انرژی ← مهم‌ترین مفهوم در فیزیک
← امکان انجام تمام فعالیت‌ها را فراهم می‌کند (توانایی انجام فعالیت‌های مختلف)
← شکل‌های متفاوت و درهم به وجود دارد.
← از شکلی به شکل دیگر تبدیل می‌شود و در حین این فرآیند، مقدار کل آن ثابت می‌ماند.
← با انجام کار می‌توان، انرژی را از جسمی به جسم دیگر منتقل کرد.
← کمیتی نرده‌ای (اسکالر) است.

۳-۱- انرژی جنبشی: هر جسمی که حرکت کند، انرژی دارد و انرژی وابسته به حرکت یک جسم را انرژی حرکتی یا جنبشی می‌نامیم.

← اگر جسمی به جرم m با تندی v حرکت کند، انرژی جنبشی آن برابر است با:

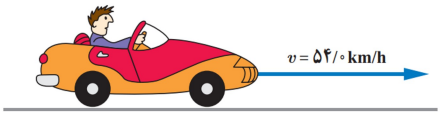
$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

K: $J\ (= kg\,m^2/s^2)$ ، v: m/s ، m: kg

← همواره ... است، تنها به ... و ... جسم بستگی دارد، به جهت حرکت جسم وابسته ... .

مثال ۳ـ۱

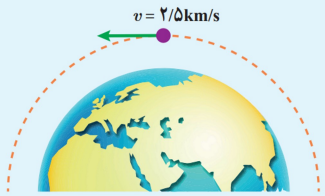
جرم خودرویی به همراه راننده‌اش ۸۴۰kg است. این خودرو با تندی ۵۴/۰km/h در حرکت است، انرژی جنبشی آن چند ژول است؟



پاسخ:

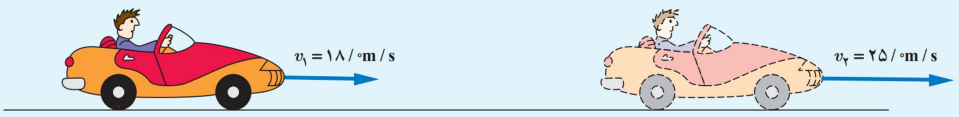
تمرین ۳ـ۱

ماهواره‌ای به جرم ۲۲۰kg، با تندی ثابت ۲/۵km/s دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره را برحسب ژول و مگاژول حساب کنید.



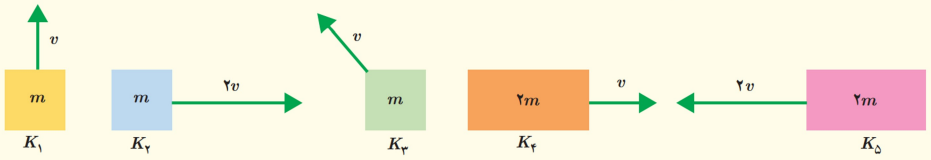
تمرین ۳ـ۲

جرم خودرویی به همراه راننده‌اش ۸۴۰kg است (شکل زیر). تندی خودرو در دو نقطه از مسیرش روی شکل زیر داده شده است. تغییرات انرژی جنبشی خودرو ($\Delta K = K_2 - K_1$) را بین این دو نقطه حساب کنید.



پرسش ۳ـ۱

انرژی جنبشی هر یک از اجسام زیر را با هم مقایسه کنید و مقدار آن را به ترتیب از کمترین تا بیشترین بنویسید.



△ مثال ۱: انرژی جنبشی گلوله‌ای $4J$ و تندی آن $4\frac{m}{s}$ است. تندی آن را به چند $\frac{m}{s}$ برسانیم تا انرژی جنبشی آن $25J$ شود؟
(مدارس تجربی ۸۴)

△ مثال ۲: راننده‌ی کامیونی با جذف مقداری بار، 25 درصد جرم کامیون را کم کرده و هم‌چنین 20 درصد بر سرعت حرکت آن افزوده است. با این عمل، انرژی جنبشی کامیون ... درصد ... می‌یابد.
(سراسری تجربی خ ک ۸۴)

△ مثال ۳: اگر تندی گلوله‌ای با جرم معین در SI از ۲۰ به ۲۲ برسد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد افزایش می‌یابد؟
(مدارس ریاضی ۹۸ با اندکی تغییر)

شکل ۱ــ وارد کردن نیرو به یک جسم ممکن است سبب
الف) شروع حرکت آن شود.
ب) سرعتِ تندی حرکت آن شود.
پ) کُند شدن حرکت آن شود.
ت) توقف حرکت آن شود.
ث) تغییر شکل آن شود.
ج) تغییر جهت حرکت آن شود.

جیمز ژول در اوایل قرن نوزدهم در منچستر انگلستان به دنیا آمد. ژول آزمایش‌های بسیاری انجام داد تا درک بهتری از مفهوم انرژی به‌دست آورد و همچنین ماشین‌هایی بسازد که کارایی بیشتری داشته باشند. یکای انرژی در دستگاه بین‌المللی یکاها به پاس خدمات علمی وی، ژول انتخاب شده است.

علاوه‌بر نیروی وارد شده به جسم، جابه‌جایی یا تغییر مکان جسم نیز یکی دیگر از عامل‌های مهم در انجام کار است؛ به این ترتیب می‌توان گفت: «هنگامی کار انجام می‌شود که نیروی وارد شده به جسم، سبب جابه‌جاشدن آن شود» (شکل ۲). در شکل (الف) نیروی افقی سبب جابه‌جایی افقی و در شکل (ب) نیروی عمودی سبب جابه‌جایی عمودی جسم شده است.

