کار، انرژی و توان

درخت دانش

با درخت دانش، گام به گام پیشرفت خود را ارزیابی کنید.

گام اول: میزان تسلط خود را با رنگ مشخص کنید.
آبی: خیلی خوب، مسلط هستم
سبز: خوب، تسلط نسبی دارم
زرد: مسلط نیستم.

گام‌های بعدی: اگر در گام اول دانش خود را در حد رنگ زرد ارزیابی کردید اما در نوبت‌های بعدی پیشرفت کردید می‌توانید خانه‌های سبز یا آبی را رنگ کنید. هرگاه به رنگ‌ها نگاه کنید متوجه می‌شوید در کدام قسمت‌ها نیاز به تمرین بیش‌تری دارید.

۱۵۰ سؤال شناسنامه‌دار شامل:
۵۰ سؤال مکمل از تمرین‌ها
۵۹ سؤال مکمل از مثال‌ها
۷ سؤال مکمل از پرسش‌ها
۲ سؤال مکمل از فعالیت‌ها
۲ سؤال مکمل از شکل‌ها
۳۰ سؤال مکمل از متن درس

کار، انرژی و توان

- **انرژی جنبشی** (۱۹ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - محاسبه‌ی انرژی جنبشی یک جسم
  - مقایسه و تغییر انرژی جنبشی یک یا دو جسم
- **کار انجام شده توسط نیروی ثابت** (۱۷ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - کار نیرو در راستای جابه‌جایی و عمود بر جابه‌جایی
  - کار نیروی وزن
  - کار نیروی ناهم‌راستا با جابه‌جایی
  - کار کل
- **کار و انرژی جنبشی** (۲۲ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی
  - کاربرد قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی در حل مسائل
- **کار و انرژی پتانسیل** (۱۷ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - مفهوم انرژی پتانسیل
  - انرژی پتانسیل گرانشی
  - انرژی پتانسیل کشسانی
- **پایستگی انرژی مکانیکی** (۳۴ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - اصل پایستگی انرژی مکانیکی
  - پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین و جسم
  - پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین، جسم و فنر
- **کار و انرژی درونی** (۱۷ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - انرژی درونی و انرژی تلف‌شده
  - قانون پایستگی انرژی
- **توان** (۲۴ سؤال شناسنامه‌دار) — آبی / سبز / زرد
  - محاسبه‌ی توان
  - بازده

انرژی جنبشی
(۱۹ سؤال شناسنامه‌دار)

- محاسبه‌ی انرژی جنبشی یک جسم
- مقایسه و تغییر انرژی جنبشی یک یا دو جسم

محاسبه‌ی انرژی جنبشی یک جسم

تعریف انرژی جنبشی: انرژی وابسته به حرکت یک جسم را انرژی حرکتی یا انرژی جنبشی می‌نامیم.

رابطه‌ی انرژی جنبشی: انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v در حال حرکت است از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید.

در SI با جایگزینی m بر حسب kg، v بر حسب $\frac{m}{s}$، آنگاه K بر حسب J (ژول) به دست خواهد آمد. $K = \frac{1}{2}mv^2$

تذکر: ۱. انرژی جنبشی کمیتی **نرده‌ای** است که تنها به جرم و تندی جسم بستگی دارد و به جهت حرکت جسم وابسته نیست.

۲. انرژی جنبشی جسم با جرم جسم و مربع تندی جسم نسبت مستقیم دارد.

۳. انرژی جنبشی جسم هرگز منفی نمی‌شود چون $m > 0$ و $v^2 \geq 0$ است. بنابراین یا مثبت است و یا صفر

محاسبه‌ی انرژی جنبشی یک جسم

۱– «انرژی جنبشی» را تعریف کنید و رابطه‌ی آن را بنویسید. (صفحه ۳۰- مرتبط با پاراگراف اول)

۲– کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

آ) اجسام (ساکن ـ متحرک) دارای انرژی جنبشی هستند. (صفحه ۳۰- مرتبط با پاراگراف اول)

ب) انرژی جنبشی با (تندی ـ مجذور تندی) رابطه‌ی مستقیم دارد. (صفحه ۳۰- مرتبط با پاراگراف دوم)

پ) انرژی جنبشی با جرم رابطه‌ی (مستقیم- عکس) دارد. (صفحه ۳۰- مرتبط با پاراگراف دوم)

ت) اگر تندی جسمی دو برابر شود، انرژی جنبشی آن (دو ـ چهار) برابر می‌شود. (صفحه ۳۰- مرتبط با پاراگراف دوم)

ث) اگر جرم جسمی را (کاهش ـ افزایش) دهیم، انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد. (صفحه ۳۰- مرتبط با پاراگراف دوم)

۳– گلوله‌ی کوچکی به جرم $200g$ با تندی $54\frac{km}{h}$ در حال حرکت است. انرژی جنبشی آن را برحسب J و kJ حساب کنید.

(صفحه ۳۰-مکمل و مشابه مثال ۲-۱)

۴– با استفاده از رابطه‌ی انرژی جنبشی، جدول زیر را کامل کنید. (صفحه ۳۰- مکمل و مشابه مثال ۲-۱)

ردیف / کمیت	K	m	v
آ	(J)	۲(kg)	۱۰(m / s)
ب	۴۰۰(J)	(kg)	۳۶(km / h)
پ	۰/۰۰۶(J)	۳۰۰(g)	(m / s)
ت	۳۳۷/۵(kJ)	۳(ton)	(m / s)

مقایسه و تغییر انرژی جنبشی یک یا دو جسم

تغییر انرژی جنبشی یک جسم (ΔK): اگر تندی جسمی در طی یک جابه‌جایی از v_1 به v_2 تغییر (کاهش یا افـزایش) یابـد تغییـر انرژی جنبشی آن چنین است:

$$\Delta K = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \rightarrow \Delta K = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

مقایسه‌ی انرژی جنبشی دو جسم با جرم‌ها و تندی‌های متفـاوت: اگر جسمی به جرم m_1 با تندی v_1 و انـرژی جنبشـی k_1 و جسـمی دیگر به جرم m_2 با تندی v_2 و انرژی جنبشی K_2 در حرکت باشد، داریم:

$$(1)\ K_1 = \frac{1}{2}m_1v_1^2$$
$$(2)\ K_2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2$$
$$\rightarrow \frac{(2)}{(1)} = \frac{K_2}{K_1} \rightarrow \frac{m_2}{m_1} \times (\frac{v_2}{v_1})^2$$

در مسائل معمولاً نسبت‌ها ساده می‌شود و یا می‌توان با جاگذاری مستقیم مقـادیر m_1 و v_1 و m_2 و v_2 در رابطـه‌ی بـالا نیـز مسأله را حل نمود

تذکر: به‌طور کلی در نسبت‌ها الزامی به این‌که یکای کمیت‌ها در صورت و مخرج در **SI** باشند وجود ندارد. اما الزاماً باید **یکـای کمیت‌ها در صورت و مخرج یک کسر یکسان باشد**

مقایسه و تغییر انرژی جنبشی یک یا دو جسم

۵– کامیونی به جرم ۳ تن با تندی $36\frac{km}{h}$ در حال حرکت است. اگر تندی آن به $54\frac{km}{h}$ برسد، انرژی جنبشی آن چند کیلـوژول افـزایش می‌یابد؟

(صفحه ۳۰–مکمل ومشابه با تمرین ۲–۲)

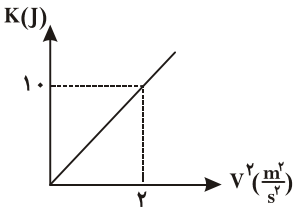
۶– یک خودروی وانت‌بار به جرم ۱ تن با انرژی جنبشی ۲۰۰ kJ در حال حرکت است. آ) تندی خودرو را بیابد ب) اگر بـه بـار خـودرو ۵۰۰ کیلوگرم اضافه شود و تندی آن به اندازه‌ی $5\frac{m}{s}$ کاهش یابد، انرژی جنبشی آن چند ژول و چگونه تغییر می‌کند؟

(صفحه ۳۰–مکمل ومرتبط با تمرین ۲–۲)

۷- متحرکی به جرم $۱۵\,kg$ با انرژی جنبشی $۳۰۰۰\,J$ در حال حرکت است. اگر انرژی جنبشی آن به $۷۵۰\,J$ کاهش پیدا کند، تندی آن چند $\frac{m}{s}$ کاهش یافته است؟

(صفحه ۳۰-مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۲)

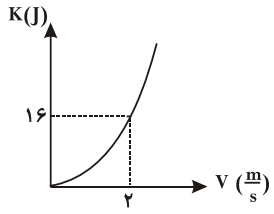
۸- در شکل مقابل، نمودار انرژی جنبشی جسمی برحسب مجذور تندی آن نشان داده شده است. جرم این جسم چند کیلوگرم است؟



(صفحه‌ی ۳۰- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۱)

۹- در شکل مقابل، نمودار انرژی جنبشی جسمی برحسب تندی آن نشان داده شده است.

آ) جرم این جسم چند کیلوگرم است؟



(صفحه‌ی ۳۰- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۱)

ب) وقتی تندی این جسم به $۱۰\frac{m}{s}$ می‌رسد، انرژی جنبشی آن چند ژول می‌شود؟

۱۰- انرژی جنبشی یک اتومبیل وقتی که تندی آن از $۱۰\frac{m}{s}$ به $۱۵\frac{m}{s}$ برسد بیش‌تر تغییر می‌کند یا زمانی که تندی آن از $۱۵\frac{m}{s}$ به $۲۰\frac{m}{s}$ برسد؟ توضیح دهید.

(صفحه ۳۰-مکمل و مشابه با تمرین ۲-۲)

۱۱- اگر جرم جسمی را ۲ برابر و تندی آن را نصف کنیم، انرژی جنبشی آن چند برابر می‌شود؟

(صفحه ۳۱-مکمل و مرتبط با پرسش ۲-۱)

۱۲– جرم و تندی گلوله‌ی A به ترتیب $\frac{۱}{۴}$ و $\frac{۲}{۵}$ برابر جرم و تندی گلوله‌ی B می باشد. انرژی جنبشی گلوله‌ی A چند برابر انرژی جنبشی گلوله‌ی B است؟

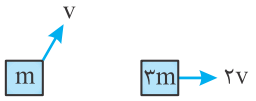
(صفحه ۳۱- مکمل و مرتبط با پرسش ۲-۱)

۱۳– اتومبیلی با تندی $۷۲\frac{km}{h}$ در حرکت است. این اتومبیل چه تندی برحسب $\frac{m}{s}$ باید داشته باشد تا انرژی جنبشی آن دوبرابر شود؟ $(\sqrt{۲} \simeq ۱/۴)$

(صفحه ۳۱- مکمل و مرتبط با پرسش ۲-۱)

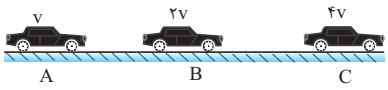
۱۴– مطابق شکل مقابل جرم m با تندی v و جرم ۳m با تندی ۲v در حال حرکت‌اند. نسبت انرژی جنبشی جسم جرم m چند برابر انرژی جنبشی جسم به جرم ۲m است.

(صفحه‌ی ۳۱ – مکمل و مشابه با پرسش ۲-۱)



۱۵– مطابق شکل زیر یک خودرو در حال حرکت است و تندی آن در مرحله‌ی اول (A تا B) از v به ۲v و در مرحله‌ی دوم (B تا C) از ۲v به ۴v رسیده است.

(صفحه ۳۰-مکمل و مرتبط باتمرین ۲-۲)



آ) انرژی جنبشی خودرو در نقطه‌ی C چند برابر انرژی آن در نقطه‌ی A است؟

ب) تغییر انرژی جنبشی جسم در مرحله‌ی دوم (B تا C) چند برابر مرحله‌ی اول (A تا B) است؟

۱۶- گلوله‌ای با تندی $۱۰۰\frac{m}{s}$ به تنه‌ی درختی برخورد کرده و با تندی $۵۰\frac{m}{s}$ از طرف دیگر آن خارج می‌شود. در اثر این برخورد، انرژی جنبشی گلوله چند درصد کاهش یافته است؟ (صفحه ۳۰- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۲)

۱۷- تندی یک متحرک در اثر برخورد با یک مانع ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. این متحرک چند درصد از انرژی جنبشی خود را از دست داده است؟ (صفحه ۳۰- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۲)

۱۸- از سوختن هر لیتر بنزین $۴\times۱۰^{۷}J$ انرژی حاصل می شود. اگر یک اتومبیل ۱۰ درصد از انرژی به دست آمده از مصرف $\frac{۳}{۴}$ لیتر بنزین را به انرژی جنبشی تبدیل کند، به تندی $۵۰\frac{m}{s}$ می‌رسد. جرم این اتومبیل چند کیلوگرم است؟ (اتومبیل از ابتدا ساکن بود.)
(صفحه ۳۰- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۲)

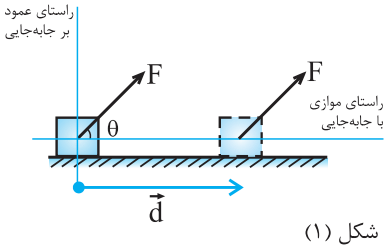
۱۹- به توپ ساکنی به جرم $۵۰۰g$ که بر روی سطحی افقی قرار دارد، با پا ضربه‌ای می‌زنیم. اگر در اثر این ضربه $۴J$ انرژی به توپ منتقل شود، تندی توپ چند $\frac{m}{s}$ می‌شود؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر شود.) (صفحه۳۰ -مرتبط با شکل ۲-۱)

کارانجام شده توسط نیروی ثابت (۱۷ سؤال شناسنامه‌دار)

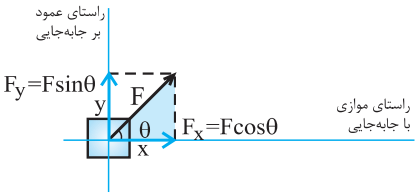
- کار نیرو در راستای جابه‌جایی و عمود بر جابه‌جایی
- کار نیروی وزن
- کار نیروی ناهم‌راستا با جابه‌جایی
- کار کل

کار نیرو در راستای جابه‌جایی و عمود بر جابه‌جایی

تجزیه‌ی نیروی F بر دو راستای عمود برهم : اگر نیروی $\vec{F}$ مطابق شکل به جسمی وارد شود و جسم جابجایی $\vec{d}$ داشته باشد.



شکل (۱)



شکل (۲)

و θ زاویه‌ی بین $\vec{F}$ و $\vec{d}$ می‌باشد و بردار $\vec{F}$ را می‌توان بر دو راستای عمود بر هم ۱) راستای موازی با جابجایی ۲) راستای عمود بر جابجایی تجزیه کرد که مؤلفه‌ی موازی با راستای جابه‌جایی $F\cos\theta$ و مؤلفه‌ی عمود بر آن $F\sin\theta$ است.

مفهوم فیزیکی کار: برای درک درست تعریف کار در فیزیک دو نکته‌ی زیر بسیار مهم است:

۱. اگر نیروی $\vec{F}$ بر جسمی وارد شود، فقط هنگامی کار انجام می‌دهدکه جسم جابه‌جا شود.

۲. همواره مؤلفه‌ای از نیرو که در راستای جابجایی است، کار انجام می‌دهد و کار مؤلفه‌ی عمود بر جابه‌جایی نیرو صفر است.

تعریف کار: اگر نیروی $\vec{F}$ بر جسمی وارد شود و جابه‌جایی جسم $\vec{d}$ و θ زاویه‌ی بین $\vec{F}$ و $\vec{d}$ باشد، آن‌گاه طبق تعریف، کار نیروی $\vec{F}$ در جابه‌جایی $\vec{d}$ از رابطه‌ی مقابل به‌دست می‌آید:

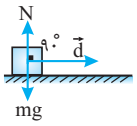
$$W = F\cos\theta.d$$

که در آن F اندازه‌ی نیرو بر حسب نیوتون (N) و d اندازه جابه‌جایی بر حسب متر (m) و W کار نیروی F در جابه‌جایی d بر حسب J خواهد بود.

تذکر: کار کمیتی نرده‌ای است چون در رابطه‌ی بالا، اندازه‌ی F و d جایگزین می‌شوند.

نتایج مهم از تعریف کار: $W = Fd\cos\theta$

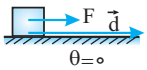
۱. اگر نیروی $\vec{F}$ بر جابه‌جایی $\vec{d}$ عمود باشد $(\theta = 90^\circ)$ آن‌گاه $W = 0$



$$W = Fd\cos\theta \xrightarrow{\theta=90^\circ,\ \cos90^\circ=0} W = Fd\times 0 = 0$$

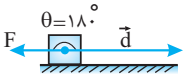
بنابراین در جابجایی افقی، کار نیروی عمودی سطح و کار وزن صفر است، چون هر دو عمود بر سطح افقی هستند.

۲. اگر نیروی $\vec{F}$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ همسو باشند $\theta = 0$ است، آن‌گاه کار این نیرو بیشینه بوده و خواهیم داشت:



$$W = Fd\cos\theta \xrightarrow{\theta=0,\cos0=1} W = Fd$$

۳. اگر نیروی $\vec{F}$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ در دو سوی مخالف باشند (هم‌راستا اما نا هم‌سو باشند)



$$W = Fd\cos\theta \xrightarrow{\theta=180^\circ,\cos180^\circ=-1} W = -Fd$$

۴. به‌طور کلی اگر θ بین صفر و 90° باشد $(0 \le \theta < 90^\circ)$ کار نیرو مثبت است. $W > 0$

۵. اگر θ بین 90° و 180° باشد، $(90^\circ < \theta \le 180^\circ)$ کار نیرو منفی است. $W < 0$

کار نیرو در راستای جابه‌جایی و عمود بر جابه‌جایی

۲۰– اصطلاحات زیر را تعریف کنید.

