

## تمرین پیشنهادی



جسمی به جرم  $m$  را تا ارتفاع  $h$  از سطح زمین بالا می‌بریم انرژی پتانسیل گرانشی را در این وضعیت محاسبه کنید.

$$U = W = mgh$$

## تمرین ۴ - ۳



در این تمرین دانش آموز مهارت بیشتر در محاسبه انرژی پتانسیل، انرژی جنبشی، تعیین انرژی جنبشی و پتانسیل هنگام سقوط و نیز آمادگی جهت درک مفهوم پایستگی انرژی مکانیکی به دست می‌آورد.

**حل:**

ارتفاع	انرژی پتانسیل گرانشی $U$	سرعت $v$	انرژی جنبشی $K$	مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل $E=U+K$
$h$	$mgh$	$\circ$	$\circ$	$E = mgh + \circ = mgh$
$\frac{3}{4}h$	$\frac{3}{4}mgh$	$\sqrt{\frac{1}{2}gh}$	$\frac{1}{4}mgh$	$E = U + K = mgh$
$\frac{h}{2}$	$\frac{1}{2}mgh$	$\sqrt{gh}$	$\frac{1}{2}mgh$	$E = U + K = mgh$
$\frac{h}{4}$	$\frac{1}{4}mgh$	$\sqrt{\frac{3}{2}gh}$	$\frac{3}{4}mgh$	$E = U + K = mgh$
$\circ$	$\circ$	$\sqrt{2gh}$	$mgh$	$E = U + K = mgh$

$$h_1 = h \Rightarrow U_1 = mgh_1 = mgh$$

۱- در لحظه‌ی رها شدن

$$K_1 = \circ$$

$$K = \circ, v = \circ$$

در لحظه‌ی رها شدن

$$U_2 = mgh_2 \Rightarrow U_2 = \frac{3}{4}mgh$$

$$h_2 = \frac{3}{4}h$$

۲- در ارتفاع

$$v^2 - v_0^2 = 2g(\Delta h)$$

$$(v_0 = \circ)$$

سرعت در ارتفاع  $\frac{3}{4}h$

$$\Delta h = h - \frac{3}{4}h = \frac{1}{4}h \Rightarrow v^2 = 2g\left(\frac{1}{4}h\right) \Rightarrow v = \sqrt{\frac{1}{2}gh}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{1}{2}gh\right) = \frac{1}{4}mgh, \frac{3}{4}h$$

انرژی جنبشی در ارتفاع

$$h_2 = \frac{h}{4}$$

۳- انرژی پتانسیل گرانشی در ارتفاع  $\frac{h}{4}$

$$U_{\frac{3}{4}} = mg\left(\frac{h}{4}\right) = \frac{1}{4} mgh$$

$$\Delta h = h - \frac{h}{4} = \frac{3}{4} h$$

سرعت در ارتفاع  $\frac{h}{4}$

$$v = \sqrt{2g(\Delta h)} = \sqrt{2g\left(\frac{3}{4}h\right)} = \sqrt{\frac{3}{2}gh}$$

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

انرژی جنبشی در ارتفاع  $\frac{h}{4}$

$$h_{\frac{1}{4}} = \frac{h}{4}$$

۴- انرژی پتانسیل در ارتفاع  $\frac{h}{4}$

$$U = mgh_{\frac{1}{4}} = \frac{1}{4} mgh$$

$$\Delta h = h - \frac{h}{4} = \frac{3}{4} h$$

سرعت در ارتفاع  $\frac{h}{4}$

$$v = \sqrt{2g(\Delta h)} = \sqrt{\frac{3}{2}gh}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{3}{2}gh\right) = \frac{3}{4} mgh$$

،  
۵- انرژی پتانسیل گرانشی در ارتفاع  $h_0 = 0$

$$U = mgh_{h=0} = 0$$

$$\Delta h = h - 0 = h$$

سرعت در ارتفاع  $h=0$

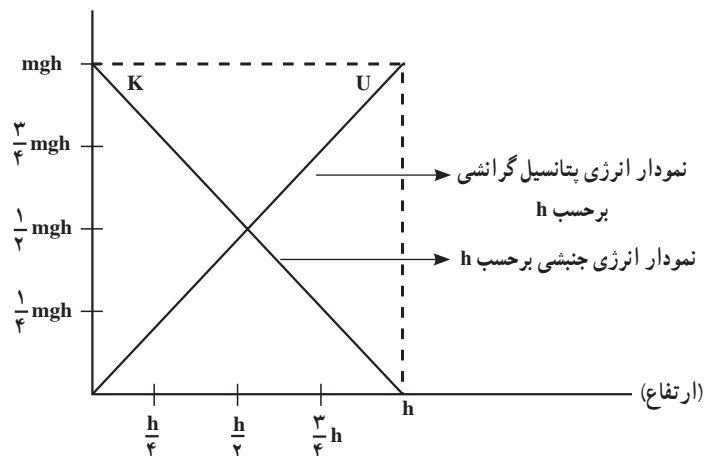
$$v = \sqrt{2g(\Delta h)} = \sqrt{2g(h)} = \sqrt{2gh}$$

انرژی جنبشی در ارتفاع  $h=0$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m(2gh) = mgh$$

نمودار تغییرات انرژی جنبشی K و انرژی پتانسیل U بر حسب ارتفاع مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل

گرانشی  $E = U + K$  (انرژی مکانیکی)



جسمی به جرم ۲ kg را با شتاب ثابت  $\frac{2}{2} \frac{m}{s^2}$  تا ارتفاع ۱۰ m از سطح زمین بالا می‌بریم، کار انجام شده را توسط نیروی بالابر (نیروی که جسم را بالا می‌برد) و کار نیروی وزن را به دست آورید. انرژی‌های پتانسیل گرانشی و افزایش انرژی جنبشی را با کار نیروی بالابر مقایسه کنید.

**حل:**

$$F - mg = ma$$

مطابق قانون دوم نیوتون داریم:

$$F = m(g + a) = 2(9.8 + 2/2) = 24 \text{ نیروی بالابر}$$

$$W_F = Fd \cos 0 = 24 \times 10 \times 1 = 240 \text{ J کار نیروی بالا}$$

$$W_g = mgh \cos 180 = 2 \times 9.8 \times 10 \times (-1) = -196 \text{ J}$$

انرژی پتانسیل گرانشی در این وضعیت

$$U = mgh = 196 \text{ J}$$

مطابق قضیه‌ی کار و انرژی افزایش انرژی جنبشی جسم برابر کار برآیند نیروهاست.

$$\Delta K = K_2 - K_1 = F_R d \cos 0$$

$$F_R = ma = 2 \times 2/2 = 4/4 \text{ N}$$

$$W_R = F_R d = 4/4 \times 10 = 44 \text{ J کار برآیند}$$

$$W_T = 240 - 196 = 44 \text{ J}$$

دیدیم که کار برآیند نیروها برابر مجموع کارهای انجام شده است.

اندازه‌ی کار نیروی بالابر ۲۴۰ J ژول کار و نیروی گرانشی ۱۹۶ J و ۴۴ J صرف افزایش انرژی جنبشی جسم شده است. به عبارت دیگر کار نیروی برآیند صرف کار در مقابل نیروی گرانشی زمین و افزایش انرژی جنبشی جسم شده است.

## دانستنی



کارهایی که انجام می‌گیرند را معمولاً می‌توان به دو گروه تقسیم کرد:

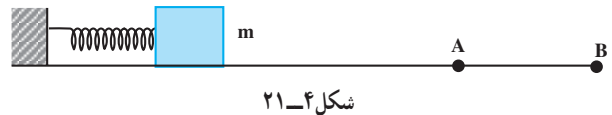
۱- کاری که در برابر نیروی دیگر انجام می‌شود مثل وقتی که کمانگیر زه کمان خود را می‌کشد و در برابر نیروی کشسانی کمان کار انجام می‌دهد. یا وقتی باری را روی سطح شیب‌داری بالا می‌بریم و در مقابل نیروی گرانی کار انجام می‌دهیم.

۲- نوع دیگر کار را می‌توان کاری در نظر گرفت که برای تغییر انرژی جنبشی (تغییر سرعت) یک جسم انجام می‌شود این کاری است که باعث افزایش یا کاهش سرعت جسم می‌شود. در هر دو مورد کار متضمن انتقال انرژی است.

مثال ۴-۱۲: در این مثال با توجه به زمینه‌های ایجاد شده می‌خواهیم دانش‌آموز به‌طور کیفی به بستگی انرژی پتانسیل کشسانی و تغییر طول فنر پی‌برد.

