

بسم ا. . . الرحمن الرحيم

# فیزیک

سال اول دبیرستان  
(ویژه‌ی دانش‌آموزان ممتاز)



انتشارات خوشخوان

مؤلف : علیرضا شبانی

## فهرست

عنوان	صفحه
پیشگفتار مؤلف	۵
پیشگفتار ناشر	۷
فصل اول (انرژی)	۹
مسائل نمونه	۳۳
پاسخ مسائل نمونه	۳۸
تمرینات	۵۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۵۹
فصل دوم (دما و گرما)	۷۳
مسائل نمونه	۱۰۶
پاسخ مسائل نمونه	۱۱۰
تمرینات	۱۲۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۱۲۶

فصل سوم (الکتریسیته)	۱۴۱
مسائل نمونه	۱۷۳
پاسخ مسائل نمونه	۱۷۶
تمرینات	۱۸۰
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۱۸۵
فصل چهارم (نور - بازتاب نور)	۱۹۳
مسائل نمونه	۲۲۳
پاسخ مسائل نمونه	۲۲۸
تمرینات	۲۴۲
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۲۶۳
فصل پنجم (شکست نور)	۲۸۵
مسائل نمونه	۳۴۹
پاسخ مسائل نمونه	۳۵۶
تمرینات	۳۷۷
پرسش‌های چهارگزینه‌ای	۴۲۷
ضمیمه	۴۶۷
پاسخ کلیدی پرسش‌های چهارگزینه‌ای فصل اول	۴۶۹
پاسخ کلیدی پرسش‌های چهارگزینه‌ای فصل دوم	۴۷۰
پاسخ کلیدی پرسش‌های چهارگزینه‌ای فصل سوم	۴۷۱
پاسخ کلیدی پرسش‌های چهارگزینه‌ای فصل چهارم	۴۷۲
پاسخ کلیدی پرسش‌های چهارگزینه‌ای فصل پنجم	۴۷۴
جدول مثلثاتی	۴۷۷

# فصل اول

## انرژی

یکی از مهم‌ترین مباحثی که در فیزیک به بحث در مورد آن می‌پردازیم مبحث انرژی است.

تعریف انرژی: به توانایی انجام کار گفته می‌شود که واحد سنجش آن ژول J است.

به عبارت دیگر هر ماده‌ای که بتواند کاری انجام دهد دارای انرژی است. انرژی به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شود:

۱- انرژی پتانسیل (ذخیره شده)

۲- انرژی جنبشی (حرکتی)

در طبیعت انرژی به صورت‌های مختلف یافت می‌شود ولی هر یک از این صورت‌ها یا جزء انرژی پتانسیل و یا جزء انرژی جنبشی محسوب می‌شوند. به عنوان مثال: انرژی‌های گرانشی، شیمیایی، اتمی و کشسانی جزء دسته‌ی پتانسیل و انرژی‌های صوتی، گرمایی، تابش و الکتریسیته جزء دسته‌ی جنبشی هستند.

در این فصل به بحث در مورد بعضی از صورت‌های انرژی می‌پردازیم:

### انرژی شیمیایی:

به انرژی ذخیره شده در مولکول‌های مواد که در اثر واکنش شیمیایی آزاد می‌شود انرژی شیمیایی گفته می‌شود.

به عنوان مثال انرژی ذخیره شده در نفت، بنزین و مواد غذایی از نوع انرژی شیمیایی محسوب می‌شوند.

در هر گرم از مواد غذایی مقداری انرژی شیمیایی نهفته است که معمولاً آن را با واحد کیلو ژول بر گرم و نماد  $\frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  بیان می‌کنند. به عنوان مثال انرژی شیمیایی کره  $30 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  است، و به این

معناست که در هر گرم کره  $30$  کیلو ژول انرژی وجود دارد.

در جدول ۱ انرژی شیمیایی بعضی از مواد غذایی و مواد سوختی آورده شده است.