شکل ۲ ــ انجام دادن کار در دو حالت مختلف؛ توجه کنید که نیرو و جابه‌جایی در یک جهت‌اند.

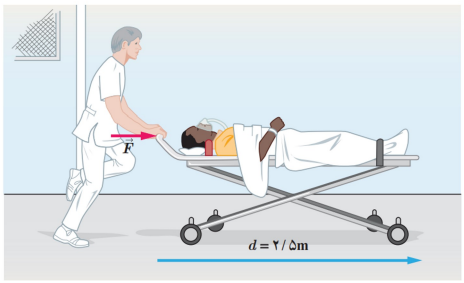
در این کتاب تنها به تعریف کار برای حالتی می‌پردازیم که مشابه آزمایشی که انجام دادید، مقدار نیروی وارد شده به جسم ثابت باشد و جسم در جهت نیرو جابه‌جا شود (شکل ۲). در این صورت کار انجام شده روی جسم با رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

جابه‌جایی × نیرو = کار

کار انجام شده توسط نیروی ثابت:

- کار همانند انرژی کمیتی نرده‌ای است.
- تنها در حالتی که نیرو و جابه‌جایی هم‌جهت باشند، اندازه کار برابر با حاصل ضرب در جابه‌جایی است ($W = Fd$)
- یکای کار در SI ژول و جابه‌جایی برحسب متر است.
- دو نکته در مورد کار: ۱) باید نیروی ثابت هم‌جهت با جابه‌جایی باشد. ۲) باید بتوان جسم را مانند ذره فرض کرد.

مثال ۳ـ۳



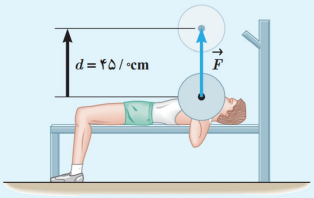
بیماری به جرم ۷۲kg روی تختی به جرم ۱۵kg دراز کشیده است. پرستاری این تخت را با نیروی ثابت و افقی $\vec{F}$ روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز هُل می‌دهد. مجموعهٔ تخت و بیمار با شتاب $۰/۶۰\text{m/s}^۲$ حرکت می‌کند.

الف) اندازهٔ نیروی $\vec{F}$ چقدر است؟

ب) اگر تخت ۱۰m در جهت این نیرو جابه‌جا شود، کار انجام‌شده توسط نیروی $\vec{F}$ را حساب کنید.

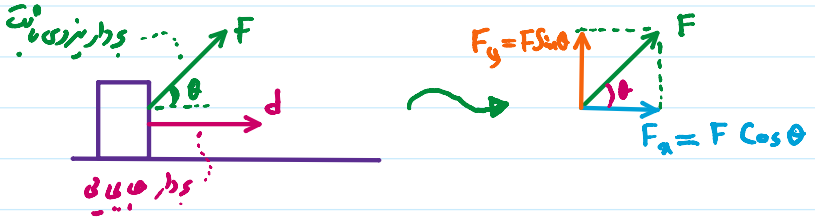
پاسخ :

تمرین ۳ـ۳



ورزشکاری وزنه‌ای به جرم ۶۵kg را به طور یکنواخت، ۴۵cm بالای سر خود می‌برد (شکل روبه رو). کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید. اندازهٔ شتاب گرانش زمین را $g = ۹/۸\text{N/kg}$ بگیرید.

اما اگر نیروی F با بردار جابجایی زاویه θ بسازد ، نیروی F را به دو مولفه که یکی در جهت بردار جابجایی و دیگری عمود بر جابجایی است ، تجزیه می‌کنیم .

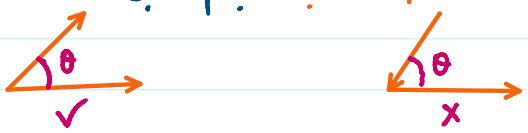


مولفه عمود بر بردار جابجایی (F_y) کاری انجام نمی‌دهد.
بنابراین کار انجام شده توسط نیروی F برابر است با:

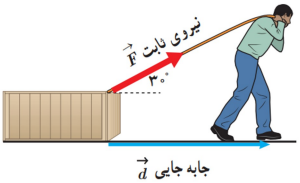
$$W = (F\cos\theta)d = Fd\cos\theta$$

که در آن θ زاویه‌ی بین دو بردار نیرو ($\vec{F}$) و جابجایی ($\vec{d}$) است .

نکته: زاویه بین دو بردار زمانی مشخص می‌شود که ابتدای دو بردار بر هم منطبق باشند .



مثال ۳ـ۴



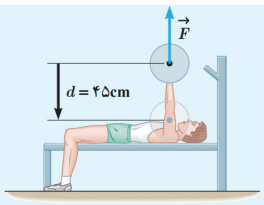
شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که جعبه‌ای را با نیروی ثابت ۲۰۰N روی سطحی هموار و با اصطکاک ناچیز، به اندازهٔ ۱۰/۰m جابه‌جا می‌کند.

الف) کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟

ب) نیروهای دیگری را که بر جسم وارد می‌شود مشخص کنید. کاری را که هر کدام از این نیروها روی جسم انجام می‌دهند حساب کنید.

پاسخ :

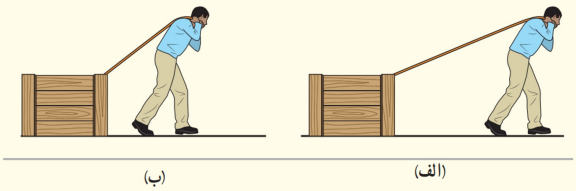
تمرین ۳ ـ ۴



تمرین ۳ـ۳ را دوباره ببینید. کار انجام شده توسط ورزشکار را روی وزنه برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیروی $\vec{F}$ ، وزنه را به آرامی پایین می‌آورد (شکل روبه رو). توضیح دهید که در این دو حالت، چه تفاوتی بین مقادیر به دست آمده برای کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد.