می‌توان مثال‌های متنوع دیگر در این مورد ذکر کرد از جمله:

جسم  $m$  به فنری مطابق شکل ۴-۲۱ تکیه دارد و روی سطح افقی قرار داده شده است.



حال فنر را کمی متراکم و رها می‌کنیم، جسم روی سطح پرتاب می‌شود و بالاخره در نقطه‌ی A متوقف می‌شود. حال فنر را مقدار بیشتری متراکم و رها می‌کنیم. این بار مسافتی که جرم  $m$  قبل از توقف طی می‌کند، نسبت به حالت قبل چه تغییری می‌کند؟

این آزمایش را انجام و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.  
پاسخ: روشن است که مسافتی که جرم  $m$  قبل از توقف طی می‌کند، در حالت دوم بیشتر خواهد بود.

برای تراکم فنر کار انجام می‌دهیم و در دستگاه جرم و فنر انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره می‌شود. وقتی آن را رها می‌کنیم انرژی پتانسیل کشسانی به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود در اثر حرکت روی سطح، نیروی اصطکاک بر آن اثر می‌کند و کار نیروی اصطکاک موجب توقف جسم می‌شود. (تغییرات انرژی جنبشی جسم برابر کار نیروی اصطکاک است.)

هرقدر میزان تراکم فنر بیشتر باشد، مسافتی که جرم  $m$  قبل از توقف طی می‌کند بیشتر و در نتیجه انرژی پتانسیل کشسانی بیشتر خواهد بود

در این حالت نیز می‌توان گفت کاری که با سرعت ثابت برای کشیدن فنر تا نقطه A و با فنر در آن تا نقطه B انجام می‌دهیم، بصورت انرژی پتانسیل کشسانی در فنر ذخیره می‌شود. به عبارت دیگر انرژی پتانسیل فنر در یک وضعیت کشیده (فشرده) خاص، نسبت به حالت آزاد فنر، برابر است با کاری که انجام می‌دهیم تا آن را از حالت آزاد با سرعت ثابت به وضعیت پانده رسانیم. لازم به ذکر است که نیروی کشسانی فنر متنوع است و مقدار آن همان‌طور که رابطه (۴-۳) نشان می‌دهد، به‌مدار کشیدگی و یا فشردگی فنر بستگی دارد. چون در این فصل فقط چگونگی محاسبه کار نیروی ثابت را بیان کرده‌ایم، از این رو محاسبه کار نیروی فنر از سطح این کتاب خارج است و در نتیجه از یک رابطه کمی مانند رابطه (۴-۳) برای انرژی پتانسیل کشسانی فنر مقدور نیست. در سال‌های بعد با این رابطه آشنا خواهید شد.

**مثال ۴-۴**  
تشان دهید که هرچه فنر کشیده‌تر و یا فشرده‌تر باشد، انرژی پتانسیل آن نسبت به وضعیت آزاد فنر بیشتر است.  
حلی برای کشیدن فنر باید کار انجام دهیم و این کار در فنر بصورت انرژی پتانسیل ذخیره می‌شود. برای آن که فنر را بیشتر بکشیم باید کار بیشتری انجام دهیم. در نتیجه، انرژی پتانسیل آن بیشتر می‌شود.  
در مورد فشردگی فنر نیز می‌توان به همین روش استدلال کرد.

**فعالیت ۴-۵**  
وسله‌هایی را نام ببرید که با استفاده از انرژی پتانسیل کشسانی فنر کار می‌کنند.

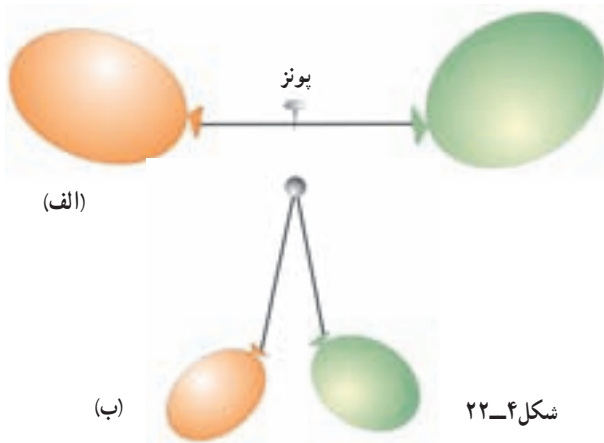
اکنون به تعریف انرژی پتانسیل الکتریکی می‌پردازیم. در شکل (۴-۱۱) الف) دو بار همنام و در شکل (۴-۱۲) ب) دو بار همنام نشان داده شده‌اند. این دو بار باید به طرفی مخالف نگاه داشته شوند. زیرا اگر هر یک از آن‌ها آزاد باشد، شروع به حرکت خواهند کرد. در نتیجه، می‌توان گفت که مجموعه دو بار دارای انرژی پتانسیل است. در این حالت نیز می‌توان گفت کاری که با سرعت ثابت

شکل ۴-۱۱

## فعالیت ۴-۵

خودکارهای فدرار متداول‌ترین ابزارهای هستند که دانش‌آموزان با آن‌ها سروکار دارند. درهایی که پس از باز شدن خودبه‌خود بسته می‌شوند. دستگیره‌ها، قفل‌ها، پدال‌ها، کمک فنرهای خودرو، کلیدهای برق و ... ابزارهایی هستند که در آن‌ها از انرژی پتانسیل کشسانی بهره‌گیری می‌شود.

دو بادکنک را باد کرده با نخ (با طول کم) به یکدیگر وصل می کنیم. بادکنک را به پارچه پشمی مالش می دهیم و روی سطح میز می گذاریم. وسط نخ روی میز پوتز (سنجاق ته گرد) می فرو می کنیم. (شکل الف)



سپس بادکنک ها را با دو مداد (دو جسم نارسانا) مطابق شکل ب به یکدیگر نزدیک می کنیم با رها کردن بادکنک ها چه اتفاقی رخ می دهد؟  
**پاسخ:** بادکنک ها دوباره یکدیگر را می رانند.

**پرسش:** بادکنک ها دارای چه نوع انرژی ای هستند؟

**پاسخ:** انرژی پتانسیل الکتریکی

برای نزدیک کردن دوبار در شکل الف و الف) و دور کردن آن ها در شکل ب و الف) باید انجام می دهد. بصورت انرژی پتانسیل الکتریکی در دوبار ذخیره می شود. در این حالت نیز می توان کار انجام ندهد و معادله و یک رابطه کنی برای انرژی پتانسیل الکتریکی ارائه کرد که انجام آن از سطح این کتاب خارج است.

**تمرین ۴-۴**  
شماره دهد هر اندازه دوبار همان به یکدیگر نزدیک باشند، انرژی پتانسیل آن ها بیشتر و هر اندازه دوبار طرف هم، از یکدیگر دورتر باشند، انرژی پتانسیل آن ها بیشتر است.

**فعالیت ۴-۴**  
آزمایش طراحی کنید که در آن بتوان ذخیره شدن انرژی پتانسیل الکتریکی را آزمود. این آزمایش را انجام دهد و نتیجه آن را به کلاس گزارش دهد.

**۴-۴-۱ پایستگی انرژی مکانیکی**  
هنگامی که جسمی به جرم  $m$  را از ارتفاع  $h$  رها می کنیم، انرژی جنبشی و پتانسیل جسم در حین سقوط تغییر می کند. مقادیر انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل این جسم در تمرین های (۴-۴) و (۴-۴) بدست آمده اند و نمودار تغییرات آن ها در شکل (۴-۴) نشان داده شده است. همان طور که مقادیر بدست آمده، در جدول مربوط به این تمرین ها و نیز نمودار شکل (۴-۴) نشان می دهد، در حین سقوط انرژی پتانسیل جسم کاهش و انرژی جنبشی آن افزایش می یابد. ولی مجموع این دو انرژی در حین حرکت پایسته (ثابت) می ماند.  
مجموع انرژی های جنبشی و پتانسیل انرژی مکانیکی نامیده می شود. این انرژی را با  $E$  نمایش می دهیم.  
(۴-۴)  
 $E = K + U$   
این مثال نشان می دهد که انرژی مکانیکی در سقوط آزاد یک جسم پایسته است.