آ) کار (صفحه‌ی ۳۴- مرتبط با پاراگراف اول)

ب) یکای کار (صفحه‌ی ۳۴- مرتبط با پاراگراف دوم)

۲۱– کلمه‌ی درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید و یا جای خالی را با واژه‌ی درست پر کنید.

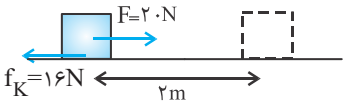
آ) کار یک کمیت (نرده‌ای - برداری) است. (صفحه‌ی ۳۲- مرتبط با پاراگراف اول)

ب) یکای کار $(N.m - \frac{N}{m})$ است که آن را (ژول - وات) می‌نامیم. (صفحه‌ی۳۲- مرتبط با مثال ۲-۲)

پ) یک ..... کاری است که نیروی یک نیوتونی انجام می‌دهد تا جسم را به اندازه‌ی یک متر در جهت نیرو جابه‌جا کند. (صفحه‌ی۳۲- مرتبط با مثال ۲-۲)

۲۲– شخصی با نیروی افقی $۵۰N$، جعبه‌ای را بر سطح افقی به اندازه‌ی ۱۵ متر جابه‌جا می‌کند. کار این شخص در این جابه‌جایی چه‌قدر است؟ (صفحه‌ی ۳۲- مکمل و مشابه با مثال ۲-۲)

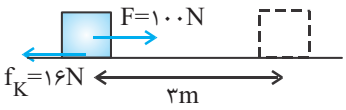
۲۳– جسمی به جرم $۵kg$ مطابق شکل بر روی سطح افقی به اندازه‌ی ۲ متر جابه‌جا می‌شود. در صورتی که $f_k = ۱۰N$ باشد، (صفحه‌ی ۳۵- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۵)



آ) کار نیروی F را در این جابجایی پیدا کنید.

ب) کار نیروی اصطکاک را محاسبه کنید.

۲۴– جسمی به جرم ۸ کیلوگرم مطابق شکل به اندازه‌ی $۳m$ تحت نیروی افقی F جابه‌جا می‌شود. اگر $f_k = ۱۶N$ باشد، کار هر یک از نیروهای زیر را در این جابه‌جایی به دست آورید. (صفحه‌ی ۳۵- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۵)



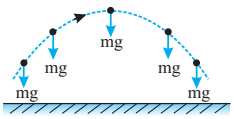
آ) کار نیروی F

ب) کار نیروی اصطکاک

پ)کار نیروی عمودی تکیه‌گاه

۲۵– اگر شخصی نیروی قائمی برابر ۴۰ نیوتون را به طرف بالا بر جسمی اعمال کند و آن را به اندازه‌ی ۰/۵ متر در راستای قائم بالا ببرد، چه مقدار کار انجام می‌دهد؟ (صفحه‌ی ۳۳- مکمل و مشابه با تمرین ۲-۳)

کار نیروی وزن

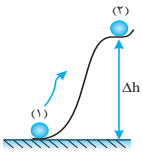


نیروی وزن همواره به طرف پایین و عمود بر سطح افقی است. این موضوع مستقل از جایگاه و مسیر حرکت جسم است و البته در فواصل نزدیک سطح زمین ثابت است. $(W = mg)$

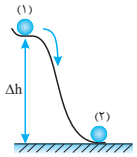
بنابراین بسته به این‌که جابه‌جایی جسم به طرف بالا یا پایین باشد کار آن منفی یا مثبت است و اگر ارتفاع جسم تغییر نکند کارش صفر خواهد بود.

بنابراین برای محاسبه‌ی کار نیروی وزن چنین رفتار می‌کنیم:

h یعنی اختلاف ارتفاع دو موقعیت (جابه‌جایی قائم) جسم را بدون در نظر گرفتن مسیر حرکت جسم می‌یابیم. در این صورت ۳ حالت رخ می‌دهد:

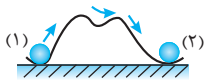


الف) اگر جسم به طرف بالا برود چون وزن به طرف پایین و جابه‌جایی به‌طرف بالاست، $\vec{F}$ و $\vec{d}$ ناهمسو هستند $(\theta = 180^\circ)$ و کار نیروی وزن منفی و برابر است با : $W_{mg} = -mgh$



ب) اگر جسم به‌طرف پایین جابه‌جا شود وزن و جابه‌جایی هردو به‌طرف پایین و همسو هستند $(\theta = 0)$ و کار نیروی وزن مثبت و برابر است با:

$W_{mg} = +mgh$



پ) اگر در نهایت افقی باشد، (ارتفاع جسم تغییر نکند $h = 0$) کار نیروی وزن صفر خواهد بود.

$w_{mg} = 0$

کار نیروی وزن

۲۶- جسمی به جرم $4kg$ در حالت‌های زیر جابه جا می‌شود. در هر جابه‌جایی کار نیروی وزن را حساب کنید.

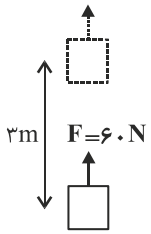
آ) جسم در راستای قائم ۵ متر بالا برده می‌شود. (صفحه‌ی ۳۳- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۳)

ب) جسم ۵ متر در راستای افقی کشیده می‌شود. (صفحه۳۴- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۴)

پ) جسم ۵ متر در راستای قائم از بالا به پایین آورده می‌شود. (صفحه‌ی ۳۳- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۳)

ت) جسم را از پایین تپه‌ای ابتدا به بالای تپه برده و سپس آن را رها می‌کنیم تا به جای اولش برگردد. (صفحه۳۴- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۴)

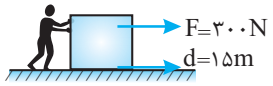
۲۷- مطابق شکل جسمی به جرم $5kg$ را با نیروی ثابت $60N$ به اندازه‌ی $h = 3m$ بالا می‌بریم:



آ) کار نیروی وزن در این جابه‌جایی چقدر است؟ (صفحه‌ی۳۳- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۳)

ب) کار نیروی F در این جابه‌جایی چقدر است؟

۲۸- شخصی جعبه‌ای را با نیروی ثابت افقی $300N$ به اندازه‌ی ۱۵ متر در امتداد افقی جابه‌جا می‌کند. (صفحه‌ی ۳۳- مکمل و مشابه با تمرین ۲-۴)



آ) کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟

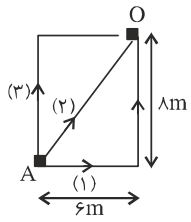
ب) کار نیروی وزن جعبه در این جابه‌جایی چقدر است؟

۲۹- آ) شخصی چمدانی به جرم $5kg$ را از روی سطح زمین نیم متر بالا برده و سپس $10m$ به طور افقی حرکت کرده و بعد چمدان را روی زمین می‌گذارد. کاری که شخص در هر مرحله انجام داده است را حساب کنید. (حرکت چمدان را در تمامی مسیرها با تندی ثابت درنظر بگیرید.) (صفحه‌ی ۵۷- مکمل و مرتبط با تمرین ۷)

ب) در این سه مرحله کار نیروی وزن چه‌قدر خواهد بود؟

۳۰– جسمی به جرم $۵kg$ را از مسیرهای (۱) و (۲) و (۳) از نقطه‌ی A به نقطه‌ی O در ارتفاع ۸ متری جابه‌جا می‌کنیم. کار نیروی وزن را در این ۳ مسیر به دست آورده و پس از مقایسه‌ی این محاسبات، نتیجه‌ی مهمی در مورد کار نیروی وزن بیان کنید.

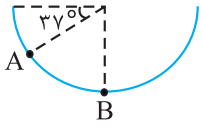
صفحه‌ی ۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۲-پ)



۳۱– جسم m به جرم $۱۰۰g$ درون نیم‌کره‌ی صیقلی به قطر ۶۰ سانتی‌متر به پایین می‌لغزد. کار نیروی وزن جسم از A تا B چند ژول است؟

$(g = ۱۰\frac{m}{s^۲}, \sin ۳۷^\circ = ۰/۶)$

(صفحه‌ی ۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۲-پ)



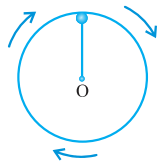
۳۲– یک توپ ۸۰۰ گرمی به سر ریسمانی به طول $۱/۶ m$ بسته شده است و در یک دایره‌ی قائم تاب می‌خورد. کار کل انجام شده روی توپ در یک دایره‌ی کامل را از هر نقطه‌ای که روی دایره آغاز شده باشد،

(صفحه‌ی ۳۵- مرتبط با پاراگراف اول)

آ) توسط نیروی کشش ریسمان

ب) توسط نیروی وزن

محاسبه کنید.



کار نیروی ناهم‌راستا با جابه‌جایی و کار کل

محاسبه‌ی کار نیرو ناهم‌راستا با جابه‌جایی: اگر نیروی $\vec{F}$ با جابه‌جایی $\vec{d}$ ،زاویه‌ی θ بسازد برای محاسبه‌ی کار این نیرو در این جابه‌جایی کافی است از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم: $W = Fd\cos\theta$

کار کل وارد شده بر جسم برابر جمع جبری کار تک‌تک نیروهاست و به دو روش قابل محاسبه است:

الف) کار هریک از نیروها را بیابیم و در نهایت جمع کنیم:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$$

ب) نیروی خالص: (برایند نیروهای وارد بر جسم) را بیابیم، سپس کار این نیروی خالص را بیابیم.

$$F_t = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

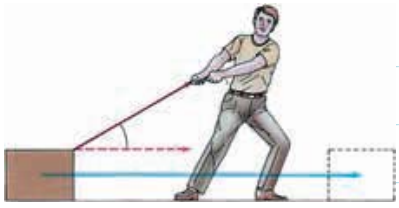
$$W_t = F_t.d.\cos a$$

در هر دو حالت نتیجه یکسان خواهد بود . مگر آن‌که در حل مسئله اشتباه کرده باشیم.

کار نیروی ناهم‌راستا با جابه‌جایی

۳۳– مطابق شکل، مردی با نیرویی برابر $60\,N$ جسمی را در سطح افقی به اندازه‌ی ۵ متر جابه‌جا می‌کند، اگر راستای این نیرو با سطح افق زاویه‌ی 60° بسازد، کار نیروی مرد در این جابه‌جایی را حساب کنید.

(صفحه‌ی ۳۴- مکمل و مشابه با مثال ۲-۴)



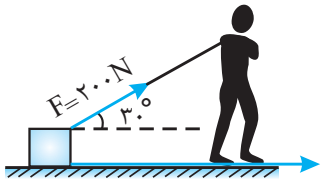
۳۴– شخصی مطابق شکل جعبه‌ای را با نیروی ثابت $200\,N$ روی سطح افقی بدون اصطکاک به اندازه‌ی ۱۲/۵ متر جابه‌جا می‌کند.

(صفحه‌ی ۳۴- مکمل و مشابه با مثال ۲-۴)

آ) کار انجام شده توسط این نیرو چقدر است؟

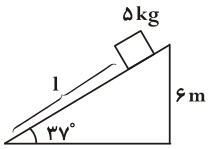
ب) تمام نیروهای وارد بر جسم را با رسم بردارهای مناسب مشخص کنید.

پ) کار هر یک از نیروهای دیگر وارد بر جسم را به‌دست آورید.



۳۵– در شکل مقابل نیروی اصطکاک بین جسم و سطح، ۸ نیوتون است. اگر جسم از بالای سطح رها شود تا لحظه‌ای که به پایین سطح می‌رسد، به دست آورید: $(\sin ۳۷ = ۰/۶ \ , \ \cos ۳۷ = ۰/۸ \ , \ g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۳۵- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۵)



آ) کار نیروی وزن

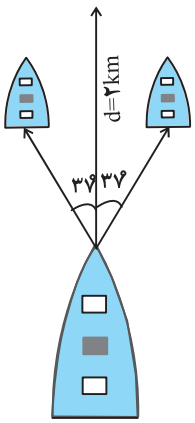
ب) کار نیروی اصطکاک

پ) کار نیروی عمودی سطح

ت) کار کل انجام شده بر روی جسم

۳۶– دو قایق یدک‌کش، نفت‌کش غول‌پیکر از کار افتاده‌ای را می‌کشند. هر یدک‌کش در حین جابه‌جا کردن نفت‌کش به فاصله‌ی $۲\,Km$ به سوی شمال، نیروی $F_۱ = F_۲ = ۱/۸۰ \times ۱۰^۶ \ N$، یکی در ۳۷° شمال غربی و دیگری در ۳۷° شمال شرقی بر نفت‌کش وارد می‌کند. کار کلی که یدک‌کش‌ها روی نفت‌کش انجام می‌دهند چقدر است؟ $(\cos ۳۷^\circ = ۰/۸)$

(صفحه‌ی ۳۵- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۵)



کاروانرژی جنبشی
(۲۲ سؤال شناسنامه‌دار)
قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی
کاربرد قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی در حل مسائل

قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی

اثر نیروی F بر تغییر تندی جسم: یکی از اثرات نیروی **F** بر جسم، تغییر تندی جسم است. جسمی از حال سکون به‌راه می‌افتد یا، جسمی که در حال حرکت است، در اثر نیروی F هم‌جهت با حرکت جسم، تندی‌اش افزایش می‌یابد (مانند حالتی که راننده‌ی خودرو گاز می دهد) و یا اگر نیرو در خلاف جهت حرکت جسم باشد (مانند نیروی اصطکاک یا خودرویی که ترمز می‌کند) تندی جسم کاهش می‌یابد. در تمام حالات ذکر شده جسم در حال حرکت است و کار انجام می‌شود. ملاحظه می‌شود تندی جسم و البته انرژی جنبشی جسم نیز تغییر کرده است. بنابراین رابطه‌ای بین کار و تغییر انرژی جنبشی وجود دارد که در فیزیک تحت عنوان قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی به‌صورت زیر بیان می‌شود:

قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی: کار کل انجام شده روی یک جسم با تغییر انرژی جنبشی آن جسم برابر است. $W_t = \Delta K$

$$W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

در مسائلی که تندی جسم در دو موقعیت ابتدایی و انتهایی و انرژی جنبشی جسم مطرح می‌شود. می‌توان با استفاده‌ی مستقیم از رابطه‌ی قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی و جایگزینی کمیت‌های معلوم، مسئله را حل کرد.

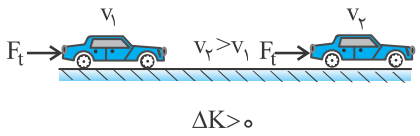
$$W_t = \Delta K = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$$

بدیهی است که باید یکاهای جرم و تندی در **SI** جایگزین شوند، **m** بر حسب **kg** و **v** بر حسب $\frac{m}{s}$ که در این صورت **K** بر حسب **J** به دست خواهد آمد.

تذکر: اگر جسمی با تندی ثابت حرکت کند،در هر جابه‌جایی کار کل آن صفر است.

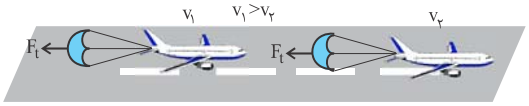
نتایج: بسته به این‌که تندی جسم افزایش یا کاهش یابد و یا ثابت بماند، تغییر انرژی جنبشی و در نتیجه کار کل می‌تواند مثبت یا منفی یا صفر باشد.

۱. اگر تندی جسم افزایش یابد ($v_2 > v_1$) آن‌گاه: $\Delta K > 0 \rightarrow W_t > 0$

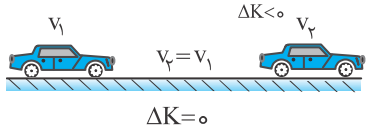


$\Delta K > 0$

۲. اگر تندی جسم کاهش یابد ($v_2 < v_1$) آن‌گاه: $\Delta K < 0 \rightarrow W_t < 0$



۳. اگر تندی جسم در ابتدا و انتهای حرکت یکسان باشد($v_2 = v_1$)، آن‌گاه: $\Delta K = 0 \rightarrow W_t = 0$



$\Delta K = 0$

قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی

۳۷– قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی را بیان کنید. (صفحه‌ی ۳۷- مرتبط با پاراگراف دوم)

۳۸– جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب پر کنید.

آ) کار کل وارد شده بر جسم برابر تغییر (کل انرژی ـ انرژی جنبشی) جسم است. (صفحه‌ی ۳۷- مرتبط با پاراگراف دوم)

ب) اگر جسمی با تندی ثابت حرکت کند، کار کل وارد شده بر آن (صفر ـ الزاماً مثبت) است. (صفحه۳۷- مرتبط با پاراگراف سوم)

پ) اگر تندی جسمی کاهش یابد، کار کل وارد شده بر آن (مثبت ـ منفی) است. (صفحه‌ی ۳۷- مرتبط با پاراگراف سوم)

۳۹– در هر یک از موارد زیر تعیین کنید که کار کل وارد شده بر جسم، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر یا برابر صفر است.

آ) اتومبیل در حال توقف (صفحه‌ی ۳۷- مرتبط با پاراگراف سوم)

ب) جسمی که شروع به حرکت می‌کند.

پ) جسمی که با تندی ثابت در حال حرکت است.