پرسش ۳ ـ ۲

شخصی جسمی را یک بار با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت، شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیز فرض کنید.



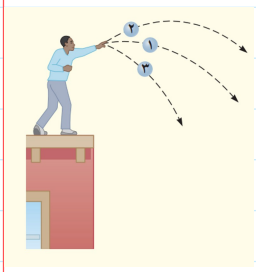
△ مثال ۴ : جسمی به جرم ۳kg ، روی سطح افقی به حال سکون قرار دارد. نیروی ثابت $\vec{F}=15\vec{i}+20\vec{j}$ (در SI) به جسم وارد می‌شود و جسم جابه‌جایی محور ۹ ، ۱۰ متر جابه‌جا می‌شود. کار نیروی F در این جابه‌جایی چند ژول است؟ (ادامه‌ی ریاضی - ۹۳)

△ مثال ۵ : جسمی بر روی یک سطح افقی ، بر اثر نیروی افقی F ، با تندی ثابت $4\frac{m}{s}$ حرکت می‌کند. اگر نیروی اصطکاک 200N باشد، کار نیروی F در هر دقیقه چند kJ است؟ (ادامه‌ی تجربی - ۷۱)

△ مثال ۶ : شخصی در طبقه‌ی سوم ساختمان ، کنار آب‌نما می‌شود و به طبقه‌ی دهم می‌رود. جرم شخص 70kg است و یک گوله‌ی فلزی به جرم 5kg به دست دارد. آب‌نما بین طبقات پنجم تا هفتم ، مسافت 6 متر را در مدت 2 ثانیه با تندی ثابت طی می‌کند. در این 2 ثانیه ، کار نیروی که آب‌نما به شخص وارد می‌کند، چند ژول است؟ ($g=10\frac{m}{s^2}$) (ادامه‌ی تجربی ۹۶)

△ مثال ۷ : مطابق شکل روبه رو، سه توپ مشابه از بالای ساختمانی ، از یک نقطه با سرعت تندی v_0 پرتاب می‌شوند. اگر کار نیروی وزن روی توپ‌های ۱ و ۲ و ۳ به ترتیب W_1 و W_2 و W_3 باشد، کدام

Δ مثال ۲ : مطابق شکل روبرو، سه توپ مشابه از بالای ساختمانی، از یک نقطه با سرعت یکسان پرتاب می‌شوند. اگر کار نیروی وزن روی سه توپ از لحظه‌ی پرتاب تا رسیدن به زمین W_1، W_2 و W_3 باشد، کدام رابطه درست است؟ (هندسی ریاضی ۹۸)



۱) $W_1 = W_2 = W_3$

۲) $W_2 > W_1 > W_3$

۳) $W_3 < W_2 < W_1$

۴) $W_2 = W_3 > W_1$

کار کل

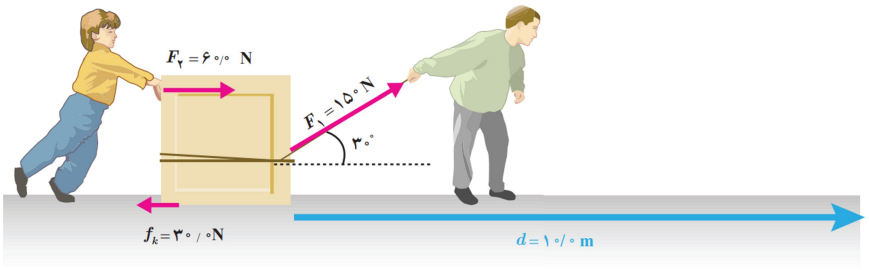
اگر به جای یک نیرو، چند نیرو به جسمی وارد شود، برای محاسبه‌ی کار کل نیروها دو راه وجود دارد:

۱) محاسبه کار تک تک نیروها و جمع جبری آن‌ها

۲) محاسبه برآیند نیروها و سپس کار برآیند نیروها

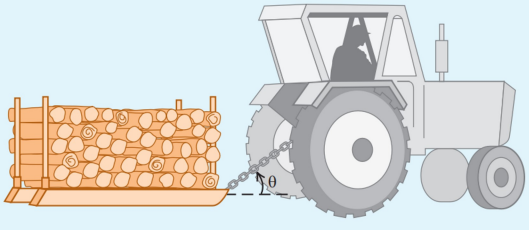
مثال ۳ـ۵

شکل زیر پدر و پسری را در حال جابه‌جا کردن یک جعبهٔ سنگین روی سطحی هموار نشان می‌دهد. نیروی F_1 را پدر و نیروی F_2 را پسر به جسم وارد می‌کنند و f_k نیز نیروی اصطکاک جنبشی است که با حرکت جسم مخالفت می‌کند و درخلاف جهت جابه‌جایی به جعبه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی جسم را محاسبه کنید.



تمرین ۳ـ۵

کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از هیزم را در راستای یک زمین هموار به اندازهٔ ۲۰۰ m جابه‌جا می‌کند (شکل زیر). وزن کل سورتمه و بار آن $mg = ۱۵۰۰$ N است. تراکتور نیروی ثابت $F_1 = ۵۵۰۰$ N را در زاویهٔ $\theta = ۴۵^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = ۳۵۰۰$ N است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را محاسبه کنید.