اکنون مطابق آنچه در پاراگراف آخر صفحه ی ۱۰۶ کتاب درسی آمده است شکل ۴-۱۱ را روی تابلو رسم می کنیم. از دانش آموز می خواهیم بگوید مجموعه ی هر کدام از دو بار دارای چه نوع انرژی هستند؟  
کاری که برای نزدیک کردن (در شکل الف) ۴-۱۱ و یا دور کردن در شکل (ب)) انجام می دهیم به کدام شکل از انرژی در مجموعه ذخیره می شود؟  
در این جا توضیح می دهیم که رابطه ی کمی انرژی پتانسیل الکتریکی را در سال های آتی بررسی خواهیم کرد.

تمرین ۴ - ۴

با بهره گیری از فعالیت قبل می توان به این تمرین پاسخ داد:  
هر قدر بادکنک های باردار به یکدیگر نزدیک تر باشند، هنگام رها شدن، با انرژی جنبشی بیشتری یکدیگر را می رانند.

## فعالیت ۴ - ۶

در این فعالیت می‌خواهیم دانش آموز با انرژی پتانسیل الکتریکی آشنایی بیشتری پیدا کند.

**پاسخ:** ما با دستگاه واندوگراف، دو گلوله کوچک فلزی مشابه را که با دو نخ هم طول آویزانند، باردار

می‌کنیم.

مشاهده می‌کنیم دو گلوله یکدیگر را می‌رانند.

**تعمیم:** کره فلزی بدون باری را که روی یک پایه نارسانا قرار دارد، در تماس با یکی از گلوله‌ها داده، سپس

دور می‌کنیم چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

**پاسخ:** گلوله‌ها به یکدیگر نزدیک شده و در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند. سپس دوباره دور می‌شوند.

**پرسش:** فاصله‌ی گلوله‌ها را در این حالت با حالت قبل مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای به دست می‌آورد؟

**پاسخ:** فاصله‌ی گلوله‌ها کم‌تر می‌شوند و این بدان معنی است که انرژی پتانسیل الکتریکی با بار ذخیره شده

در گلوله بستگی دارد.

## ۴-۴- پایستگی انرژی مکانیکی

دانسته‌های قبلی: دانش آموزان در فیزیک (۱) و آزمایشگاه

در مورد پایستگی انرژی مطالبی آموخته‌اند و با بهره‌گیری از قانون پایستگی انرژی، مهارت‌هایی در حل مسأله به دست آورده‌اند.

**راهنمای تدریس:** همان‌طوری که در آغاز این بحث در

کتاب درسی ذکر شده، سقوط آزاد مثال خوبی برای نشان دادن پایستگی انرژی است. با بررسی و یادآوری تمرین‌های ۲-۴ و ۳-۴ و رسم نمودار ۴-۱۲ روی تابلو می‌توانیم پرسش‌های زیر را مطرح کنیم:

(نیز می‌توان تمرین‌های فوق را با ذکر یک مقدار عددی

برابر  $h$  دوباره حل کرد و جدول را تکمیل و نمودار را رسم کرد.)

۱- هنگامی که جسم از ارتفاع  $h$  رها می‌شود کدام یک

انرژی‌ها افزایش و کدام کاهش می‌یابد؟

**پاسخ:** انرژی جنبشی افزایش و انرژی پتانسیل گرانشی

کاهش می‌یابد.

۲- در چه نقطه‌ای اندازه‌ی انرژی جنبشی و پتانسیل یکی

است؟

هر چند پایستگی انرژی مکانیکی در مورد این مثال خاص نشان داده شد، ولی می‌توان نشان داد در مواردی که با نیروی مانند کشش فنر، نیروی الکتریکی و ... سروکار داریم نیز انرژی مکانیکی بسته می‌ماند.

**تمرین ۳-۴**  
در شکل (۳-۴) جسمی به جرم  $m$  به فر  
مصل است و روی یک سطح بدون اصطکاک  
قرار دارد. جسم را با نقطه  $A$  می‌کنیم و سپس  
رها می‌کنیم. با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی  
چگونگی حرکت جسم  $m$  را توصیف کنید.



**مثال ۳-۴**  
در شکل (۳-۴) بار  $m$  با سرعت  $v_0$  به  
طرف راست  $\rightarrow$  که حالت نگاه داشته شده است برتاب  
می‌شود. فرض کنید به جز نیروی الکتریکی، نیروی  
دیگری به بار  $m$  وارد نمی‌شود. چگونگی حرکت بار  $m$  را با استفاده از  
پایستگی انرژی مکانیکی توضیح دهید.  
حل: با توجه به این که بار  $m$  از انرژی پتانسیل آنجا افزایش می‌یابد و چون  
انرژی مکانیکی بسته است، انرژی جنبشی به کاهش می‌یابد. هرچه بار  $m$  به سمت راست  
می‌رود، کاهش انرژی جنبشی بیشتر می‌شود تا آن‌که در نهایت در نقطه‌ای مانند  $A$  سرعت  
به صفر می‌رسد و جسم برمی‌گردد. با دور شدن بار  $m$  از  $A$ ، انرژی پتانسیل آن کاهش و  
انرژی جنبشی آن افزایش می‌یابد و هرچه بار  $m$  دورتر می‌شود، سرعت آن بیشتر می‌شود.

در مواردی که به جسم در حال حرکت نیروی اصطکاک جنبشی یا نیروی اللف‌کننده دیگری چون  
قواوت هوا وارد می‌شود، جسم انرژی مکانیکی خود را از دست می‌دهد. انرژی از دست رفته به صورت  
انرژی گرمایی جسم و سطح کشش و محیط برمی‌آید. در این‌گونه موارد انرژی مکانیکی بسته نیست.

۱۰۸

پاسخ: در وسط مسیر

جنبشی در طول مسیر ثابت (پایسته) می ماند.

۳- مجموع انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی جنبشی

پرسش: از این مثال چه نتیجه ای به دست می آید؟

جسم چه تغییری می کند؟

پاسخ: انرژی مکانیکی در سقوط آزاد یک جسم پایسته

پاسخ: هیچ، مجموع انرژی پتانسیل گرانشی و انرژی است.

در سقوط آزاد دیدیم انرژی مکانیکی پایسته است، در این حالت چه نیرویی بر جسم اثر می کند؟

آیا نیروهای دیگری را می شناسید که برای آن ها انرژی مکانیکی پایسته باشد؟

**پاسخ:** نیروی گرانی زمین، می گوئیم کار نیروی گرانی زمین پایسته است.

برای نیروهای کشسانی فنر و الکتریکی نیز انرژی مکانیکی پایسته است.

### تمرین ۴ - ۵



**پاسخ:** با اعمال نیرو جسم را از نقطه ی O به نقطه ی A می بریم (این نیرو در طول مسیر تغییر می کند) کار این

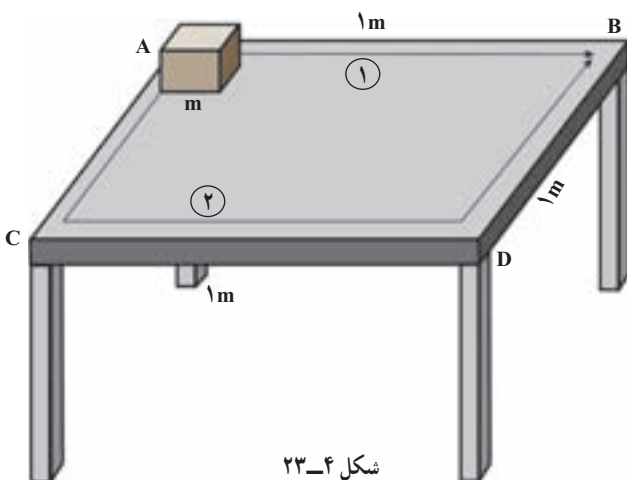
نیرو به صورت انرژی پتانسیل کشسانی در فنر ذخیره می شود. بارها کردن جسم، این انرژی به صورت انرژی جنبشی

در می آید.

مثال ۴-۱۳: در این مثال می خواهیم پایستگی انرژی

الکتریکی نیز مطرح شود.

### تمرین پیشنهادی



شکل ۴-۲۳

در شکل ۴-۲۳ جسمی به جرم  $m = 2\text{kg}$  را

روی سطح میز یک بار از مسیر مستقیم ۱ از نقطه ی A

به نقطه ی B می بریم. بار دیگر جسم را از مسیر ۲. یعنی

ابتدا به نقطه ی C بعد D و بالاخره به نقطه ی B می بریم. کار

نیروی اصطکاک را در هر حالت حساب و مقایسه کنید.

ابعاد میز هر کدام ۱m و ضریب اصطکاک را  $\mu_k = 0.4$

فرض کنید.

