

## درس اول: انرژی جنبشی

یکی از مهم‌ترین مفاهیم موجود در شاخه‌های مختلف علوم، انرژی است. انرژی در همه چیز و همه جا وجود دارد و ما تقریباً در همه فعالیت‌های روزمره خود با آن سروکار داریم. اما وقتی به وجود انرژی پی می‌بریم که با انجام کار، از جسمی به جسم دیگر منتقل شود یا از صورتی به صورت دیگر تبدیل گردد. انرژی جنبشی یا انرژی حرکتی یک جسم، انرژی است که جسم به واسطه حرکت کردن بدست می‌آورد. انرژی جنبشی جسمی به جرم  $m$  که با تندی  $v$  در حال حرکت است، از رابطه روبه‌رو محاسبه می‌شود:

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

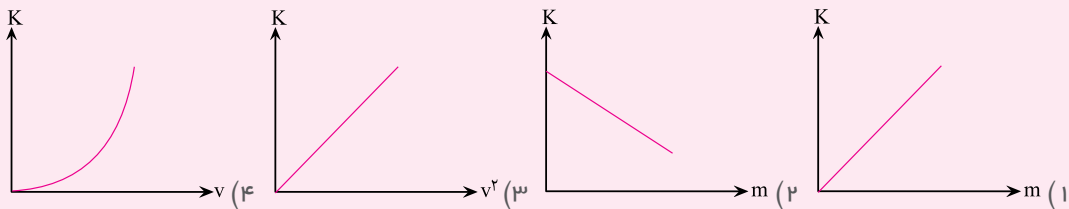
$m$  برحسب کیلوگرم (kg) و  $v$  برحسب متر بر ثانیه ( $\frac{m}{s}$ ) است. بنابراین یکای انرژی جنبشی  $\frac{kgm^2}{s^2}$  است که این یکا به افتخار جیمز ژول (فیزیکدان انگلیسی)، ژول (J) نامیده می‌شود.

**توجه:** انرژی جنبشی یک جسم، کمیتی نرده‌ای است که با جرم و مربع تندی آن جسم نسبت مستقیم دارد. با توجه به رابطه انرژی جنبشی می‌توانیم بگوییم که این کمیت همواره مثبت است. همچنین برای مقایسه دو انرژی جنبشی می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

### مثال:

۱. کدام نمودارهای زیر، انرژی جنبشی یک جسم را توصیف می‌کنند؟



**پاسخ:** انرژی جنبشی ( $K$ ) با مجذور تندی ( $v^2$ ) رابطه مستقیم دارد. در نتیجه نمودار  $K$  برحسب  $v$  باید نمودار درجه ۲ باشد.

نمودار «۴» چنین نموداری را نشان می‌دهد. بنابراین این نمودار به صورت صحیح رسم شده است.

با توجه به توضیحات بالا، نمودار  $K$  برحسب  $v^2$  باید خطی باشد. در نتیجه نمودار «۳» صحیح است.

انرژی جنبشی ( $K$ ) با جرم ( $m$ ) رابطه مستقیم دارد. در نتیجه نمودار  $K$  برحسب  $m$  باید نمودار صعودی باشد که با افزایش  $m$  نیز افزایش یابد. بنابراین نمودار «۲» نادرست و نمودار «۱» درست است.

۲. جرم توپ فوتبال ۴۵۰ g است. اگر فوتبالیستی این توپ را با تندی  $72 \frac{km}{h}$  به سمت دروازه شوت کند، انرژی جنبشی توپ چقدر خواهد بود؟

**پاسخ:**

$K = ?$	مغفول	ابتدا باید یکای جرم را از g به kg و یکای تندی را از $\frac{km}{h}$ به $\frac{m}{s}$ تبدیل کنیم:	ظ تشریحی
$m = 450 \text{ g}$	داده‌ها	$m = 450 \text{ g} \times \left(\frac{1 \text{ kg}}{10^3 \text{ g}}\right) = 450 \times 10^{-3} \text{ kg}$	
$v = 72 \frac{km}{h}$	فرمول‌ها و روابط	$v = 72 \left(\frac{km}{h}\right) \times \left(\frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}}\right) \times \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right) = 20 \frac{m}{s}$	
$K = \frac{1}{2}mv^2$		اکنون می‌توانیم انرژی جنبشی توپ را به دست آوریم:	
		$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times (450 \times 10^{-3} \text{ kg}) \times (20 \frac{m}{s})^2 = 90 \text{ J}$	

**مثال:**

۳. پدري که با پسرش مسابقه دویدن می‌دهد، نصف انرژی جنبشی پسرش و دو برابر جرم او را دارد. نسبت تندی دویدن پدر به تندی دویدن پسر را محاسبه کنید.