ت) گلوله‌ای که در امتداد قائم به بالا پرتاب می‌شود، تا لحظه‌ی رسیدن به محل پرتاب

۴۰– آیا کار کل انجام شده بر یک جسم در یک جابه‌جایی، می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید. (صفحه‌ی۳۷- مرتبط با پاراگراف ۳)

کاربرد قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی در حل مسائل

۴۱– تندی جسمی به جرم $۴\,kg$ از $v_۱ = ۳۰\frac{m}{s}$ به $v_۲ = ۱۰\frac{m}{s}$ می‌رسد. کار کل وارد شده بر آن چند ژول می‌شود؟ (صفحه‌ی۳۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۶)

۴۲- انرژی جنبشی جسمی به جرم $4kg$ برابر $100J$ است. نیروی ثابتی بر این جسم اثر می‌کند و تندی آن را به $5\frac{m}{s}$ می‌رساند. کار کل وارد شده بر جسم چند ژول است؟

(صفحه‌ی ۳۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۶)

۴۳- جسمی با تندی $20\frac{m}{s}$ در جهت مثبت محور x حرکت می‌کند و انرژی جنبشی آن $100J$ است. پس از مدتی تندی این جسم تغییر می‌کند و در جهت منفی محور x به $30\frac{m}{s}$ می‌رسد. کار کل وارد شده بر جسم در این مدت چند ژول است؟

(صفحه‌ی ۳۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۶)

۴۴- وزنه‌ای به جرم m را با تندی ثابت تا ارتفاع h بالا می‌بریم، کار کل وارد شده بر جسم در این جابه‌جایی چه‌قدر است؟

(صفحه‌ی ۳۷-مرتبط باپاراگراف ۳)

۴۵- شخصی به جرم ۶۰ کیلوگرم در داخل آسانسوری ساکن، ایستاده است. کارکل نیروهای وارد برشخص را با استفاده از قضیه‌ی کار و انرژی حساب کنید، در صورتی که تندی آن پس از ۱۰ متر بالا رفتن به $6\frac{m}{S}$ برسد.

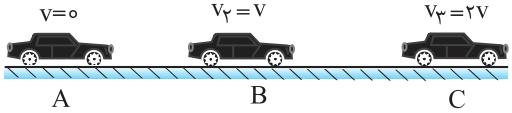
(صفحه۴۰- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۹)

۴۶- کار انجام شده برای این که تندی جسمی به جرم m از صفر به v برسد چند برابر کاری است که لازم است تا تندی جسمی به جرم $3m$ را از صفر به $2v$ برساند؟

(صفحه ۵۶ – مکمل و مرتبط با تمرین ۶)

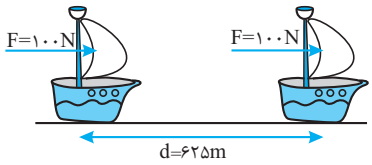
۴۷- خودرویی مطابق شکل روی خط راست از نقطه‌ی A از حال سکون به راه می‌افتد و در نقطه‌ی B به تندی v می‌رسد و در این ادامه می‌رسد در نقطه‌ی C به تندی $2v$ می‌رسد، اگر کار کل انجام شده در مرحله‌ی اول (جابه‌جایی AB) را W_1 و مرحله دوم (جابجایی BC) را W_2 بگیریم $\frac{W_2}{W_1}$ را بیابید.

(صفحه۴۰ – مکمل و مرتبط با پرسش۲-۳)



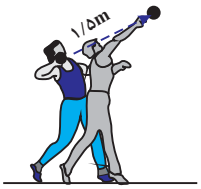
۴۸– قایقی به جرم $۲۰۰kg$ بر سطح یخ بسته‌ی دریاچه‌ای ساکن است. باد با نیروی افقی $F=۱۰۰N$ به آن می‌وزد. در انتهای مسیر ۶۲۵ متری، تندی قایق چند متر بر ثانیه است؟

(صفحه‌ی ۳۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۷)



۴۹– ورزشکاری در پرتاب وزنه‌ای به جرم $۵۰۰g$، آن‌را با نیروی $F=۱۰۰N$ در جهت پرتاب، ۱/۵ متر جابه‌جا می‌کند و وزنه را پرتاب می‌کند، تندی وزنه هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدر است؟

(صفحه ۵۶ – مکمل ومشابه تمرین ۴)



۵۰– جسمی به جرم $۲kg$ را از ارتفاع ۲۰ متری رها می‌کنیم. با استفاده از قضیه‌ی کار و انرژی تعیین کنید: هنگامی که جسم به زمین می‌رسد، انرژی جنبشی آن چقدر است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$ (از مقاومت هوا صرفنظر شود)

(صفحه‌ی ۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)

۵۱– سنگی از ارتفاع ۸۰ متری سطح زمین از بالای کوهی رها می‌شود و با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ به سطح زمین برخورد می‌کند. نسبت کار کل به کار نیروی وزن در این جابه‌جایی را به دست آورید. $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

(صفحه‌ی۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)

۵۲– کامیونتی به جرم m با تندی $۳۶\frac{km}{h}$ در حرکت است. راننده ناگهان ترمز محکمی می‌کند، به طوری که هر چهارچرخ آن قفل می‌شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی بین جاده و لاستیک‌ها ۰/۸ وزن کامیونت باشد، کامیونت چند متر روی جاده سُر می‌خورد تا بایستد؟

(صفحه‌ی ۴۰- مکمل و مرتبط باتمرین ۲-۸)

۵۳– خودرویی به جرم ۲ تن با تندی $۷۲\frac{km}{h}$ در حرکت است. راننده‌ی خودرو ناگهان مانعی را در ۲۰ متری خود می‌بیند و ترمز می‌کند و پس از مدتی متوقف می‌شود. اگر نیروی اصطکاک جنبشی بین لاستیک جاده و خودرو ۱۰۰۰۰ نیوتون باشد :

آ) آیا خودرو به مانع برخورد می‌کند؟ (صفحه‌ی ۴۰- مکمل و مرتبط باتمرین ۲-۸)

ب) کار کل وارد شده بر خودرو چقدر است؟

پ) کار نیروی اصطکاک چقدر است؟ (فرض کنید تندی خودرو در مکانی که به مانع برخورد می‌کند، صفر می‌شود.)

۵۴– گلوله‌ای به جرم ۱۰ گرم با تندی ۱۰۰ متر بر ثانیه به درختی برخورد کرده و ۱۰ سانتی‌متر در آن فرو می‌رود و می‌ایستد. چه نیرویی از طرف درخت به گلوله وارد می‌شود؟ (صفحه‌ی ۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)

۵۵– گلوله‌ای به جرم ۸۰ گرم با تندی $۴۰۰\frac{m}{s}$ به‌طور افقی به تنه‌ی درختی برخورد کرده و با تندی $۱۰۰\frac{m}{s}$ در همان امتداد از آن خارج می‌شود:

آ) کار نیروی مقاوم در تنه‌ی درخت چند ژول است؟ (صفحه‌ی۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)

ب) اگر قطر تنه‌ی درخت ۴۰cm باشد، نیروی متوسطی که بر گلوله وارد می‌کند چقدر است؟

۵۶– قطره‌ی بارانی به جرم ۲ گرم، از ابری در ارتفاع $3\,km$ سطح زمین رها می‌شود و با تندی $20\frac{m}{s}$ به زمین برخورد می‌کند. $(g=10\frac{m}{s^2})$

آ) کار کل وارد شده بر قطره باران چقدر است؟ (صفحه‌ی ۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)

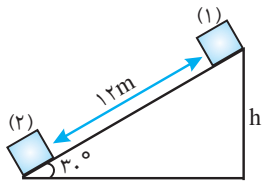
ب) کار نیروی وزن را به‌دست آورید.

پ) کار نیروی مقاومت هوا چقدر است؟

۵۷– سنگی به جرم ۲۰۰ گرم را با تندی $20\frac{m}{s}$ به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. این سنگ تا ارتفاع $15\,m$ بالا می‌رود. کار نیروی مقاومت هوا در این جابه‌جایی را به‌دست آورید. $(g=10\frac{m}{s^2})$ (صفحه‌ی ۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)

۵۸– جسمی به جرم $2\,kg$ از بالای سطح شیبداری به زاویه‌ی 30° با تندی اولیه‌ی $5\frac{m}{s}$، مماس بر سطح رو به پایین پرتاب می‌شود. اگر تندی جسم پس از ۱۲ متر جابه‌جایی روی سطح به $8\frac{m}{s}$ برسد، کار نیروی اصطکاک چند ژول است؟

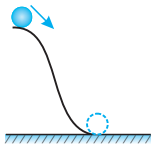
(صفحه‌ی ۳۹- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۷)



کار و انرژی پتانسیل
(۱۷ سؤال شناسنامه‌دار)

- مفهوم انرژی پتانسیل
- انرژی پتانسیل گرانشی
- انرژی پتانسیل کشسانی

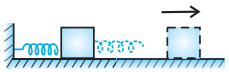
مفهوم انرژی پتانسیل



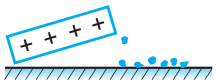
انرژی: توانایی انجام کار را انرژی می‌نامیم.

مثال‌هایی از قابلیت انرژی در انجام کار

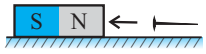
۱. وقتی گلوله‌ای را به بالای تپه‌ای ببریم و رها کنیم می‌بینیم که بدون دخالت ما، گلوله خودبه‌خود به طرف پایین به راه می‌افتد.



۲. وقتی جسمی را با دستمان که به فنری فشرده کردیم، رها کنیم، فنر جسم را پرتاب می‌کند.



۳. وقتی یک میله‌ی باردار را به تکه های کوچک ذرات کاغذ نزدیک کنیم، ذرات کاغذ به طرف میله به راه می‌افتند.



۴. وقتی یک آهن‌ربا را به یک سوزن ته‌گرد نزدیک می‌کنیم، سوزن به طرف آهن‌ربا به راه می‌افتد.

در هر ۴ مثال ذکر شده، کار انجام می‌شود. بنابراین باید به دنبال انرژی‌هایی بگردیم که قادر بودند این کارها را انجام دهند.

این چهار نیروی اساسی در طبیعت خاصیتی دارند که امکان ذخیره‌سازی انرژی را فراهم می‌سازند.

در حالت اول: انرژی پتانسیل گرانشی جسم و زمین باعث حرکت گلوله به طرف پایین تپه می‌شود.

در حالت دوم: انرژی پتانسیل کشسانی فنر و جسم که باعث پرتاب جسم می‌شود،

در حالت سوم: انرژی پتانسیل الکتریکی بین میله‌ی باردار و ذرات کاغذ باعث جذب ذرات به طرف میله می‌شود.

حالت چهارم: انرژی پتانسیل مغناطیسی باعث حرکت سوزن ته‌گرد به‌طرف آهن‌ربا می‌شود.

انرژی پتانسیل: ویژگی یک سامانه (دستگاه یا سیستم‌ها) است که طبق آن در آن سامانه، انرژی ذخیره می‌شود که در صورت آزاد شدن، به انرژی جنبشی جسم تبدیل می‌شود.

تذکر: در این کتاب فقط در مورد انرژی پتانسیل گرانشی و کشسانی بحث می‌شود.

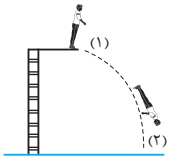
تفاوت انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی: انرژی جنبشی منحصراً مربوط به یک جسم است که دارای حرکت باشد و مقدار آن از رابطه‌ی $K=\frac{۱}{۲}mv^{۲}$ به دست می‌آید و همواره (نامنفی) مثبت یا صفر است. اما انرژی پتانسیل ویژگی یک سامانه است که به مکان اجسام یک سامانه نسبت به یک‌دیگر بستگی دارد.

مثال: انرژی پتانسیل گرانشی (سامانه‌ی جسم – زمین) – انرژی پتانسیل کشسانی (سامانه‌ی جسم و فنر) – انرژی پتانسیل الکتریکی (سامانه‌ی بین اجسام باردار)

آزادسازی انرژی پتانسیل: معمولاً اگر انرژی پتانسیل یا انرژی ذخیره شده در یک سامانه آزاد شود اغلب به انرژی جنبشی جسم تبدیل می‌شود.

مفهوم انرژی پتانسیل

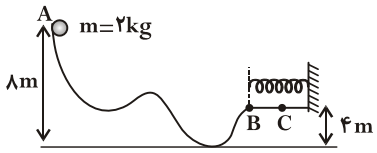
۵۹– در هر یک از موارد زیر تغییر انرژی پتانسیل هر سامانه و تبدیل آن به انرژی دیگر را بررسی کنید. (صفحه‌ی ۴۱- مرتبط با پاراگراف اول)



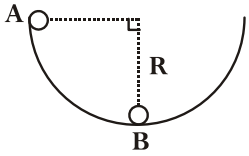
آ) شناگری از روی یک تخته‌ی پرش به درون استخر پر از آب شیرجه می‌زند.

ب) به کمک دست جسمی را به فنری فشرده، سپس رها می‌کنیم.

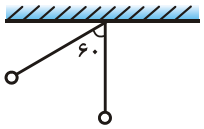
پ) یک میله‌ی باردار مثبت را به یک توپ پلاستیکی کوچک باردار مثبت آویخته شده، نزدیک می‌کنیم.



ت) گلوله‌ای مطابق شکل از A رها شده و به فنر برخورد می‌کند.

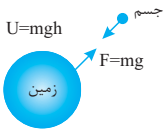


ث) گلوله‌ای مطابق شکل از A رها شده و بر مسیر دایره‌ای حرکت می‌کند.



ج) گلوله‌ی آونگی مطابق شکل از راستای قائم منحرف شده و رها می‌شود.

انرژی پتانسیل گرانشی



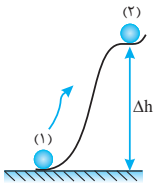
مفهوم انرژی پتانسیل گرانشی: جسم همواره دوست دارد. روی سطح زمین به حالت پایدار بماند. جسم و زمین تمایل دارند با هم در تماس باشند اما اگر جسمی را از سطح زمین بالا ببریم برخلاف تمایل جسم و زمین، آن‌ها را از هم دور کرده‌ایم. به‌دلیل وجود نیروی گرانشی، کار دست ما از بین نرفته بلکه به صورت انرژی پتانسیل گرانشی در سامانه‌ی متشکل از جسم و زمین ذخیره می‌شود.

تعریف انرژی پتانسیل گرانشی: اگر جسمی در ارتفاع h از سطح زمین قرار گیرد. طبق تعریف انرژی پتانسیل گرانشی سامانه‌ی متشکل از زمین وجسمی به جرم m به صورت زیر تعریف می‌شود: $U = mgh$

که در آن m بر حسب kg و h بر حسب m و U بر حسب ژول (J) می‌باشد.

تذکر: جهت سهولت بیان، به جای ذکر انرژی پتانسیل گرانشی جسم و زمین می‌گوییم انرژی پتانسیل گرانشی جسم.

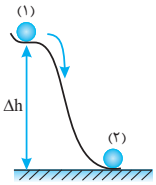
تغییر انرژی پتانسیل گرانشی: تغییر انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم برابر منفی کار نیروی وزن در جابه‌جایی آن جسم از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 است و رابطه‌ی آن به صورت مقابل است: $\Delta U = -W_{\text{وزن}}$



نتایج: ۱. اگر جسم رو به بالا جابه‌جا شود، چون نیروی وزن به طرف پایین وجابه‌جایی به‌طرف بالا است، کار نیروی وزن منفی و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم مثبت است

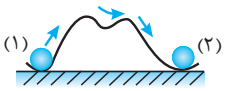
$$\Delta U = -W_{mg} = +mgh \rightarrow \Delta U > 0$$

به عبارتی می گوییم، انرژی پتانسیل گرانشی جسم افزایش یافته است.



۲) اگر جسم رو به پایین جابه‌جا شود، چون نیروی وزن و جابه‌جایی هر دو رو به پایین هستند، کار نیروی وزن مثبت و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم منفی است. ($\Delta U < 0$) به عبارتی می‌گوییم انرژی پتانسیل گرانشی جسم کاهش یافته است.

$$\Delta U = -W = -mgh$$



۳. اگر در نهایت، جابه‌جایی جسم افقی باشد، و تغییر ارتفاع صفر باشد $\Delta U = -W = 0$.

تذکر ۱: تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم به مسیر حرکت جسم بستگی ندارد، بلکه صرفاً به اختلاف ارتفاع موقعیت ابتدایی و انتهایی جسم وابسته است.

تذکر ۲: طبق رابطه‌ی $\Delta U = -mgh$، تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم صرفاً به h بستگی دارد. بنابراین مهم نیست که مبدأ پتانسیل (جایی که پتانسیل گرانشی صفر است) را کجا بگیریم.

انرژی پتانسیل گرانشی

۶۰– کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

آ) انرژی‌ای که یک جسم به دلیل ارتفاعش از سطح زمین دارد، انرژی (جنبشی ـ پتانسیل گرانشی) نامیده می‌شود.
(صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با پاراگراف دوم)

ب) انرژی پتانسیل گرانشی با (جرم ـ تندی) جسم رابطه‌ی مستقیم دارد. (صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

پ) هر چه ارتفاع جسمی از سطح زمین (بیش‌تر ـ کم‌تر) باشد، انرژی پتانسیل گرانشی آن بیش‌تر است.
(صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

ت) انرژی پتانسیل گرانشی با شتاب گرانشی زمین (g) رابطه‌ی (مستقیم ـ عکس) دارد. (صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

ث) انرژی پتانسیل گرانشی یک جسم در ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین از انرژی پتانسیل گرانشی همان جسم در ارتفاع ۱۵ متری سطح زمین (بیش‌تر ـ کم‌تر) است. (صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

۶۱– جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب پر کنید.