جدول ۱. انرژی شیمیایی موجود در غذاها و سوخت‌های معمولی

(بر حسب کیلو ژول بر گرم  $(\frac{\text{kJ}}{\text{g}})$ )

غذاهای معمولی	غذاهای معمولی	غذاهای معمولی	سوخت‌های معمولی
سیب ۲/۴	انگور ۲/۹	راسته‌ی گوشت	زغال ۳۳/۶
حبوبات، غله ۵	گوشت ۹/۴	گوساله بدون چربی ۷	نفت ۴۷/۹
کره ۳۰/۲	بستنی ۹/۳	شکر ۱۶/۸	گاز طبیعی ۵۴/۶
هویج ۱/۸	چربی ۳۹/۱	گوچه فرنگی ۰/۹	چوب ۱۶/۸
کرفس ۰/۶	شیر ۲/۷	ماهی تن ۸/۳	
پنیر تازه ۴/۵	شیر کم چرب ۱/۸	نان لواش ۱۱/۳	
مرغ ۶/۷	پرتقال ۲/۱		
شکلات ۲۲/۲	نخود ۳		
نوشابه ۱/۵	تخم مرغ ۶/۸		
پلو ۴/۶			

تذکر: واحد سنجش انرژی ژول می‌باشد ولی چون انرژی مواد مختلف زیاد است، بنابراین برای سنجش آن‌ها می‌بایست از واحد بزرگ‌تری استفاده کرد، که آن واحد کیلو ژول نام دارد که برابر ۱۰۰۰ ژول است. ( $1\text{kJ} = 1000\text{J}$ )

مثال ۱. شخصی ۵۰ گرم کره و ۱ کیلو گرم برنج مصرف می‌کند مطلوب است که بگویید انرژی آزاد

شده در بدن شخص چقدر می‌باشد؟ (انرژی شیمیایی کره  $30 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  و انرژی شیمیایی برنج

$7 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  می‌باشد.)

حل:

$$\frac{1\text{g}}{50\text{g}} = \frac{30\text{kJ}}{x} \Rightarrow x = 30 \times 50 = 1500\text{kJ} \quad \text{انرژی آزاد شده از خوردن کره}$$

$$\frac{1\text{g}}{1000\text{g}} = \frac{7\text{kJ}}{x} \Rightarrow x = 7 \times 1000 = 7000\text{kJ} \quad \text{انرژی آزاد شده از خوردن برنج}$$

$$\text{کل انرژی آزاد شده} = 1500 + 7000 = 8500\text{kJ}$$

مثال ۲. یک کوهنورد برای تأمین انرژی مورد نیازش ۱ کیلوگرم خرما مصرف می‌کند، اگر این کوهنورد به خرما دسترسی نداشته باشد برای تأمین انرژی خود می‌بایست چند کیلوگرم نان

$$\text{مصرف کند؟ (انرژی خرما: } 40 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} \text{ و انرژی نان } 3/5 \frac{\text{kJ}}{\text{g}})$$

حل:

$$\text{انرژی حاصل از ۱ خرما } 1 \text{ kg} = 1000 \text{ gr} \quad \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ g}} = \frac{40 \text{ kJ}}{x} \rightarrow x = 40000 \text{ kJ}$$

کیلوگرم خرما

$$\frac{1 \text{ g}}{x} = \frac{3/5 \text{ kJ}}{40000 \text{ kJ}} \Rightarrow x = \frac{40000}{3/5} = 11428/5 \text{ g}$$

$$\Rightarrow \frac{11428/5}{1000} = 11/4285 \text{ kg} \quad \text{مقدار نان مصرف شده بر حسب کیلوگرم}$$

### آهنگ مصرف انرژی:

به مقدار مصرف انرژی در مدت زمان معین ( مثلاً یک دقیقه، یک ساعت و یا یک ثانیه )،

آهنگ مصرف انرژی گفته می‌شود و واحد آن معمولاً کیلو ژول بر دقیقه است و با نماد  $\frac{\text{kJ}}{\text{min}}$  نشان

داده می‌شود.

به عنوان مثال وقتی می‌گوییم آهنگ مصرف انرژی هنگام خوابیدن  $5 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}$  است یعنی این

که هنگام خوابیدن در هر دقیقه ۵ kJ انرژی مصرف می‌شود.

در جدول ۲ آهنگ مصرف انرژی چند فعالیت مختلف آورده شده است.

