



۷	تجربی (داخل و خارج)	تعداد تست‌های ارائه	فیزیک دهم
۹	ریاضی (داخل و خارج)	شده در ۵ سال اخیر	فصل ۲

۱۲- انرژی جنبشی

انرژی وابسته به حرکت یک جسم را انرژی حرکتی یا انرژی جنبشی می‌نامند.

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

رابطه

K: انرژی جنبشی (J)، **m:** جرم جسم (kg)، **v:** تندی (m/s)

پداوری قسمت سازگاری یکاها رو باید خوب بلد باشیا.

$$J \approx \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$$

همارزی یکا

نوع کمیت: انرژی جنبشی کمیتی نرده‌ای و همواره مثبت است.

$$\text{km/h} \begin{matrix} \xrightarrow{\times \frac{10}{36}} \\ \xleftarrow{\times \frac{36}{10}} \end{matrix} \text{m/s}$$

تبدیل یکای کاربردی

تغییرات انرژی جنبشی

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

نکو که اینم باید توضیح بره!!!

تست

شکل زیر کامیونی به جرم ۳۰ تن و خودرویی به جرم ۱۲۰۰kg را نشان می‌دهد که در امتداد مسیر مستقیمی حرکت می‌کنند. اگر کامیون با تندی ۵۴km/h در حرکت باشد، خودرو باید با چه تندی‌ای در SI حرکت کند تا انرژی جنبشی آن با انرژی جنبشی کامیون برابر شود؟

۷۵ (۴) ۴۵ (۳) ۲۵ (۲) ۱۵ (۱)

پاسخ

کامیون را با اندیس ۱ و خودرو را با اندیس ۲ نشان می‌دهیم.

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

$$K_1 = K_2 \Rightarrow \frac{1}{2}m_1v_1^2 = \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

$$\frac{m_1 = 30 \text{ ton}, v_1 = 54 \text{ km/h}}{m_2 = 1200 \text{ kg}}$$

$$(30 \times 10^3)(54 \times \frac{10}{36})^2 = (1200)(v_2^2) \Rightarrow v_2 = 75 \text{ m/s} \quad (\text{گزینه ۴})$$

تست

اگر تندی متحرکی به جرم m به اندازه 5 m/s افزایش یابد، افزایش انرژی جنبشی آن $\frac{5}{4}$ انرژی جنبشی اولیه می‌شود. سرعت اولیه متحرک چند متر بر ثانیه بوده است؟

(تمرین فارع ۹۵ و مشابه ۹۳)

- ۶/۲۵ (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴)

پاسخ

$$K = \frac{1}{2} m v^2 : \frac{K_2}{K_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \xrightarrow{K_2 - K_1 = \frac{5}{4} K_1 \Rightarrow K_2 = \frac{9}{4} K_1} \frac{v_2 = v_1 + 5}{v_2 = v_1 + 5}$$

$$\frac{\frac{9}{4} K_1}{K_1} = \left(\frac{v_1 + 5}{v_1}\right)^2 \Rightarrow v_1 = 10 \text{ m/s} \quad (\text{گزینه } 2)$$

تست

نمودار تغییرات انرژی جنبشی دو توپ به جرم‌های m_A و m_B بر حسب مجذور تندی آن‌ها مطابق شکل مقابل است. چند مورد از موارد زیر نادرست است؟

- (الف) وقتی انرژی جنبشی دو متحرک برابر باشد، تندی B بیش‌تر از A است.
 (ب) وقتی تندی دو متحرک برابر باشد، انرژی جنبشی B بیش‌تر از A است.
 (ج) جرم B بیش‌تر از A است.

- ۳ (۱) ۲ (۲) ۱ (۳) صفر (۴)

پاسخ

(الف) صحیح
 (ب) غلط - آگه یه خط عمودی تو نمودار بکشیم، می‌بینیم که در تندی مساوی، $K_A > K_B$ است.

(ج) غلط - در تندی برابر:

$$K_A > K_B \Rightarrow \frac{1}{2} m_A v_A^2 > \frac{1}{2} m_B v_B^2 \Rightarrow m_A > m_B$$

پس گزینه (۲) صحیح است.



۱۳ - قوانین نیوتون

این قسمت یادآوری علوم نهمه، پس سریع دوره‌شون می‌کنیم و می‌رییم سراغ درس فوادمون.

قانون اول نیوتون

تا زمانی که نیروهای وارد بر جسم متوازن باشند، جسم ساکن، هم‌چنان ساکن باقی می‌ماند (شکل الف). اگر در حال حرکت باشد، هم‌چنان به حرکت خود ادامه خواهد داد و تغییری در نحوه حرکت آن ایجاد نخواهد شد، یعنی سرعت آن تغییر نخواهد کرد (شکل ب).



قانون دوم نیوتون

هرگاه بر جسم نیروی خالصی وارد شود، جسم تحت تأثیر آن نیرو شتاب می‌گیرد که این شتاب نسبت مستقیم با نیروی وارد بر جسم دارد و در همان جهت نیرو است و با جرم جسم نسبت وارون دارد.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

رابطه

\vec{F} : نیروی خالص (N)، m : جرم جسم (kg)، \vec{a} : شتاب جسم (N/kg)

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

همارزی یکا

قانون سوم نیوتون

هرگاه جسمی به جسم دیگر نیرو وارد کند، جسم دوم نیز به جسم اول نیرویی هم‌اندازه و در خلاف جهت وارد می‌کند.

تست

مهراهی را روی میز بدون اصطکاکی در فضای خلأ، سُر می‌دهیم. چه اتفاقی می‌افتد؟

- (۱) بسته به جرم مهراه پس از مدتی از حرکت می‌ایستد.
 - (۲) با همان تندی اولیه به حرکت خود ادامه می‌دهد.
 - (۳) بسته به نیرویی که وارد کردیم با شتاب ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد.
 - (۴) بسته به نیرویی که وارد کردیم با شتاب متغیر به حرکت خود ادامه می‌دهد.
- پاسخ طبق قانون اول نیوتون، در این حالت هیچ نیرویی به جسم وارد نمی‌شود ← مهراه با همان تندی اولیه‌اش به حرکت خود ادامه می‌دهد. پس گزینه (۲) صحیح است.