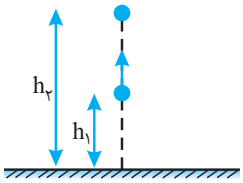
آ) وقتی جسمی سقوط می‌کند، انرژی پتانسیل گرانشی آن ..... و انرژی جنبشی آن ..... می‌شود.
(صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با پاراگراف سوم)

ب) هر چقدر جرم جسم بیشتر باشد، انرژی پتانسیل گرانشی آن در یک ارتفاع معین، ..... است.
(صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

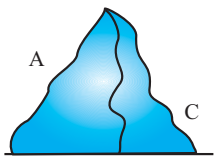
پ) وقتی جسمی به جرم m را به اندازه‌ی h به طور قائم بالا می‌بریم، کار نیروی وزن برابر ..... و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم برابر ..... خواهد بود. $(-mgh\ ,\ +mgh)$ (صفحه‌ی۴۲- مرتبط با پاراگراف سوم)

ت) وقتی ارتفاع جسمی را کاهش می‌دهیم، کار نیروی وزن ..... و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم ..... خواهد بود. (مثبت- منفی)
(صفحه‌ی۴۲- مرتبط با پاراگراف سوم)

۶۲– جسمی به جرم m را از ارتفاع h_1 نسبت به زمین به ارتفاع h_2 نسبت به زمین بالا می‌بریم. ثابت کنید کار نیروی وزن در این جابه‌جایی برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم است.
(صفحه‌ی۴۲- مرتبط با تمرین ۲-۱۰)



۶۳– سه نفر با جرم‌های مساوی از مسیرهای A، B و C از کوهی بالا می‌روند تا به قله برسند، کدام شخص انرژی پتانسیل گرانشی بیش‌تری نسبت به زمین به‌دست می‌آورد؟ چرا؟ کار نیروی وزن برای این سه شخص را باهم مقایسه کنید.
(صفحه‌ی ۵۷- مکمل و مرتبط با تمرین۱۱)



۶۴– جسمی به جرم ۶۰۰g در ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین قرار داد. انرژی پتانسیل گرانشی این جسم نسبت به سطح زمین چقدر است؟

(صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

۶۵– انرژی پتانسیل گرانشی یک هواپیما به جرم ۲۰ تن در ارتفاع ۲km از سطح زمین را برحسب J و kJ به دست آورید. $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۴۲- مکمل و مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

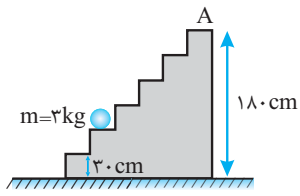
۶۶– جسمی به جرم ۲۰۰g را از ارتفاع ۲ متری به ارتفاع ۱۲ متری از سطح زمین می‌بریم. انرژی پتانسیل گرانشی این جسم افزایش می‌یابد یا کاهش؟ اندازه‌ی تغییر انرژی پتانسیل گرانشی این جسم چند ژول است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۴۳- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۸)

۶۷– جسمی به جرم ۳kg در پله‌ی دوم قرار دارد. اگر ارتفاع هر پله ۳۰cm باشد، انرژی پتانسیل گرانشی جسم را در حالات زیر حساب کنید.

(صفحه‌ی ۴۳- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۸)

آ) مبدأ پتانسیل گرانشی را سطح زمین اختیار کنیم.



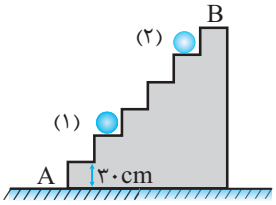
ب) مبدأ پتانسیل گرانشی را بالاترین نقطه‌ی پله (A) فرض کنیم.

پ) اگر مبدأ پتانسیل گرانشی را پله‌ی دوم (هم‌تراز با جسم) بگیریم، چه نتیجه‌ای می‌گیریم؟

۶۸– مطابق شکل جسمی به جرم $3\,kg$ را از موقعیت (۱) واقع روی پله‌ی دوم به موقعیت (۲) واقع روی پله‌ی پنجم می‌بریم. اگر ارتفاع هر پله $30\,cm$ باشد، تغییر انرژی پتانسیل جسم را در دو حالت زیر بیابید و نتایج را مقایسه کنید.

آ) مبدأ پتانسیل گرانشی را سطح زمین بگیریم.

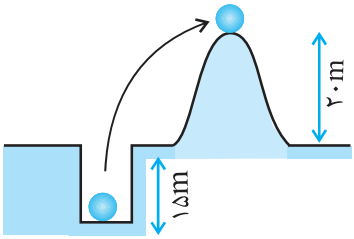
ب) مبدأ پتانسیل گرانشی را بالاترین نقطه (نقطه‌ی B) بگیریم.



(صفحه‌ی ۴۳- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۸)

۶۹– جسمی به جرم $2\,kg$ را از کف چاهی به عمق ۱۵ متر از سطح زمین به بالای تپه‌ای به ارتفاع ۲۰ متری سطح زمین می‌بریم، کار نیروی وزن و تغییر انرژی پتانسیل گرانشی جسم را بیابید.

(صفحه‌ی ۴۴- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۱۲)



۷۰– یک وزنه‌ی سنگین از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین به ارتفاع ۸ متری سقوط می‌کند.

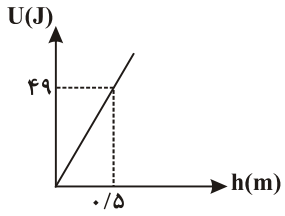
(صفحه‌ی ۴۳- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۸)

الف) چند درصد از انرژی پتانسیل گرانشی وزنه کاسته می‌شود؟

ب) آیا جرم وزنه اهمیتی در حل مسئله دارد؟

۷۱– نمودار مقابل مربوط به جسمی به جرم $10\,kg$ است که در حال حرکت در راستای قائم به طرف بالا است.

(صفحه‌ی ۴۲- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۵)

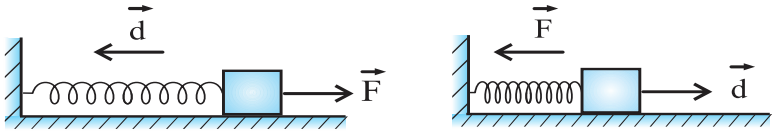


الف) شتاب گرانشی زمین در این محل چند $\frac{m}{s^2}$ است؟

ب) انرژی پتانسیل گرانشی این جسم در ارتفاع $2/5\,m$ چند ژول است؟

انرژی پتانسیل کشسانی

ویژگی نیروی کشسانی فنر : خاصیت اساسی فنر آن است که فنر همواره می‌خواهد طول آزاد خود را داشته باشد و دوست ندارد کشیده یا فشرده شود. بنابراین هرگاه فنر را متراکم می‌کنیم یا می‌کشیم، فنر واکنش نشان داده و می‌خواهد به طول عادی‌اش برگردد. به همین دلیل همواره نیرویی در خلاف جابه‌جایی بر دستمان وارد می‌کند.



دو نتیجه‌ی مهم:

۱. کار نیروی فنر، در مدتی که از حالت عادی‌اش خارج می‌شود، (در حالت فشرده یا کشیده شدن) همواره منفی است (چون نیروی فنر در این دو حالت همواره در خلاف جابه‌جایی آن است.)

۲. تغییر انرژی پتانسیل کشانی فنر، در مدتی که از حالت عادی‌اش خارج می‌شود؛ همواره مثبت است چون برابر قرینه‌ی کار نیروی فنر است. طبق تعریف داریم:

$$\Delta U_s = -W_s \xrightarrow{W_s<0} \Delta U_s > 0$$

تذکر: هنگامی که انرژی فنر در حال آزادشدن است، نیرو و جابه‌جایی همسو هستند و کار نیروی فنر مثبت و تغییر انرژی پتانسیل کشسانی آن منفی خواهد بود.

انرژی پتانسیل کشسانی

۷۲– درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید.

☐ آ) انرژی ذخیره شده در فنر کشیده شده یا فشرده شده، انرژی پتانسیل کشسانی نامیده می‌شود.
(صفحه‌ی ۴۵– مرتبط با پاراگراف اول)

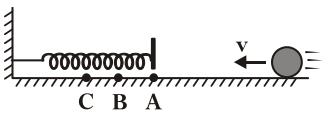
☐ ب) اگر فنر تغییر طول هم ندهد، مقداری انرژی پتانسیل کشسانی دارد. (صفحه‌ی ۴۵– مرتبط با پاراگراف اول)

☐ پ) هر جسمی مانند فنر که حالت کشسانی داشته باشد، می‌تواند انرژی پتانسیل کشسانی در خود ذخیره کند.
(صفحه‌ی ۴۵– مرتبط با خوب است بدانید)

☐ ت) وقتی یک تیرانداز زه کمان را می‌کشد، انرژی پتانسیل کشسانی آن کم می‌شود. (صفحه‌ی ۱۸– مرتبط با مثال مفهومی ۲–۱۰)

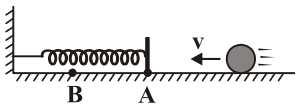
☐ ث) وقتی اسباب بازی کوکی را کوک می‌کنیم، انرژی ماهیچه‌ای ما به انرژی پتانسیل کشسانی تبدیل می‌شود.
(صفحه‌ی ۴۵– مرتبط با پاراگراف اول)

۷۳– مطابق شکل مقابل، گلوله‌ای به جرم m روی سطح افقی بدون اصطکاکی به طرف فنر متصل به دیوار می‌رود و به آن برخورد می‌کند و فنر را فشرده می‌کند و در نقطه‌ی C متوقف می‌شود. گلوله و فنر در نقاط A و B و C چه نوع انرژی‌ای دارند؟



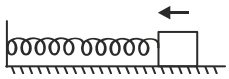
(صفحه‌ی ۴۶- مکمل و مرتبط با مثال مفهومی ۲-۱۰)

۷۴– در شکل مقابل، گلوله با تندی v به فنر برخورد می‌کند و در نقطه‌ی B متوقف می‌شود. اگر سطح بدون اصطکاک فرض شود و گلوله پس از توقف در نقطه‌ی B دوباره بازگردد، تندی آن در نقطه‌ی A کم‌تر از v است یا بیش‌تر از v؟



(صفحه‌ی ۴۶- مکمل و مرتبط با مثال مفهومی ۲-۱۰)

۷۵– مطابق شکل جسمی با انرژی جنبشی ۵۰J با فنر برخورد و آن را فشرده می‌کند تا متوقف شود. اگر در لحظه‌ی توقف جسم، انرژی پتانسیل کشسانی ۲۰J باشد.



(صفحه‌ی ۴۶- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۱)

آ) کار نیروی کشسانی فنر در این جابه‌جایی چقدر است؟

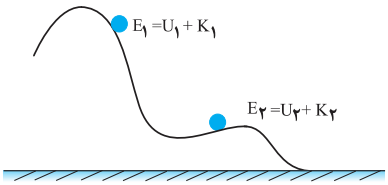
ب) با استفاده از قضیه‌ی کار و انرژی، کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی را به‌دست آورید.

پایستگی انرژی مکانیکی (۳۴ سؤال شناسنامه‌دار)
- اصل پایستگی انرژی مکانیکی
- پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین و جسم
- پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین ، جسم و فنر

اصل پایستگی انرژی مکانیکی

تعریف انرژی مکانیکی: انرژی مکانیکی یک جسم برابر با مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی جسم است. (انرژی مکانیکی را با E نشان می‌دهیم.)

$$E = U + K$$



اصل پایستگی انرژی مکانیکی: طبق این اصل، انرژی مکانیکی جسم (E) یعنی مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی جسم، در مسیر حرکت ثابت می‌ماند.

یعنی: $E_۱ = E_۲ \rightarrow U_۱ + K_۱ = U_۲ + K_۲$

در استفاده از این اصل دو نکته‌ی زیر مهم است:

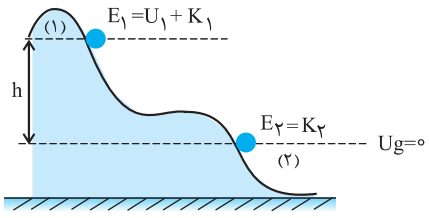
۱. شرط اصلی برابری $E_۱ = E_۲$ آن است که هیچ‌گونه اتلاف انرژی وجود نداشته باشد (از اصطکاک و مقاومت هوا، صرف‌نظر شود.)

۲. انرژی پتانسیل الزاماً فقط گرانشی نیست بلکه اگر سامانه، علاوه بر جسم و زمین، شامل فنر هم باشد شامل جسم و «فنر – زمین» باشد می‌تواند انرژی پتانسیل کشسانی را نیز به همراه داشته باشد. اما انرژی جنبشی انحصاراً به دلیل حرکت جسم بوده و از رابطه‌ی $K = \frac{۱}{۲}mv^۲$ به دست می‌آید.

روش حل مسأله‌های پایستگی در سامانه‌ی شامل، جسم و زمین

گام اول: رسم یک شکل مناسب از مسیر حرکت جسم و تعیین دو موقعیت ابتدایی و انتهایی جسم (۱) و (۲) .

گام دوم: تعیین تراز پتانسیل گرانشی صفر: در حل مسائل بهتر است در موقعیت پایینی جسم، یک خط افقی رسم کنیم و آن را تراز انرژی پتانسیل صفر در نظر بگیریم. در این تراز $U = ۰$ است و محاسبات ما آسان‌تر می‌شود.



گام سوم: تعیین اختلاف ارتفاع (h) دو موقعیت (۱) و (۲):

گام چهارم: تعیین انرژی مکانیکی جسم در دو موقعیت (۱) و (۲): $E_۱ = U_۱ + K_۱$ و $E_۲ = U_۲ + K_۲$، (بدیهی است اگر تندی در هر موقعیت صفر باشد $(v = ۰)$ ، آن‌گاه $K = ۰$ و اگر $h = ۰$ باشد $U = ۰$ خواهد بود.

گام پنجم: مساوی قرار دادن انرژی مکانیکی دو موقعیت و حل معادله‌ی $E_۱ = E_۲$

نکته: اگر مساله مقدار انرژی یا تغییر انرژی جسم را نخواهد، **m** از طرفین تساوی حذف می‌شود. در واقع **h** یا **v** به جرم جسم **(m)** بستگی ندارد.

اصل پایستگی انرژی مکانیکی

۷۶– انرژی مکانیکی جسم را تعریف و اصل پایستگی انرژی مکانیکی رابیان کنید. (صفحه‌ی ۴۷– مرتبط با پاراگراف دوم وسوم)

۷۷– درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را مشخص کنید:

آ) انرژی مکانیکی جسم برابر مجموع انرژی‌های جنبشی و (پتانسیل - درونی) جسم است. (صفحه۴۷– مرتبط با پاراگراف سوم)

ب) جسمی که در خلأ سقوط می‌کند، انرژی مکانیکی آن ثابت می‌ماند. (صفحه‌ی ۴۷– مرتبط با پاراگراف چهارم)

پ) انرژی مکانیکی جسمی را که در خلأ به طرف بالا پرتاب می‌کنیم، ثابت می‌ماند. (صفحه‌ی ۴۷– مرتبط با پاراگراف چهارم)

ت) در حین سقوط یک جسم در خلأ، انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد (صفحه‌ی ۴۷– مرتبط با پاراگراف چهارم)

ث) در حضور نیروی کشسانی فنر، انرژی مکانیکی جسم پایسته نمی‌ماند. (صفحه‌ی۴۷– مرتبط با پاراگراف چهارم)

۷۸– جسمی در شرایط خلأ در حال سقوط است، به کمک قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی، ثابت کنید انرژی مکانیکی پایسته می‌ماند.