**حل:**

برای سادگی  $g$  را  $10 \text{ m/s}^2$  فرض می‌کنیم.

$$f_k = \mu_k N = \mu_k mg = 0.4 \times 2 \times 10 = 8 \text{ N}$$

مسیر ۱:

$$W_k = F_k d \cos 180^\circ = 8 \times 1 \times (-1) = -8 \text{ J}$$

$$|W_{1k}| = 8 \text{ J}$$

$$W_{\Sigma k} = (f_k d_1 + f_k d_2 + f_k d_3) \cos 180^\circ$$

مسیر ۲:

$$W_{\Sigma k} = -24 \text{ J}$$

**پرسش:** از حل این تمرین چه نتیجه‌ای به دست می‌آورید؟

**پاسخ:** کار انجام شده برای انتقال جرم  $m$  از  $A$  به  $B$  روی هر دو مسیر یک اندازه نیست.

**پرسش:** آیا کار نیروی اصطکاک پایسته است؟

**پاسخ:** خیر

است که استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی در حل مسأله‌ها کارایی بیشتری از فرمول‌های مبحث حرکت‌شناسی دارد. به‌طور مثال اگر مسیر حرکت مستقیم نباشد (مانند مثال مطرح شده) نمی‌توان با معادله‌های یک بعدی، سرعت را در نقطه‌های مختلف مسیر به دست آورد.

اکنون می‌توانیم پاراگراف آخر صفحه‌ی ۱۰۸ کتاب را مطرح کنیم.

**مثال ۴-۱۴:** هدف به دست آوردن مهارت لازم جهت

استفاده از پایستگی مکانیکی در حل مسأله‌ها (محاسبه ارتفاع اوج گلوله، انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی) می‌باشد.

**مثال ۴-۱۵:** هدف از این مثال نشان دادن این واقعیت

در گروه خود بحث کنید که در چه صورت انرژی مکانیکی یک دستگاه ثابت (پایسته) می‌ماند و در چه صورت پایستگی انرژی مکانیکی برای یک دستگاه برقرار نیست.

**پاسخ:** در مواردی که به جسم در حال حرکت نیروی اصطکاک جنبشی یا نیروی اتلاف‌کننده‌ی دیگری مانند مقاومت هوا اثر می‌کند. انرژی مکانیکی جسم کاهش می‌یابد. انرژی کاهش یافته به صورت انرژی درونی در جسم و سطح یا محیط در می‌آید. در این گونه موارد انرژی مکانیکی پایسته نمی‌باشد. اکنون موردی را ذکر کنید که با وجود نیروی اتلاف‌کننده بتوان فرض کرد که انرژی مکانیکی یک جسم پایسته است.

**پاسخ:** وقتی انرژی تلف شده نسبت به انرژی مکانیکی جسم قابل اغماض باشد، به‌طور مثال وقتی سنگی را از ارتفاع چندمتری بالای زمین رها می‌کنیم. می‌توان از اثر مقاومت هوا در حرکت جسم صرف نظر کرد و فرض کرد تنها نیروی گرانی بر جسم اثر می‌کند و در این صورت انرژی مکانیکی جسم پایسته می‌ماند.

حال اگر یک ورقه‌ی کاغذ را از همین ارتفاع رها کنیم، اثر مقاومت هوا قابل ملاحظه است و انرژی مکانیکی جسم پایسته نمی‌ماند.



## ۴-۵- توان

دانسته‌های قبلی: دانش‌آموز در دوره‌ی راهنمایی با

مفهوم توان آشنا شده است.

راهنمای تدریس: به شکل ۴-۲۴ توجه کنید.



شکل ۴-۲۴

این دونده پس از تمرین‌های سخت توانست جلوتر از سایرین به خط پایان برسد. این دونده، متوسط زمانی را که برای طی مسیر در دورهای آخر صرف کرد بیش از متوسط زمانی بود که دورهای اول را پیمود. به نظر شما چه خصوصیتی از دونده در هنگام طی دوره‌های اول کاهش یافته است؟

پاسخ: توان

حل: انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی جسم در نقطه برآورد برابر با:

$$K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(1)(2)^2 = 2 \text{ J}$$

$$U_1 = mgh_1 = (1)(2)(1) = 2 \text{ J}$$

و انرژی جنبشی و پتانسیل گرانشی جسم در نقطه برخورد با زمین به ترتیب برابر با:

$$K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(1)(4)^2 = 2 \text{ J}$$

$$U_2 = mgh_2 = (1)(2)(0) = 0 \text{ J}$$

بر طبق پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

با جای‌گذاری مقدارها داریم:

$$2 + 2 = 2 + 0$$

$$4 = 2 \text{ J}$$

۴-۲۴ توان

در بخش (۴-۲۳) در مورد محاسبه کار انجام‌شده بحث شد. ولی، در مورد زمانی که این کار انجام می‌شود، صحبتی نشد. کار می‌تواند کند و یا تند انجام شود. یک جسم را می‌توانیم مثلاً در ۲ و یا ۱۰ ثانیه به یک ارتفاع معین برسانیم. در هر دو مورد کار انجام‌شده یکسان است. ولی در مورد این کار سریع‌تر انجام شده است. برای در نظر گرفتن زمان انجام کار کمیت مناسبی را به نام توان تعریف می‌کنیم.

فرض کنید کار  $W$  در زمان  $t$  انجام شده است. توان متوسط  $P$  به صورت کار انجام‌شده در واحد زمان تعریف می‌شود و از تقسیم‌کردن کار به زمان انجام آن به دست می‌آید:

$$P = \frac{W}{t} \quad (4-24)$$

یکای توان در SI ژول بر ثانیه (J/s) است که به اختصار کارهای علمی جیمز وات، وات (W) نامیده می‌شود.

بر طبق این تعریف، هر اندازه کار معینی در زمان کمتری انجام شود و یا در زمان معینی کار بیشتری انجام گیرد، توان مقدار بیشتری دارد.

دو تلمبه‌ی A و B از دو چاه آب می‌کشند. تلمبه‌ی A،  $2 \text{ m}^3$  آب را در مدت  $5/100$  ساعت و تلمبه‌ی B،  $4 \text{ m}^3$  آب را در مدت ۱ ساعت  $8 \text{ m}^3$  بالا می‌برد. کار هر یک از تلمبه‌ها را در مدت ۱s محاسبه و نتیجه را با هم مقایسه کنید.

**پاسخ:** جرم آبی که تلمبه‌ی A بالا می‌کشد  $m_A = 2000 \text{ kg}$  است.

(هر متر مکعب آب تقریباً  $1000 \text{ kg}$  جرم دارد زیرا چگالی آب در حدود  $1000 \text{ kg/m}^3$  است.) و جرم آبی

که تلمبه‌ی B بالا می‌کشد  $4000 \text{ kg}$  است.

$$W_A = m_A gh_A = 2000 \times 9.8 \times 20 = 392 \times 10^5 \text{ J}$$

$$W_B = m_B gh_B = 4000 \times 9.8 \times 16 = 6272 \times 10^5 \text{ J}$$

کاری که تلمبه‌ی A در مدت یک ثانیه انجام می‌دهد برابر است با:

$$\frac{392 \times 10^5}{3600 \times 10^5} = 216/7 \text{ ثانیه/ژول}$$

و کاری که تلمبه‌ی B در مدت یک ثانیه انجام می‌دهد برابر است با:

$$\frac{6272 \times 10^5}{3600} = 174/3$$

مشاهده می‌کنیم کاری که تلمبه‌ی A در یک ثانیه انجام می‌دهد بیش‌تر از تلمبه‌ی B است. در اصطلاح

می‌گویند توان متوسط تلمبه‌ی A بیشتر از توان متوسط تلمبه‌ی B است.

پاسخ: توان دستگاهی که بتواند یک ژول کار را در مدت یک ثانیه انجام دهد، یک وات است.

پرسش: برای توان یکاهای دیگری نیز به کار می‌رود چند تا از این یکاها را که می‌شناسید نام ببرید.

پاسخ: کیلو وات (kW) مگاوات (MW) اسب بخار (.h.p)

در این جا از دانش آموز می‌خواهیم توان را تعریف کند و فرمول آن را بنویسد.

پرسش: یکای توان را نام ببرید.

پاسخ: ثانیه/ ژول (J/s)

این یکا را وات (با نماد W) می‌نامند.

پرسش: وات را تعریف کنید.