تست



۱۲۰ (۴)

۱۰۰ (۳)

۸۰ (۲)

۶۰ (۱)

در شکل مقابل، شخص جعبه را با نیروی ثابت و افقی \vec{F} روی سطح هموار و بدون اصطکاکی هل می‌دهد و مجموعهٔ شخص و جعبه با شتاب $\Delta m/s^2$ حرکت می‌کنند. اندازهٔ نیروی \vec{F} چند نیوتون است؟

پاسخ قانون دوم نیوتون: $F = (24)(\Delta) = 120 \text{ N}$ $\rightarrow F = ma$ $\begin{matrix} m=24 \text{ kg} \\ a=\Delta m/s^2 \end{matrix}$ (گزینهٔ ۴)

تست

کدام مفهوم زیر نادرست است؟

- (۱) اگر نیروی وارد بر جسمی را نصف کنیم، شتاب آن $\frac{1}{2}$ برابر می‌شود.
 - (۲) در به‌وجود آمدن نیرو همواره دو جسم شرکت دارند.
 - (۳) وقتی به دیوار ضربه می‌زنیم، دیوار نیرویی چند برابر به پای ما وارد می‌کند.
 - (۴) جسمی که از یک فنر آویزان است، نیرویی برابر وزن خود به فنر وارد می‌کند.
- پاسخ طبق قانون سوم نیوتون، وقتی به دیوار ضربه بزنیم، دیوار نیرویی برابر با نیروی ما به پای ما وارد می‌کند. پس گزینه (۳) نادرست است.



۱۴ - انواع نیروها

این قسمت یادآوری علوم نهمه، پس بریم سریع دوره شون کنیم.

نیروی وزن

وقتی جسمی را از بالای یک ساختمان رها می‌کنیم، نیروی وزن باعث می‌شود تا جسم به طرف زمین شتاب پیدا کند.

$$mg = \text{نیروی وزن}$$

رابطه

m : جرم جسم (kg)، g : شتاب جاذبه در سطح زمین (N/kg یا m/s^2)

نکته: وزن جسم را با نیروسنج اندازه می‌گیرند.



نیروی عمودی سطح (\vec{F}_N)

در این حد بدونی کافیه که، تمامی اجسامی که روی سطح قرار دارن، بهشون نیروی عمودی سطح وارد می‌شه.

نیروی اصطکاک جنبشی (\vec{f}_k)

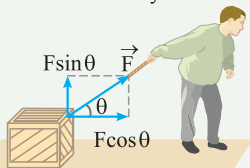
نیرویی که در خلاف جهت حرکت جسم از طرف سطح به آن وارد می‌شود.

نیروی سطح (R)

برایند نیروهایی که از طرف سطح به جسم وارد می‌شه.

نیروی زاویه‌دار: اگر نیرو (\vec{F}) با زاویه θ به جسم وارد شود، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} F_x = F \cos \theta & \text{مؤلفه افقی نیرو} \\ F_y = F \sin \theta & \text{مؤلفه عمودی نیرو} \end{cases}$$

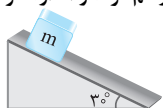


رمزگذاری اون که به θ نزدیکه، \cos

می‌شه، اون که از θ دوره، \sin می‌شه. فک کن به کسی که ازت دوره پیام فرستادی و seen (تلفظش یکیه با \sin) شده.

مثال

مطابق شکل، جسمی به جرم 2 kg روی سطح شیب‌داری به سمت پایین در حال حرکت است. اگر اندازه نیروی اصطکاک جنبشی برابر یک‌دهم وزن جسم باشد: نیروی وزن، نیروی اصطکاک جنبشی و نیروی عمودی سطح را رسم کرده و اندازه هر کدام را محاسبه کنید. ($g = 10\text{ N/kg}$)

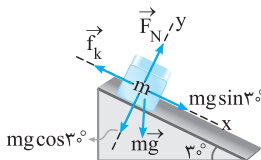


نیروی وزن و نیروی اصطکاک به سطح

شیبدار یا معمولی ربطی ندارد. پس داریم:

$$\text{نیروی وزن} = mg \quad \begin{matrix} m=2\text{kg} \\ g=10\text{ N/kg} \end{matrix} \rightarrow$$

$$\text{نیروی وزن} = (2)(10) = 20\text{ N}$$

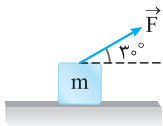


$$\Sigma F_y = ma_y \quad \begin{matrix} \text{چون در جهت } y, \text{ جسم ثابت} \\ a_y = 0 \end{matrix} \rightarrow F_N = mg \cos 30^\circ$$

$$\begin{matrix} m=2\text{kg} \\ g=10\text{ N/kg} \end{matrix} \rightarrow F_N = (2)(10)\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 10\sqrt{3}\text{ N}$$

$$\text{خودش گفته: } f_k = \frac{1}{10}(mg) \quad \begin{matrix} m=2\text{kg} \\ g=10\text{ N/kg} \end{matrix} \rightarrow f_k = \frac{1}{10}(2)(10) = 2\text{ N}$$

تست

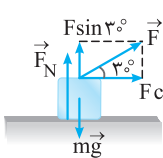


در شکل مقابل جسمی به جرم 15 kg تحت تأثیر

نیروی $F = 40\text{ N}$ روی سطح افقی حرکت می‌کند. در این حالت

نیروی عمودی سطح چند نیوتون است؟ ($g = 10\text{ m/s}^2$)

۱۶۰ (۴) ۱۵۰ (۳) ۱۴۰ (۲) ۱۳۰ (۱)



$$\Sigma F_y = ma_y \Rightarrow F \sin 30^\circ + F_N - mg = 0 \quad \text{پاسخ}$$

$$\begin{matrix} F=40\text{ N}, m=15\text{ kg} \\ g=10\text{ m/s}^2 \end{matrix} \rightarrow$$

$$(40)\left(\frac{1}{2}\right) + F_N - (15)(10) = 0 \Rightarrow F_N = 130\text{ N}$$

(گزینه ۱)



۱۵ - کار انجام شده توسط نیروی ثابت

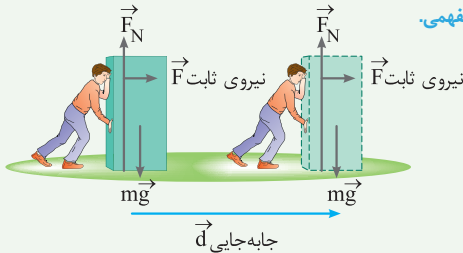
همون تیر رو بغونی انگار توضییش فونری. حالا برو سراغ رابطش.