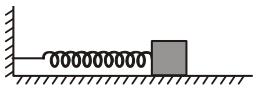
(صفحه‌ی ۴۷– مرتبط با پاراگراف اول)

۷۹– آ) با فرض پایستگی انرژی، نمودار تغییر انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی مکانیکی جسم در حال سقوط را برحسب ارتفاع از سطح زمین رسم کنید. (صفحه‌ی ۴۷– مرتبط باپاراگراف اول)

ب) در پرتاب یک جسم با تندی اولیه‌ی v_0 از سطح زمین به طرف بالا، در چه ارتفاعی انرژی جنبشی جسم دو برابر انرژی پتانسیل گرانشی آن است؟ (صفحه‌ی ۴۷– مکمل و مرتبط با پرسش ۲–۴)

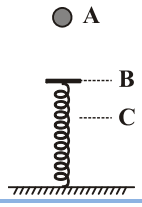
۸۰– گلوله‌ای را از ارتفاع h از سطح زمین در حالت سکون رها می‌کنیم. تا لحظه‌ی برخورد به زمین، تغییرات انرژی جنبشی ،گرانشی و مکانیکی، از لحظه‌ی رها شدن تا رسیدن به سطح زمین برحسب h, g, m به‌دست آورید. (صفحه‌ی ۴۷- مرتبط یا پاراگراف اول)

۸۱– در شکل مقابل، وزنه روی سطح افقی بدون اصطکاک به فنر متصل شده است. توسط وزنه، فنر را فشرده کرده و سپس آن را رها می‌کنیم. حرکت وزنه را طبق قانون پایستگی انرژی توصیف کنید. (صفحه‌ی ۴۷- مرتبط با متن کل صفحه)

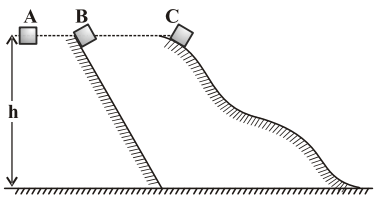


۸۲– مطابق شکل مقابل، گلوله‌ای که از نقطه‌ی A رها شده روی فنر قائمی می‌افتد و آن را تا نقطه‌ی C فشرده کرده و متوقف می‌شود. حرکت گلوله را براساس قانون پایستگی انرژی توصیف کنید و بگویید در نقاط (A) و (B) و (C) چه انرژی‌هایی در گلوله و فنر وجود دارد؟

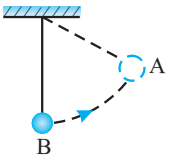
(صفحه‌ی ۴۷- مرتبط با متن کل صفحه)



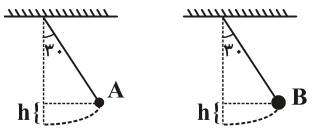
۸۳– با توجه به شکل، سه جسم A، B و C با جرم‌های مساوی از ارتفاع معینی رها می‌شوند. تندی کدام یک به هنگام رسیدن به زمین بیش‌تر است؟ پاسخ خود را یک بار با در نظر گرفتن اصطکاک و بار دیگر با نادیده گرفتن اصطکاک بیان کنید. (از مقاومت هوا چشم پوشی شود.) (صفحه‌ی۴۷- مکمل و مشابه با پرسش ۲-۴)



۸۴– آونگی را تا نقطه‌ی A بالا می‌بریم و سپس رها می‌کنیم. حرکت آونگ را بر اساس اصل پایستگی انرژی توصیف کنید. (صفحه‌ی ۵۹- مرتبط باتمرین ۱۸)



۸۵– مطابق شکل مقابل، دو آونگ با طول یکسان از یک ارتفاع معین رها می‌شوند. اگر جرم گلوله‌ی A نصف جرم گلوله‌ی B باشد، تندی گلوله‌ها را در پایین‌ترین نقطه‌ی مسیرشان با هم مقایسه کنید. (از مقاومت هوا چشم پوشی شود.) (صفحه‌ی ۵۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۸)



پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین و جسم

۸۶– در یک روز بارانی ابرها در ارتفاع ۸۰۰ متری از سطح زمین قرار دارند.
با صرف نظر کردن از مقاومت هوا، قطره‌های باران با چه تندی برحسب متر بر ثانیه به سطح زمین می‌رسند؟ $(g = ۱۰\ m/s^۲)$

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)

۸۷– جسمی به جرم ۲۰۰ گرم را از سطح زمین با تندی $۱۰ m/s$ در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. با نادیده گرفتن اتلاف انرژی: $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۲)

آ) انرژی جنبشی آن در لحظه‌ی پرتاب چند ژول است؟

ب) جسم تا چه ارتفاعی برحسب متر بالا می‌رود؟

۸۸– در شرایط خلأ گلوله‌ای به جرم ۲۰۰ گرم از ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین رها می‌شود. در لحظه‌ای که انرژی جنبشی گلوله به $۸ J$ می‌رسد، ارتفاع گلوله از سطح زمین چند متر است؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)

۸۹– در شرایط خلأ توپی به جرم $۰/۵ kg$ را از سطح زمین با تندی $۸ m/s$ در امتداد قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

آ) انرژی پتانسیل گرانشی در بالاترین ارتفاعی که توپ به آن می‌رسد، چند ژول است؟

(صفحه‌ی۴۸ -مکمل و مرتبط با مثال۲-۱۲)

ب) تندی آن در نیمه‌ی راه چند متر بر ثانیه است؟

۹۰– جسمی به جرم $۰/۵ kg$ را از ارتفاع $۲ m$ نسبت به سطح زمین با تندی $۱۰ \frac{m}{s}$ به بالا پرتاب می‌کنیم. این جسم حداکثر تا چه ارتفاعی از سطح زمین بالا می‌رود؟ $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۴۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۱۴)

۹۱- گلوله‌ای به جرم $2kg$ را از سطح زمین در راستای قائم به طرف بالا پرتاب می‌کنیم. گلوله حداکثر تا ارتفاع ۵ متر از سطح زمین بالا می‌رود. اگر از مقاومت هوا صرف‌نظر شود، تعیین کنید:

(صفحه‌ی ۲۲- مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۱۴)

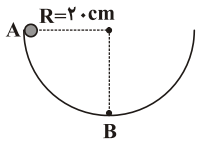
آ) انرژی مکانیکی گلوله در ارتفاع ۵ متری از سطح زمین۶

ب) تندی اولیه‌ی پرتاب گلوله

پ) کار نیروی وزن گلوله در این جابجایی

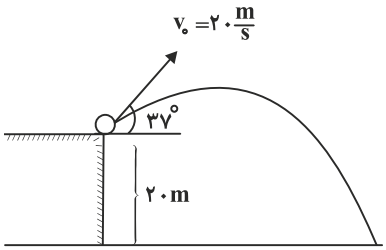
۹۲- مطابق شکل مقابل، گلوله‌ی کوچکی به جرم $200g$ را از نقطه‌ی A روی نیمکره‌ای به شعاع $20cm$ رها می‌کنیم. با صرف نظر از اتلاف انرژی، تندی گلوله در نقطه‌ی B چند متر بر ثانیه می‌شود؟ $(g=10\frac{m}{s^2})$

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)



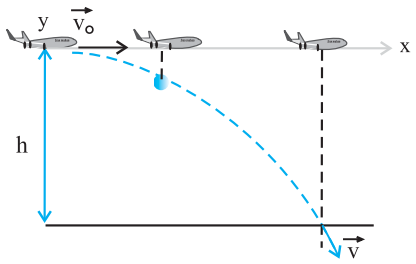
۹۳- از بالای یک بلندی به ارتفاع $20m$ جسمی به جرم $4kg$ را با تندی $20\frac{m}{s}$ تحت زاویه‌ی 37° نسبت به افق پرتاب می‌کنیم. تندی جسم در هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ (از مقاومت هوا صرفنظر می‌کنیم.)

(صفحه‌ی۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۳)



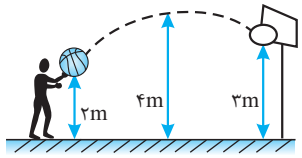
۹۴– در شکل زیر، هواپیمایی که در ارتفاع ۲۵۰ متری با تندی $۹۰۰\frac{km}{h}$ به طور افقی پرواز می‌کند، بسته‌ای را رها می‌کند. اگر از مقاومت هوا صرف نظر شود، اندازه‌ی تندی بسته در لحظه‌ی برخورد به زمین، چند متر بر ثانیه است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$

(صفحه‌ی ۵۸- مکمل و مرتبط باتمرین ۱۳)



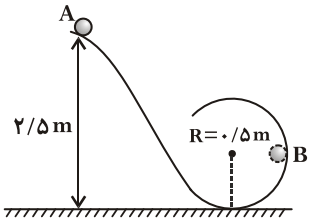
۹۵– یک ورزشکار مطابق شکل توپی را با تندی $۸\frac{m}{s}$ به طرف سبد پرتاب می‌کند، تندی توپ را در دهانه‌ی سبد بیابید (از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مشابه با مثال ۲-۱۲)



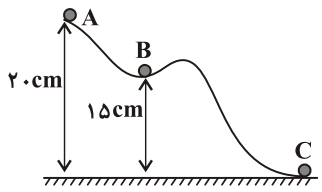
۹۶– در شکل مقابل، گلوله‌ای را از نقطه‌ی A رها می‌کنیم. با صرف نظر از اتلاف انرژی، تندی گلوله در نقطه‌ی B چند متر بر ثانیه است؟ مسیر منحنی را به صورت دایره‌ای به شعاع ۰/۵ متر فرض کنید. $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)



۹۷– مطابق شکل مقابل، وزنه‌ای از نقطه‌ی A رها می‌شود. تندی وزنه در نقطه‌ی C چند برابر تندی آن در نقطه‌ی B است؟ اتلاف انرژی در مسیر حرکت ناچیز است. $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی۵۹- مکمل و مشابه با مثال ۱۷)

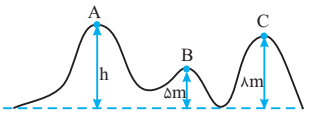


۹۸– جسمی به جرم ۱kg مطابق شکل از نقطه‌ی A رها می‌شود. اگر تندی جسم در نقطه‌ی B، $۱۰\frac{m}{s}$ باشد و از اصطکاک سطوح صرف‌نظر شود.

(صفحه‌ی ۵۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۷)

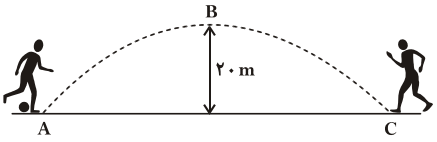
الف) جسم از چه ارتفاعی نسبت به سطح زمین رها شده است؟ $(h = ?)$

ب) تندی جسم در نقطه‌ی C چند $\frac{m}{s}$ خواهدبود؟



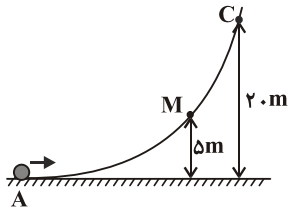
۹۹– مطابق شکل مقابل، دروازه‌بان یک تیم فوتبال با یک ضربه‌ی بلند توپ را با تندی $۱۰۸\frac{km}{h}$ برای مهاجم تیمش ارسال می‌کند. تندی توپ در نقطه‌ی اوج (نقطه‌ی B) و در لحظه‌ی رسیدن به زمین (نقطه‌ی C) چند متر بر ثانیه است؟ (از اتلاف انرژی صرف نظر کنید و $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$)

(صفحه‌ی ۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۴)

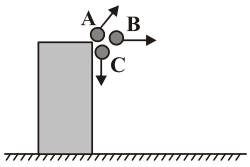


۱۰۰– در شکل مقابل، اگر تندی گلوله در نقطه‌ی A برابر با v باشد، گلوله حداکثر تا نقطه‌ی M بالا می‌رود. اگر بخواهیم گلوله حداکثر تا نقطه‌ی C بالا برود، باید تندی گلوله در نقطه‌ی A را چند متر بر ثانیه افزایش دهیم؟ ($g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ و اتلاف انرژی ناچیز است.)

(صفحه‌ی ۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۴)

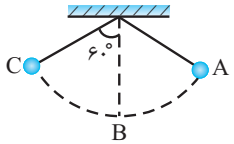


۱۰۱– در شکل مقابل، گلوله‌های A، B و C از بالای یک بام و از ارتفاع‌های یکسان با تندی $۴\frac{m}{s}$ در جهت‌های نشان داده شده پرتاب می‌شوند. با صرف نظر کردن از مقاومت هوا، اگر تندی برخورد گلوله‌ها به سطح زمین را به ترتیب V_A، V_B و V_C بنامیم، کدام گزینه رابطه‌ی بین تندی‌ها را درست نشان می‌دهد؟ (صفحه‌ی۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین۱۵)



۱) $V_A = V_B > V_C$
۲) $V_A = V_B = V_C$
۳) $V_A > V_B > V_C$
۴) $V_A < V_B < V_C$

۱۰۲– آونگی به جرم ۴kg و طول ۱/۶cm را مطابق شکل به اندازه‌ی ۶۰° از وضعیت قائم منحرف و از حال سکون رها می‌کنیم.



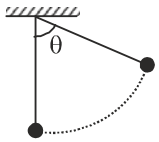
الف) تندی آونگ هنگامی که از وضعیت قائم می‌گذرد، چه قدر است؟

ب) آونگ تا چه ارتفاعی نسبت به نقطه‌ی B بالا می‌رود؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر کنید.)

(صفحه‌ی ۵۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۸)

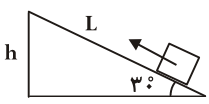
۱۰۳– یک آونگ ساده با حداکثر انحراف ۴۵ درجه حول وضع تعادلش تاب می‌خورد. با صرف‌نظر کردن از اتلاف انرژی، اگر بیش‌ترین انرژی پتانسیل گرانشی آن را U و بیش‌ترین انرژی جنبشی آن را K بنامیم، نسبت $\frac{U}{K}$ چقدر است؟ (وضع تعادل آونگ مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی است.) (صفحه‌ی ۵۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۸)

۱۰۴– آونگی به جرم m و طول L را مطابق شکل، θ درجه منحرف کرده و رها می‌کنیم. ثابت کنید که تندی گلوله در وضعیت تعادل از رابطه $v = \sqrt{۲gL(۱-\cos\theta)}$ بدست می‌آید. (صفحه‌ی۵۹- مکمل ومرتبط با تمرین۱۸)



۱۰۵– مطابق شکل جسمی به جرم ۴kg از پایین سطح شیب‌داری با تندی $۱۰\frac{m}{s}$ به طرف بالا پرتاب می‌شود. با صرف نظر از اصطکاک: (صفحه‌ی ۵۸- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۴)

آ) جسم حداکثر چه طولی روی سطح شیب‌دار بالا می‌رود؟



ب) کار نیروی وزن و کار برایند نیروها در این جابه‌جایی چقدر است؟

پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین، جسم و فنر

در این مسائل علاوه بر این که جسم تحت نیروی گرانشی زمین است، تحت نیروی فنر نیز می‌باشد. در این صورت انرژی پتانسیل هم از نوع کشسانی و هم گرانشی است.

برای حل این مسأله‌ها نیز تمام موارد قبلی را انجام می دهیم که عبارت است از:

۱. رسم شکل مساله

۲. تعیین موقعیت (۱) و (۲)

۳. تعیین اختلاف ارتفاع دو موقعیت (h)

۴. نوشتن رابطه‌ی E_1 و E_2، که در این‌جا جسم می تواند هم دارای انرژی پتانسیل گرانشی و هم کشسانی باشد.

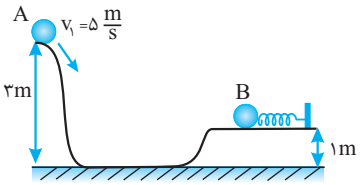
۵. نوشتن تساوی $E_1 = E_2$ و حل مساله.

تذکر: اگر فنر در حال فشرده شدن باشد، انرژی پتانسیل در آن ذخیره می‌شود و اگر در حال رها شدن باشد، انرژی پتانسیل آن آزاد می‌شود. در ضمن در برخورد جسم به فنر، حداکثر فشردگی فنر که حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر را در برخواهد داشت، جسم یک لحظه متوقف می‌شود و تمام انرژی جنبشی جسم به انرژی پتانسیل کشسانی فنر تبدیل شده است.

پایستگی انرژی مکانیکی در سامانه‌ی متشکل از زمین، جسم و فنر

۱۰۶– گلوله‌ای به جرم $2\,kg$ را از نقطه‌ی A با تندی $5\frac{m}{s}$ مطابق شکل به طرف پایین پرتاب می کنیم گلوله پس از طی مسیر مشخص شده در نقطه‌ی B به فنری برخورد می‌کند. حداکثر انرژی پتاسیل ذخیره شده در فنر چقدر است) (از اتلاف انرژی صرف‌نظر کنید.)

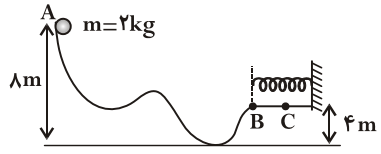
(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)



۱۰۷– در شکل مقابل، گلوله‌ای از نقطه‌ی A رها شده و در نقطه‌ی B به فنری برخورد می‌کند و آن را تا نقطه‌ی C فشرده می‌کند و متوقف می‌شود. اگر از اتلاف انرژی صرف نظر شود، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر چند ژول است؟

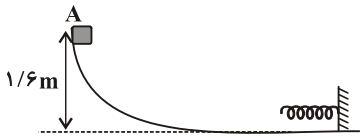
$(g = 10\frac{m}{s^2})$

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)



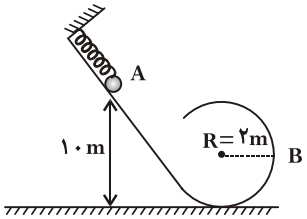
۱۰۸– مطابق شکل مقابل، وزنه‌ای به جرم $۲\,kg$ از ارتفاع $۱/۶\,m$ از سطح زمین رها می‌شود و در پایین سطح شیبدار به فنری برخورد کرده، آن را فشرده می‌کند و در طی فشرده کردن فنر در یک نقطه انرژی جنبشی وزنه با انرژی پتانسیل کشسانی فنر برابر می‌شود. در این نقطه تندی وزنه چند متر بر ثانیه است؟ از اتلاف انرژی صرف نظر کنید. $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

(صفحه ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)



۱۰۹– مطابق شکل مقابل، توسط یک گلوله‌ی ۲ کیلوگرمی فنری را فشرده کرده‌ایم و در آن $۲۴۰\,J$ انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده است. اگر گلوله را رها کنیم، تندی گلوله در نقطه‌ی B چند متر بر ثانیه می‌شود؟ شعاع مسیر منحنی نیمکره، $۲m$ است و از اتلاف انرژی صرف نظر می‌شود. $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$

(صفحه‌ی ۴۸- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۳)



انرژی درونی و انرژی تلف شده

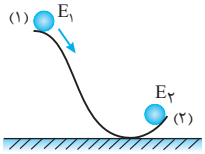
تعریف انرژی درونی: مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل دهنده‌ی یک جسم را انرژی درونی آن جسم می‌گوییم.

