



۱

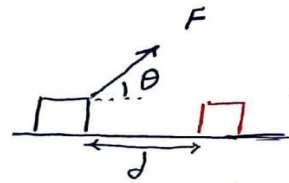
### کاروانرژی

کار: هرگاه جسم در اثر نیروی  $F$  وارد شده به آن، جایی شود، توسط نیروی  $F$  کار انجام شده است. رابطه آن عبارت است از:

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

$$\vec{W} = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

منبر نقطه اجزای



$W$ : کار (یعنی نرده ای)، واحد آن [ژول]

$F$ : نیرو، واحد آن [نیوتن]

$d$ : جابجایی، واحد آن [متر]

$\theta$ : زاویه بین  $F$  و  $d$

$$\begin{cases} 0^\circ < \theta < 90^\circ \Rightarrow W > 0 \\ 90^\circ < \theta < 180^\circ \Rightarrow W < 0 \end{cases}$$

\* همواره سطح زیر نمودار نیرو-جابجایی ( $F-d$ ) نشان دهنده کار ( $W$ ) است

۲

کارنیروهای خاص

I کارنیروی اصطکاک: انرژی‌روی اصطکاک را  $f_k$  در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$W = F d \cos \theta \rightarrow W = f_k d \cos 180 = -f_k d$$

\* چون نیروی اصطکاک معمولاً مخالف حرکت جسم است بنابراین  $\theta = 180^\circ$  می‌شود.

\* کارنیروی اصطکاک در جابجایی بین دو نقطه کاملاً به مسیر حرکت وابسته است

II کارنیروی گرانش (وزن)

$$W_g = -mg \Delta h$$

$m$ : جرم واحد کلوگرم [kg]

$g$ : شتاب گرانش زمین  $[m/s^2]$

$\Delta h$ : ارتفاع از سطح زمین  $[m]$    
 متر   
 خیز دورمانند

\* اگر طی حرکت جسم بالا رود  $\Delta h > 0 \Rightarrow W_g < 0$

\* اگر طی حرکت جسم پایین بیفتد  $\Delta h < 0 \Rightarrow W_g > 0$

\* کارنیروی وزن به مسیر حرکت بین دو نقطه بستگی ندارد و فقط به جابجایی جسم در راستای قائم مرتبط است

۳  
 (III) کار نیروی کشسانی قدر: اگر جسم متصل به فنر به اندازه  $x$  از موضع تعادل خود خارج شود

داریم:

$$W_e = -\frac{1}{2} K x^2$$

$K$ : ثابت کشسان فنر واحد آن  $[N/m]$

$x$ : جابجایی واحد آن  $[m]$

\* کار نیروی کشسانی فنر همواره منفی است. زیرا نیروی کشسانی فنر همواره خلاف جهت جابجایی بود و بنابراین  $\theta = 180^\circ$  و منفی خواهد بود.

\* اگر قدر از صفر  $x_1$  نسبت به وضع تعادل به مکان  $x_2$  کشیده یا فشرده می شود خواهیم داشت:

$$W_e = -\frac{1}{2} K (x_2^2 - x_1^2)$$

(IV) کار نیروی عمودی سطح  $(N)$ : در آنجا جابجایی ها نیروی عمود بر سطح عمودی

سطح، بر مسیر حرکت جسم عمود است  $\theta = 90^\circ$  و کار آن نیز صفر می شود مانند حرکت روی سطح افقی یا سطح صاف و ...

در برخی دیگر جابجایی ها، نیروی  $N$  با جابجایی متحرک هم راست است پس صفر نیست مثل حرکت اسانسور

۴

انرژی

عبارت است از توانایی انجام کار، در سائل انواع زیر است:

(I) انرژی جنبشی:  $K = \frac{1}{2} m v^2$

$K$ : انرژی جنبشی واحد [J]

$m$ : جرم واحد [kg]

$v$ : سرعت واحد [m/s]

\* انرژی جنبشی زمانی وجود دارد که جسم در حال حرکت باشد.

(II) انرژی پتانسیل: زمانی داریم که جسم ساکن باشد و در حال زخمیه سازی انرژی باشد. دو نوع است:

(1) انرژی پتانسیل گرانشی: به خاطر ارتفاع از سطح وجود دارد که باید مبدأ پتانسیل بگیریم و مقدار آن صفر است

$$U_g = mgh \rightarrow \begin{cases} h > 0 \rightarrow U > 0 \\ h < 0 \rightarrow U < 0 \end{cases}$$

انرژی پتانسیل گرانشی واحد [J]

تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی:

$$\Delta U_g = mg \Delta h \rightarrow \begin{cases} \text{انرژی بالا رود} \rightarrow \Delta h > 0 \rightarrow \Delta U > 0 \\ \text{انرژی پائین برود} \rightarrow \Delta h < 0 \rightarrow \Delta U < 0 \end{cases}$$