**پاسخ:**

$\frac{v_{\text{پدر}}}{v_{\text{پسر}}} = ?$	<p>مسئله</p>	$\frac{K_{\text{پدر}}}{K_{\text{پسر}}} = \frac{m_{\text{پدر}}}{m_{\text{پسر}}} \times \left(\frac{v_{\text{پدر}}}{v_{\text{پسر}}}\right)^2$	<p>حل تشریحی</p>
$m_{\text{پدر}} = 2 m_{\text{پسر}}$	<p>داده‌ها</p>	$\frac{\frac{1}{2} K_{\text{پسر}}}{K_{\text{پسر}}} = \frac{2m_{\text{پسر}}}{m_{\text{پسر}}} \times \left(\frac{v_{\text{پدر}}}{v_{\text{پسر}}}\right)^2 \Rightarrow \left(\frac{v_{\text{پدر}}}{v_{\text{پسر}}}\right)^2 = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v_{\text{پدر}}}{v_{\text{پسر}}} = \frac{1}{2}$	
$\frac{K_2}{K_1} = \frac{m_2}{m_1} \times \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$	<p>شامل‌ها و روابط</p>		

## تمرین‌های امتحانی

۱. از داخل پرانتز کلمه صحیح را انتخاب کنید.

الف. (انرژی / نیرو) این امکان را فراهم می‌کند تا تمامی فعالیت‌های روزمره خود را انجام دهید.

ب. انرژی جنبشی، کمیتی (نرده‌ای / برداری) و همواره (منفی / مثبت) است.

پ. اگر تندی جسمی با جرم ثابت ۲ برابر شود، انرژی جنبشی آن (۴ برابر / ۲ برابر) می‌شود.

۲. درستی یا نادرستی عبارات‌های زیر را تعیین کنید. سپس صورت صحیح عبارت نادرست را بنویسید.

الف. انرژی، توان لازم برای به حرکت در آوردن موتور خودروها، کشتی‌ها و هواپیما را فراهم می‌کند.  درست  نادرست

ب. انرژی، می‌تواند از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود. در حین این فرایند مقدار کل انرژی کاهش می‌یابد.  درست  نادرست

پ. هر جسمی که تندتر حرکت کند، انرژی جنبشی بیشتری دارد.  درست  نادرست

ت. اگر تندی جسمی ۳ برابر شود، انرژی جنبشی آن نیز ۳ برابر می‌شود.  درست  نادرست

۳. جملات زیر را با استفاده از کلمات داخل کادر، کامل کنید.

ژول - وات - جهت حرکت -  $\text{kg} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$  -  $\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  - انرژی جنبشی - حرکتی - صفر - تندی - سرعت - حرکت

الف. هر چیزی که حرکت کند ..... دارد، هنگامی که جسم ساکن باشد، این انرژی برای آن ..... است.

ب. یکای SI انرژی جنبشی (و هر نوع دیگری از انرژی) ..... است که ..... نامیده می‌شود.

پ. انرژی جنبشی به جرم و ..... جسم بستگی دارد و به ..... جسم وابسته نیست.

ت. انرژی وابسته به ..... یک جسم را انرژی ..... یا انرژی جنبشی می‌نامیم.

۴. جرم یک خودرو به همراه راننده‌اش ۱/۲۵ ton است. انرژی جنبشی این خودرو وقتی با تندی  $۷۲ \frac{\text{km}}{\text{h}}$  حرکت می‌کند، چند ژول است؟

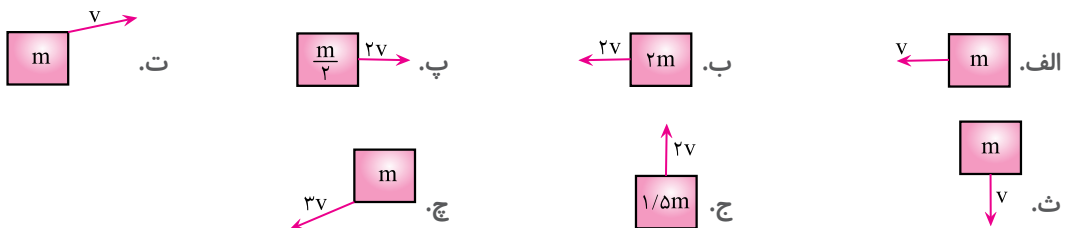
۵. ماهواره ملی امید از نوع ماهواره‌های سبک با جرم ۲۷kg است که در ارتفاع پایین با تندی  $۲۷ \frac{\text{km}}{\text{h}}$  حرکت می‌کند. انرژی جنبشی این ماهواره را حساب کنید.

۶. جرم یک خودرو  $۱۰^۳ \times ۱/۲۲$  کیلوگرم است. تندی خودرو چند متر بر ثانیه باشد تا انرژی جنبشی آن  $۴ \times ۱۰^۵ \text{ J}$  شود؟

۷. یک بسکتبالیست تویی به جرم ۶۵۰ g را با تندی  $۴ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  به طرف زمین پرتاب می‌کند. اگر این توپ با تندی  $۳ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  از زمین جدا شود، تغییر انرژی جنبشی این توپ بسکتبال را حساب کنید.