هر اسب بخار (با نماد h.p<sup>۱</sup> گاهی c.v<sup>۲</sup>) تقریباً ۷۳۶ وات است. این توان را توان متوسط یک اسب فرض کنید.

به شکل ۴-۲۵ توجه کنید. حساب کنید این اسب در هر ثانیه چند لیتر آب را ۱m بالا می‌کشد؟



**حل:** توان متوسط اسب ۷۳۶ وات است.

$$\bar{P} = \frac{W}{t}$$

$$W = mgh$$

$$\bar{P} = \frac{mgh}{t} \Rightarrow m = \frac{p.t}{gh}$$

$$m = \frac{736 \times 1}{9.8 \times 1} = 75 / 1 \text{ kg}$$

هر لیتر آب تقریباً ۱kg است. بنابراین این اسب

می‌تواند در هر ثانیه ۷۵ لیتر آب را ۱m بالا بکشد؟

مثال ۴-۱۶: هدف محاسبه توان متوسط در کارهای روزانه است.

## فعالیت ۴-۷

این فعالیت را می‌توان به صورت کار در خارج از کلاس نیز مطرح کرد یا این که از گروه‌های آموزشی بخواهیم این فعالیت را انجام دهند.

ابتدا پله‌های بین دو طبقه ساختمان را بشمارند. سپس با خط کش یا متر ارتفاع یکی از پله‌ها را اندازه‌گیری کنند و به این ترتیب ارتفاع بین دو طبقه به دست می‌آید. حال به وسیله‌ی زمان سنج (کرونومتر) یک بار زمان بالا رفتن ( $t_1$ ) بار دیگر زمان پایین رفتن ( $t_2$ ) را اندازه‌گیری کنند. با ترازوی فتری نیز جرم



دانش آموز اندازه گیری می شود بدین ترتیب :

$$P_1 = \frac{mgh}{t_1}$$

توان متوسط هنگام بالا رفتن برابر است با :  $P_1 = \frac{mgh}{t_1}$  و هنگام پایین آمدن برابر :  $P_2 = \frac{mgh}{t_2}$  است.

روشن است که نسبت توان متوسط هنگام بالا رفتن به توان متوسط هنگام پایین آمدن نسبت  $\frac{t_2}{t_1}$  است.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

### تمرین پیشنهادی



خودرویی با سرعت ثابت ۳۶ km/h در جاده افقی و مستقیم در حرکت است. فرض کنید ضریب اصطکاک جنبشی بین لاستیک و جاده ۰/۲۵ و جرم خودرو یک تن باشد. توان مصرفی خودرو را بر حسب وات و اسب بخار حساب کنید. (از اثر هوا صرف نظر کنید.)

$$v = \frac{36 \times 1000}{3600} = 10 \text{ m/s}$$

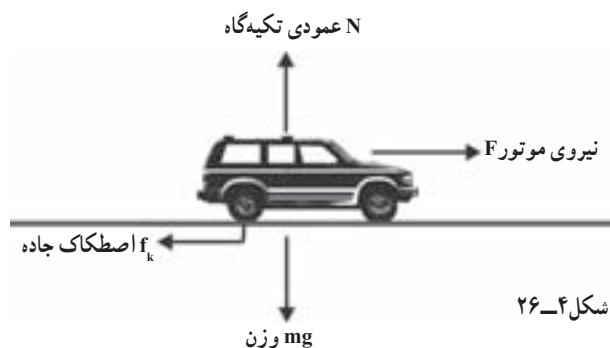
$$m = 1 \times 1000 = 1000 \text{ kg}$$

$$F - f_k = ma = 0 \Rightarrow F = f_k$$

$$f_k = \mu_k N = \mu_k mg = 0.25 \times 9.8 \times 1000 = 2450 \text{ N} \quad (F \text{ نیروی موتور است.})$$

حل:

چون سرعت خودرو ثابت است، داریم :



وقتی حرکت یکنواخت باشد اندازه نیروهای مقاوم برابر نیروی موتور خودرو است. توان متوسط مصرفی در این حالت با توان متوسط موتور یکی است.

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

$$W = F(\Delta x) \cos 0^\circ$$

$$P = \frac{F(\Delta x)}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

کار انجام شده توسط نیروی موتور برابر است با :

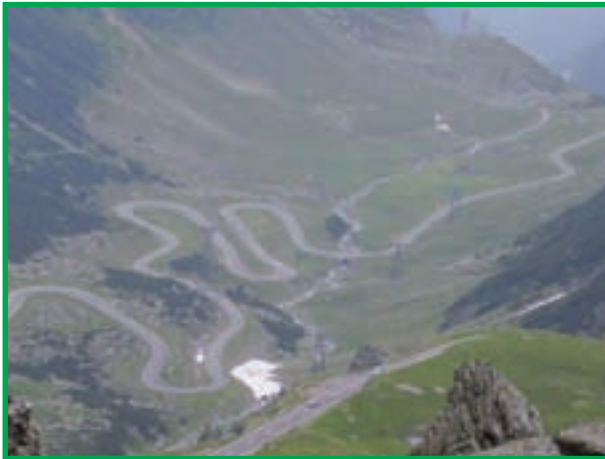
چون حرکت یکنواخت است داریم :

و بنابراین می‌توان رابطه‌ی توان مصرفی خودرو را به صورت زیر نوشت.

$$P = Fv$$

$$P = 2450 \times 10 = 2/45 \times 10^4 \text{ وات}$$

$$P = \frac{2/45 \times 10^4}{736} = 32/3 \text{ h.p. اسب بخار}$$



شکل ۴-۲۷

معمولاً جاده‌های کوهستانی با شیب تند، پیچ و خم زیادی دارند. چرا این جاده‌ها را مستقیم نمی‌سازند؟

**پاسخ:** خودروها توان مصرفی محدودی دارند. به طور مثال وقتی توان خودرویی  $60$  اسب بخار باشد، نمی‌تواند با بیش از این توان حرکت کند.

طول مسیر مارپیچ همواره از مسیر مستقیم بیشتر است. در نتیجه در سرعت معین هر قدر نیروی موتور کمتر باشد، توان مصرفی آن کم‌تر است. ( $P=F \cdot v$ ) چون شیب جاده مارپیچ کم‌تر از جاده مستقیم است، نیروی لازم برای بالا رفتن کم‌تر می‌شود.

## دانستنی



یکی از ویژگی‌های خودروها توان آن‌هاست به طور مثال توان خودروی پژو پارس  $10 \text{ hp}$  و توان خودروی پراید  $62 \text{ hp}$  است. این اعداد حداکثر توان اسمی خودرو را بیان می‌کنند. وقتی خودرو در جاده‌ی افقی و مستقیم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، مجموع نیروهای مقاوم در برابر حرکت برابر نیروی موتور است و توان مصرفی خودرو در این حالت برابر با  $P=Fv$  است. بنابراین وقتی خودرو بیش‌ترین توان را مصرف می‌کند، سرعت آن نیز به بیش‌ترین مقدار می‌رسد، حال فرض کنید خودرویی به جرم  $1$  تن با سرعت ثابت  $54 \text{ km/h}$  در جاده‌ی افقی و مستقیم در حرکت باشد. در این صورت مجموع نیروهای مقاومت (مقاومت هوا و اصطکاک) برابر نیروی موتور است. اگر توان مصرفی خودرو در این وضعیت به طور مثال  $10 \text{ hp}$  باشد، آن‌گاه:

$$P = Fv$$

$$F = \frac{7460}{15} = 496/7 \text{ N}$$

حال فرض کنید خودرو وارد جاده شیب‌داری با زاویه‌ی  $\theta = 14/5^\circ$  می‌شود و از آن بالا می‌رود. در این صورت علاوه بر نیروهای اصطکاک و مقاومت هوا، مؤلفه‌ی نیروی وزن نیز در خلاف جهت حرکت ظاهر می‌شود. اگر راننده بخواهد با همان سرعت  $15 \text{ m/s}$  بالا رود باید توان مصرفی خودرو افزایش یابد.