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

رابطه

W: کار انجام شده (J)، **F**: نیروی وارد بر جسم (N)، θ : زاویه بین نیرو و جابه‌جایی، **d**: جابه‌جایی (m)

نکته همین فرمول بالا کافیه تا به همه تستا پاسخ بدی. فقط بد نیست سه تا کار نیروی پایین رو خوب بفهمی.



① $W_F = (F \cos \theta) d$ $\xrightarrow{\theta=0^\circ}$ نیرو هم‌جهت با جابه‌جایی
 برای نیروی ثابت F

$$W_F = (F \cos 0^\circ) d \Rightarrow W_F = Fd$$

② $W_{F_N} = (F_N \cos \theta) d$ $\xrightarrow{\theta=90^\circ}$ نیرو عمود بر جابه‌جایی
 برای نیروی F_N

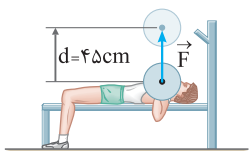
$$W_{F_N} = (F_N \cos 90^\circ) d \Rightarrow W_{F_N} = 0$$

③ $W_{mg} = 0$: نیروی وزن (mg) مثل F_N بر جابه‌جایی عموده. پس:

نکته اگر \vec{F} و \vec{d} بر حسب \vec{i} و \vec{j} باشند، کار نیروی \vec{F} را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}, \quad \vec{d} = d_x \vec{i} + d_y \vec{j}$$

$$W = (F_x d_x) + (F_y d_y)$$



تست

در شکل روبه‌رو، ورزشکاری وزنه‌ای به جرم 65 kg را به طور یکنواخت، 45 cm بالای سر خود می‌برد. کاری که ورزشکار روی وزنه انجام می‌دهد، چند ژول است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

$(g = 10 \text{ N/kg})$

۱) $292/5$ ۲) $-292/5$ ۳) 29250 ۴) -29250

پاسخ اول مدل‌سازی می‌کنیم و نیروهای وارد به وزنه رو می‌کشیم:

چون حرکت وزنه یکنواخت است، خواهیم داشت:



$$F - mg$$

$$\Sigma (\vec{F})_y = ma \Rightarrow F = mg$$

کار ورزشکار (حواستون باشه که نیرو با جابه‌جایی، هم‌جهته $\leftarrow \theta = 0^\circ$):

$$W = (F \cos \theta) d \Rightarrow W = (mg \cos \theta) d \xrightarrow{\substack{m=65 \text{ kg}, g=10 \text{ N/kg} \\ \theta=0^\circ, d=45 \text{ cm}}}$$

$$W = [(65)(10)(\cos 0^\circ)](45 \times 10^{-2}) = 292/5 \text{ J} \quad (\text{گزینه } 1)$$

تست

در تست قبل، اگر ورزشکار وزنه را به آرامی پایین آورد، کار نیروی F چند ژول می‌شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) $292/5$ ۲) $-292/5$ ۳) 29250 ۴) -29250

پاسخ اینجا حواستون باشه نیرو و جابه‌جایی خلاف‌جهت $\leftarrow \theta = 180^\circ$ باز هم خواهیم داشت:

$$W = (F \cos \theta) d \Rightarrow W = (mg \cos \theta) d \xrightarrow{\substack{m=65 \text{ kg}, g=10 \text{ N/kg} \\ \theta=180^\circ, d=45 \text{ cm}}}$$

$$W = [(65)(10)(\cos 180^\circ)](45 \times 10^{-2}) = -292/5 \text{ J} \quad (\text{گزینه } 2)$$

الان رنگه باید گفت: فسته نباشی دلور، فردا قوت پهلوان.



۱۶ - کار انواع نیروها

کار هر نیرویی رو خواستن مثل خودم بنویس:
کار نیروی وزن (W_{mg}):

$$W_{mg} = (mg \cos \theta)d$$

کار نیروی عمودی سطح (W_{F_N}):

$$W_{F_N} = (F_N \cos \theta)d$$

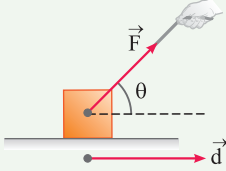
کار نیروی اصطکاک جنبشی (W_{f_k}):

$$W_{f_k} = (f_k \cos \theta)d$$

هر چی می‌خواد بده، بده. ما کاری نداریم، اصن کار نیروی مقاومت هوا:

$$W_{\text{نیروی مقاومت هوا}} = (\cos \theta \times \text{نیروی مقاومت هوا})d$$

کار نیروی زاویه‌دار: نیرو (\vec{F}) با زاویه θ به جسم وارد بشه:



۱۴ یادآوری قسمت

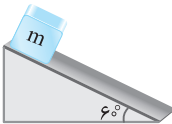
اونجا گفتیم مؤلفه افقی نیرو همیشه $F \cos \theta$. پس کارش همیشه:

$$W_F = (F \cos \theta)d$$

که این رابطه، همون رابطه اصلیه.

نکته کار نیروی اصطکاک (W_{f_k}) به مسیر حرکت جسم بستگی دارد.