جدول ۲. آهنگ مصرف انرژی برای فعالیت‌های گوناگون:

نوع فعالیت	آهنگ مصرف انرژی (کیلو ژول بر دقیقه) $\frac{\text{kJ}}{\text{min}}$
خواب	۵
نشستن در حال استراحت	۷/۱
ایستادن در حالت معمولی	۷/۶
نشستن در کلاس	۱۲/۶
به آرامی راه رفتن	۱۶
دوچرخه سواری $(۱۸ - ۱۳) \frac{\text{km}}{\text{h}}$	۲۳/۹
دوچرخه سواری $۲۱ \frac{\text{km}}{\text{h}}$	۴۲
دوچرخه سواری (مسابقه)	۱۱۱/۳
تنیس	۲۶/۵
شنا (قورباغه)	۲۸/۶
بالا رفتن از پله‌ها	۴۱/۲
بسکتبال	۴۷/۹

مثال ۳. شخصی می‌خواهد به مدت یک ساعت بدود. اگر آهنگ مصرف انرژی هنگام دویدن

$۳۵ \frac{\text{kJ}}{\text{min}}$  باشد، مطلوب است که این شخص چقدر انرژی مصرف کرده است؟

حل:

$$\frac{۱ \text{ min}}{۶۰ \text{ min}} = \frac{۳۵ \text{ kJ}}{x} \Rightarrow x = ۶۰ \times ۳۵ = ۲۱۰۰ \text{ kJ}$$

۶۰ دقیقه = ۱ ساعت

مثال ۴. در یک دریاچه اردک ماهی‌ای به مدت ۲ ساعت بازی می‌کند. این اردک ماهی برای تأمین

انرژی لازم چقدر کرم باید بخورد؟ (انرژی کرم  $= \frac{۱}{۵} \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$ ، آهنگ مصرف انرژی هنگام

بازی کردن  $= ۴ \frac{\text{kJ}}{\text{min}}$ )

حل:

ابتدا حساب می‌کنیم ۲ ساعت بازی کردن به چه مقدار انرژی نیاز دارد:

$$\frac{1 \text{ min}}{120 \text{ min}} = \frac{4 \text{ kJ}}{x} \Rightarrow x = 4 \times 120 = 480 \text{ kJ} \quad \text{مقدار انرژی مصرفی}$$

$$\frac{1 \text{ g}}{x} = \frac{1/5 \text{ kJ}}{480 \text{ kJ}} \Rightarrow x = \frac{480}{1/5} = 320 \text{ g} \quad \text{مقدار کرم}$$

مثال ۵. اگر شخصی ۱۰۰۰ گرم گوشت و ۲۰۰ گرم پلو و ۵۰ گرم نوشابه مصرف کند، با انرژی به دست

آمده از مصرف این غذاها چند دقیقه می‌تواند تنیس بازی کند؟ (فرض کنید بازده بدن

شخص ۸۰٪ می‌باشد. انرژی شیمیایی گوشت  $\frac{9}{5} \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  و پلو  $\frac{4}{\text{g}} \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  و نوشابه  $\frac{2}{5} \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$  و

آهنگ مصرف انرژی در بازی تنیس  $\frac{25 \text{ kJ}}{\text{min}}$  است.)

حل:

$$\frac{1 \text{ g}}{100 \text{ g}} = \frac{9/5 \text{ kJ}}{x} \Rightarrow x = 9/5 \times 100 = 950 \text{ kJ} \quad \text{انرژی حاصل از مصرف گوشت}$$

$$\frac{1 \text{ g}}{200 \text{ g}} = \frac{4 \text{ kJ}}{x} \Rightarrow x = 4 \times 200 = 800 \text{ kJ} \quad \text{انرژی حاصل از مصرف پلو}$$

$$\frac{1 \text{ g}}{50 \text{ g}} = \frac{2/5 \text{ kJ}}{x} \Rightarrow x = 2/5 \times 50 = 125 \text{ kJ} \quad \text{انرژی حاصل از مصرف نوشابه}$$

$$950 + 800 + 125 = 1875 \text{ kJ} \Rightarrow \text{انرژی کل به دست آمده از مصرف غذاها}$$

چون بازده بدن شخص ۸۰٪ می‌باشد، پس فقط ۸۰٪ از این انرژی مفید بوده و بقیه‌ی آن هدر

می‌رود.

$$\frac{80}{100} = \frac{x}{1875 \text{ kJ}} \Rightarrow x = \frac{80 \times 1875}{100} = 1500 \text{ kJ} \quad \text{انرژی مفید}$$

مدت زمانی که شخص می‌تواند تنیس بازی کند:

$$\frac{1 \text{ min}}{x} = \frac{25 \text{ kJ}}{1500 \text{ kJ}} \Rightarrow x = \frac{1500 \times 1}{25} = 60 \text{ min}$$

**انرژی جنبشی:**

یکی از صورت‌های دیگر انرژی، انرژی جنبشی است که بنا به تعریف: انرژی جنبشی، انرژی‌ای است که جسم به علت حرکت خود دارا می‌باشد. بنابراین هر جسم متحرک دارای انرژی جنبشی است. مثلاً گلوله و چکش در حال حرکت دارای انرژی جنبشی هستند. به همین جهت هنگام برخورد با یک جسم می‌توانند کار انجام دهند.