تفاوت انرژی مکانیکی و انرژی درونی جسم: وقتی در مورد انرژی مکانیکی یک جسم گفت‌وگو می کنیم، منظور مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل جسم در کلیت جسم است و به مولکول‌های درون آن کاری نداریم. اما وقتی از انرژی درونی جسم بحث می‌کنیم در واقع به درون جسم نگاه می‌کنیم و انرژی مولکول های جسم را از دید میکروسکوپی بررسی می‌کنیم. مثلاً انرژی درونی یک فنجان چای در طبقه‌ی اول یک ساختمان با انرژی درونی همان فنجان چای در طبقه‌ی دوم یکسان است. اما انرژی مکانیکی آن‌ها متفاوت است.

تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی درونی: وقتی دو جسم نسبت به هم می‌لغزند بخشی از انرژی مکانیکی حاصل از حرکت دو جسم باعث افزایش انرژی درونی آن‌ها (که معمولاً به صورت گرم‌تر شدن یا افزایش دما نمایان می‌شود.) می گردد. مثلاً اگر جسمی را از روی تپه‌ای رها کنیم، بخشی از انرژی پتانسیل آن که در بالای تپه داشته، در حین پایین آمدن از طریق اصطکاک بین جسم و سطح تپه و مقاومت هوا باعث افزایش انرژی درونی جسم و تپه و هوا می‌شود و در انتهای مسیر، انرژی مکانیکی جسم کاهش یافته می‌یابد.

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

رابطه‌ی تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی درونی: در طی مسیر یک جسم، اگر نیروهای مقاوم مانند اصطکاک و مقاومت هوا وجود داشته باشد، تمام یا بخشی از انرژی مکانیکی جسم به انرژی درونی جسم تبدیل می‌شود.



اگر انرژی مکانیکی جسم را در موقعیت (۱) E_1 و در موقعیت (۲) E_2 و اتلاف انرژی را (W_f) بگیریم. آنگاه اختلاف $E_2 - E_1$ برابر W_f خواهد بود.

$$W_f = E_2 - E_1$$

تذکر: با توجه به این که اگر اتلاف انرژی داشته باشیم قطعاً انرژی مکانیکی کم می‌شود. پس E_2 کم‌تر از E_1 و W_f همواره منفی خواهد بود. $(W_f < 0)$

انرژی درونی و انرژی تلف شده

۱۱۰– آ) انرژی درونی را تعریف کنید. (صفحه‌ی ۴۹– مرتبط با پاراگراف اول)

ب) چگونه می‌توان به افزایش انرژی درونی یک جسم پی برد؟ (صفحه‌ی ۴۹– مرتبط با پاراگراف دوم)

۱۱۱– کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب نمایید.

آ) مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی جسم، انرژی (درونی ـ جنبشی) نامیده می‌شود.

(صفحه‌ی ۴۹– مرتبط با پاراگراف اول)

ب) در اثر مالش دو جسم به یکدیگر، انرژی (جنبشی ـ درونی) آن‌ها افزایش می‌یابد. (صفحه‌ی ۴۹– مرتبط با پاراگراف اول)

ت) وقتی جسمی در هوا حرکت می‌کند، بر اثر برخورد با مولکول‌های هوا انرژی درونی آن (کاهش ـ افزایش) می‌یابد.

(صفحه‌ی ۴۹– مرتبط با پاراگراف اول)

ث) در اثر مالش دو سطح بر روی یک‌دیگر، مقداری انرژی به انرژی درونی دو جسم تبدیل می‌شود که اصطلاحاً آن را (انرژی جنبشی ـ انرژی تلف شده) می‌گویند. (صفحه‌ی ۴۹– مرتبط با پاراگراف دوم)

۱۱۲– آ) توپ فوتبال با تندی زیاد به تور دروازه می‌خورد و متوقف می‌شود. انرژی جنبشی توپ چه شده است؟

ب) خودرویی با تندی بالا در حرکت است. ناگهان مانعی می‌بیند، ترمز می‌کند و پس از طی مسافتی می‌ایستد، انرژی جنبشی خورو در این جابه‌جایی چه شده است؟ (صفحه‌ی ۴۹– مکمل و مرتبط با پرسش ۲–۴)

قانون پایستگی انرژی

۱۱۳– توپی به جرم ۲۰۰g از ارتفاع ۱۵ متری از سطح زمین رها می‌شود و به زمین برخورد می‌کند. اگر در اثر برخورد به زمین، ۴ ژول از انرژی اولیه‌ی توپ تلف شود، توپ در برگشت تا چه ارتفاعی برحسب متر بالا می‌رود؟ (از اصطکاک هوا صرف نظر کنید و $g = ۱۰ m/s^۲$)

(صفحه‌ی۵۰– مرتبط با رابطه‌ی ۲–۱۰)

۱۱۴– از بالگردی که در ارتفاع ۵۰ متری سطح زمین با سرعت ۱۰m/s در پرواز است، بسته ای به جرم ۱۰kg رها می شود و با سرعت ۲۰m/s به زمین می رسد. کار نیروی مقاومت هوا بر روی بسته را از لحظه‌ی رهاشدن تا هنگام رسیدن به زمین حساب کنید $g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$ است.

(صفحه‌ی ۵۰– مکمل و مشابه با مثال ۲–۱۴)

۱۱۵– کاهش انرژی پتانسیل گرانشی جسمی براثر سقوط از ارتفاع ۶ متری، $80\,J$ و افزایش انرژی جنبشی آن $50\,J$ می‌باشد. نیروی مقاومت هوا چقدر است؟

(صفحه‌ی ۵۰ – مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۴)

۱۱۶– جسمی به جرم $2kg$ با سرعت $10\,\frac{m}{s}$ روی سطح افقی در حال حرکت است و پس از ۱۰ متر متوقف می‌شود.

(صفحه‌ی ۵۱ – مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۱۵)

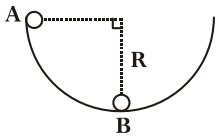
آ) اگر تمام انرژی جسم باعث گرم شدن جسم شود، افزایش انرژی درونی جسم چند ژول است؟

ب) اندازه نیروی اصطکاک را بدست آورید.

۱۱۷– گلوله‌ای به جرم $2kg$ با سرعت اولیه‌ی $30\,\frac{m}{s}$ از سطح زمین رو به بالا پرتاب می‌شود. اگر گلوله با سرعت $20\,\frac{m}{s}$ به زمین برگردد، کار نیروی مقاومت هوا چند ژول است؟

(صفحه‌ی ۵۰ – مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۴)

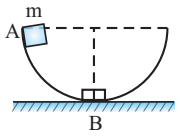
۱۱۸– جسمی به جرم $1kg$ را از نقطه‌ی A مطابق شکل روی سطح نیم‌کره‌ای به شعاع ۸۰ سانتی‌متر رها می‌کنیم. جسم در نقطه‌ی B متوقف می‌شود. کار نیروی اصطکاک در این جابه‌جایی چند ژول است؟



(صفحه‌ی ۵۰ – مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۴)

۱۱۹– مطابق شکل جسمی به جرم m را از نقطه‌ی A به داخل نیم کره به شعاع r رها می‌کنیم، اگر جسم در نقطه‌ی B متوقف شود. کار نیروی اصطکاک را از دو روش بیابید:

(صفحه‌ی ۵۰ – مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۴)

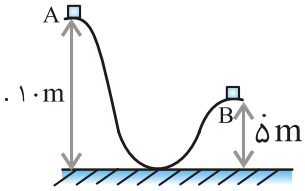


آ) به کمک قانون پایستگی انرژی

ب) به کمک قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی.

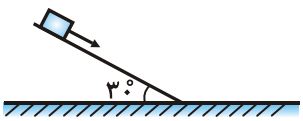
پ) در این‌جا چه رابطه‌ای بین کار نیروی وزن و کار نیروی اصطکاک وجود دارد؟

۱۲۰– اگرجسمی به جرم ۲۰۰ گرم مطابق شکل از نقطه‌ی A با سرعت اولیه‌ی $۱۰\frac{m}{s}$ پرتاب شود و بعد از رسیدن به نقطه‌ی B سرعت آن به $۵\frac{m}{s}$ برسد، چه مقدار انرژی در مسیر توسط اصطکاک تلف شده است؟ $(g=۱۰\frac{N}{kg})$



(صفحه‌ی ۵۰– مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۱۴)

۱۲۱– از بالای سطح شیبداری جسمی به جرم $۲kg$ را با سرعت $۴\frac{m}{s}$ رو به پایین پرتاب می‌کنیم. اگر سطح بدون اصطکاک و طول آن برابر ۶ متر باشد: $(g=۱۰m/s^۲)$

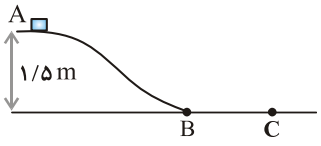


(صفحه‌ی ۵۰– مکمل ومرتبط باتمرین ۲-۱۴)

آ) تندی جسم در پایین سطح شیبدار چقدر است؟

ب) اگر جسم روی سطح افق پس از طی مسافت ۸ متر بایستد، نیروی اصطکاک بین سطح افق و جسم چقدراست؟ $(\sin ۳۰=۰/۵)$

۱۲۲– جسمی به جرم $۲kg$ بدون سرعت اولیه از نقطه‌ی A به پایین می‌لغزد و پس از طی مسیر افقی $BC=۴m$ در نقطه‌ی C متوقف می‌شود. اگر سطح AB بدون اصطکاک باشد: $(g=۱۰m/s^۲)$

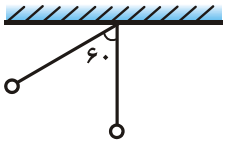


(صفحه‌ی ۵۰– مکمل و مرتبط با تمرین ۲-۱۴)

آ) سرعت گلوله در نقطه‌ی B چقدراست؟

ب) نیروی اصطکاک در مسیر BC چقدراست؟

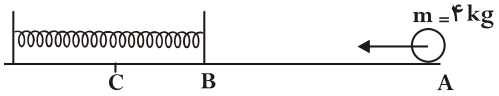
۱۲۳– در شکل مقابل، جرم گلوله‌ی آونگ ۲۰۰ گرم و طول نخ آن ۸۰ سانتی‌متر است. آونگ را ۶۰ درجه از وضع قائم منحرف کرده و از حال سکون رها می‌کنیم، تندی گلوله را هنگام عبور از وضع تعادل، در صورتی که تا آن لحظه ۰/۴ ژول انرژی به گرما تبدیل شده باشد، به دست آورید. $(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲})$



(صفحه‌ی ۵۹- مکمل و مرتبط با تمرین ۱۸)

۱۲۴– در شکل زیر مسیر AB بدون اصطکاک ولی مسیر BC دارای اصطکاک می‌باشد. گلوله با سرعت $۱۰ \frac{m}{s}$ از نقطه‌ی A به طرف فنر پرتاب می‌شود و پس از برخورد گلوله به فلز، گلوله در نقطه‌ی C متوقف می‌شود. اگر در مسیر BC، ۵۰J انرژی تلف شود، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی که در فنر ذخیره می‌شود، چقدر است؟

(صفحه‌ی۴۶-مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۱و صفحه ۵۰مرتبط با رابطه ۲-۱۰)

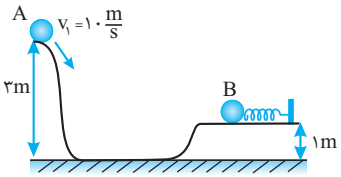


۱۲۵– مطابق شکل جسمی به جرم ۲kg از نقطه‌ی A با تندی $۱۰ \frac{m}{s}$ به طرف پایین پرتاب می‌کنیم. و تندی آن در نقطه‌ی B به $۸ \frac{m}{s}$ می‌رسد.

(صفحه‌ی۴۶-مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۱و صفحه ۵۰مرتبط با رابطه۲-۱۰)

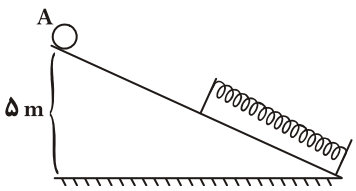
آ) کار نیروی اصطکاک را از A تا B به دست آورید.

ب) اگر در نقطه‌ی B جسم به فنری برخورد کند، حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر چقدر خواهد بود. به شرطی که ۲۰ ژول انرژی در طی فشرده کردن فنر تلف شود.



۱۲۶– در شکل مقابل گلوله‌ای به جرم ۱kg از نقطه‌ی A رها می‌شود و روی سطح بدون اصطکاک پایین می‌آید. اگر حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی فنر ۲۰J شود، کم‌ترین ارتفاعی که گلوله از سطح افقی خواهد داشت، چند متر می‌شود؟

(صفحه‌ی۴۶-مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۱و صفحه ۵۰مرتبط با رابطه ۲-۱۰)



توان
(۲۴ سؤال شناسنامه‌دار)

- محاسبه‌ی توان
- بازده

محاسبه‌ی توان

توان: آهنگ انجام کار را توان می‌نامیم.

توان متوسط: هنگامی که کار **W** در بازه‌ی زمانی Δt انجام می‌شود، کار انجام شده در واحد زمان یا توان متوسط $\overline{P}$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\overline{P}=\frac{W}{\Delta t}$$

که برای محاسبات لازم است کار (W) بر حسب ژول (J)، بازه‌ی زمانی (Δt) بر حسب ثانیه **(s)** جایگزین شود تا توان متوسط $(\overline{P})$ بر حسب وات (W) به دست آید. جهت سادگی در استفاده از روابط از $\overline{P}=\frac{W}{t}$ استفاده می‌کنیم.

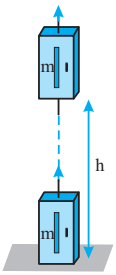
تعریف وات: یک وات برابر است با یک ژول بر ثانیه $(1W=\frac{1J}{1S})$

تذکر: اسب بخار (hp)، یکای قدیمی توان است و معادل توان دستگاهی است که جرم ۷۵ کیلوگرم را در مدت یک ثانیه به اندازه‌ی یک متر بالا ببرد که برابر ۷۶۴W است. $(1hp=764W)$

$$p=\frac{w}{t}=\frac{mgh}{t}=\frac{75\times 9/8\times 1}{1}=764$$

مقایسه‌ی دو دستگاه با توان‌های متفاوت: توان معرف آهنگ (سرعت) انجام کار است. وقتی می‌گوییم توان دستگاه A بیش‌تر از توان دستگاه B است، این بدان معنی است که در زمان یکسان، دستگاه A کار بیش‌تری نسبت به دستگاه B انجام می‌دهد.

محاسبه‌ی توان دستگاه‌های بالابر: در یک سری مسائل دستگاهی (بالابر، آسانسور- تلمبه و ...) مقداری جسم به جرم **m** را تا ارتفاع **h** به طور یکنواخت به طرف بالا جابه‌جا می‌کند. در این حالت کار انجام شده توسط دستگاه برابر کار نیروی وزن است: $(W=mgh)$ و داریم:



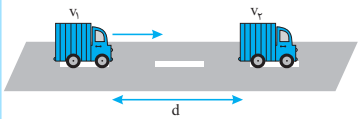
$$\overline{P}=\frac{W}{t}=\frac{mgh}{t}$$

بدیهی است که **m** بر حسب **kg** و **h** بر حسب **m** و t بر حسب **s** است که در نهایت $\overline{P}$ بر حسب وات به دست می‌آید.

محاسبه‌ی توان در صورت تغییر انرژی جنبشی (تغییر تندی): در یک گروه از مسائل اگر تندی یک ماشین (خودرو، کامیون، هواپیما و ...) در بازه‌ی زمانی Δt از یک مقدار معین مثلاً v_1 به مقدار دیگری مثل v_2 تغییر می‌کند. (معمولاً افزایش می‌یابد.)، در این صورت در رابطه‌ی $\overline{P}=\frac{W}{\Delta t}$ ، کار انجام شده (W) را از قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی می‌یابیم.

$$W_t=\Delta K=\frac{1}{2}m(v_2^2-v_1^2) \quad , \quad \overline{P}=\frac{W}{\Delta t}$$

۲) اگر جسمی با تندی ثابت v ، در اثر نیروی محرک **F** جابه‌جا شود، در این صورت توان متوسط نیروی **F** از رابطه‌ی $\overline{P}=F.\overline{V}$ به‌دست می‌آید، به اثبات توجه کنید:



$$P=\frac{W}{t}=\frac{F.d}{t}=F\times\frac{d}{E}=F\overline{v}$$

محاسبه‌ی توان

۱۲۷– توان را تعریف کنید. (صفحه‌ی ۵۱– مرتبط با پاراگراف دوم)

۱۲۸– کلمه یا عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

آ) یکای توان در SI (ژول . ثانیه ـ $\frac{\text{ژول}}{\text{ثانیه}}$) است. (صفحه‌ی ۵۱– مرتبط با پاراگراف سوم)

ب) هر اندازه کار معینی در زمان کمتری انجام شود، توان مقدار (بیش‌تری ـ کم‌تری) دارد. (صفحه‌ی ۵۱– مرتبط با پاراگراف دوم)

پ) هر اندازه کار بیشتری در یک زمان معین انجام شود، توان مقدار (بیش‌تری ـ کم‌تری) دارد.

(صفحه‌ی ۵۱– مرتبط با پاراگراف دوم)

ت) با استفاده از بازده می‌توان تعیین کرد که چه درصد از (انرژی ورودی ـ انرژی تلف شده) به کار یا انرژی خروجی تبدیل می‌شود.