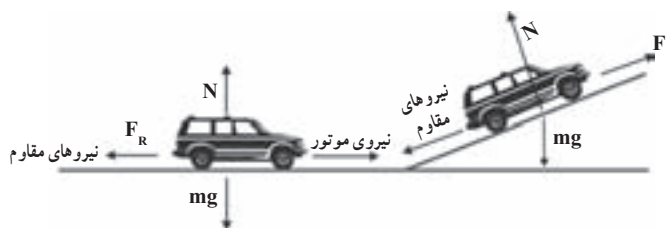
$F' = F + mg \sin \theta = 496/7 + 1000 \times 9/8 \times 0/25 = 2946/7 \text{ N}$  (مجموع نیروهای مقاوم در سطح شیب‌دار) و توان مصرفی برابر خواهد بود با:

$$P' = F'v = 2946/7 \times 15 = 44200/5 \text{ وات}$$

$$P' = 59/25 \text{ h.p}$$

حال اگر حداکثر توان خودرو در حدود  $60 \text{ h.p}$  باشد خودرو با همان سرعت  $54 \text{ km/h}$  می‌تواند از جاده شیب‌دار بالا رود در غیر این صورت باید سرعت خودرو کاهش دهد.

در دفترچه خودروها، اغلب حداکثر شیب را برای خودرو می‌نویسند به‌طور مثال برای خودروهای نسبتاً مرغوب حدود  $36^\circ$  است. این بدان معناست که خودرو با دنده‌ی سنگین و سرعت کم از شیب  $36^\circ$  بالا می‌رود. یعنی توان مصرفی خودرو در این حالت به اندازه حداکثر توان خودرو است.



شکل ۴-۲۸

**پرسش:** وسیله‌هایی مانند اتومبیل، جاروبرقی، اسباب بازی کوکی، آسانسور و ..... کار انجام می‌دهند. هر کدام از این وسیله انرژی مورد نیاز را جهت انجام کار چگونه تأمین می‌کنند؟

**پاسخ:** اتومبیل انرژی لازم را از گرمای حاصل از سوخت بنزین (گازوییل و گاز...)، جاروبرقی و آسانسور از برق شهر، اسباب بازی کوکی از انرژی پتانسیل کشسانی فنر و ... دریافت می‌کنند.

**پرسش:** آیا انرژی دریافتی به وسیله‌ی این ابزار با کار آن‌ها برابر است؟ چرا؟

**پاسخ:** خیر

از آنجایی که مقداری از این انرژی دریافتی به علت اصطکاک تلف و یا صرف حرکت دادن اجزای وسیله می‌شود، کار یا انرژی مفید خروجی وسیله با انرژی ورودی آن برابر نیست. در نتیجه فقط کسری از انرژی ورودی قابل استفاده است.

## فعالیت ۴ - ۸

کولر، لامپ روشنایی، تلمبه‌ی برقی، تلویزیون، ساعت دیواری، یخچال، دوچرخه، موتور سیکلت و ... . انرژی ورودی کولر، لامپ، تلمبه تلویزیون و یخچال از برق شهر تأمین می‌شود و ساعت دیواری از باتری دوچرخه انرژی ماهیچه‌ای عضلات، موتور سیکلت از سوخت بنزین تأمین می‌شود.

**پرسش:** نسبت انرژی مفید خروجی به انرژی (یا کار) ورودی به دستگاه معرف چه خصوصیتی از دستگاه است؟

**پاسخ:** میزان مفیدبودن یا کارایی دستگاه را مشخص می‌کند و به آن بازده می‌گویند.

حال می‌توان بازده را مطابق سطر آخر صفحه‌ی ۱۱۱ کتاب تعریف کرد.

**پرسش:** بازده تضمین‌کننده چه چیزی است؟

**پاسخ:** تعیین می‌کند چه درصدی از انرژی ورودی به کار یا انرژی خروجی تبدیل می‌شود؟

مثلاً آب پشت سد دارای انرژی پتانسیل گرانشی است و با سقوط روی ژنراتور تولید انرژی الکتریکی می‌کند. در جای دیگر به وسیله‌ی انرژی الکتریکی آب را از چاه بالا می‌کشیم. در ژنراتورهای الکتریکی انرژی ورودی مکانیکی و خروجی آن‌ها الکتریکی است درحالی‌که در یک تلمبه‌ی برقی انرژی ورودی الکتریکی و خروجی آن کار مکانیکی است.

مثال ۴-۱۷: هدف از این مثال طرح مفهوم کار و بازده

است.

پرسش یکای بازده چیست؟

پاسخ: بازده یکا ندارد.

اشتباه رایج: گاهی دانش‌آموز در تشخیص انرژی

ورودی و خروجی دستگاه اشتباه می‌کند، زیرا یک نوع انرژی

مثلاً انرژی مکانیکی گاهی ورودی و زمانی خروجی است.

این قسمت همین می‌کند که چه درصدی از انرژی ورودی به کار یا انرژی خروجی تبدیل می‌شود.

**مثال ۴-۱۷**

در یک ساختمان، مصالح ساختمانی را با استفاده از یک موتور الکتریکی با توان متوسط یک کلووات بالا می‌برند. اگر بازده موتور ۸۰ درصد باشد، باز ۱۰۰ کیلوگرم را در چند ثانیه می‌توان به ارتفاع ۱۰ متری در ۱۰ ثانیه قوی نمود. حل: با استفاده از رابطه بازده توان خروجی موتور برآورد است با:

$$\eta = \frac{W_{\text{خروجی}}}{W_{\text{ورودی}}} \times 100$$
$$W = mgh = 100 \times 10 \times 10 = 10000 \text{ J}$$
$$\eta = \frac{W_{\text{خروجی}}}{10000} \times 100$$
$$80 = \frac{W_{\text{خروجی}}}{10000} \times 100$$
$$W_{\text{خروجی}} = 8000 \text{ J}$$

۱۱۹

## تمرین پیشنهادی



۱- از آبخاری در هر دقیقه  $2\text{m}^3$  آب از ارتفاع  $5\text{m}$  فرو می‌ریزد. این آبشار مولد (ژنراتور) الکتریکی کوچکی را به کار می‌اندازد. اگر بازده دستگاه  $80^\circ$  درصد باشد، توان مولد را به دست آورید.

هر لیتر آب تقریباً جرمی برابر  $1\text{kg}$  دارد زیرا:  $\rho = \frac{m}{V}$ ،  $1000 = \frac{m}{10^{-3}}$ ،  $m = 1\text{kg}$  (یک لیتر حجمی برابر  $10^{-3}\text{m}^3$  دارد).

**حل:**

$$P_1 = \frac{mgh}{t_1} = \frac{2 \times 1000 \times 9.8 \times 5}{60} = 1633.3 \text{ وات}$$

این انرژی ورودی به دستگاه است. باید دانست که بازده دستگاه نشان می‌دهد که چند درصد انرژی ورودی به کار یا انرژی مفید (خروجی) تبدیل می‌شود.

$$P_2 = 1633.3 \times 0.8 = 1306.6 \text{ وات}$$

۲- توان اسمی یک تلمبه الکتریکی  $200$  وات است. این تلمبه در هر دقیقه  $50$  لیتر آب از چاهی به عمق  $20\text{m}$  بالا می‌کشد. بازده دستگاه را به دست آورید.

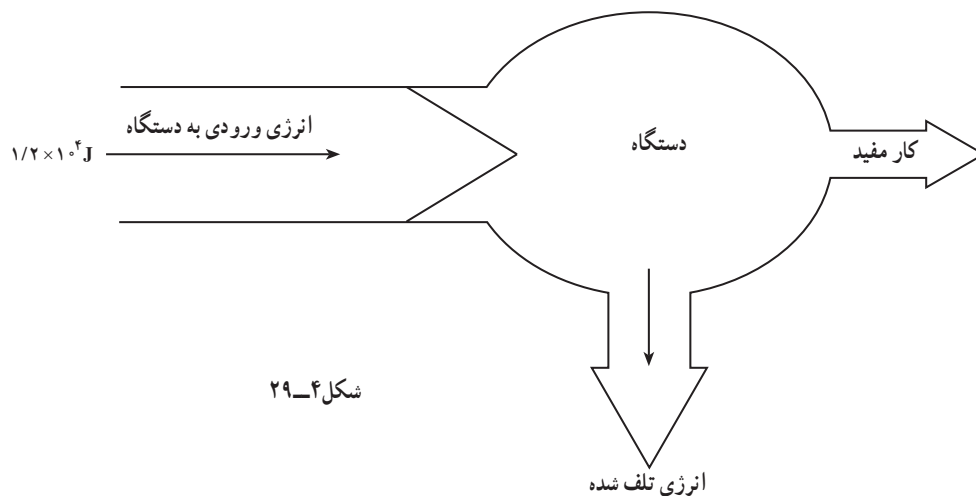
$$\text{بازده} = \frac{\text{کار (انرژی) خروجی}}{\text{کار (انرژی) ورودی}} = \frac{mgh}{P_1 t} = \frac{50 \times 9.8 \times 20}{200 \times 60} = \frac{9800}{12000}$$

$$\text{بازده} = 81.6\%$$

## تمرین پیشنهادی



در شکل ۴-۲۹ طرح وارده شارش انرژی در یک ماشین گرمایی فرضی داده شده است، اگر کار مفید دستگاه  $\frac{1}{5}$  انرژی تلف شده باشد، بازدهی دستگاه، انرژی مفید و انرژی تلف شده در دستگاه را به دست آورید. انرژی ورودی به دستگاه در یک بازده معین  $1/2 \times 10^4 \text{ J}$  است.