**اندازه‌ی انرژی جنبشی:**

انرژی جنبشی هر جسم به دو عامل بستگی دارد: ۱- جرم جسم ۲- سرعت جسم.  
برای به دست آوردن این انرژی از فرمول زیر استفاده می‌کنیم:

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \text{انرژی جنبشی} = \frac{1}{2} \times (\text{جرم جسم}) \times (\text{سرعت جسم})^2$$

در فرمول بالا  $k$  نماد انرژی جنبشی است و واحد آن  $J$  می‌باشد.  $m$  نماد جرم جسم است و واحد آن  $kg$  می‌باشد.  $v$  نماد سرعت جسم است و واحد آن  $\frac{m}{s}$  می‌باشد.

مثال ۶. انرژی جنبشی گلوله‌ای به جرم  $20$  گرم که با سرعت  $500 \frac{m}{s}$  پرتاب می‌شود را حساب کنید.

**حل:**

ابتدا واحد جرم گلوله را از گرم به کیلوگرم تبدیل می‌کنیم:

$$20g \xrightarrow{\div 1000} 0.02kg$$

$$k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.02 \times (500)^2 = 2500J$$

نکته‌ی ۱. به مقدار جابه‌جایی جسم بر حسب زمان سرعت گویند و از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$\text{سرعت} = \frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{زمان}} \Rightarrow v = \frac{x}{t}$$

نکته‌ی ۲. واحد سرعت معمولاً یا متر بر ثانیه است، یا کیلومتر بر ساعت، برای این که واحد

سرعت  $\frac{m}{s}$  باشد، در فرمول بالا واحد جابه‌جایی را ( $m$ ) و واحد زمان را ثانیه ( $s$ ) قرار

می‌دهیم و برای این که واحد سرعت  $\frac{km}{h}$  باشد، باید جابه‌جایی را بر حسب کیلومتر ( $km$ )

و زمان را بر حسب ساعت ( $h$ ) در فرمول قرار داد.

مثال ۷. اتومبیلی با سرعت  $20 \frac{m}{s}$  در حرکت است. اگر این اتومبیل به مدت ۳۰ دقیقه در حال حرکت باشد مطلوبست: الف) اتومبیل چند متر حرکت کرده است؟ ب) اگر انرژی جنبشی آن  $600 kJ$  باشد جرم آن چقدر است؟

حل:

$$30 \text{ min} = 30 \times 60 = 1800 \text{ (s)}$$

$$v = \frac{x}{t} \Rightarrow 20 = \frac{x}{1800} \Rightarrow x = 20 \times 1800 = 36000 \text{ (m)} \quad \text{الف)}$$

$$k = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 600 \times 1000 = \frac{1}{2} \times m \times (20)^2 \Rightarrow 600000 = 200m \quad \text{ب)}$$

$$\Rightarrow m = 3000 \text{ kg}$$

نکته ۳. تبدیل واحد سرعت از  $\frac{m}{s}$  به  $\frac{km}{h}$  و بالعکس به صورت زیر انجام می‌شود:

$$\frac{km}{h} \xrightarrow{\div 3/6} \frac{m}{s} \qquad \frac{m}{s} \xrightarrow{\times 3/6} \frac{km}{h}$$

### انرژی پتانسیل گرانشی:

یکی دیگر از صورت‌های انرژی که جزء انرژی‌های پتانسیل محسوب می‌شود انرژی پتانسیل گرانشی می‌باشد.

تعریف: هرگاه جسمی در ارتفاعی از سطح زمین قرار داشته باشد، در این جسم به واسطه‌ی ارتفاعش از سطح زمین، نوعی انرژی ذخیره می‌شود که به آن انرژی پتانسیل گرانشی می‌گویند.

### اندازه‌ی انرژی پتانسیل گرانشی:

مقدار انرژی پتانسیل گرانشی به عوامل زیر بستگی دارد:

- ۱- جرم جسم: هرچه جرم جسم بیش‌تر باشد به همان نسبت مقدار انرژی هم بیش‌تر است.
- ۲- شتاب گرانشی زمین (یا هر کره دیگری که جسم در آن است): مقدار آن تقریباً برابر  $\frac{9.8}{s^2} m$  است ولی بصورت تقریبی آن را برابر  $10$  می‌گیرند.