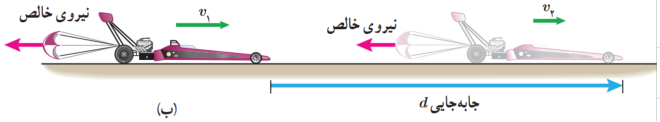


کار و انرژی جنبشی :

وقتی نیروی خالصی به جسمی وارد شود ← اگر کار مثبت روی جسم انجام دهد به معنی دادن انرژی به آن است.
← اگر کار منفی روی جسم انجام دهد به معنی گرفتن انرژی از آن است.

← کار مثبت ← افزایش انرژی جنبشی

← کار منفی ← کاهش انرژی جنبشی



قضیه کار و انرژی جنبشی : کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن برابر است :

$W_t = K_2 - K_1$

- $W_t > 0 \rightarrow K_2 - K_1 > 0 \Rightarrow v_2 > v_1$ ← سرعت افزایش می‌یابد.
- $W_t = 0 \rightarrow K_2 - K_1 = 0 \Rightarrow v_2 = v_1$ ← سرعت ثابت می‌ماند.
- $W_t < 0 \rightarrow K_2 - K_1 < 0 \Rightarrow v_2 < v_1$ ← سرعت کاهش می‌یابد.

تذکر : قضیه کار و انرژی، قانون جدیدی در فیزیک نیست، بلکه صرفاً "کار و انرژی جنبشی" را به هم مرتبط می‌سازد و به سادگی می‌توان آن را از قانون دوم نیوتن به دست آورد. (؟)

مثال ۳ـ ۶

توپ فوتبالی به جرم ۴۵۰g از نقطهٔ پنالتی با تندی ۲۰/۰m/s به طرف دروازه شوت می‌شود (شکل روبه‌رو). توپ با تندی ۱۸/۰m/s به دستان دروازه‌بان برخورد می‌کند. کار کل انجام شده روی توپ را که سبب کاهش تندی آن شده است محاسبه کنید.

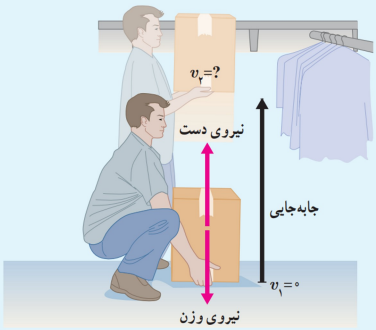
پاسخ :

مثال ۳ـ ۷

چتربازی به جرم کل ۷۵/۰kg، از بالونی که در ارتفاع ۸۰۰m از سطح زمین است، با تندی ۱/۲۰m/s به بیرون بالون می‌پرد. اگر او با تندی ۴/۸۰m/s به زمین برسد، کار نیروی مقاومت هوا روی چترباز را در طول مسیر سقوط محاسبه کنید. شتاب گرانش زمین را $9/80\,m/s^2$ بگیرید.

پاسخ :

تمرین ۳ ـ ۶



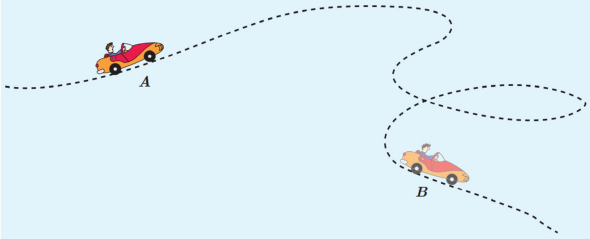
شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت ۱۵۰N، جعبه ای به جرم ۱۰kg را از حال سکون در امتداد قائم جابه جا می‌کند.

الف) کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه تا ارتفاع ۱/۵m به‌طور جداگانه حساب کنید.

ب) کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع ۱/۵m چقدر است؟

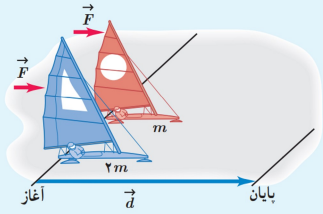
پ) با استفاده از قضیهٔ کار ـ انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع ۱/۵m حساب کنید.

تمرین ۳ ـ ۷



جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش ۸۴۰kg است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کُل انجام شده روی خودرو ۷۳۵۰۰J است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر ۵۴/۰km/h باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

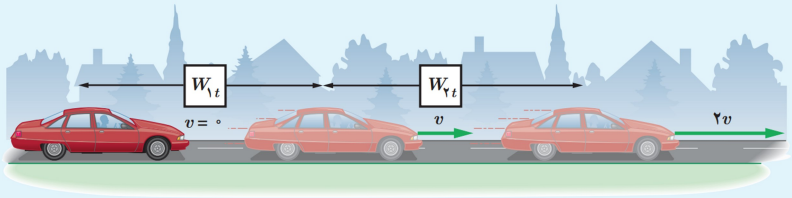
تمرین ۳ ـ ۸



دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده[۱]، دارای جرم‌های m و $۲m$، روی دریاچهٔ افقی و بدون اصطکاکی قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان $\vec{F}$ با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل روبه‌رو). هردو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصلهٔ d می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.