شکل ۴-۲۹

**حل:**

بنابر قانون بایستگی انرژی، کل انرژی ورودی برابر است با کار مفید به اضافه انرژی تلف شده. اگر کار مفید  $W_1$ ، انرژی تلف شده  $W_2$  و انرژی ورودی  $E$  باشد آن گاه

$$E = W_1 + W_2$$

$$W_2 = 5W_1 + W_1 = 6W_1$$

$$1/2 \times 10^4 = 6W_1 \Rightarrow W_1 = 2 \times 10^3 \text{ J}$$

$$W_2 = 5 \times 2 \times 10^3 = 10^4$$

$$e = \frac{W_1}{E} = \frac{2 \times 10^3}{1/2 \times 10^4} = 0/167 = 16/7\%$$

**حل تمرین های فصل چهارم**

**تمرین های فصل چهارم**

۱- شخصی به جرم ۵۰ کیلوگرم در داخل آسانسور قرار دارد. آسانسور با سرعت بالا می‌رود. در هر یک از موارد زیر کار هر یک از نیروهای وارد و مشخصه کار نیروی وارد شده و اثر آن حساب کنید.

الف- آسانسور با سرعت ثابت بالا می‌رود.  
ب- آسانسور با شتاب  $4 \text{ m/s}^2$  بالا می‌رود.  
ج- در ترمز ۱ ثانیه کار و زمان توقف آن را با استفاده از نقشه کار و انرژی بدست آورید.  
د- نمودار سرعت-زمان حرکتی به جرم و شتاب در شکل ۱۹-۲ داده شده است. کار نیروی وارد را ابتدا بدون استفاده از استفاده از نقشه کار و انرژی برای این حرکت حساب کنید.



شکل ۱۹-۲

۲- گویه‌ای به جرم ۲۰ گره با سرعت  $10 \text{ m/s}$  در زاویه  $60^\circ$  در نقطه A حرکت می‌کند. اگر گویه به اندازه  $10 \text{ m}$  در جهت افقی رود، نیروی متوسطی که نه به آن وارد می‌گردد چقدر می‌باشد؟  
الف- اوجی به جرم یک کیلوگرم با سرعت  $10 \text{ m/s}$  در حرکت است. رابطه اوجی با همان جرمی را بر  $40^\circ$  می‌بیند و از زمین می‌گذرد. اگر ضرب حاصلگام بین لایسنگ اوجی و جاده است. رابطه آن اوجی به جاده چگونه است؟  
ب- زمین را یک بار با استفاده از نقشه کار و انرژی و بار دیگر با استفاده از معادله انرژی حساب حرکتش را و میانگین عمل کنید.  
ج- لایسنگی به جرم ۵۰ و طول آن مطابق شکل (۱۹-۳) به اندازه  $40^\circ$  از وضعیت عمود منحرف و از حال سکون رها می‌گردد.  
الف- سرعت لایسنگ هنگامی که از وضعیت عمودی می‌گذرد چقدر است؟  
ب- لایسنگ تا چه ارتفاعی بالا می‌رود؟  
ج- از مقاومت هوا صرف نظر کنید.



شکل ۱۹-۳

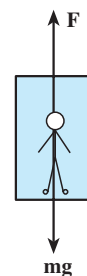
۱- الف) ابتدا باید ببینیم بر جسم چه نیروهایی وارد می‌شود.

۱- نیروی وزن

۲- نیروی بالا بر  $F$  در حالت الف آسانسور با سرعت ثابت حرکت می‌کند برآیند این دو نیرو صفر است.

$$F - mg = ma = 0$$

$$F = mg = 50 \times 9/8 = 490 \text{ N}$$



شکل ۳-۴

کار نیروهای  $F$  و وزن و برآیند به ترتیب برابر است با

$$W_F = Fd \cos 0 = 490 \times 5 \times 1 = 2450 \text{ J}$$

$$W_g = mgd \cos 180 = 490 \times 5 \times (-1) = -2450 \text{ J}$$

$$F_R = ma = 0$$

$$W_R = 0$$

و کار نیروی برآیند صفر است.



$$F - mg = ma \quad (\text{ب})$$

$$F = m(g + a) = 5 \cdot (9.8 + 2) = 59 \cdot \text{N}$$

$$W_F = Fd \cos 0 = 59 \cdot 5 \cdot 1 = 295 \cdot \text{J}$$

$$W_g = mgd \cos 180 = -245 \cdot \text{J}$$

کار برآیند را می‌توان از مجموع جبری کارهای انجام شده به دست آورد و یا این که برآیند را محاسبه کرده و کار آن را به دست آوریم.

$$W_T = 295 - 245 = 50 \cdot \text{J}$$

$$W_R = (ma)d \cos 0 = 5 \cdot 2 \cdot 5 = 50 \cdot \text{J}$$

و یا:

۲- کار برآیند نیروها با استفاده از قضیه کار و انرژی

الف) چون سرعت ثابت است  $K_f = K_i$  و  $W = \Delta K = 0$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = W$$

(ب)

$$v^2 - v_0^2 = 2a(\Delta y) \quad v^2 = 2a(\Delta y) = 2 \cdot 2 \cdot 5 = 20$$

$$\frac{1}{2} \times 50 \times 20 - 0 = W \Rightarrow W = 500 \cdot \text{J}$$

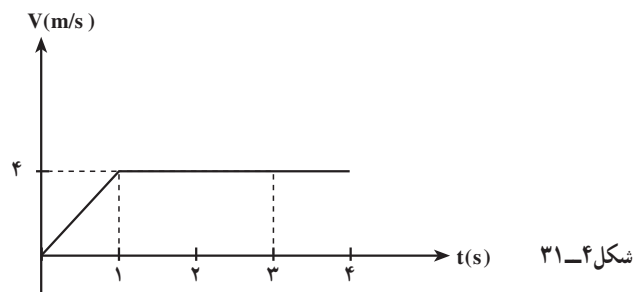
۳- در این تمرین محاسبه کار نیروی برآیند به روش مستقیم و با استفاده از قضیه کار و انرژی مقایسه

می‌شوند.

$$v = at + v_0 \quad a = \frac{4}{1} = 4 \text{ m/s}^2$$

با توجه به نمودار داریم

$$F = ma = 5 \times 4 = 20 \cdot \text{N}$$



ابتدا جابه‌جایی جسم را در مدت ۴s به دست می‌آوریم. چون شتاب ثابت بوده است می‌توان نوشت:

$$x = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + x_0$$

$$x = \frac{1}{2} \times 4 \times 1 = 2 \text{ m}$$

$$W_1 = Fd \cos 0 = 20 \times 2 = 40 \cdot \text{J}$$

(جابه‌جایی را می‌توان از رابطه  $v^2 - v_0^2 = 2a(\Delta x)$  نیز به دست آورد) از ثانیه یکم به بعد سرعت ثابت و برآیند

نیروها برابر صفر است.

$$W_f = 0 \Rightarrow W = W_1 + W_f = 40 \cdot \text{J}$$

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

(ب) با استفاده از قضیه کار و انرژی :

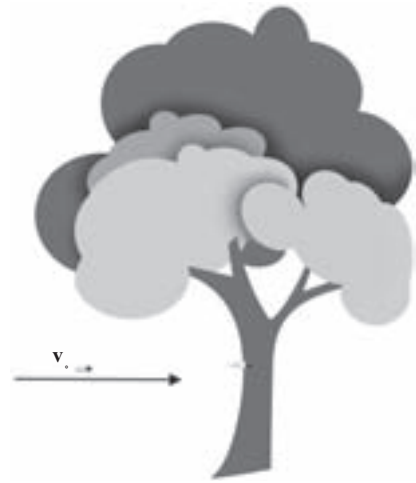
$$\frac{1}{2} \times 5 \times 16 - 0 = W \Rightarrow W = 40 \text{ J}$$

۴- با استفاده از قضیه کار و انرژی داریم :

