐

۳) ۲/۵۰ ☐ ۴) ۳/۰۰ ☐

۲. توان یک تلمبهٔ برقی $۲/۰\text{kW}$ و بازده آن $٪۹۵$ است. این تلمبه در هر دقیقه چند کیلوگرم آب را از عمق ۹/۵ متری بالا می‌آورد؟ $(g = ۱۰\frac{N}{kg})$

۱) $۱/۲\times۱۰^{۴}$ ۲) $۱/۲\times۱۰^{۳}$

۳) $۲/۰\times۱۰^{۲}$ ۴) ۲۰

۳. دستگاه A نسبت به دستگاه B دارای توان کم‌تر ولی بازدهٔ بیشتری است. این به معنی است که دستگاه A نسبت به دستگاه B با مقدار سوخت مساوی، کار ــــــ در زمان ــــــ انجام می‌دهد.

۱) کم‌تر ـ کم‌تر ۲) بیشتر ـ کم‌تر

۳) بیشتر ـ بیشتر ۴) کم‌تر ـ بیشتر

۴. اگر شخصی به جرم ۶۰kg با توان $۱/۲\times۱۰^{۲}\text{W}$ از یک نردبان بالا رود، در مدت ۲۰s چند متر از نردبان بالا رفته است؟

۱) ۱۰ ۲) ۴/۰

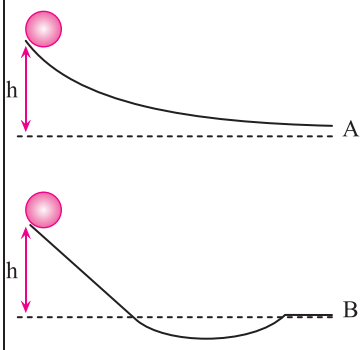
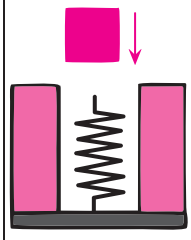
۳) ۲/۰ ۴) ۱/۰

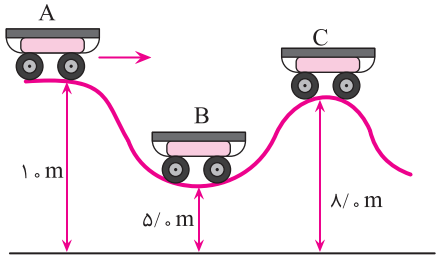
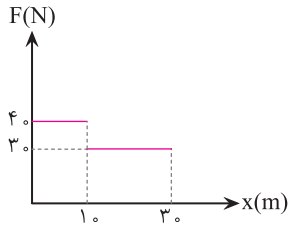
۵. در یک ماشین با بازده $٪۸۰$ نسبت توان تلف شده به توان مفید برابر است با:

۱) $\frac{۱}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۵}$

۳) $\frac{۵}{۴}$ ۴) ۴

نمونه سؤالات امتحانی فصل دوم

ردیف	سؤالات	بارم
۱	**جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید.** الف. در رابطهٔ $W = Fd$ نیروی وارد شده به جسم ——— و با جابه‌جایی جسم ——— است. ب. وقتی خودرویی ترمز می‌گیرد، کار نیروهایی که در ——— جابه‌جایی خودرو به آن وارد می‌شوند، انرژی جنبشی خودرو را ——— می‌دهند.	۱
۲	**درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را مشخص کنید.** الف. انرژی جنبشی کمیتی برداری و همیشه مثبت است. ب. قضیهٔ کار - انرژی جنبشی تنها برای حرکت یک جسم روی مسیری مستقیم معتبر است. پ. کار نیروی وزن برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است. ت. با کشیدن یا متراکم کردن فنر، نیرویی در جهت جابه‌جایی فنر به دست شخص وارد می‌شود. درست ☐ نادرست ☐	۱
۳	**الف. قضیهٔ کار - انرژی جنبشی را تعریف کرده و رابطهٔ آن را بنویسید.**	۰/۷۵
	ب. دو توپ یکسان مطابق شکل روی مسیرهای A و B رها می‌شوند. هنگام رسیدن توپ‌ها به انتهای مسیر، با استفاده از قضیهٔ کار - انرژی جنبشی، تندی آن‌ها را در هر یک از حالت‌های زیر با ذکر دلیل مقایسه کنید. **۱. مسیرها بدون اصطکاک باشند.** **۲. مسیرها دارای اصطکاک باشند.** 	۱
۴	**به هر یک از پرسش‌های زیر پاسخ دهید.** الف. جرم جسمی را دو برابر و تندی آن را نصف می‌کنیم، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟ ب. منظور از این‌که می‌گوییم «کارکل انجام شده روی جسمی منفی است.» چیست؟	۱/۵
۵	**گلوله‌ای به جرم $10g$ با تندی $30\frac{m}{s}$ به تنهٔ درختی برخورد می‌کند و $9/0cm$ در آن فرو رفته و متوقف می‌شود. متوسط نیروی اصطکاک بین گلوله و تنهٔ درخت را محاسبه کنید.**	۱
۶	**مطابق شکل، جسمی به جرم $2/5\times10^{2}g$ از بالای فنری رها می‌شود. اگر بیشترین فشردگی فنر، انرژی معادل با $1/8J$ داشته باشد، با استفاده از قضیهٔ کار - انرژی جنبشی، اندازهٔ کار نیروی وزن جسم از لحظهٔ رها شدن تا لحظه‌ای که فنر حداکثر فشردگی را دارد، چند ژول است؟ (از مقاومت هوا صرف نظر کنید.)** 	۱

ردیف	سؤالات	بارم
۷	شخصی به جرم $۷۰kg$ در بالکن طبقهٔ پنجم یک ساختمان ۶ طبقه که ارتفاع هر طبقه آن $۴/۰m$ است، می‌نشیند. انرژی پتانسیل او را از دید هریک از ناظرهای زیر به دست آورید. الف. شخصی که در پایین ساختمان روی زمین ایستاده است. ب. شخصی که روی پشت بام ایستاده است. پ. چه نتیجه‌ای از حل قسمت «الف» و «ب» می‌گیرید؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$	۱
۸	گلوله‌ای از سطح زمین با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ در امتداد قائم به سمت بالا پرتاب می‌شود. اگر از مقاومت هوا صرف نظر کنیم، در چند متری سطح زمین انرژی جنبشی گلوله با انرژی پتانسیل آن برابر است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$	۱
۹	کالسکه‌ای مطابق شکل از نقطهٔ A بدون تندی اولیه رها می‌شود. نسبت تندی کالسکه در نقطهٔ C به تندی آن در نقطهٔ B را به دست آورید. از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید. 	۱/۵
۱۰	نمودار نیرو برحسب مکان برای جسمی به جرم $۰/۵kg$ مطابق شکل است. اگر نیروی F در جهت محور x باشد، توضیح دهید چگونه می‌توان با اســتفاده از نمودار، کار را محاسبه کرد؟ سپس کار انجام‌شده توسط این نیرو را در مدت ۳۰ ثانیه به‌دست آورید. 	۱/۲۵
۱۱	توان بالابر ساده‌ای ۲۰۰۰ وات و بازده آن ٪۶۰ است. چند ثانیه طول می‌کشد تا باری به وزن $۳۶۰N$ را با این بالابر به اندازهٔ $۱۰m$ بالا ببریم؟	۱/۵
۱۲	آسانسوری به جرم $۲۰۰kg$ با توان ورودی $۴/۵kW$ باتندی ثابت، ۲ مسافر را که جرم متوسط هر کدام $۶۰kg$ است، در مدت ۴۰ ثانیه از طبقهٔ اول به طبقهٔ دهم ساختمانی می‌برد. اگر ارتفاع هر طبقهٔ ساختمان $۴/۰m$ باشد: (از نیروهای اتلافی صرف نظر کنید و $g=۱۰\frac{N}{kg}$) الف. توان مفید آسانسور را محاسبه کنید. ب. بازده آسانسور چند درصد است؟	۱/۵
	پرانرژی و پیروز باشید.	۱۵

آزمون غنی‌سازی

۱. انرژی جنبشی توپی با تندی $۵/۰\frac{m}{s}$ برابر $۱۰J$ است. تندی آن را به چه اندازه‌ای برسانیم تا انرژی جنبشی آن $۴/۴J$ افزایش یابد؟