تمرین ۳ ـ ۹

برای آنکه تندی خودرویی از حال سکون به v برسد، باید کار کل $W_{۱t}$ روی آن انجام شود. همچنین برای آنکه تندی خودرو از v به $۲v$ برسد، باید کار کل $W_{۲t}$ روی آن انجام شود (شکل زیر). نسبت $W_{۱t}/W_{۲t}$ چقدر است؟



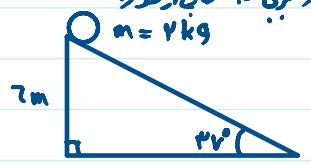
Δ مثال ۸: جسمی با سرعت $۱۰\frac{m}{s}$ در جهت مثبت محور xها حرکت می‌کند و انرژی جنبشی آن ۱۰۰J است. پس از مدتی سرعت این جسم تغییر کرده و در جهت منفی محور xها به $۲۰\frac{m}{s}$ می‌رسد. در این مدت، کار کل انجام شده، چند ژول است؟ (سراسری تجربی ۸۰)

Δ مثال ۹: گلوله‌ای به جرم ۲kg با تندی اولیه $۲۰\frac{m}{s}$ تحت زاویه به رو به بالا پرتاب می‌شود. این گلوله با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ از نقطه‌ای اوج (با آخرین نقطه‌ای میر) می‌گذرد. کار کل انجام شده بروی گلوله از لحظه پرتاب تا زمان رسیدن به نقطه اوج، چند ژول می‌شود؟
(ریاضی ۹۲ خارج از کشور)

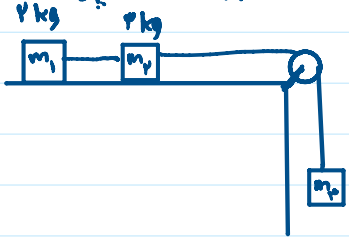
Δ مثال ۱۰ : اتومبیلی به جرم ۱ تن در یک جاده شیب‌دار که با سطح افق زاویه 30° می‌سازد، رو به بالا در حرکت است. اگر تندی اتومبیل در مدت ۲۰ ثانیه از $2\ m/s$ به $12\ m/s$ برسد، کار برآیند نیروهای وارد بر اتومبیل در این بازه زمانی چند کیلوژول است؟
(تجربی ۸۷ خارج از کشور)

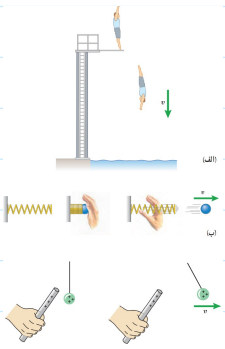
Δ مثال ۱۱ : جسمی به جرم ۲kg روی سطح شیبداری که با سطح افق زاویه ۳۰ درجه می‌سازد، با تندی ثابت رو به پایین می‌لغزد. اگر در این حرکت، جسم به اندازه ۲m جابجا شود، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟ (مراحلی ریاضی ۹۴)

Δ مثال ۱۲ : در شکل زیر، جسم از بالاترین نقطه‌ی سطح شیبدار، بدون تندی اولیه رها می‌شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی در طول مسیر ۲۴N باشد، تندی جسم در لحظه‌ی رسیدن به پایین سطح چند m/s خواهد شد؟ ($g=10\ m/s^2$ ، $\sin 37^\circ = 0.6$) (تجربی ۹۴ خارج از کشور)



Δ مثال ۱۳ : در شکل زیر، وزنه‌ی m از حال سکون رها می‌شود. اگر لحظه‌ای که وزنه m_3، 90cm پایین می‌آید، مجموع انرژی جنبشی دو وزنه m_1 و m_2 روی سطح افقی به $22.5\ J$ برسد، m_3 چند کیلوگرم است؟ ($g=10\ m/s^2$ و کلیه اصطکاک‌ها و جرم نخ و قرقره ناچیز است)
(مراحلی تجربی ۹۵)

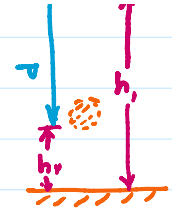




کار و انرژی پتانسیل :

- انرژی پتانسیل یا انرژی ذخیره‌ای
- اشکال متنوع : گرانشی ، کشسانی ، الکتریکی
- ویژگی یک سامانه (دستگاه) نه ویژگی یک جسم منفرد
  مثلاً به مکان اجزام یک سامانه نسبت به یکدیگر بستگی دارد.
- کاهش انرژی پتانسیل یک جسم با تبدیل به صورت‌های دیگر انرژی همراه است.
- وقتی جسمی از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 نسبت به سطح زمین می‌رسد، کار نیروی وزن در این جابجایی برابر است با :

$$W_{وزن} = mgd\cos 0^\circ = mgd = mg(h_1 - h_2) = -(mgh_2 - mgh_1)$$



$W_{وزن} = mg\,d\cos 0^\circ = mgd = mg(h_1 - h_2) = -(mgh_2 - mgh_1)$

- انرژی پتانسیل گرانشی سامانه متکی از زمین و جسمی به جرم m در ارتفاع h به صورت $U = mgh$ تعریف می‌شود.

$\hookrightarrow W_{وزن} = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$

جهت حرکت	کار نیروی وزن	انرژی پتانسیل
بالا		
پایین		

- کار نیروی وزن برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است؛ بنابراین:
- کار نیروی وزن به مسیر بستگی ندارد و همواره برابر با منفی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی است.

تذکر مهم: کمیتی که در فیزیک اهمیت دارد تغییر انرژی پتانسیل گرانشی است نه مقدار U در یک نقطه خاص. بنابراین می‌توانیم $U = 0$ یا $h = 0$ (مبدأ سنجش ارتفاع h) را در هر نقطه‌ای در نظر بگیریم مهم این‌که در پایان مسأله تأثیری داشته باشد.

مثال ۳ـ۹

شکل زیر، کوه نوردی به جرم $72/0\,kg$ را نشان می‌دهد که در حال صعود به قلهٔ زردکوه بختیاری به ارتفاع $4200\,m$ از سطح آزاد دریاست. تغییر انرژی پتانسیل گرانشی کوه نورد در ۱۲۰۰متری پایان ارتفاع صعود چقدر است؟ مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را (الف) سطح دریا و (ب) قلهٔ کوه بگیرید. ($g = 9/8\,m/s^2$)

زردکوه بختیاری، یکی از غنی‌ترین ذخایر طبیعی آب ایران و سرچشمهٔ رودخانه‌های کارون و زاینده‌رود است.