تست

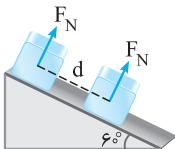


۴۰ (۴)

مطابق شکل روبه‌رو، جسمی به جرم 4 kg از بالای سطح شیب‌داری به پایین می‌غزد. کار نیروی عمودی سطح، پس از 10 m جابه‌جایی جسم چند ژول است؟

۱) صفر (۲) $20\sqrt{3}$ (۳) $20\sqrt{3}$ (۴)

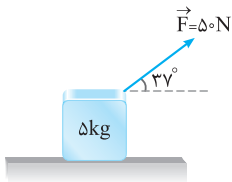
پاسخ مطابق شکل، نیروی عمودی سطح بر جابه‌جایی عمود است.



$$W_{F_N} = (F_N \cos \theta)d \xrightarrow{\theta=90^\circ} W_{F_N} = 0$$

(گزینه ۱)

تست



در شکل روبه‌رو، جسم تحت تأثیر نیروی \vec{F} به اندازه ۵ متر روی سطح افقی جابه‌جا می‌شود. کار نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کند، در این جابه‌جایی چند ژول است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$ ، $\sin 37^\circ = 0.6$ ، وزن جسم ۵ برابر نیروی اصطکاک است.)

(ریاضی فارغ ۹۶)

- (۱) ۲۰۰ (۲) صفر (۳) ۵۰ (۴) ۲۵۰

پاسخ: حواست باشه تو این سؤال، نیرویی که سطح به جسم وارد می‌کنه، هم نیروی اصطکاک جنبشیه هم نیروی عمودی سطح.

$$m = 5 \text{ kg} \rightarrow \Delta f_k = (10) = \Delta f_k \Rightarrow f_k = 10 \text{ N}$$

$$W_{f_k} = (f_k \cos \theta) d \xrightarrow{f_k = 10 \text{ N}, \theta = 180^\circ, d = 5 \text{ m}} W_{f_k} = (10 \times \cos 180^\circ)(5) = -50 \text{ J}$$

کار نیروی عمودی سطح صفره چون جابه‌جایی بر نیروی عمودی سطح عموده. پس:

$$W_{\text{نیروی سطح}} = W_{f_k} + W_{F_N} = -50 \text{ J} \quad (\text{گزینه ۳})$$

مثال

مطابق شکل زیر، شخصی جسمی را با دو زاویه متفاوت روی سطح هموار می‌کشد. اگر جابه‌جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، در کدام حالت شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است؟ (اصطکاک ناچیز فرض شود).

(برگرفته از کتاب درسی)



(۲)

(۱)

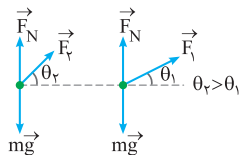
$$(F \cos \theta) d$$

پاسخ

$$W_1 = W_2 \quad \text{خودش گفته}$$

$$\Rightarrow (F_1 \cos \theta_1) d = (F_2 \cos \theta_2) d$$

$$\theta_1 < \theta_2 \Rightarrow \cos \theta_1 > \cos \theta_2 \rightarrow F_2 > F_1$$





۱۷ - کار کل

روش اول: اگه چند تا نیرو داشتیم، کار هر کدوم حساب می‌کنیم، سپس همه رو با هم جمع جبری و کار کل رو حساب می‌کنیم.

$$W_t = W_1 + W_2 + \dots$$

رابطه

W_t : کار کل (J)

نکته چون کار کمیت نرده‌ایه، برای به‌دست آوردن W_t باید W ها رو با هم جمع جبری کنیم.

روش دوم: این یکم طولانی‌تره. خلاصش اینه که:

۱ نیروهایی که هم‌راستا با جابه‌جایی هست رو به‌دست بیار.

۲ بعدش اندازه نیروی خالص رو به‌دست بیار.

۳ آخرشم بذار تو فرمول $W = (F \cos \theta) d$.

تست

شخصی توپی به جرم 200g را با نیروی ثابت 120N از روی زمین بر می‌دارد و تا ارتفاع 150cm بالا می‌برد. کار کل انجام‌شده روی توپ چند ژول است؟

۱) ۱۷۴ (۱) ۲) ۱۷۷ (۲) ۳) ۱۸۰ (۳) ۴) ۱۸۳ (۴)

$$W_F = (F \cos \theta) d$$

پاسخ

$$\xrightarrow[\substack{F=120\text{N}, \theta=0^\circ \\ d=150\text{cm}}]{} W_F = (120 \times \cos 0^\circ)(150 \times 10^{-2}) = 180\text{J}$$

$$W_{mg} = (mg \cos \theta) d \xrightarrow[\substack{\theta=180^\circ, d=150\text{cm}}]{\substack{m=200\text{g}, g=10\text{N/kg}}}$$

$$W_{mg} = [(200 \times 10^{-3})(10)(\cos 180^\circ)](150 \times 10^{-2}) = -3\text{J}$$

$$W_t = W_F + W_{mg} = 180 - 3 = 177\text{J} \quad (\text{گزینه ۲})$$

اول برو قسمت بعد بفون بعد بیا اینا رو حل کن.