۳- ارتفاع جسم از زمین: هر چه ارتفاع جسم از زمین بیش تر باشد انرژی آن نیز بیش تر خواهد بود. برای به دست آوردن انرژی گرانشی از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$\text{ارتفاع از سطح زمین} \times \text{شتاب گرانشی} \times \text{جرم جسم} = \text{انرژی پتانسیل گرانشی}$$

$$u = m \times g \times h$$

معمولاً در فیزیک انرژی پتانسیل را با (u) و جرم جسم را با (m) و شتاب گرانشی را با (g) و ارتفاع را با (h) نشان می دهند. بنابراین فرمول فوق به صورت روبه رو در می آید:

$$u = mgh$$

نکته ۴. در فرمول بالا واحد جرم کیلوگرم (kg) و واحد شتاب گرانشی متر بر مجذور ثانیه (  $\frac{m}{s^2}$  ) و واحد ارتفاع متر (m) می باشد، رعایت کردن این واحدها در حل مسایل الزامی می باشد.

مثال ۸. جسمی به جرم ۲ تن در ارتفاع ۴ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. انرژی پتانسیل گرانشی آن چقدر است؟  
حل:

ابتدا باید جرم و ارتفاع را بر حسب واحدهای اصلی آن به دست آوریم:

$$\left. \begin{array}{l} m = 2 \text{ ton} = 2000 \text{ kg} \\ h = 4 \text{ km} = 4000 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow u = mgh = 2000 \times 4000 \times 10 = 8 \times 10^7 \text{ (J)}$$

$$= 80000 \text{ (kJ)}$$

مثال ۹. هواپیمایی در ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح زمین در حال پرواز می باشد. اگر انرژی پتانسیل گرانشی آن ۱۲۰۰۰ kJ باشد، جرم آن چقدر است؟  
حل:

$$\left. \begin{array}{l} h = 3 \text{ km} = 3000 \text{ m} \\ u = 12000 \text{ kJ} = 12 \times 10^6 \text{ J} \end{array} \right\} \Rightarrow u = mgh \Rightarrow 12 \times 10^6 = m \times 10 \times 3000$$

$$\Rightarrow m = \frac{12 \times 10^6}{3 \times 10^4} = 4 \times 10^2 = 400 \text{ (kg)}$$

**قانون پایستگی انرژی:**

طبق این قانون مقدار انرژی یک جسم (سیستم) همواره ثابت است، مگر آن که به آن انرژی داده یا از آن انرژی گرفته شود.

تذکر: مقدار انرژی در جسم طبق قانون پایستگی انرژی همیشه ثابت است. ولی ممکن است از نوعی به نوع دیگر یا از صورتی به صورت دیگر تبدیل شود. به عنوان مثال اگر جسمی در بالای برجی قرار داشته باشد و این جسم به طرف پایین رها شود مقدار انرژی جسم در بالا با مقدار انرژی جسم در پایین برابر است ولی نوع انرژی از پتانسیل به نوع جنبشی تبدیل شده است.

**انرژی مکانیکی:**

به مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل، انرژی مکانیکی می‌گویند و با حرف E نشان می‌دهند.

$$E = K + U$$

**قانون پایستگی انرژی مکانیکی:**

اگر در یک جسم (سیستم) از مقاومت هوا و اصطکاک صرف نظر شود مقدار انرژی مکانیکی (مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی) همواره ثابت است. به بیان دیگر، در یک جسم انرژی‌های پتانسیل و جنبشی می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند و میزان کاهش یکی از آن دو، برابر میزان افزایش دیگری است. به طوری که مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل همواره ثابت می‌ماند.

$$E = K + U = \text{مقدار ثابت}$$

به عنوان مثال، جسمی که در حال سقوط است هرچه پایین تر می‌آید از انرژی پتانسیل گرانشی آن کاسته شده و به انرژی جنبشی آن افزوده می‌شود. ( زیرا در حال سقوط به تدریج از ارتفاع آن کاسته شده و سرعت آن افزایش می‌یابد.) بنابراین اگر جسم از وضعیت اولیه خود به یک وضعیت ثانویه برسد می‌توان نشان داد:

$$E_1 = E_2 \rightarrow \text{انرژی وضعیت ثانویه} = \text{انرژی وضعیت اولیه}$$

$$\rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

توجه: در اینجا یاد آور می‌شویم که در اغلب مواد تمام انرژی مکانیکی که به یک دستگاه داده می‌شود، به کار مفید تبدیل نمی‌گردد. بلکه مقداری از آن در اثر وجود اصطکاک به گرما تبدیل می‌گردد.