پاسخ:

مثال ۳ـ۱۰

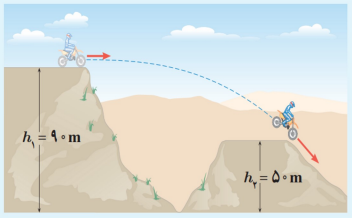
جسم ساکنی به جرم m را مانند شکل روبه رو، با دستمان از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 می‌بریم و دوباره به حالت سکون می‌رسانیم. با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، کار نیروی دست را در این جابه‌جایی محاسبه کنید.

پاسخ:

تمرین ۳ ـ ۱۱

انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هواپیمای مسافربری به جرم $۷/۵۰ \times ۱۰^{۴}kg$ که با تندی $۸۶۴km/h$ در ارتفاع $۹/۶۰ \times ۱۰^{۳}m$ حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

تمرین ۳ ـ ۱۲



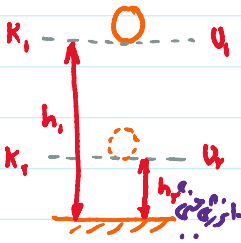
جرم موتور سواری با موتورش $۱۵۰kg$ است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد.

الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید ($g = ۹/۸m/s^{۲}$).

ب) کار نیروی وزن موتورسوار به همراه موتورش را در این جابه‌جایی به دست آورید.

پایستگی انرژی مکانیکی :

- در سقوط یک جسم، اگر مقاومت هوا ناچیز فرض شود، انرژی پتانسیل و جنبشی هم تغییری کند.



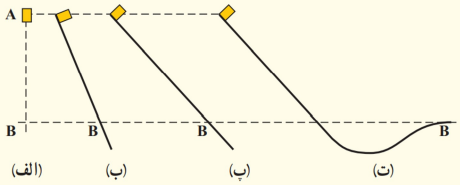
تغییر کار انرژی جنبشی

$$\left.\begin{aligned} W_{\text{وزن}} &= -(U_2 - U_1) \\ W_t &= W_{\text{وزن}} = K_2 - K_1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1) \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

- براساس این رابطه مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل جسم در نقطه‌های مختلف میر با هم برابر است.
- مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل یک جسم را انرژی مکانیکی آن می‌نامیم و با نماد E نمایش می‌دهیم.
- انرژی مکانیکی در صورت نادیده گرفتن نیروی مقاومت، در تمام نقاط میر مقدار یکسانی دارد و پایسته است.

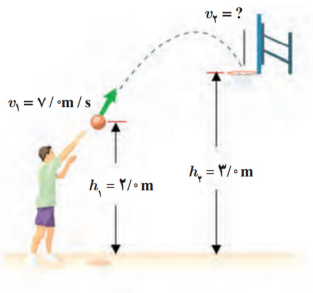
$$E = U + K \Rightarrow E_1 = E_2$$

پرسش ۳ ـ ۳



شکل روبه‌رو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی نشان می‌دهد. در وضعیت الف، جسم از حال سکون سقوط می‌کند و در سه وضعیت دیگر جسم از حال سکون روی مسیری بدون اصطکاک و رو به پایین حرکت می‌کند. تندی جسم را در نقطهٔ B برای هر چهار وضعیت با هم مقایسه کنید.

مثال ۳ ـ ۱۱



شکل روبه‌رو ورزشکاری را در حال پرتاب توپ بسکتبالی با تندی $v_1 = ۷/۰m/s$ به طرف سبد نشان می‌دهد. تندی توپ هنگام رسیدن به دهانهٔ سبد چقدر است؟ مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.

پاسخ :

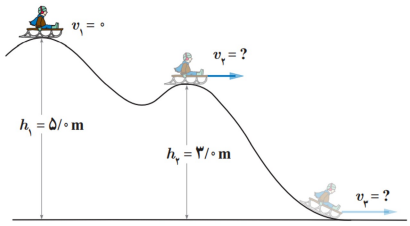
مثال ۳ــ ۱۲

سورتمه سواری از ارتفاع $h_1 = 5/0\,m$ بالای سطح زمین و روی مسیری بدون اصطکاک، از حال سکون شروع به حرکت می‌کند.

الف) تندی سورتمه را در ارتفاع h_2 به دست آورید.

ب) تندی سورتمه را هنگامی‌که به سطح زمین می‌رسد پیدا کنید.

مقاومت هوا را هنگام حرکت سورتمه نادیده بگیرید.

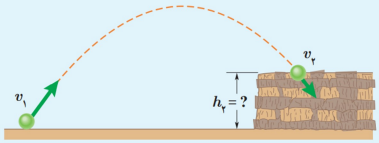


پاسخ :

تمرین ۳ــ ۱۴

توپی مطابق شکل از سطح زمین با تندی $v_1 = 40\,m/s$ به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود.

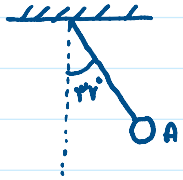
اگر توپ با تندی $v_2 = 25\,m/s$ به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع h_2 را به دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.