تست

در شکل زیر، دروازه بان سعی می‌کند توپ را با بیش‌ترین تندی پرتاب کند. اگر جرم توپ 200g باشد و ورزشکار نیرویی به بزرگی 40N تا لحظه پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی ($d = 3\text{m}$) بر آن وارد کند؛ با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چند متر بر ثانیه است؟



- $10\sqrt{3}$ (۲) 10 (۱)
 $20\sqrt{3}$ (۴) 20 (۳)

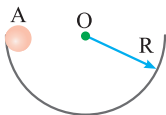
پاسخ

$$W_t = \Delta K \Rightarrow W_t = K_2 - K_1 = (F \cos \theta) d = \frac{1}{2} m v^2$$

$F = 40\text{N}, \theta = 0^\circ, d = 3\text{m}$
 $m = 200\text{g}$

(گزینه ۴) $(40 \times \cos 0^\circ)(3) = \frac{1}{2}(200 \times 10^{-3})(v^2) \Rightarrow v = 20\sqrt{3}\text{ m/s}$

تست



گلوله‌ای به جرم m درون سطح نیم‌کره‌ای مطابق شکل روبه‌رو، از نقطه A رها می‌شود و پس از چند حرکت رفت و برگشتی، در پایین سطح می‌ایستد. نسبت کار نیروی گرانشی زمین به کار نیروی اصطکاک کدام است؟

- R (۴) صفر (۳) -1 (۲) 1 (۱)

پاسخ

$$W_t = K_2 - K_1 \Rightarrow W_{mg} = -W_{fk} \Rightarrow \frac{W_{mg}}{W_{fk}} = -1$$

(گزینه ۲)



۱۸ - قضیه کار - انرژی جنبشی

وقتی نیروی خالصی به جسم وارد می‌شود:

۱ $W_t > 0$: نیرو انرژی می‌دهد \leftarrow انرژی جنبشی افزایش می‌یابد $(K_2 > K_1)$.

۲ $W_t < 0$: نیرو انرژی می‌گیره \leftarrow انرژی جنبشی کاهش می‌یابد

$(K_2 < K_1)$.

۳ $W_t = 0$: انرژی جنبشی ثابت می‌مونه $(K_2 = K_1)$.

$$W_t = K_2 - K_1$$

قضیه کار - انرژی جنبشی: رابطه

W_t : کار کل (J)، K_1, K_2 : انرژی جنبشی وضعیت اول و دوم (J)

نکته رابطه بالا برای هر نوع مسیری (از جمله خمیده) قابل استفاده است.

تست

چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

الف) کار برآیند نیروهای وارد بر جسم در یک جابه‌جایی با تغییر انرژی جنبشی جسم در این جابه‌جایی برابر است.

ب) اگر کار برآیند نیروهای وارد بر جسم مثبت باشد، تندی جسم کاهش می‌یابد.

ج) اگر کار برآیند نیروهای وارد بر جسم صفر باشد، جسم با تندی ثابت در حرکت است.

د) رابطه کار - انرژی جنبشی فقط برای مسیر مستقیم کاربرد دارد.

۴ (۱) ۳ (۲) ۲ (۳) ۱ (۴)

پاسخ

الف) صحیح - طبق رابطه $W_t = K_2 - K_1$

ب) غلط - $W_t > 0 \leftarrow K_2 > K_1 \leftarrow v_2 > v_1$

ج) صحیح - $W_t = 0 \leftarrow K_2 = K_1 \leftarrow v_2 = v_1$

د) غلط - نکته آخر بخون.

پس گزینه (۳) صحیح است.

تست

مطابق شکل زیر، گلوله‌ای به جرم 16 g با تندی 250 m/s به تنه درختی برخورد می‌کند و پس از طی مسافت $12/5\text{ cm}$ درون تنه درخت، متوقف می‌شود. نیروی میانگین وارد بر گلوله هنگام حرکت درون تنه درخت چند نیوتون است؟



۲ (۱) ۵۰۰ (۲) ۱۶ (۳) ۴۰۰۰ (۴)

پاسخ

$$W_t = K_2 - K_1 \Rightarrow W_t = \left(\frac{1}{2} m v_2^2\right) - \left(\frac{1}{2} m v_1^2\right)$$

$$\xrightarrow[m=16\text{g}]{v_1=250\text{m/s}} W_t = 0 - \left(\frac{1}{2}\right)(16 \times 10^{-3})(250)^2 = -500\text{J}$$

$$W_t = W_F = (F \cos \theta)d \xrightarrow[W_F = -500\text{J}, \theta = 180^\circ]{d = 12/5\text{cm}}$$

$$-500 = (F \cos 180^\circ)(12/5 \times 10^{-2}) \Rightarrow F = 4000\text{N} \quad (\text{گزینه ۴})$$

تست

شخصی در طبقه سوم ساختمان، سوار آسانسور می‌شود و به طبقه دهم می‌رود. جرم شخص 70 kg است و یک کوله‌پشتی به جرم 5 kg بر دوش دارد. آسانسور بین طبقات پنجم تا هفتم مسافت 6 m را در مدت 2 ثانیه با سرعت ثابت طی می‌کند. در این 2 ثانیه کار نیرویی که آسانسور به شخص وارد می‌کند، چند ژول است؟ ($g = 10\text{ N/kg}$) (تمرین دافل ۹۴)

۱) صفر (۲) ۳۹۰۰ (۳) ۴۲۰۰ (۴) ۴۵۰۰

$$W_t = K_2 - K_1 \xrightarrow{v_1=v_2} W_t = 0$$

$$W_t = W_{F_N} + W_{mg} \xrightarrow[W_t=0, m=75\text{kg}]{g=10\text{N/kg}, \theta=180^\circ, d=6\text{m}}$$

$$0 = W_{F_N} + [(75)(10) \cos 180^\circ](6) \Rightarrow W_{F_N} = 4500\text{J} \quad (\text{گزینه ۴})$$



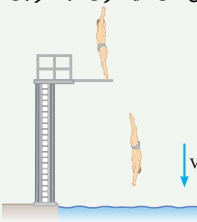
۱۹ - کار و انرژی پتانسیل (۱)

❖ **یادآوری قسمت ۱۲** انرژی جنبشی به حرکت یک جسم وابسته است.

انرژی پتانسیل بر خلاف انرژی جنبشی، ویژگی یک سامانه است. تا ویژگی یک جسم منفرد. یعنی انرژی پتانسیل به مکان اجسام یک سامانه نسبت به یکدیگر بستگی دارد.

تبدیل انرژی: وقتی انرژی پتانسیل کاهش می‌یابد، به شکل‌های دیگری از انرژی تبدیل می‌شود. حالا بریم سراغ انواع انرژی پتانسیل:

❖ **الف) انرژی پتانسیل گرانشی**



در شکل مقابل. وقتی شخصی به درون استخر شیرجه می‌زند. انرژی پتانسیل سامانه شخص - زمین به تدریج به انرژی جنبشی شخص تبدیل می‌شود و شخص با تندی نسبتاً زیادی با سطح آب برخورد می‌کند.