نکته‌ی بسیار مهم: اگر در دستگاه مقاومت هوا و اصطکاک وجود داشته باشد، انرژی مکانیکی مقداری ثابت نمی‌باشد و تغییرات انرژی مکانیکی برابر با کار نیروی اصطکاک ( اصطلاحاً انرژی تلف شده ) است. بنابراین انرژی وضعیت اولیه جسم به دو قسمت تبدیل می‌شود. یک قسمت انرژی تلف شده و قسمت‌های دیگر انرژی وضعیت ثانویه جسم:

انرژی تلف شده + انرژی ثانویه = انرژی اولیه

$$E_1 = E_2 + W_R$$

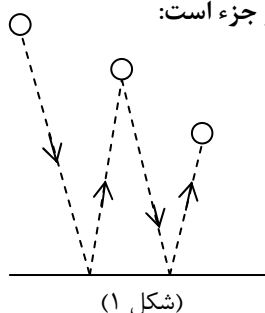
### نیروی اصطکاک و قانون بقای انرژی مکانیکی:

اگر گلوله‌ای را که روی یک صفحه فلزی بالا و پایین می‌رود از نزدیک تماشا کنیم ( شکل ۱ ) مشاهده می‌کنیم که پس از هر برخورد تا ارتفاعی که قدری پایین‌تر از جهش قبلی است، بالا می‌رود یعنی انرژی آن ثابت نمی‌ماند بلکه به تدریج کاهش می‌یابد.

این کاهش انرژی از نیروی اصطکاک ناشی می‌شود که شامل دو جزء است:

(۱) مقاومت هوا که گلوله در آن حرکت می‌کند.

(۲) اصطکاک بین گلوله و صفحه در نقاط برخورد.



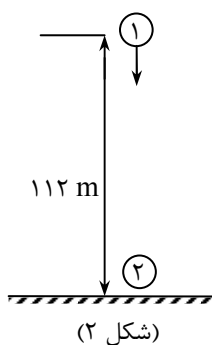
( شکل ۱ )

نتیجه: به طور کلی با بودن اصطکاک قانون بقای انرژی مکانیکی همیشه نقض می‌شود و انرژی کل اجسام کاهش می‌یابد و مقدار انرژی کم شده صرف غلبه بر اصطکاک می‌شود.

مثال ۱۰. جسمی به جرم ۳۸ kg از ارتفاع ۱۱۲ m رها می‌شود. مطلوبست:

الف) انرژی جنبشی و پتانسیل جسم هنگام رها شدن؟

ب) انرژی جنبشی و پتانسیل جسم هنگام رسیدن به زمین؟



ج) سرعت این جسم هنگام رسیدن به زمین؟

حل:

در حل این مسائل ابتدا وضعیت اولیه و ثانویه را مشخص می‌کنیم. با توجه به شکل ۲ لحظه‌ی رها شدن را وضعیت ۱ و موقع به زمین رسیدن را وضعیت ۲ می‌نامیم.

الف) چون جسم رها می‌شود، بنابراین سرعت آن در وضعیت ۱ صفر می‌باشد.

$$K_1 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 38 \times 0 = 0$$

انرژی جنبشی در لحظه‌ی رها شدن

$$U_1 = mgh = 38 \times 10 \times 112 = 42560 \text{ (J)}$$

انرژی پتانسیل در لحظه‌ی رها شدن

ب) توجه: ارتفاع وضعیت دوم از سطح زمین صفر می‌باشد.

$$U_2 = mgh = 38 \times 10 \times 0 = 0$$

انرژی پتانسیل موقع رسیدن به زمین

مقدار انرژی جنبشی وضعیت ۲ را نمی‌توانیم از فرمول انرژی جنبشی به دست آوریم. زیرا سرعت وضعیت دوم را نداریم ولی با توجه به قانون پایستگی انرژی مکانیکی می‌توان نوشت:

$$E_1 = E_2$$

$$K_1 + U_1 = K_2 + U_2 \quad \xrightarrow[\text{قسمت الف و ب}]{\text{با جاگذاری از}} \quad 0 + 42560 = K_2 + 0 \rightarrow$$

$$\Rightarrow K_2 = 42560 \text{ (J)}$$

انرژی جنبشی در موقع برخورد با زمین

$$K_2 = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 42560 = \frac{1}{2} \times 38 \times v^2 \Rightarrow v^2 = 2240 \Rightarrow v = 47/33 \left(\frac{m}{s}\right) \quad \text{ج)}$$