۱) $۱/۲$ ۲) $۱/۴$

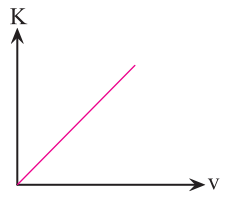
۳) $۶/۰$ ۴) ۳۶

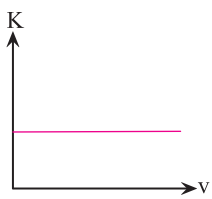
۲. خودرویی که در یک بزرگراه در حال حرکت است، برای سبقت از ماشین جلویی تندی خود را به اندازه $٪۲۰$ افزایش می‌دهد. انرژی جنبشی آن چند درصد زیاد می‌شود؟

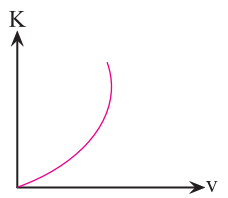
۱) ۵۶ ۲) ۴۴

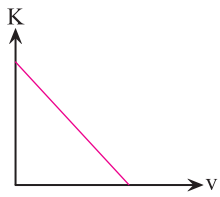
۳) ۸۰ ۴) ۲۰

۳. کدام یک از نمودارهای زیر، انرژی جنبشی متحرکی را که با تندی v حرکت می‌کند برحسب v درست نشان می‌دهد؟

۱)


۲)


۳)


۴)


۴. جسمی تحت تأثیر دو نیروی $\vec{F}_۱=۴/۰\vec{i}-۳/۰\vec{j}$ و $\vec{F}_۲=-\vec{i}-\vec{j}$ و از حال سکون به حرکت در می‌آید و به اندازهٔ $۴/۰$ متر جابه‌جا می‌شود. کار نیروهای خالص وارد برآن چند ژول است؟

۱) ۲۰ ۲) $۵/۰$

۳) $۲/۰$ ۴) ۵۰

۵. یک بسکتبالیست توپی به جرم $۱kg$ را با تندی $۲\frac{m}{s}$ از ارتفاع ۳ متری به سمت پایین پرتاب می‌کند. توپ پس از برخورد به زمین تا ارتفاع ۱ متر بالا می‌رود. کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چند ژول است؟

۱) ۴۰ ۲) ۸۰

۳) ۳۰ ۴) ۲۰

۶. دو نیروی عمود بر هم $F_۱=۴/۰N$ و $F_۲=۳/۰N$ به جسم ساکنی وارد می‌شوند و آن را $۱۰m$ جابه‌جا می‌کنند. کار نیروی $F_۱$ چند برابر کار نیروی $F_۲$ است؟

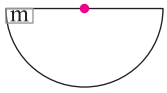
۱) $\frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۳}{۴}$

۳) $\frac{۱۶}{۹}$ ۴) $\frac{۹}{۱۶}$

۷. انرژی جنبشی دوچرخه‌سواری که با تندی $۵/۰\frac{m}{s}$ در جهت مثبت محور x ها حرکت می‌کند، برابر $۱/۵kJ$ است. اگر بعد از مدتی تندی آن به $۱۰\frac{m}{s}$ و در خلاف جهت محور x ها برسد، در این زمان کار نیروهای خالص وارد بر این دوچرخه‌سوار چند کیلو ژول است؟

۱) ۶/۰ ۲) ۴/۵
۳) ۳/۰ ۴) ۲/۰

۸. بسته‌ای به جرم $۲/۰kg$ درون سطح نیم‌کره‌ای به شعاع $۶/۰m$ مطابق شکل رها می‌شود. اگر تندی آن در پایین‌ترین نقطهٔ نیم‌کره $۴/۰\frac{m}{s}$ باشد، کار نیروی اصطکاک در این مسیر چند ژول بوده است؟

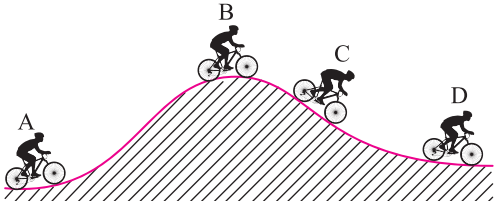


۱) -۱۰۴ ۲) -۱۲۰
۳) -۱۶ ۴) ۱۳۶

۹. بسته‌ای به جرم $۱۰kg$ را روی سطح شیب‌داری با شیب ۵۰ درصد $(\sin\alpha = ۰/۵)$ با تندی ثابت $۲/۰\frac{m}{s}$ به اندازهٔ $۵/۰m$ به طرف بالا می‌کشیم. کار انجام‌شده در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (از اصطکاک سطح صرف‌نظر کنید.)