۸. انرژی جنبشی گلوله‌ای ۴J و تندی این گلوله  $۴ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  است. تندی گلوله را به چند متر بر ثانیه برسانیم تا انرژی جنبشی‌اش ۶J شود؟

۹. انرژی جنبشی جسمی به جرم m که با تندی v حرکت می‌کند، برابر K است. انرژی جنبشی مربوط به هر یک از جسم‌های زیر را برحسب K بنویسید.



۱۰. جرم پروتون ۱۸۳۶ برابر جرم الکترون است و با تندی v حرکت می‌کند. تندی الکترون چند برابر v باشد تا انرژی جنبشی آن برابر انرژی جنبشی پروتون شود؟

۱۱. تندی یک خودرو به جرم ۱۳۲۰ kg از  $۵۴ \frac{\text{km}}{\text{h}}$  به  $۲۰ \frac{\text{m}}{\text{s}}$  می‌رسد. تغییر انرژی جنبشی اتومبیل را حساب کنید.

## پاسخ تمرین‌های امتحانی

۱ الف. انرژی ب. نرده‌ای - مثبت پ. ۴ برابر

۲ الف. درست

ب. نادرست، انرژی، می‌تواند از شکلی به شکل دیگر تبدیل شود، در حین این فرایند مقدار کل انرژی پایسته می‌ماند.  
 پ. نادرست، هر جسمی که تندتر حرکت کند لزوماً انرژی جنبشی بیشتری ندارد. چون انرژی جنبشی به جرم جسم نیز وابسته است.  
 ت. نادرست، اگر تندی جسمی ۳ برابر شود، انرژی جنبشی آن ۹ برابر می‌شود.

۳ الف. انرژی جنبشی - صفر ب.  $\frac{m^2}{s^2}$  - ژول پ. تندی - جهت حرکت ت. حرکت - حرکتی

۴  $m = 1/25 \text{ ton} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} = 125 \text{ kg}$  ,  $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 125 \text{ kg} \times (20 \frac{m}{s})^2 \Rightarrow K = 25000 \text{ J} = 2/50 \times 10^5 \text{ J}$

۵  $v = 27 \frac{km}{h} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1h}{3600 \text{ s}} = 7.5 \frac{m}{s}$  ,  $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 27 \text{ kg} \times (7.5 \frac{m}{s})^2 \Rightarrow K = 759.4 \text{ J}$

۶  $K = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 4/88 \times 10^5 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 1/22 \times 10^3 \text{ kg} \times v^2 \Rightarrow v^2 = 800 \Rightarrow v = \sqrt{800} = 28.3 \frac{m}{s}$

۷  $K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times 0.65 \text{ kg} \times (4 \frac{m}{s})^2 = 5.2 \text{ J}$  ,  $K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times 0.65 \text{ kg} \times (3 \frac{m}{s})^2 = 2.93 \text{ J}$   
 $\Delta K = K_2 - K_1 = 2.93 - 5.2 = -2.27 \text{ J}$   
 علامت منفی نشان می‌دهد، انرژی جنبشی کم شده است.

۸  $K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 \Rightarrow 4 \text{ J} = \frac{1}{2}m \times (4 \frac{m}{s})^2 \Rightarrow m = \frac{2 \times 4}{16} = \frac{1}{2} \text{ kg}$

$K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 \Rightarrow 6 \text{ J} = \frac{1}{2} \times (\frac{1}{2} \text{ kg})v_2^2 \Rightarrow v_2^2 = 24 \Rightarrow v_2 = \sqrt{24} = 4.9 \frac{m}{s}$

۹ الف.  $K_1 = \frac{1}{2}mv^2 = K$  ب.  $K_2 = \frac{1}{2}(2m)(2v)^2 = 4K$  پ.  $K_3 = \frac{1}{2}(\frac{m}{2})(2v)^2 = 2K$

ت.  $K_4 = \frac{1}{2}mv^2 = K$  ث.  $K_5 = \frac{1}{2}mv^2 = K$  ج.  $K_6 = \frac{1}{2}(1/5m)(2v)^2 = 6K$

چ.  $K_7 = \frac{1}{2}(m)(3v)^2 = 9K$

۱۰  $K_p = K_e \Rightarrow \frac{1}{2}m_p v_p^2 = \frac{1}{2}m_e v_e^2$  ,  $m_p = 1836 m_e \Rightarrow 1836 m_e v_p^2 = m_e v_e^2$

$\Rightarrow (\frac{v_e}{v_p})^2 = 1836 \Rightarrow \frac{v_e}{v_p} = \sqrt{1836} = 42.8$

۱۱  $v_1 = 54 \frac{km}{h} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1h}{3600 \text{ s}} = 15 \frac{m}{s}$  و  $K_1 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2} \times (132 \text{ kg})(15 \frac{m}{s})^2 = 14850 \text{ J}$

$K_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2} \times (132 \text{ kg})(20 \frac{m}{s})^2 = 26400 \text{ J} \Rightarrow \Delta K = K_2 - K_1 = 26400 \text{ J} - 14850 \text{ J} = 11550 \text{ J}$