مثال ۱۱. توپی به جرم ۲۰۰ gr از بالای تپه‌ای به ارتفاع ۸۰۰ m با سرعت  $50 \frac{m}{s}$  به پایین پرتاب

می‌شود. الف) اگر از اصطکاک صرف‌نظر شود، سرعت توپ در پایین تپه چقدر است؟ ب) اگر در طول مسیر ۳۰٪ از انرژی اولیه گلوله در اثر اصطکاک تلف شود، مطلوب‌ست که بگویید سرعت این گلوله در پایین تپه چقدر خواهد بود؟

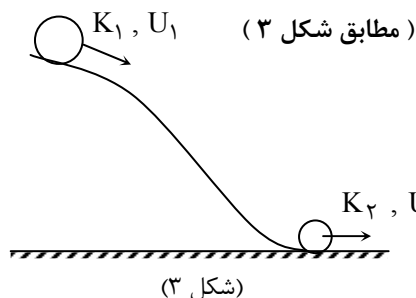
حل:

الف) وضعیت ۱ را در بالای تپه و وضعیت ۲ را در سطح زمین در نظر می‌گیریم.

$$m = 200 \text{ gr} = 0.2 \text{ kg}$$

$$K_1 = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times (50)^2 = 250 \text{ J}$$

$$U_1 = mgh = 0.2 \times 10 \times 800 = 1600 \text{ J}$$



وضعیت دوم روی سطح زمین است. پس ارتفاعش صفر است.

$$U_2 = mgh = 0.2 \times 10 \times 0 = 0$$

$$E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

$$\Rightarrow 250 + 1600 = K_2 + 0 \Rightarrow K_2 = 1850 \text{ (J)}$$

$$K_2 = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 1850 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times v^2 \Rightarrow v = 136.01 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

سرعت توپ در پایین تپه

$$E_1 = K_1 + U_1 = 250 + 1600 = 1850 \text{ (J)}$$

(ب)

اگر ۳٪ از انرژی اولیه گلوله تلف شود ۷۰٪ از انرژی آن باقی می ماند. پس:

$$\frac{70}{100} = \frac{x}{1850} \Rightarrow x = \frac{1850 \times 70}{100} = 1295 \text{ (J)}$$

بنابراین ۱۲۹۵ (J) انرژی باقی مانده است که این انرژی باقی مانده به وضعیت دوم (پایین

تپه) می رسد. بنابراین انرژی ثانویه  $E_2$  برابر همین مقدار می باشد.

$$E_2 = 1295 \Rightarrow K_2 + U_2 = 1295 \Rightarrow K_2 + 0 = 1295 \Rightarrow K_2 = 1295$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = 1295 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 0.2 \times v^2 = 1295 \Rightarrow v^2 = \sqrt{12950} \Rightarrow v = \sqrt{12950} = 113.8 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

نتیجه: از مقایسه قسمت الف و ب نتیجه می شود که چون در قسمت ب مقداری از انرژی توپ در

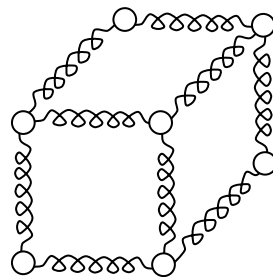
اثر اصطکاک تلف می شود، بنابراین توپ با سرعت کمتری نسبت به قسمت الف به پایین تپه

می رسد.

### انرژی درونی یک جسم:

به مجموع انرژی ذرات یک جسم انرژی درونی آن جسم گفته می شود.

تذکر: ذرات تشکیل دهنده‌ی جسم (مولکول‌ها) همواره در حال نوسان ( در حال حرکت ) می‌باشند. در نتیجه دارای انرژی جنبشی می‌باشند و چون بین مولکول‌های یک جسم نیروی جاذبه وجود دارد و این نیروها مانند فنر عمل می‌کنند ( شکل ۴ ) بنابراین بین مولکول‌های یک جسم انرژی پتانسیل نیز وجود دارد و در واقع انرژی ذرات (مولکول‌ها )، مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل آنهاست. در نتیجه انرژی درونی عبارت است از مجموع انرژی‌های جنبشی و پتانسیل ذرات سازنده‌ی جسم.