(صفحه۵۳– مرتبط با پاراگراف دوم)

۱۲۹– جرم اتاقک بالابری همراه با بار داخل آن ۸۰۰kg است. اگر این بالابر در مدت ۱۰ ثانیه، از طبقه‌ی همکف به طبقه‌ی سوم که در ارتفاع ۹ متری است، برود، توان متوسط انجام کار به وسیله‌ی موتور بالابر، چه‌قدر است؟ $(g = ۱۰\frac{\text{m}}{\text{s}^۲})$

(صفحه‌ی ۵۹– مرتبط و مشابه باتمرین ۱۹)

۱۳۰– آسانسوری به جرم $۱۰۰\ \text{kg}$ می‌تواند ۵۰۰kg بار را در مدت ۲۰s، به اندازه‌ی ۱۰ متر با سرعت ثابت بالا ببرد. توان مفید آسانسور را حساب کنید. $(g = ۱۰\frac{\text{m}}{\text{s}^۲})$ (صفحه‌ی ۵۲– مکمل و مشابه با مثال ۲–۱۶)

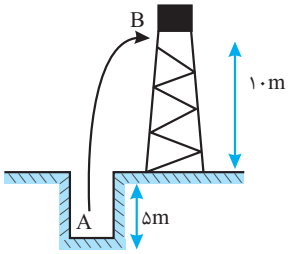
۱۳۱– یک موتورالکتریکی در مدت یک دقیقه، جسمی به جرم ۴kg را با سرعت ثابت $۰/۵\frac{\text{m}}{\text{s}}$ بالا می‌برد. توان موتور الکتریکی چند وات است؟ $(g = ۱۰\frac{\text{m}}{\text{s}^۲})$

(صفحه‌ی ۵۲– مرتبط و مکمل با مثال ۲–۱۶)

۱۳۲– توان مفید یک پله برقی $5000W$ است. این پله در هر دقیقه چند نفر به جرم متوسط $60kg$ را می‌تواند تا ارتفاع ۵۰ متری بالا ببرد؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$

(صفحه‌ی ۵۳– مرتبط و مکمل با مثال ۲–۱۷)

۱۳۳– یک تلمبه‌ی آب در هر دو دقیقه ۶۰۰ کیلو گرم آب را از عمق ۵ متری چاهی تا ارتفاع ۱۰ متری بالای سطح زمین وارد یک مخزن می‌کند. توان متوسط تلمبه چقدر است؟

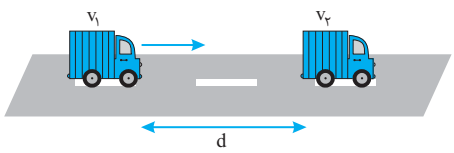


(صفحه‌ی۵۳– مکمل و مرتبط با مثال ۲–۱۷)

۱۳۴– سرعت اتومبیلی به جرم ۱۸۰۰ کیلوگرم در مدت ۲۰ ثانیه از $10\frac{m}{s}$ به $30\frac{m}{s}$ می‌رسد. توان متوسط برایند نیروهای وارد بر اتومبیل، چند کیلووات است؟

(صفحه‌ی ۵۱– مکمل و مشابه با مثال ۲–۱۵)

۱۳۵– مثال: یک کامیون به جرم ۸ تن با تندی $18\frac{km}{h}$ در حرکت است. اگر در مدت ۵ ثانیه، تندی آن به $36\frac{km}{h}$ برسد، توان متوسط موتور کامیون برای این جابه‌جایی چند وات، چند کیلووات و چند اسب بخار است؟



(صفحه‌ی ۵۱– مکمل و مرتبط با مثال ۲–۱۵)

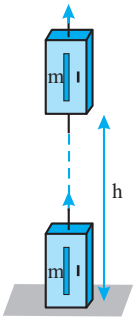
۱۳۶– موتوری با توان ۲۰ کیلووات نیروی ۵۰۰۰ نیوتون به جسمی وارد می‌کند و آن را با سرعت ثابت V حرکت می‌دهد. V چند متر بر ثانیه است؟

(صفحه‌ی ۵۱– مکمل و مرتبط با مثال ۲–۱۵)

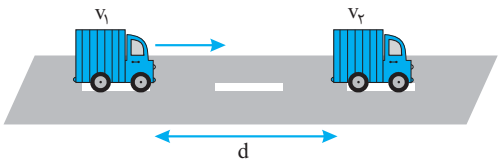
۱۳۷– برای بالا بردن جسمی تا ارتفاع h با سرعت ثابت v، توان P لازم است. برای بالا بردن همین جسم تا ارتفاع $2h$ و سرعت ثابت $3v$ چه توانی برحسب P لازم است؟

(صفحه‌ی ۵۱– مکمل و مرتبط با مثال ۲–۱۵)

بازده



کار مفید یا خروجی و کار تولیدی یا ورودی: وقتی آسانسوری چند مسافر را جابه‌جا می‌کند یا یک تلمبه مقداری آب را تا ارتفاع معینی بالا می‌برد. خودرو یا هواپیمایی مسافرانش را از یک شهر به شهر دیگری می‌برد، کار انجام شده در هر مورد در واقع کار مفید یا کار خروجی‌ای است که این ماشین‌ها برای ما انجام می‌دهند. اما همواره بخشی از انرژی یا کاری که این ماشین‌ها تولید می‌کنند صرف غلبه بر نیروهای مقاوم می‌شود، به عبارت دیگر تلف می‌شود. در طول تاریخ، رویای بشر این بود که بتواند دستگاهی بسازد که همه‌ی انرژی تولیدی را به کار مفید تبدیل کند، اما در عمل غیر ممکن است. بشر فقط توانسته، اتلاف انرژی را کاهش دهد.



بازده: همواره در عمل فقط بخشی از انرژی تولیدی یا انرژی ورودی به یک سامانه (ماشین) به کار مفید (انرژی خروجی) تبدیل می‌شود و بخش دیگری به صورت انرژی تلف شده (کار غیر مفید) تبدیل می‌شود که طبق قانون پایستگی انرژی همواره انرژی تولیدی برابر مجموع دو انرژی دیگر است. طبق تعریف نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی (کل انرژی) را در یک سامانه، بازده‌ی آن سامانه می گویند.

$$R_a = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{تولیدی}}} \times ۱۰۰ = \frac{E_{\text{مفید}}}{E_{\text{کل}}} \times ۱۰۰ \text{ درصد}$$

از طرف دیگر چون $W = P.t$ است و برای یک دستگاه در حال کار، انرژی تولیدی و مصرف انرژی مفید در یک بازه‌ی یکسان t بررسی می‌شود. می‌توان نوشت:

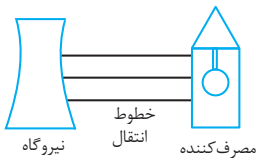
$$R_a \text{ درصد} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{تولیدی}}} \times ۱۰۰ = \frac{W_{\text{مفید}}}{W_{\text{تولیدی}}} \times ۱۰۰$$

معمولاً کارخانجات سازنده‌ی دستگاه‌ها، توان تولیدی دستگاه را روی آن حک می‌کنند. اما در عمل بسته به این که راندمان چقدر باشد توان مفید یا خروجی که کار مطلوب ما را انجام می‌دهند، متفاوت است.

بازده

۱۳۸– انرژی تولیدیی یک موتور الکتریکی در مدت معینی ۵۰۰۰ ژول است. اگر در این مدت ۱۵۰۰ ژول از انرژی آن تلف شود، بازده‌ی این موتور چقد راست؟ (صفحه‌ی ۵۳- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۱۲)

۱۳۹– نیروگاه‌های فسیلی یا هسته‌ای الکتریسته تولید می‌شود که توسط سیم‌های انتقال، به مصرف کننده می‌رسد. اگر مصرف کننده را فقط لامپ رشته‌ای در نظر بگیریم، این ۳ بخش (نیروگاه، خطوط انتقال توان الکتریکی و لامپ رشته‌ای) را از حیث میزان اتلاف انرژی و راندمان مقایسه کنید.



(صفحه ۵۴ – مکمل و مشابه فعالیت ۲ – ۲)

۱۴۰– در یک ماشین نسبت توان تلف شده به توان مفید $\frac{۱}{۳}$ است. بازده این ماشین چند درصد است؟ (صفحه‌ی ۵۳- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۱۲)

۱۴۱– شخصی به جرم $۸۰kg$ در مدت ۲۰ دقیقه از یک تپه به ارتفاع ۵۰ متر بالا می‌رود. توان مفید آن چقدراست؟ اگر بازده آن ۴۰٪ باشد، توان کل مصرفی او چقدراست؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$ (صفحه‌ی ۵۳- مرتبط با رابطه‌ی ۲-۱۲ و صفحه ی ۵۹ مکمل ومرتبط با تمرین۲۰)

۱۴۲– برای بالا بردن جسمی به جرم ۷۰ کیلوگرم تا ارتفاع ۱۰ متری زمین از یک موتورالکتریکی با توان ۲۰۰۰ وات استفاده می‌کنیم. $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$ (صفحه‌ی ۵۳- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۷)

آ) اگر بازده موتور ۷۰ درصد باشد، توان مفید موتور چندوات است؟

ب) زمان لازم برای انجام این کار را حساب کنید.

۱۴۳– یک موتورپمپ الکتریکی با توان ۲۰۰ وات مقداری آب به جرم ۴۰kg را از ته چاهی به عمق ۱۰ متر در مدت ۲۵ ثانیه به سطح زمین منتقل می‌کند. حساب کنید: $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$ (صفحه‌ی ۵۳- مکمل و مشابه با مثال ۲-۱۷)

آ) توان مفید خروجی

ب) بازده موتورپمپ الکتریکی

۱۴۴– توان ورودی یک پمپ آب ۲۰۰۰ W است. اگر این پمپ در یک دقیقه و چهل ثانیه مقدار ۱۶۰۰kg آب را از سطح زمین تا ارتفاع ۱۰ m از سطح زمین بالا ببرد، بازده آن چقدر است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$ (صفحه‌ی ۵۳- مکمل و مشابه با مثال ۲-۱۷)

۱۴۵– در یک ساختمان، با استفاده از یک موتور الکتریکی با توان ۲kW، مصالح ساختمانی بالا برده می‌شود. اگر بازده موتور ۸۰ درصد باشد، این موتور بار ۲۰۰kg را با چه سرعتی به ارتفاع ۱۰ متری می‌رساند؟ (صفحه‌ی۵۳- مکمل و مرتبط با مثال ۲-۱۷)

۱۴۶– تلمبه‌ای در هر دقیقه ۱۸۰ لیتر آب را با سرعت ثابت از چاهی به عمق ۱۲m از سطح زمین تا ارتفاع ۱۸ متری دهانه‌ی چاه بالا می‌فرستد. اگر بازده تلمبه ۸۰ درصد باشد، توان ورودی و توان خروجی آن را حساب کنید. (صفحه‌ی ۵۳- مکمل و مشابه با مثال ۲-۱۷)

۱۴۷– مصرف بنزین خودرویی که با سرعت $۹۰\frac{km}{h}$ حرکت می‌کند در هر ۸،۱۰۰ km لیتر است. انرژی شیمیایی موجود در هر لیتر بنزین $۳/۵\times۱۰^۷ J$ است. ۶۵ درصد انرژی ناشی از سوختن بنزین در این خودرو از طریق اگزوز و دستگاه خنک‌کننده‌ی موتور، مستقیماً به هوا داده می‌شود و ۱۵ درصد از انرژی در دستگاه تهویه، در دینام و در اثر اصطکاک بین اجزای موتور مصرف می‌شود.

آ) چند درصد از انرژی، صرف راندن خودرو می‌شود؟ و مقدار آن چقدر است؟ (صفحه‌ی ۵۳- مکمل و مرتبط با شکل ۲-۱۳)

ب) توان مفید خودرو چند وات است؟

پ) توان مفید این خودرو چند اسب بخار است؟

۱۴۸– ارتفاع یک سد ۱۰۰ متر است. توان الکتریکی مولدی که در پایین این سد قرار دارد، تقریباً برابر با $200\ MW$ است. اگر ۹۰٪ کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی پره‌های توربین بریزد؟ (جرم هر متر مکعب آب را $1000\ kg$ بگیرید.)

(صفحه‌ی ۵۴- مکمل و مشابه با تمرین ۱۷-۲)

۱۴۹– بازده بدن انسان در تبدیل انرژی غذایی به کار، تا حدودی به نوع فعالیت بستگی دارد. بازده بدن برای بالا رفتن از پله ۲۰٪ است. فرض کنید شخصی ۸۰ کیلوگرمی در مدت $10\ s$ از پلکانی به ارتفاع $2\ m$ بالا می‌رود. آهنگ مصرف انرژی شخص در این فعالیت چقدر است؟

(صفحه‌ی ۵۴- مکمل و مرتبط با فعالیت ۲-۳)

۱۵۰– در یک نیروگاه برق آبی، ارتفاع آب دریاچه‌ی بالایی حدود ۸۰ متر بالاتر از توربین نزدیک دریاچه‌ی پایینی است. $(g = 10 m/s^2)$

آ) سرعت برخورد آب با توربین، چند متر بر ثانیه است؟

(صفحه‌ی ۵۴- مکمل و مشابه با مثال ۲-۱۷)

ب) اگر در هر ساعت حدود ۹۰۰ تن آب به مجموعه‌ی توربین‌ها برخورد کند و بازده‌ی توربین‌ها حدود ۶۰ درصد باشد، توان این نیروگاه چند کیلووات است؟

پ) اگر برق مصرفی یک خانواده به طور متوسط $1600\ W$ باشد، این نیروگاه در هر ساعت برق چند خانواده را می‌تواند تأمین کند؟

۱- انرژی وابسته به حرکت جسم است. $K=\frac{۱}{۲}mV^۲$.

۲- آ) متحرک

ب) مجذور تندی

پ) مستقیم

ت) چهار

ث) افزایش

۳- $K=\frac{۱}{۲}mV^۲=۲۲/۵\times۱۰^{-۳}\,kJ$

۴- آ) $K=۱۰۰J$

ب) $m=۸kg$

پ) $V=۰/۲\frac{m}{s}$

ت) $V=۱۵\frac{m}{s}$

۵- $\Delta K=۱۸۷/۵KJ$

۶- آ) $V=۲۰\frac{m}{s}$

ب) کاهش یافته است. $\Delta K=-۳۱۲۵۰J$

۷- $\Delta V=V_۲-V_۱=۱۰-۱۵=-۵\frac{m}{s}$

۸- $m=۱۰kg$

۹- آ) $m=۸kg$

ب) $K=\frac{۱}{۲}(۸)(۱۰۰)=۴۰۰J$

۱۰- $\Delta K_۲=۸۷/۵m$ $\Delta K_۱=۶۲/۵m$

تغییر انرژی جنبشی در حالت دوم بیش‌تر از حالت اول است.

۱۱- $\frac{K_۲}{K_۱}=\frac{m_۲}{m_۱}\times(\frac{V_۲}{V_۱})^۲=\frac{۱}{۲}$

۱۲- $\frac{K_A}{K_B}=\frac{m_A}{m_B}\times(\frac{V_A}{V_B})^۲=\frac{۱}{۲۵}$

۱۳- $V_۲=۲۸\frac{m}{s}$

۱۴- $\frac{K_۱}{K_۲}=\frac{۱}{۱۲}$

۱۵- آ) $\frac{K_C}{K_A}=۱۶$

ب) $\frac{\Delta K_۲}{\Delta K_۱}=۴$

راهبرد حل

درصد تغییرات، انرژی حاصل از سوخت و انتقال انرژی

روش محاسبه‌ی درصد تغییرات: برای محاسبه‌ی درصد تغییرات انرژی جنبشی $(\frac{\Delta K}{K_۱}\times۱۰۰)$ به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

۱. ابتدا مقادیر $K_۱$ و $K_۲$ را به‌دست می‌آوریم.

۲. مقدار تغییر انرژی جنبشی $(\Delta K=K_۲-K_۱)$ را محاسبه می‌کنیم.

۳. با جاگذاری مقادیر ΔK و $K_۱$ در رابطه‌ی $(\frac{\Delta K}{K_۱}\times۱۰۰)$ درصد تغییر انرژی جنبشی تعیین می‌شود.

یا با پیدا کردن نسبت $\frac{K_۲}{K_۱}$ ، و کم کردن عدد ۱ از آن و ضرب در ۱۰۰ تغییر درصدی آن به‌دست می‌آید.

انرژی حاصل از سوخت: جرم معینی از هر ماده‌ی سوختنی دارای انرژی مشخصی است (که به ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد). انرژی آزاد شده حاصل از سوختن جرم m از این مواد از رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$E_t=$ انرژی آزاد شده به ازای واحد جرم × جرم سوخت

پس از محاسبه‌ی انرژی، بسته به خواسته‌ی مسئله، مجهول را می‌یابیم.

انتقال انرژی: اگر در اثر ضربه یا برخورد مقداری انرژی به یک جسم (مثلاً یک توپ) منتقل شود، انرژی جسم معادل (ΔK) تغییر می‌یابد. بنابراین کافی است با استفاده از رابطه‌ی $\Delta K=K_۲-K_۱$، مقدار $K_۲$ را محاسبه کرده و مسئله را حل کنیم.