$U = mgh$

❖ **رابطه**

U : انرژی پتانسیل گرانشی (J)، m : جرم جسم (kg)، g : شتاب گرانشی زمین (m/s^2)، h : ارتفاع (m)

❖ **تغییر انرژی پتانسیل گرانشی:** $\Delta U = U_2 - U_1 = mg(h_2 - h_1)$ **رابطه**

$W_{mg} = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$ **رابطه** **کار نیروی وزن:**

W_{mg} : کار نیروی وزن (J)، ΔU : تغییر انرژی پتانسیل گرانشی (J)

❖ **نکته** کار نیروی وزن (W_{mg}) و تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی (ΔU) به مسیر بستگی ندارد (مثل انرژی جنبشی) و برای هر مسیر دلخواهی برقرار است.

❖ **نکته** انرژی پتانسیل گرانشی به انتخاب مبدأ پتانسیل بستگی دارد. ولی تغییرات انرژی پتانسیل گرانشی به انتخاب مبدأ پتانسیل بستگی ندارد.

جسم رو به پایین حرکت کند. $h \leftarrow$ کاهش می‌یابد. $\Delta U < 0, W_{mg} > 0$
 جسم رو به بالا حرکت کند. $h \leftarrow$ افزایش می‌یابد. $\Delta U > 0, W_{mg} < 0$

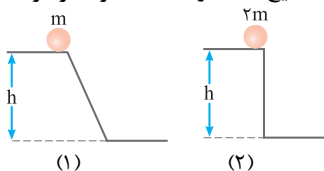
❖ **یادآوری قسمت ۱۶** اونچام کار نیروی وزن داشتیم: $W_{mg} = (mg \cos \theta)d$

یه نکته طلایی: آگه نیروی اصطکاک وجود نداشته باشه، در صورتی که جسم رها بشه، تندی در پایین هر ارتفاعی به جرم بستگی نداره و از رابطه مقابل به دست میاد: $v = \sqrt{2gh}$

www.Gajmarket.com



در شکل‌های زیر دو توپ از حالت سکون رها می‌شوند. اگر برای شکل‌های (۱) و (۲) به ترتیب تندی هنگام رسیدن به سطح زمین را با v_1 و v_2 ، مقدار انرژی جنبشی توپ‌ها هنگام رسیدن به زمین را با K_1 و K_2 و مقدار کار نیروی وزن هنگام جابه‌جایی را با W_{mg_1} و W_{mg_2} نشان دهیم، کدام گزینه صحیح است؟ (از اصطکاک صرف‌نظر شود).



$$W_{mg_2} < W_{mg_1}, K_2 < K_1, v_1 < v_2 \quad (1)$$

$$W_{mg_2} > W_{mg_1}, K_2 > K_1, v_1 < v_2 \quad (2)$$

$$W_{mg_2} < W_{mg_1}, K_2 < K_1, v_1 = v_2 \quad (3)$$

$$W_{mg_2} > W_{mg_1}, K_2 > K_1, v_1 = v_2 \quad (4)$$

پاسخ: سطح بدون اصطکاک است.

v : طبق نکتهٔ تلاشی، تندی (v) ربطی به جرم (m) ندارد و به ارتفاع بستگی دارد:

$$v = \sqrt{2gh} : v_1 = v_2$$

K : طبق رابطهٔ زیر، چون تندیه‌ها برابر است، هر کدام که جرم بیش‌تری دارد، انرژی جنبشی بیش‌تری است:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 : K_2 > K_1$$

W_{mg} :

$$W_{mg} = (m g \cos \theta) d : W_{mg_2} > W_{mg_1}$$

$$\Delta U : \text{این برا دل خودم بررسی می‌کنم: } W_{mg_2} > W_{mg_1}$$

$$\Delta U = -W_{mg} : \Delta U_2 < \Delta U_1$$

پس گزینهٔ (۴) صحیح است.



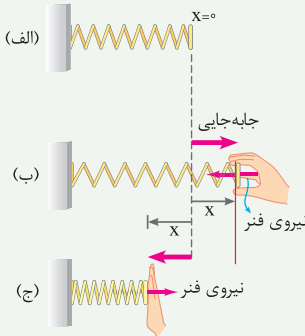
۲۰. کار و انرژی پتانسیل (۲)

۱. (ب) انرژی پتانسیل کشسانی

مطابق شکل زیر، هنگامی که فنری را توسط جسمی فشرده و رها می‌کنیم، انرژی پتانسیل کشسانی سامانه جسم - فنر به انرژی جنبشی جسم تبدیل می‌شود و با تندی زیاد پرتاب می‌شود.



اما جزئی‌تر:



۱ در شکل (الف)، فنر در وضعیت تعادلش قرار دارد ($X = 0$).

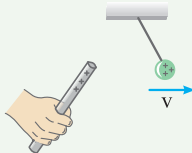
۲ با کشیدن یا فشردن فنر به اندازه X از مکان تعادلش، نیرویی در خلاف جهت جابه‌جایی به دست شخص وارد می‌شود (شکل‌های (ب) و (ج)).

کشسانی $W_{\text{فنر}} = -\Delta U$

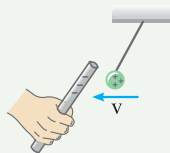
۳ رابطه

۴. (ج) انرژی پتانسیل الکتریکی

مطابق شکل زیر، وقتی یک جسم باردار را به جسم باردار دیگر نزدیک می‌کنیم، بسته به نوع بار، اجسام یکدیگر را می‌ریانند (شکل الف) یا می‌رانند (شکل ب). تو این حالت لازم تغییر انرژی رخ می‌دهد که دیگه نمی‌گم.