۵

② انرژی پتانسیل کشسانی: وقتی فنری به اندازه  $x$  فشرده یا کشیده شود، در آن

$$U_e = \frac{1}{2} K x^2 \quad \text{انرژی ذخیره می شود:}$$

\* تغییرات انرژی پتانسیل کشسانی:

$$\Delta U_e = \frac{1}{2} K (x_2^2 - x_1^2)$$

③ انرژی مکانیکی: مجموع انرژی پتانسیل و انرژی جنبشی جسم

$$E = K + U$$

$$\Delta E = \Delta K + \Delta U$$

$\Delta E$  و  $E$  به ترتیب انرژی مکانیکی و تغییرات آن واحد آن [ژ]

$\Delta K$  و  $K$  به ترتیب انرژی جنبشی و تغییرات آن واحد آن [ژ]

$\Delta U$  و  $U$  به ترتیب انرژی پتانسیل و تغییرات آن واحد آن [ژ]

فصل کار و انرژی

برای محاسبه کار، محل نیروی وارد بر جسم همراه داریم:

الف) کار یک تک نیرو و کار وارد جسم را حساب کرده و نیز آنرا جمع گیری می کنیم  
ب) جهت، اندازه و راستای نیروی وارد بر جسم را مشخص کرده و کار برآیند نیرو و کار را در جای می حساب کنیم  
ج) از فصل کار و انرژی بهره می گیریم



۱  
قضیه کار و انرژی: کار پتانسیل نیروها وارد بر یک جسم در یک جابجایی برابر است با تغییرات انرژی جنبشی جسم در آن جابجایی:

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

$\Sigma$ : علامت جمع است روی حرکت (سیما)

$\Delta$ : علامت تغییرات است روی حرکت (دلتا)

پایتهی انرژی مکانیکی

اگر هیچ دستگاه درصحن جابجایی نیروی اصطکاک یا نیروی توسط عامل خارجی وارد نشود، انرژی مکانیکی دستگاه ثابت باقی خواهد ماند.

$$W_{F_k} = 0 \quad \text{یا} \quad W_{F_{\text{خارجی}}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta E = 0$$

$$\text{یعنی} \quad E_i = E_f \quad \rightarrow \quad U_i + K_i = U_f + K_f$$

i: انرژی مکانیکی ابتدا حرکت

f: انرژی مکانیکی انتها حرکت



۷

### عدم پایداری انرژی مکانیکی

در صورتی که در طول مسیر حرکت نیروی اصطکاک یا نیروی خارجی به جسم اثر کند، انرژی مکانیکی جسم تغییر خواهد کرد که در این صورت این تغییر انرژی مکانیکی برابر کار انجام شده توسط اصطکاک یا نیروی خارجی می شود.

$$\Delta E = W_{f_k} \quad \underline{=} \quad \Delta E = W_{F_{\text{خارجی}}}$$

$$E_f - E_i = W_{f_k} \quad \underline{=} \quad W_{F_{\text{خارجی}}}$$

$$\Rightarrow (K_f + U_f) - (K_i + U_i) = W_{f_k} \quad \underline{=} \quad W_{F_{\text{خارجی}}}$$

$$\Rightarrow (K_f - K_i) - (U_f - U_i) = W_{f_k} \quad \underline{=} \quad W_{F_{\text{خارجی}}}$$

### توان و بازده

کار انجام شده یا انرژی مصرفی در واحد زمان توان نام دارد.

P: توان دو واحد است [w]

P: توان متوسط

$\frac{dW}{dt}$ : مشتق انرژی نسبت به زمان

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

$$P_{\text{نقطه‌ای}} = \frac{dW}{dt}$$

$$P_{\text{مصرفی}} = \frac{E_{\text{مصرفی}}}{t}$$

$$P_{\text{مصرف}} = \frac{W_{\text{مصرف}}}{t}$$

~~www.hamkelasi.ir~~



\* اگر جسم نیروی ثابت  $F$  را بر کند و جسم با سرعت  $v$  حرکت کند توان برابر است با:

$$\bar{P} = F \cdot \bar{v}$$

$$P_{\text{تولیدی}} = F \cdot v_{\text{تولیدی}}$$

\* بازده یک ماشین عبارت است از نسبت کار مفید انجام شده توسط دستگاه به کل انرژی ورودی به آن

$$\eta = \frac{W_{\text{مفید}}}{E_{\text{ورودی}}} = \frac{P_{\text{مفید}}}{P_{\text{ورودی}}}$$

$\eta$ : بازده است (اینا) بدون واحد

واحد دیگر استفاده شده برای توان علاوه بر وات  $[hp]$  است به رابطه آن با وات عبارت است از

$$[hp] = 746 [w]$$