۱۶- $\frac{\Delta K}{K_۱}\times۱۰۰=-۷۵\%$

۱۷- $\frac{\Delta K}{K_۱}\times۱۰۰=-۳۶\%$

۱۸- $m=۲۴۰۰kg$

۱۹- $K=\frac{۱}{۲}mV^۲\xrightarrow{K=۴J,m=۰/۵kg}V=۴\frac{m}{s}$

۲۲- $W_F=Fd=۵۰\times۱۵=۷۵۰J$

۲۳- آ) $W_F=Fd\xrightarrow{F=۲۰N,d=۲m}W_F=۴۰J$

ب) $W_{f_k}=-f_kd\xrightarrow{f_k=۱۶N,\,d=۲m}W_{f_k}=-۳۲J$

۲۴- آ) $W_F=Fd\xrightarrow{F=۱۰۰N,d=۳m}W_F=۳۰۰J$

ب) $W_{f_k}=-f_kd\xrightarrow{f_k=۱۶N,d=۳m}W_{f_k}=-۴۸J$

پ) $W_N=-Nd\cos۹۰\xrightarrow{\cos۹۰=۰}W_N=۰$

۲۵- $W_F = Fd \xrightarrow{F=۴۰N, d=۰/۵m} W_F = ۲۰J$

۲۶- آ) $W_{mg} = -۲۰۰J$

ب) $W_{mg} = ۰$

پ) $W_{mg} = +۲۰۰J$

ت) $W_{mg} = ۰$

۲۷- آ) $W_{mg} = -۱۵۰J$

ب) $W_F = +۱۸۰J$

۲۸- آ) $W_F = ۴۵۰۰J$

ب) $W_{mg} = ۰$

۲۹- آ) وقتی جسم را بلندمی‌کند.

$W_F = +Fd = +۵۰\times ۰/۵ = +۲۵J$

وقتی افقی حرکت می‌کند $W_F = Fd\cos ۹۰ = ۰$

وقتی جسم را پایین می‌گذارد $W_F = -Fd = -۲۵J$

ب) چون با تندی ثابت حرکت کرده است.

$$W_{mg} = -W_F \rightarrow \begin{cases} W_{mg} = -۲۵J \\ W_{mg} = ۰ \\ W_{mg} = +۲۵J \end{cases}$$

۳۰- در مسیر (۱)

$W_{mg} = W_{mg_{\text{افقی}}} + W_{mg_{\text{قایم}}} = ۰ + (-mgh) = -۴۰۰J$

در مسیر (۲)

$W_{mg} = mgd\cos(\alpha + ۹۰) = -mgd\sin\alpha = -۴۰۰J$

در مسیر (۳)

$W_{mg} = W_{mg_{\text{افقی}}} + W_{mg_{\text{قایم}}} = -۴۰۰J$

از مقایسه‌ی ۳ حالت، نتیجه می‌گیریم که: کار نیروی وزن به مسیر وابسته نیست.

۳۱- $W_{mg} = +mgh = (۰/۱)(۱۰)(۰/۱۲) = +۰/۱۲J$

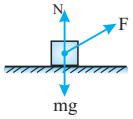
۳۲- آ) نیروی کشش ریسمان در هر لحظه بر مسیر عمود است. بنابراین:

$W_T = T.d\cos ۹۰^\circ \rightarrow W_T = ۰$

ب) $W_{mg} = mgh \xrightarrow{h=۰} W_{mg} = ۰$

۳۳- $W = Fd\cos\theta \xrightarrow{F=۶۰N, d=۵m, \theta=۶۰^\circ} W = ۱۵۰J$

۳۴- آ) $W_F = ۱۲۵۰\sqrt{۳}J$



ب) $W_{mg} = ۰$

پ) $W_N = ۰$

۳۵- آ) $W_{mg} = +mgh = ۳۰۰J$

ب) $W_{f_k} = -f_k d = -۸۰J$

پ) $W_N = ۰$

ت) $W_t = W_{mg} + W_{f_k} + W_N = ۳۲۰J$

۳۶-

$W_{F_۱} = F_۱ d\cos ۳۷ = ۲۸/۸\times ۱۰^۸ J$

$W_t = W_{F_۱} + W_{F_۲} = ۵۷/۶\times ۱۰^۸ J$

۴۱- $W_t = -۱۶۰۰J$

۴۲- $W_t = -۵۰J$

۴۳- $W_t = ۱۲۵J$

۴۴- $W_t = \Delta K = ۰$

۴۵- $W_t = \Delta K = ۱۰۸۰J$

۴۶- $\frac{W_{t۲}}{W_{t۱}} = \frac{۱}{۱۲}$

۴۷- $\frac{W_{t۲}}{W_{t۱}} = ۳$

راهبرد حل

رابطه‌ی بین F و d و قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی

حل مسائلی که علاوه بر کمیت‌های تندی و انرژی جنبشی، جابجایی (d) و نیرو (F) نیز مطرح می‌شود آن‌چه باعث تغییر انرژی جنبشی می‌شود، کار نیروی F_t است. بنابراین دستگاهی شامل دو رابطه‌ی زیر را حل می‌کنیم:

$$W_t = \Delta K = \frac{۱}{۲}m(v_۲^۲ - v_۱^۲) \quad (۱)$$

$$W_t = F_t.d\ \cos\theta \quad (۲)$$

تذکر: جابه‌جایی جسم به هر صورتی باشد (افقی یا قائم یا منحنی) در تغییر تندی جسم از $v_۱$ به $v_۲$، کار کل برابر تغییر انرژی جنبشی جسم از موقعیت (۱) به (۲) است.

۴۸- $v = ۲۵\frac{m}{s}$

۴۹- $v = ۱۰\sqrt{۶}\frac{m}{s}$

۵۰- $K_۲ = ۴۰۰J$

۵۱- $\frac{W_t}{W_{mg}} = -\frac{۱}{۴}$

۵۲- $d = ۶/۲۵m$

راهنمایی

ابتدا مسافت طی شده تا توقف (d) را از رابطه‌ی $W_t = f.d = \Delta K$ بیابید و با ۲۰ متر مقایسه کنید.

۵۳– آ) به مانع برخورد می‌کند. $d = ۴۰\ m$

ب) $W_t = -۴\times۱۰^۵\ J$

پ) $W_f = -۴\times۱۰^۵\ J$

۵۴– $f = ۵۰۰\ N$

۵۵– آ) $W_f = -۶۰۰۰\ J$

ب) $f = ۱۵۰۰۰\ N$

۵۶– آ) $W_t = ۰/۴\ J$

ب) $W_{mg} = ۶۰\ J$

پ) $W_f = -۵۹/۶\ J$

۵۷– $W_f = -۱۰\ J$

راهنمایی

در ابتدا با استفاده از رابطه‌ی $W_t = \Delta K$ ، کار کل را بیابید، سپس از رابطه‌ی $W_t = W_{mg} + W_f$ ، مسئله را حل کنید. (دقت کنید که $W_{mg} = mgh$ است)

۵۸– $W_f = -۸۱\ J$

۶۴– $U = mgh = ۱۲۰\ J$

۶۵– $U = mgh = ۴\times۱۰^۷\ J\ ,۴\times۱۰^۳\ KJ$

۶۶– $\Delta U = ۲۰\ J$ افزایش می‌یابد.

۶۷– آ) $\Delta U = ۶\ J$

ب) $U = -۳\ J$

پ) $U = ۰$

نتیجه این‌که مقدار انرژی پتانسیل گرانشی جسم به انتخاب مبدأ پتانسیل بستگی دارد.

۶۸– آ) $\Delta U = ۲۷\ J$

ب) $\Delta U = ۲۷\ J$

۶۹– $W_{mg} = -mgh = -۳۰۰\ J$

$\Delta U = -W_{mg} = +۳۰۰\ J$

۷۰– آ) درصد کاهش $U = \frac{\Delta U}{U_۱}\times۱۰۰ = -\%۲۰$

ب) خیر ندارد.

۷۱– آ) $U = mgh \rightarrow = ۹/۸\frac{N}{kg}$

ب) $U = ۲۴۵\ J$

۷۵– آ) $W_s = -\Delta U_s = -۲۰\ J$

ب) $W_t = W_f + W_s \rightarrow W_f = -۳۰\ J$

۷۹– ب) $h = \frac{V_۰^۲}{۶g}$

۸۰–

$\Delta K = K_۲ - K_۱ = W_t = W_{mg} = +mgh$

$\Delta U = U_۲ - U_۱ = ۰ - mgh = -mgh$

$\Delta E = E_۲ - E_۱ = ۰$

۸۱– پس از رهاکردن فنر انرژی پتانسیل کشسانی فنر آزاد شده (کاهش یافته) و به انرژی جنبشی وزنه تبدیل می‌شود.

۸۲– در نقطه‌ی A انرژی پتانسیل گرانشی در گلوله وجود دارد که با سقوط تا نقطه‌ی B تمام انرژی پتانسیل گرانشی به انرژی جنبشی گلوله تبدیل می‌شود و سپس از نقطه‌ی B تا نقطه‌ی C انرژی جنبشی گلوله به انرژی پتانسیل کشسانی فنر تبدیل شده و گلوله متوقف می‌شود.

۸۳– اگر اصطکاک موجود نباشد اتلاف انرژی نیز نداشته و تمام انرژی پتانسیل گرانشی موجود در جسم به انرژی جنبشی جسم تبدیل می‌شود. یعنی:

$K_۲ = U_۱ = mgh$

و چون ارتفاع سقوط هر سه جسم یکسان است تندی آن ها نیز در رسیدن به زمین برابر بوده و هر سه با هم به زمین می‌رسند.

$\frac{۱}{۲}mV_۲^۲ = mgh \rightarrow V_۲ = \sqrt{۲gh}$

اما در صورتی که اصطکاک موجود باشد، هر چه مسیر طولانی‌باشد اتلاف انرژی نیز بیش‌تر بوده و در پایان سرعت آن کم‌تر شده و دیرتر به زمین می‌رسد.

۸۴– در لحظه‌ی رها کردن گلوله‌ی آونگ دارای انرژی پتانسیل گرانشی است که در ادامه‌ی حرکت تا پایین‌ترین نقطه انرژی پتانسیل آن به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود، سپس به علت دارا بودن انرژی جنبشی به حرکت خود ادامه داده و بالاتر می‌رود تا تمام انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل گرانشی تبدیل گردد و این عمل دائماً تکرار می‌شود.

۸۵– تندی این گلوله به جرم آونگ بستگی نداشته و فقط بـه طـول و زاویه‌ی انحراف وابسته است.

$$E_۱ = K_۱ + U_۱ \xrightarrow{V_۱=۰} E_۱ = mgh$$

$$E_۲ = K_۲ + U_۲ \xrightarrow{h=۰} E_۲ = \frac{۱}{۲}mV^۲$$

$$E_۱ = E_۲ \rightarrow V = \sqrt{۲gh}$$

۸۶– $v = \sqrt{۲gh} = ۴۰\sqrt{۱۰}\,\frac{m}{s}$

۸۷– آ) $K_۱ = ۱۰J$

ب) $h = ۵m$

۸۸– $h = ۶m$

۸۹– آ) $U = ۱۶J$

ب) $v = ۴\sqrt{۲}\,\frac{m}{s}$

۹۰– $h_{max} = ۷m$

۹۱– آ) $U = ۱۰۰J$

ب) $v_۱ = \sqrt{۲gh} = ۱۰\,\frac{m}{s}$

پ) $W_{mg} = -mgh = -۱۰۰J$

۹۲– $v = \sqrt{۲gh} = ۲\,\frac{m}{s}$

۹۳– $v_۲ = \sqrt{v_۱^۲ + ۲gh} = ۲۰\sqrt{۲}\,\frac{m}{s}$

۹۴– $v = ۱۵۰\sqrt{۳}\,\frac{m}{s}$

۹۵– $v = ۲\sqrt{۱۱}\,\frac{m}{s}$

۹۶– $v_B = ۲\sqrt{۱۰}\,\frac{m}{s}$

۹۷– $\frac{v_C}{v_B} = ۲$

۹۸– آ) $h = ۱۰m$

ب) $v_C = ۲\sqrt{۱۰}\,\frac{m}{s}$

۹۹– $v_B = ۱۰\sqrt{۵}\,\frac{m}{s}, v_C = ۳۰\,\frac{m}{s}$

۱۰۰– $\Delta v = ۱۰\,\frac{m}{s}$

۱۰۱– $v_A = v_B = v_C$

۱۰۲– آ) $v_B = ۴\,\frac{m}{s}$

ب) تا همان ارتفاع اولیه بالا می‌رود.

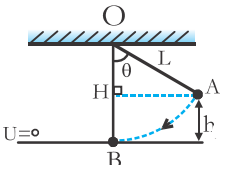
۱۰۳– $U_{max} = K_{max} \rightarrow \frac{U_{max}}{K_{max}} = ۱$

۱۰۴– این مسئله‌ی پارامتری به‌طور کامل آمده است:

$h = \ell(۱ - \cos\theta)$

$E_۱ = K_۱ + U_۱ \xrightarrow{V_۱=۰}$

$E_۱ = mg\ell(۱ - \cos\theta)$



$E_۲ = K_۲ + U_۲ \xrightarrow{V_۲=?\,,\,h_۲=۰} E_۲ = \frac{۱}{۲}mV_۲^۲$

$E_۲ = E_۱ \rightarrow V_۲ = \sqrt{۲g\ell(۱ - \cos\theta)}$

۱۰۵– آ) $h = ۱۰m$

ب) $W_{mg} = -۲۰۰J\,,\,W_t = -۲۰۰J$

۱۰۶– $E_A = E_B \rightarrow U_s = ۶۵J$

۱۰۷– $U_{max} = ۸۰J$

۱۰۸– $v = ۴\,\frac{m}{s}$

۱۰۹– $v_B = ۲۰\,\frac{m}{s}$

۱۱۳– $h = ۱۳m$

۱۱۴– $W_f = -۳۵۰۰J$

۱۱۵– $f = ۵N$

۱۱۶– آ) $|W_f| = ۱۰۰J$

ب) $f = ۱۰N$

۱۱۷– $W_f = -۵۰۰J$

۱۱۸– $W_f = -۸J$

۱۱۹– آ) $W_f = -mgh$

ب) $W_f = -mgh$

پ) در این حالت کار نیروی وزن منفی کار نیروی اصطکاک است.

۱۲۰– $W_f = -۱۷/۵J$

۱۲۱– آ) $v_۲ = \sqrt{۷۶}\,\frac{m}{s}$

ب) $f = ۹/۵N$

۱۲۲– آ) $v_B = \sqrt{۳۰}\,\frac{m}{s}$

ب) $f = ۷/۵N$

۱۲۳– $v = ۲\,\frac{m}{s}$

۱۲۴– $U_{max} = ۱۵۰J$

۱۲۵- آ) $W_f = E_B - E_A = -۷۶\,J$

ب) $U_s = ۱۲\,J$

۱۲۶- $h_{min} = ۳\,m$

۱۲۹- $\bar{P} = \frac{W}{t} = ۷۲۰۰(W)$

۱۳۰- $\bar{P} = ۳\times۱۰^{۳}\,W$

۱۳۱- $\bar{P} = ۲۰\,W$

۱۳۲- ۱۰ نفر

۱۳۳- $\bar{P} = \frac{mgh}{t} = ۷۵۰\,W$

۱۳۴- $\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow \bar{P} = ۳۶\times۱۰^{۳}(W)$

۱۳۵- $\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{\Delta K}{t} = ۶۰۰۰۰\,W, ۶۰\,KW, \bar{P} \simeq ۷۸/۵\,hp$

۱۳۶- $\bar{P} = FV \rightarrow ۲۰۰۰۰ = ۵۰۰۰V \rightarrow V = ۴\frac{m}{s}$

۱۳۷- $P' = ۳P$

۱۴۰- $R_a = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{تولیدی}}} \times ۱۰۰ \rightarrow R_a = ۷۵\%$

۱۴۱- $P_{\text{کل}} = \frac{۲۵۰}{۳}W \quad , P_{\text{مفید}} = \frac{۱۰۰}{۳}W$

۱۴۲- آ) $P_{\text{مفید}} = ۱۴۰۰\,W$

ب) $t = ۵\,s$

۱۴۳- آ) $P_{\text{مفید}} = ۱۶۰\,W$

ب) $R_a = ۸۰\%$

۱۴۴- $R_a = ۸۰\%$

۱۴۵- $V = ۰/۸\frac{m}{s}$

۱۴۶- $P_{\text{مفید}} = ۹۰۰\,W \rightarrow P_{\text{تولیدی}} = ۱۱۲۵\,W$

۱۴۷- آ) ۲۰ درصد

انرژی هر لیتر × درصد موثر = انرژی حاصل هر لیتر از سوخت موثر در راندن

$= \frac{۲۰}{۱۰۰} \times ۳/۵\times۱۰^{۷} = ۷\times۱۰^{۶}\,J$

ب) $P_{\text{مفید}} = \frac{\text{انرژی مصرفی}}{t} \times \frac{۵۰/۴\times۱۰^{۶}}{۳۶۰۰} = ۱/۴\times۱۰^{۴}\,W$

پ) $P_{\text{مفید}} = ۱۸/۳\,hp$

۱۴۸- $v = \frac{۲۰۰۰}{۹}m^{۳}$

۱۴۹- $P_{\text{مصرفی}} = ۸۰۰W$

۱۵۰- آ) $v_{۲} = ۴۰\frac{m}{s}$

ب) ۱۲۰KW

پ) تعداد خانوارهای مصرف کننده $= \frac{۱/۲\times۱۰^{۵}}{۱/۶\times۱۰^{۳}} = ۷۵$