Δ مثال ۱۴ : گلوله‌ای بدون سرعت اولیه از ارتفاع h رها می‌شود و پس از طی مسافت $\frac{5}{4}h$ ، انرژی جنبشی آن با $\frac{1}{4}$ انرژی پتانسیل گرانشی آن برابر می‌شود. $\frac{5h}{h}$ چقدر است ؟ (سطح پتانسیل سطح زمین است و مقاومت هوا ناچیز فرض شود) (ریاضی خ ک ۹۲)

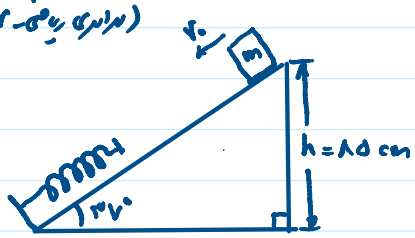
Δ مثال ۱۵ : گلوله‌ای در شرایط خلأ از سطح زمین با تندی $30\,m/s$ در امتداد قائم ، به طرف بالا پرتاب می‌شود. در چند متری سطح زمین ، انرژی جنبشی گلوله نصف انرژی پتانسیل گرانشی آن نسبت به سطح زمین است ؟ ($g = 10\,N/kg$) (تجربی ۸۹)

Δ مثال ۱۶ : مطابق شکل مقابل ، آونگی به طول $1/25$ متر با تندی ۲ از وضعیت نشان داده شده (نقطه A) عبور می‌کند. کم‌ترین مقدار ۲ چند متر بر ثانیه باشد تا ریسمان قبل‌نه به وضعیت افقی برسد؟ (از مقاومت هوا صرف نظر شود $g = 10\,N/kg$ ، $\cos 37° = 0/8$) (تجربی ۹۳)



Δ مثال ۱۷ : در شکل زیر وزنه‌ای به جرم m با سرعت اولیه‌ی $v_0 = 4\ m/s$ از یک سطح بدون اصطکاک، رو به پایین پرتاب می‌شود. اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی فنر در این برخورد ۱/۸ انرژی جنبشی اولیه وزنه باشد، حداکثر طول فنر به چند cm می‌رسد؟ ($g = 10\ m/s^2$ و $\sin 37^\circ = 0.6$)

(مدارس برهان - ۹۲)



کار و انرژی درونی :

- مجموع انرژی‌های ذرات تشکیل دهنده یک جسم را، انرژی درونی آن جسم می‌نامیم.
- انرژی درونی به ..... و ..... بستگی دارد.
- در توپ‌کردن خودرو که سبب گرم‌شدن لاستیک و سطح جاده می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که انرژی ... خودرو به انرژی .... لاستیک و سطح جاده تبدیل شده است.
- جوش اتصالی در عمل تمرین این انرژی را در رابطه مورد استفاده قرارداد، معمولاً از اصطلاح انرژی .... استفاده می‌شود.
- اگر کار نیروهای مقاومت و اصطکاک در طول مسیر را با W_f نشان دهیم، آنگاه $W_f = E_2 - E_1$ خواهد بود.
- این رابطه نشان می‌دهد با حضور نیروهای اتلافی، انرژی مکانیکی جسم پایسته نمی‌ماند و این کاهش انرژی مکانیکی به صورت افزایش انرژی درونی جسم و محیط اطراف در می‌آید.

قانون پایستگی انرژی : در یک سامانه‌ی منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌ماند. انرژی را نمی‌توان خلق یا نابود کرد و تنها می‌توان آن را از شکلی به شکل دیگر تبدیل کرد.

یادآوری : سامانه منزوی سامانه‌ای است که از محیط اطراف نه انرژی بگیرد و نه انرژی بدهد.

مثال ۳ـ ۱۳

از بالونی که در ارتفاع ۵۰ متری سطح زمین و با تندی ۴/۰m/s در پرواز است، بسته‌ای به جرم ۳۰kg رها می‌شود و با تندی ۲۵m/s به زمین برخورد می‌کند. کار انجام شده توسط نیروی مقاومت هوا بر روی بسته را از لحظهٔ رها شدن تا هنگام رسیدن به زمین حساب کنید.

پاسخ :

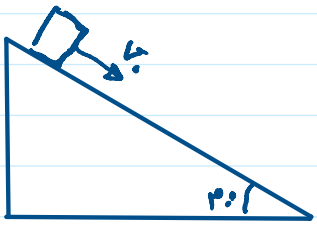
تمرین ۳ ـ ۱۵

توپی به جرم ۰/۴۵kg با تندی $v_1 = 8/0\ m/s$ از نقطهٔ A می‌گذرد (شکل روبه‌رو). نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، ۲۰ درصد انرژی جنبشی اولیهٔ توپ را تا رسیدن به نقطهٔ B تلف می‌کنند. تندی توپ را در این نقطه به دست آورید.

△ مثال ۱۸ : گلوله‌ای به جرم ۲۰۰ g با سرعت اولیه‌ی $30\ m/s$ در راستای قائم، رو به بالا پرتاب می‌شود. مقاومت هوا نادیده می‌شود، $1.0\ J$ از انرژی گلوله تا رسیدن به اوج تلف شود. اگر مقاومت هوا وجود نمی‌داشت، گلوله چندمتر بالاتر می‌رفت؟ ($g=10\ m/s^2$)
(سراسری تجربی - ۹۷)

△ مثال ۱۹ : جسمی به جرم ۲kg، روی سطح شیبداری که با سطح افق زاویه 30° می‌سازد، به‌طور آزاد با تندی ثابت لغزیده و به اندازه ۲m جابه‌جا می‌شود. کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی، در SI کدام است؟ ($g=10\ N/kg$) (سراسری ریاضی - ۹۴)

△ مثال ۲۰: جسمی به جرم ۲kg را مطابق شکل، با سرعت اولیه‌ی $5\ m/s$ روی سطح، رو به پایین پرتاب می‌کنیم. اگر سرعت جسم پس از ۱۲ متر جابه‌جایی روی سطح، به $8\ m/s$ برسد، چند ژول انرژی به انرژی درونی تبدیل شده است؟ ($g=10\ N/kg$) (سراسری ریاضی - ۸۵)