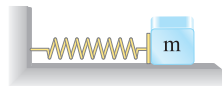
(ب)



(الف)

تست

مطابق شکل زیر، جسمی به جرم 300g با تندی 8m/s به فنری برخورد کرده و آن را فشرده می‌کند. اگر بیش‌ترین انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده $8/2$ ژول باشد، کار نیروی فنر و کار نیروی اصطکاک به ترتیب از راست به چپ در SI کدام است؟



- (۱) $-8/2$ ، $-1/4$ (۲) $+8/2$ ، $-1/4$
 (۳) -82 ، $+1/4$ (۴) $+82$ ، $+1/4$

پاسخ

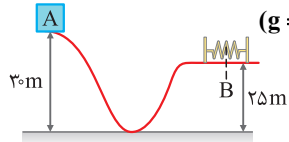
$$W_{\text{فنر}} = -\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{1}{2}kx_2 - \frac{1}{2}kx_1 = \frac{1}{2}kx_2 - 0 = -8/2\text{J}$$

$$W_{\text{فنر}} + W_{\text{فک}} = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$-8/2 + W_{\text{فک}} = -\frac{1}{2}(300 \times 10^{-3})(8)^2 \Rightarrow W_{\text{فک}} = -1/4\text{J} \quad (\text{گزینه ۱})$$

تست

در شکل زیر جسمی به جرم 3kg از نقطه A رها شده و در مسیری بدون اصطکاک در نقطه B فنری را کاملاً فشرده می‌سازد. حداکثر انرژی پتانسیل کشسانی در فنر چند ژول است؟ ($g = 10\text{m/s}^2$)



- (۱) -15 (۲) $+15$
 (۳) -150 (۴) $+150$

پاسخ

$$W_{\text{mg}} + W_{\text{فنر}} + W_{\text{FN}} + W_{\text{فک}} = \Delta K$$

$$\Rightarrow W_{\text{mg}} = -\Delta U_{\text{گراتشی}} = -\Delta U_{\text{فنر}} \Rightarrow -\Delta U_{\text{گراتشی}} = +\Delta U_{\text{فنر}}$$

$$\Rightarrow -mg(h_B - h_A) = U_{e_r} - U_{e_1} = \frac{m \cdot r \cdot k \cdot g \cdot h_B - m \cdot r \cdot k \cdot g \cdot h_A}{h_A = 30\text{m}, h_B = 25\text{m}}$$

$$-(3)(10)(25 - 30) = U_{e_r} \Rightarrow U_{e_r} = +150\text{J} \quad (\text{گزینه ۴})$$



۲۱ - انرژی مکانیکی

مجموع انرژی‌های پتانسیل و جنبشی هر جسم.

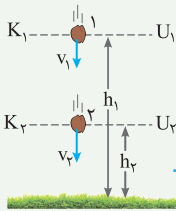
$$E = K + U$$

رابطه

E : انرژی مکانیکی (J) ، K : انرژی جنبشی (J) ، U : انرژی پتانسیل (J)

پایستگی انرژی مکانیکی

اگر اتلاف انرژی نداشته باشیم، انرژی مکانیکی جسم در نقاط مختلف مسیر حرکت با هم برابر است.



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

رابطه

نکته رابطه بالا را اصل پایستگی انرژی مکانیکی می‌نامند.

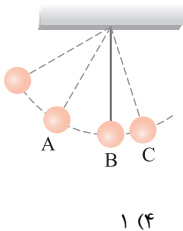
نکته این رابطه برای شرایطی است که نیروهایی مانند اصطکاک و مقاومت هوا را بتوان نادیده گرفت.

اصطکاک و مقاومت هوا را بتوان نادیده گرفت.

$$h_0 = \frac{v^2}{2g}$$

به نکته طلایی: در نبود مقاومت هوا، ارتفاع اوج از رابطه مقابل به دست میاد:

تست



در شکل مقابل، آونگی در حال نوسان است. اگر نقطه B ، مبدأ انرژی پتانسیل در نظر گرفته شود، چند مورد از موارد زیر صحیح است؟

- (الف) در نقطه A ، آونگ دارای انرژی جنبشی و پتانسیل است.
- (ب) در نقطه B ، آونگ دارای انرژی پتانسیل است.
- (ج) انرژی جنبشی در نقطه C کم‌تر از نقطه A است.
- (د) تندی آونگ در نقطه B ، کمینه است.

۱ (۴)

۲ (۳)

۳ (۲)

۴ (۱)

پاسخ الف) صحیح

(ب) غلط - چون مبدأ پتانسیل است $U_B = 0$

(ج) غلط - چون ارتفاع در A بیشتر از C هست، پس در A تندی کم‌تری داره.

(د) غلط - در نقطه B تمام انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل شده است.

$$K_B = K_{\max} \Rightarrow v_B = v_{\max}$$

پس گزینه (۴) صحیح است.



گلوله‌ای بدون سرعت اولیه از ارتفاع h_1 رها می‌شود و پس از طی Δh ، انرژی جنبشی آن با $\frac{1}{4}$ انرژی پتانسیل گرانشی آن برابر می‌شود. چقدر است؟ (مبدأ پتانسیل سطح زمین است و مقاومت هوا ناچیز فرض می‌شود.)

(ریاضی فлаг ۹۷)

$\frac{1}{5}$ (۱) $\frac{1}{4}$ (۲) $\frac{3}{4}$ (۳) $\frac{4}{5}$ (۴)

$K+U$
 $E_1 = E_2 \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$
 $U_1 = \frac{1}{4} U_2 + U_2 = \frac{5}{4} U_2$
 $\Rightarrow mgh_1 = \frac{5}{4} mgh_2 \Rightarrow h_1 = \frac{5}{4} h_2$
 $\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{5}{4} h_2 - h_2 = \frac{1}{4} h_2, \frac{\Delta h}{h_1} = \frac{\frac{1}{4} h_2}{\frac{5}{4} h_2} = \frac{1}{5}$ (گزینه ۱)



در شکل زیر، وزنه‌ای به جرم m با سرعت اولیه $v_0 = 4 \text{ m/s}$ مماس با سطح بدون اصطکاک، رو به پایین پرتاب می‌شود. اگر بیشترین انرژی پتانسیل کشسانی فنر در این برخورد $1/8$ انرژی جنبشی اولیه وزنه باشد، حداقل طول فنر به چند سانتی‌متر می‌رسد؟ ($\sin 37^\circ = 0.6, g = 10 \text{ m/s}^2$) (ریاضی ذافل ۹۷)

25 (۲) 20 (۱)
 35 (۴) 30 (۳)

وقتی طول فنر به حداقل می‌رسد که انرژی پتانسیل کشسانی بیشینه باشد.