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = F_R d \cos \theta$$

$$0 - \frac{1}{2} \times 24 \times 10^3 \times 50^2 = F_R \times 12 \times 10^3 \times (-1)$$

$$F_R = 25000 \text{ N}$$

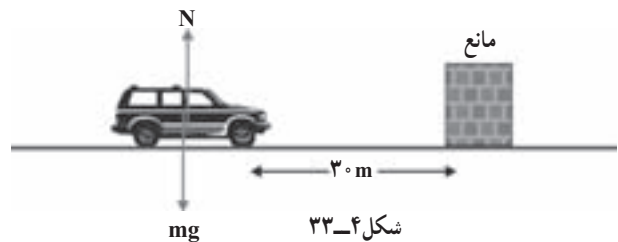


جهت جابه‌جایی  
نیروی مقاوم درخت  
شکل ۴-۲۲

۵- الف) با استفاده از قضیه کار و انرژی :

$$v_0 = \frac{\sqrt{2} \times 1000}{3600} = 20 \text{ m/s}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = W = F_k d \cos \theta$$



شکل ۴-۲۳

وقتی خودرو ترمز می‌کند، فقط نیروی اصطکاک بر آن اثر دارد.

$$f_k = \mu_k N = \mu_k mg$$

$$0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -\mu_k mgd \Rightarrow d = \frac{v_0^2}{2\mu_k g} = \frac{400}{2 \times 0.5 \times 9.8} = 40.8 \text{ m}$$

برخورد صورت می‌گیرد زیرا مسافت توقف بیش از ۳۰ m است.

$$f_k = \mu_k N = \mu_k mg$$

(ب) بر جسم نیروی اصطکاک اثر می‌کند.

$$f_k = ma$$

$$ma = \mu_k mg \Rightarrow a = \mu_k g$$

$$a = 0.5 \times 9.8 = 4.9 \text{ m/s}^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2a(\Delta x)$$

$$-400 = 2 \times 4 / 9 \times \Delta x \Rightarrow \Delta x = 40 / 9 \text{ m}$$

چون حرکت کند شونده است ( $a < 0$ )

۶- با استفاده از پایستگی انرژی مکانیکی داریم:

$$E_1 = E_2$$

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

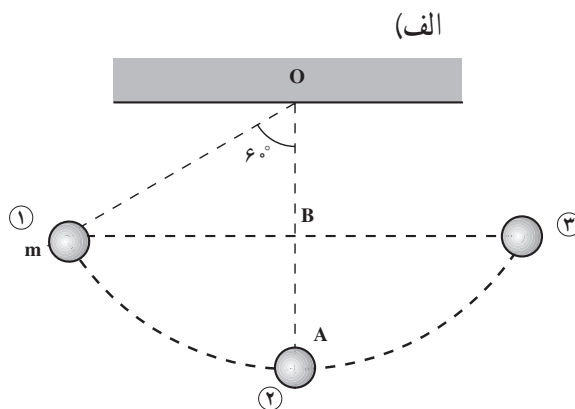
$$mgh(AB) + 0 = 0 + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$AB = OA - OB = L - L \cos \theta = L(1 - \cos \theta)$$

$$OB = L \cos \theta$$

$$v = \sqrt{2g(AB)} = \sqrt{2gL(1 - \cos \theta)}$$

$$v = \sqrt{2gL(1 - \frac{1}{4})} = \sqrt{gL}$$



شکل ۴-۳۴

$$E_1 = E_2$$

$$U_1 + K_1 = U_2 + K_2$$

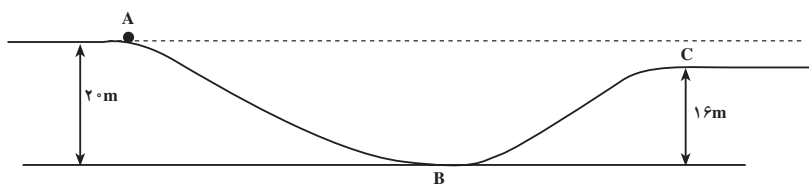
$$mgh_1 + 0 = 0 + mgh_2$$

$$h = AB = L(1 - \cos 6^\circ) = L(1 - \frac{1}{4}) = \frac{L}{4}$$

$$h_1 = h_2$$

$$h_1 = h_2 = \frac{L}{4}$$

(ب) وقتی از مقاومت هوا صرف نظر می شود،



شکل ۴-۳۵

۷-

در مسکن آسمانی ۱۰ واحدی که در هر طبقه ۳ واحد است، از جمله مسکن  
 طرح به حرکت کند. برجه آن در ۳۰ و ۳۰ متر است. از مسکن آن طرح به حرکت کند.

شکل ۴-۳۶

فرد در مسکن ۱۰ واحدی که در هر طبقه ۳ واحد است، از جمله مسکن  
 طرح به حرکت کند. برجه آن در ۳۰ و ۳۰ متر است. از مسکن آن طرح به حرکت کند.

شکل ۴-۳۷

آسمانی به جرم ۳۰ کیلوگرم، ۱۰ بار در از زمان یک دقیقه حرکت می کند. توان متوسط آن  
 چند وات است؟ ارتفاع هر بار ۳۰ متری هر طرف است.

۱- آسمانی در برجه ۱۰ متری مسکن در ۳۰ دقیقه از ارتفاع ۳۰ متری بالا میرود. اگر  
 جرم متوسط هر مسکن ۳۰ کیلوگرم و جرم آسمانی ۳۰ کیلوگرم باشد، توان متوسط موتور آن چند وات  
 است؟

با توجه به پایستگی انرژی مکانیکی داریم

$$E_A = E_B$$

$$U_A + K_A = U_B + K_B$$

$$mgh_A = 0 + \frac{1}{2}mv_B^2 \quad v_B = \sqrt{2gh_A}$$

$$v_B = \sqrt{2gh_A} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 20} = 2\sqrt{98} = 19.8 \text{ m/s} \approx 20 \text{ m/s}$$

و در نقطه‌ی C، جسم دارای انرژی پتانسیل گرانشی و جنبشی است.

$$mgh_A + 0 = gh_C + \frac{1}{2}mv_C^2$$

$$mg(h_A - h_C) = \frac{1}{2}mv_C^2 \Rightarrow v_C = \sqrt{2g(h_A - h_C)}$$

$$v_C = \sqrt{2 \times 9.8(20 - 16)} = 8.8 \text{ m/s}$$

۸- وقتی از مقاومت هوا صرف نظر می‌کنیم خواهیم داشت:

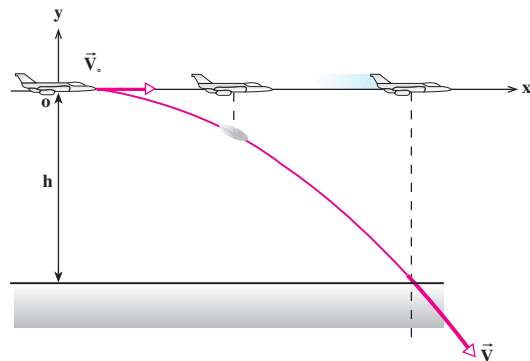
(انرژی مکانیکی در روی زمین)  $E_o = E_A$  (انرژی مکانیکی در ارتفاع h)

$$mgh + \frac{1}{2}mv_o^2 = 0 + \frac{1}{2}mv_A^2$$

$$v_o = \frac{900 \times 1000}{3600} = 250 \text{ m/s}$$

$$9.8 \times 200 + \frac{1}{2} \times (250)^2 = \frac{1}{2}v_B^2$$

$$v = 257.7 \text{ m/s}$$



شکل ۴-۳۶

۹- کاری که شخص جهت بالارفتن انجام می‌دهد  $h = 50 \times 0.3 = 15 \text{ m}$  ارتفاعی که شخص بالا رفته

$$W = mgh \cos 0 = 70 \times 9.8 \times 15 \times 1 = 10290 \text{ J}$$

$$\text{وات متوسط } \bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{10290}{60} = 171.5$$

$$m_1 = 10 \times 80 = 800 \text{ kg}$$

۱۰- جرم کل مسافران

$$M = m_1 + m_2 = 1000 + 800 = 1800 \text{ kg}$$

جرم کل آسانسور با مسافران

کاری که آسانسور انجام می‌دهد برابر است با:

$$W = mgh \cos 0 = 1800 \times 9.8 \times 80 = 1411200 \text{ J}$$

$$\text{وات متوسط } \bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{1411200}{3 \times 60} = 7840$$

$$= 7.84 \text{ kW}$$