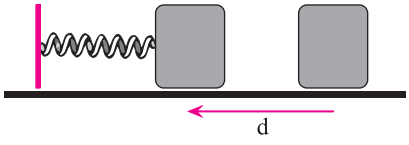
۱) -۲۵ ۲) ۲۵
۳) $-۲/۵\times۱۰^{۲}$ ۴) $۲/۵\times۱۰^{۲}$

۱۰. شکل زیر دوچرخه‌سواری را در حال عبور از یک جادهٔ پر از تپه نشان می‌دهد. در کدام موقعیت، انرژی پتانسیل گرانشی سامانهٔ دوچرخه‌سوار و زمین کمینه است؟



۱) A ۲) B
۳) C ۴) D

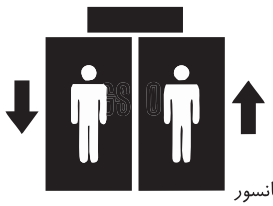
۱۱. مطابق شکل جسمی با انرژی جنبشی $۲۰J$ به فنر برخورد می‌کند. اگر بیشترین انرژی ذخیره‌شده در فنر $۱۵J$ باشد، کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی چقدر است؟



۱) $-۲۰J$ ۲) $-۱۵J$
۳) $-۵/۰J$ ۴) $-۳۵J$

۱۲. یک پله برقی و یک آسانسور هر دو برای بالا بردن مسافران بین طبقات یک ایستگاه مترو استفاده می‌شوند. پله برقی در مدت ۲۰ ثانیه با انجام کار W و توان مفید P ، شخصی را به طبقه بالا می‌برد. آسانسور در مدت ۳۰ ثانیه همان شخص را به طبقه بالا می‌رساند. کدام گزینه کار انجام شده و توان مفید آسانسور را با W و P مربوط به پله برقی، به درستی مقایسه می‌کند؟

پله برقی


آسانسور

	کار مفید انجام شده توسط آسانسور	توان مفید آسانسور
۱)	بیشتر از W	کم‌تر از P
۲)	بیشتر از W	P
۳)	W	کم‌تر از P
۴)	W	P

۱۳. پسر بچه‌ای تکه‌ای آجر به جرم $0/5\text{kg}$ را تا ارتفاع $3/0$ متر از نردبان بالا برده و سپس آن را با تندی $4/0\frac{\text{m}}{\text{s}}$ به سمت پایین پرتاب می‌کند. اگر آجر با تندی $6/0\frac{\text{m}}{\text{s}}$ به زمین برخورد کند، کار انجام شده توسط نیروهای اتلافی چند ژول است؟

۱) -10
۲) -9
۳) -19
۴) -28

۱۴. در نواحی برفی معمولاً از نژاد خاصی از سگ‌ها برای کشیدن سورتمه استفاده می‌کنند. اگر این سگ‌ها با نیروی متوسطی به بزرگی 500N که با افق زاویهٔ 30 درجه می‌سازد، ارابه‌ای به جرم 200kg را با تندی ثابت $2/00\frac{\text{m}}{\text{s}}$ روی سطح افقی بکشند، توان مفید متوسط این سگ‌ها در مدت یک دقیقه تقریباً چند اسب بخار است؟

۱) $5/0\sqrt{3}\times10^{2}$
۲) $6/7\sqrt{3}\times10^{-1}$
۳) $3/3\sqrt{3}\times10^{-1}$
۴) $2/5\times10^{2}$

۱۵. ارتفاع کوه الوند در استان همدان تقریباً $3/5\text{km}$ است. کل انرژی مصرف شده در بدن یک کوهنورد به جرم 90kg برای بالا رفتن از این کوه تقریباً چند کیلوژول است؟ (فرض کنید بازده بدن کوهنورد 20% است.)

۱) $3/1\times10^{2}$
۲) $3/1\times10^{5}$
۳) $1/5\times10^{2}$
۴) $1/5\times10^{5}$