(شکل ۴)

نکته‌ی ۵. هر گاه به جسمی گرما داده شود حرکت مولکول‌های آن بیش‌تر شده و در نتیجه انرژی مولکول‌ها بیش‌تر شده و باعث افزایش انرژی درونی می‌شود و به طور خلاصه: « گرما باعث زیاد شدن انرژی درونی می‌شود.»

مثال ۱۲. هر گاه دو دست خود را به یک دیگر مالش دهید انرژی جنبشی دست‌ها به انرژی درونی تبدیل شده و طبق قانون پایستگی انرژی می‌توان نتیجه گرفت که انرژی درونی تولید شده برابر است با انرژی جنبشی دست‌ها.

### تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی درونی:

قانون بقای انرژی مکانیکی در غیاب اصطکاک صادق است. و انرژی سیستم بدون تغییر می‌ماند ولی اگر اصطکاک وجود داشته باشد، انرژی مکانیکی دیگر ثابت نمی‌ماند بلکه در طول حرکت کاهش می‌یابد و در این حالت انرژی درونی افزایش می‌یابد. به بیان دیگر مقدار انرژی تلف شده در اثر اصطکاک صرف افزایش انرژی درونی جسم می‌شود. به عنوان مثال وقتی قطاری ترمز می‌کند، کاهش انرژی جنبشی آن باعث افزایش انرژی درونی که سبب گرم شدن لنت ترمزها و چرخ‌ها و ریل‌ها و هوای محیط اطراف و غیره می‌شود.

مثال ۱۳. اگر توپی را با پا شوت کنیم بعد از مدتی سرعت توپ کم شده و در نهایت متوقف می‌شود. توضیح دهید انرژی جنبشی توپ چه می‌شود؟

حل:

بین توپ و سطح زمین اصطکاک وجود دارد پس در اثر اصطکاک انرژی جنبشی حرکتی توپ کاهش یافته و باعث افزایش انرژی درونی توپ و سطح زمین شده و در نتیجه دمای توپ و سطح زمین بالا می‌رود. در پایان پس از توقف کامل، تمام انرژی جنبشی توپ به انرژی درونی توپ و سطح زمین تبدیل می‌گردد.

مثال ۱۴. پنبه‌ای را که روشن است، خاموش می‌کنیم. مشاهده می‌شود که بعد از مدتی پنبه از حرکت می‌ایستد. با استفاده از قانون پایستگی انرژی این مطلب را توضیح دهید.

حل:

بین پره‌های پنبه و هوا اصطکاک وجود دارد. بنابراین انرژی جنبشی پنبه به انرژی درونی پره‌ها و هوا تبدیل می‌گردد و باعث گرم شدن این دو می‌گردد. توجه کنید که در اغلب موارد افزایش انرژی درونی به صورت گرما ظاهر شده و اجسام را گرم می‌کند.

مثال ۱۵. چرا سنگ‌های آسمانی بزرگ با سطوح کاملاً سوخته به زمین می‌رسند؟

حل:

زیرا سنگ‌های آسمانی در هنگام عبور از جو در اثر اصطکاک با مولکول‌های هوا از انرژی جنبشی آن‌ها کاسته می‌شود و به انرژی درونی سنگ و هوا تبدیل می‌شود. ولی چون سرعت این سنگ‌ها بسیار زیاد است، بنابراین با مقاومت شدیدی از طرف هوا مواجه می‌شوند که باعث افزایش زیاد انرژی درونی شده و این انرژی درونی به صورت گرما ظاهر شده و تمام سطوح جانبی سنگ می‌سوزد.

### انرژی تلف شده:

شاید تا به حال این سؤال در ذهن شما ایجاد شده باشد که با توجه به قانون پایستگی انرژی ما گفتیم انرژی هیچ گاه از بین نمی‌رود، پس منظور از انرژی تلف شده (که در مسائل زیادی این اصطلاح را می‌بینیم) چیست؟

در کارهای روزمره تمام انرژی ما به کار مفید تبدیل نمی‌شود بلکه همیشه مقداری از انرژی مصرفی، توسط اصطکاک به انرژی درونی تبدیل می‌شود و چون این انرژی درونی قابل استفاده نیست ما به آن اصطلاحاً انرژی تلف شده می‌گوییم.