فصل سه: کار، انرژی و توان

۱- انرژی جنبشی

انرژی جنبشی جسمی با جرم m که با سرعت v حرکت می‌کند، از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$$K = \frac{1}{2} m v^2$$

(K: J، m: kg، v: m/s)

نکته

رابطهٔ تغییرات انرژی جنبشی:

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

نکته

نسبت انرژی جنبشی‌ها:

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

نکته

نمودار انرژی جنبشی بر حسب سرعت:



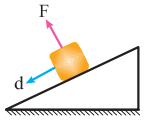
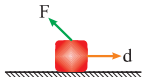
۲- کار انجام‌شده توسط نیروی ثابت

مقدار کار از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

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

(W: کار (J)، F: نیرو (N)، d: جابه‌جایی (m)، θ: زاویهٔ بین F و d)

نکته

علامت کار	$W > 0$	$W = 0$	$W < 0$
شکل نمونه			
	$0^\circ \le \theta < 90^\circ$	$\theta = 90^\circ$	$90^\circ < \theta \le 180^\circ$

نکته

مسائل ترکیبی قانون دوم نیوتون و کار: در بعضی مسائل نیرو مستقیم بیان نمی‌شود.

$$F = ma \xrightarrow[\text{رابطهٔ کار}]{\text{جای‌گذاری } F \text{ در}} W = \underbrace{F}_{ma} d\cos\theta$$

(مرحلهٔ ۱)

نکته

نیرو و جابه‌جایی برحسب بردارهای یکه:

$$\left.\begin{aligned}\vec{F} &= F_x\vec{i} + F_y\vec{j}\\ \vec{d} &= d_x\vec{i} + d_y\vec{j}\end{aligned}\right\} \Rightarrow W = \vec{F}.\vec{d} = (F_x.d_x) + (F_y.d_y)$$

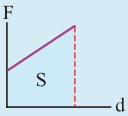
نکته

کار نیروی وزن:

$$W = Fd\cos\theta \Rightarrow W_{mg} = \underbrace{mg}_{F} \times \overbrace{h}^{d} \times \cos(0^\circ \text{ یا } 180^\circ)$$

نکته

نمودار نیرو برحسب جابه‌جایی:



کار انجام‌شده = مساحت زیر نمودار

$$S = W$$

@DaneshSad

نکته

روش‌های محاسبهٔ کار کل انجام‌شده (W_t)			
	قضیهٔ کار و انرژی جنبشی	محاسبهٔ کار تک‌تک نیروها	برایندگیری بین نیروها
روابط	$W_t = \Delta K = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2)$	$W_t = W_1 + W_2 + \cdots$	$W_t = F_t d\cos\theta$
توضیحات	هر آن‌چه نیاز است، در رابطه عیان است.	اگر چند نیرو به جسم وارد شوند، کار هر نیرو را جداگانه حساب می‌کنیم و در آخر با هم جمع می‌کنیم.	ابتدا بین تمامی نیروهای واردشده برایندگیری می‌کنیم و برایند نیرو را جای‌گذاری می‌کنیم.

۳- کار و انرژی پتانسیل

انرژی پتانسیل یا انرژی ذخیره‌ای نمونه‌های متنوعی دارد

- انرژی پتانسیل گرانشی: $U = m\,g\,h$ (J) (kg) (m) — شتاب گرانشی زمین (N/kg)
- انرژی پتانسیل الکتریکی: $U_E = |q|Ed\cos\theta$
- انرژی پتانسیل فنر

نکته

انرژی پتانسیل برخلاف انرژی جنبشی ویژگی یک سامانه است.

نکته

رابطهٔ انرژی پتانسیل گرانشی و کار نیروی وزن: $\Delta U = -W_{وزن}$

نکته

علامت انرژی پتانسیل گرانشی
- جابه‌جایی به سمت زمین $\Delta U < 0$
- جابه‌جایی به سمت آسمان $\Delta U > 0$

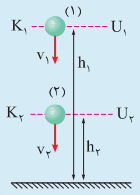
۴- پایستگی انرژی مکانیکی

به مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی یک جسم، انرژی مکانیکی می‌گویند.

$E = K + U$ — انرژی مکانیکی (J)، انرژی جنبشی (J)، انرژی پتانسیل (J)

نکته

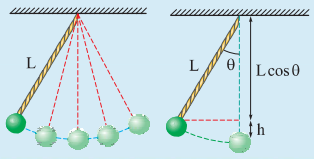
پایستگی انرژی مکانیکی: اگر نیروهای اتلافی نباشند، انرژی مکانیکی در تمامی نقاط یکسان و پایسته است.



$E_1 = E_2 \Rightarrow U_1 + K_1 = U_2 + K_2 \Rightarrow \Delta U + \Delta K = 0$

نکته

بررسی اختلاف ارتفاع در حرکت آونگ:



$h = L - L\cos\theta \Rightarrow h = L(1 - \cos\theta)$

۵- کار و انرژی درونی

انرژی درونی: مجموع انرژی‌های ذرات تشکیل‌دهندهٔ یک جسم

نکته

محاسبهٔ انرژی تلف‌شده: $E_2 - E_1 = W_f$ یا $\Delta K + \Delta U = W_f$ — انرژی تلف‌شده (J)

قانون پایستگی انرژی: در یک سامانه منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌ماند، انرژی به وجود نمی‌آید و از بین هم نمی‌رود، فقط از حالتی به حالت دیگر تبدیل می‌شود.

@DaneshSad

۶- توان و بازده

توان (P) : کمیتی نرده‌ای که آهنگ انجام کار را نشان می‌دهد.

$$\bar{P} \text{ یا } P_{av} = \frac{W}{\Delta t}$$

($\bar{P}$ یا P_{av}: توان متوسط (W)، W: کار انجام‌شده (J)، Δt: مدت‌زمان انجام کار (s))

نکته

یکای توان: $\frac{J}{s}$ که وات (W) نام‌گذاری کرده‌اند.

نکته

$$1\,hp = 746\,W$$

(hp: اسب‌بخار)

نکته

رابطهٔ توان و تندی:

$$P_{av} = \frac{W}{t} = \frac{F\,d}{t} \xrightarrow{\frac{d}{t}=v_{av}} P_{av} = F\,v_{av}$$

(v_{av}: تندی متوسط حرکت جسم، تندی ثابت)

تذکر در رابطهٔ بالا، تندی جسم باید ثابت باشد.

بازده (Ra) : نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی



انرژی تلف‌شده (کار غیرمفید)

مجموع این دو انرژی، برابر انرژی ورودی یا کار کل است.

$$\text{Ra (درصد بازده)} = \frac{\text{انرژی خروجی (کار مفید)}}{\text{انرژی ورودی (کار کل)}} \times 100 = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}} \times 100$$

@DaneshSad