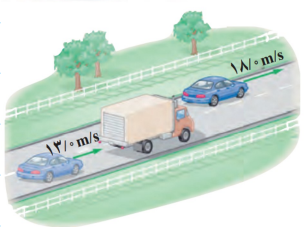


توان :

- آهنگ انجام کار
- برای انجام کار معین، چه مدت زمانی لازم است.
- کمیتی ... است.
- کار انجام شده در واحد زمان یا توان متوسط به صورت $P_{av}=\frac{W}{\Delta t}$ تعریف می‌شود.
- واحد توان ... می‌باشد که با ... نمایش داده می‌شود. و ... هستند.
- یک اسب بخار برابر ... است. ($1hp=\dots W$)

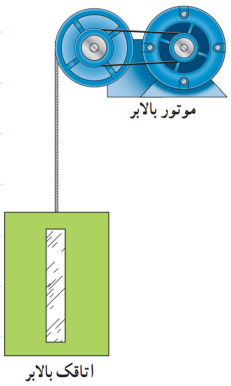
مثال ۳ـ ۱۴

شکل روبه‌رو خودرویی به جرم $1300\ kg$ را نشان می‌دهد که برای سبقت گرفتن از کامیونی، در مسیری افقی و در مدت $3/0\ s$ تندی خود را از $v_1=13/0\ m/s$ به $v_2=18/0\ m/s$ تغییر داده است. توان متوسط موتور خودرو برای انجام این کار، دست کم چقدر باید باشد؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.



مثال ۳ـ ۱۵

جرم اتاقک بالابری به همراه بار آن ۵۰۰kg است (شکل روبه‌رو). اگر این بالابر در مدت ۱۰s از طبقهٔ همکف به طبقهٔ دوم در ارتفاع ۶/۰m برود، توان متوسط موتور این بالابر چند اسب بخار است؟ نیروهای اتلافی را نادیده بگیرید.



پاسخ :

تمرین ۳ ـ ۱۶

هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پیشرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $۲/۰ \times ۱۰^۵ N$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه ۱۵km در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟

△ مثال ۲۱ : اتومبیلی به جرم ۹۰۰kg در یک جاده افقی روی خط راست از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از ۵s تندی آن به ۷۲ $\frac{km}{h}$ می‌رسد. توان متوسط اتومبیل چند کیلووات است؟ (نیروی مقاوم در مقابل حرکت را نادیده بگیرید) (مراجعه‌ی ریاضی ۸۱)

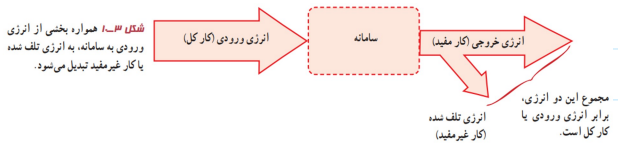
△ مثال ۲۲ : توان لازم برای آن که جسمی به جرم ۲۰kg را با تندی ثابت ، به اندازه ۵ متر در مدت ۲۰s بالا ببرد ، چند وات است؟ (آزاد ـ ۹۰)

بازده :

ـ در هر سامانه تنها بخشی از انرژی ورودی (انرژی مصرفی سامانه) به انرژی مورد نظر تبدیل می‌شود.

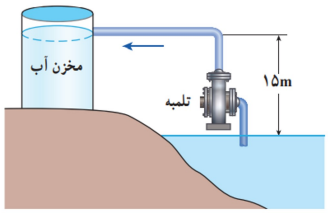
ـ در هر سامانه تنها بخشی از انرژی ورودی قابل استفاده می‌باشد که به آن انرژی خروجی یا کار مفید می‌گوییم.

$$\text{بازده به درصد} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times ۱۰۰$$



شکل ۳ـ۱ همواره بخشی از انرژی ورودی به سامانه، به انرژی تلف شده یا کار غیرمفید تبدیل می‌شود.

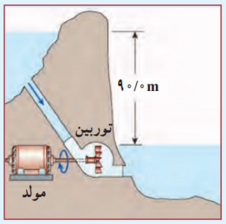
مثال ۳ـ۱۶



تلمبه‌ای با توان ورودی ۱۵kW در هر ثانیه ۷۰ لیتر آب دریاچه‌ای به چگالی $1000\,kg/m^3$ را مطابق شکل روبه‌رو تا ارتفاع ۱۵ متری مخزنی می‌فرستد. بازدهٔ تلمبه چند درصد است؟

پاسخ :

تمرین ۳ ـ ۱۷



آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از مسیری مطابق شکل روی پره های توربینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل روبه رو). اگر ۸۵ درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، درهر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به ۲۰۰MW برسد؟ جرم هر متر مکعب آب را ۱۰۰۰kg در نظر بگیرید.

△ مثال ۳۳ : یک ماشین وانی با جرم ۵۰ کیلوگرم از سطح زمین به ارتفاع ۱۰۰ متری معدن کرده است. اگر جسم از این ارتفاع در شرایط خلأ شروع کند و تندی آن هنگام رسیدن به زمین $45\,m/s$ باشد، بازده ماشین کدام است؟ (ریاضی ۹۶)

△ مثال ۳۴ : یک پمپ آب در هر ساعت ۲۵۲ تن آب را تا ارتفاع ۱۲ متر بالا می‌کند. اگر بازده پمپ ۸۰ درصد باشد، توان پمپ چند کیلووات است؟ ($g=10\,m/s^2$) (ریاضی تجربی ـ ۹۸)