$E_0 = E_1 \Rightarrow K_0 + U_0 = K_1 + U_1 + U_{e_{\max}}$
 $\frac{1}{2} m v_0^2 + mgh_0 = mgh_1 + \frac{1}{8} \times \frac{1}{2} m v_0^2$
 $v_0 = 4 \text{ m/s}, h_0 = 85 \text{ cm}, g = 10 \text{ m/s}^2$

$(\frac{1}{2})(4)^2 + (10)(85 \times 10^{-2}) = (10)h_1 + (\frac{1}{8})(\frac{1}{2})(4)^2 \Rightarrow h_1 = 0.21 \text{ m} = 21 \text{ cm}$

$\sin 37^\circ = \frac{21}{L_{\text{فنر}}} \Rightarrow L_{\text{فنر}} = 35 \text{ cm}$ (گزینه ۴)



۲۲ - کار و انرژی درونی

انرژی درونی

مجموع انرژی‌های ذره‌های تشکیل‌دهندهٔ جسم است.

- ۱ معمولاً با گرم‌تر شدن یک جسم، انرژی درونی آن بیش‌تر می‌شود.
- ۲ انرژی درونی یک جسم، هم به تعداد ذرات جسم و هم به انرژی هر ذره بستگی دارد.
- ۳ انرژی درونی تلف نمی‌شود؛ اما چون نمی‌توان دوباره از آن استفاده کرد، معمولاً از اصطلاح تلف شدن استفاده می‌کنند.

کار و انرژی درونی

اگر در طول مسیر، نیروهای اتلافی (مثلاً اصطکاک و مقاومت هوا) داشته باشیم:

$$W_f = E_f - E_1$$

رابطه

W_f : کار نیروهای اتلافی (J)، E_f ، E_1 : انرژی مکانیکی وضعیت اول و دوم (J)
 نکات ۱ با حضور نیروهای اتلافی، انرژی مکانیکی جسم یا سامانه پایسته نمی‌ماند و تغییر می‌کند ($E_1 \neq E_f$). کاهش انرژی مکانیکی، به‌صورت افزایش انرژی درونی جسم و محیط اطراف آن درمی‌آید.

قانون پایستگی انرژی

در یک سامانهٔ منزوی، مجموع کل انرژی‌ها پایسته می‌ماند.
 به عبارت دیگر، انرژی را نمی‌توان خلق یا نابود کرد و تنها می‌توان آن را از یک شکل به شکل دیگر تبدیل کرد.

مثال

شکل زیر قطعه‌ای به جرم 200g را نشان می‌دهد که روی مسیری ناصاف از نقطهٔ A به طرف نقطهٔ B در حرکت است. اگر تندی قطعه هنگام رسیدن آن به نقطهٔ B برابر 1m/s باشد، چقدر از انرژی جنبشی قطعه به انرژی درونی قطعه و سطح تبدیل شده است؟ 12m/s



پاسخ

$$W_f = E_B - E_A = (K_B + U_B) - (K_A + U_A) = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2)$$

$$\frac{v_B = 1\text{m/s}, m = 200\text{g}}{v_A = 12\text{m/s}} \rightarrow W_f = \frac{1}{2} (200 \times 10^{-3}) (1^2 - 12^2) = -8\text{J}$$

تست

گلوله‌ای به جرم 200g با سرعت اولیه 3m/s در راستای قائم، رو به بالا پرتاب می‌شود. مقاومت هوا باعث می‌شود 1J از انرژی گلوله تا رسیدن به نقطه اوج تلف شود. اگر مقاومت هوا وجود نمی‌داشت، گلوله چند متر بالاتر می‌رفت؟ ($g = 10\text{m/s}^2$) (تجربی دافل 97)

- ۵ (۱) ۱۰ (۲) ۱۵ (۳) ۲۰ (۴)

پاسخ

$$W_f = (E_f - E_1) \Rightarrow W_f = (K_f + U_f) - (K_1 + U_1)$$

$$W_f = -1\text{J}, m = 200\text{g}$$

$$g = 10\text{m/s}^2, v = 3\text{m/s}$$

$$-1 = (0 + (200 \times 10^{-3})(10)h_f) - \left(\frac{1}{2}(200 \times 10^{-3})(3)^2 + 0\right) \Rightarrow h_f = 4\text{m}$$

اگر مقاومت هوا نبود: $h_f = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{(3)^2}{2(10)} = 45\text{m}$
ارتفاع اوج

$$h_f' - h_f = 45 - 40 = 5\text{m} \quad (\text{گزینه ۱})$$

تست

مطابق شکل زیر، توپی به جرم 500g با تندی 10m/s از نقطه A شروع به حرکت می‌کند. اگر هنگامی که توپ به نقطه B می‌رسد 20% درصد انرژی آن به انرژی درونی تبدیل شده باشد، تغییر انرژی درونی توپ و سطح در حین جابه‌جایی در SI چقدر است؟



- ۲۰ (۱) -۵ (۲)
۲۰ (۳) ۵ (۴)

$$E_A = K_A + U_A = \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{5}{100}\right)(10)^2 = 25\text{J}$$

پاسخ

$\frac{20}{100}$ انرژی کل، صرف انرژی درونی شده. پس با $\frac{80}{100}$ انرژی رسیده به نقطه B:

$$E_B = \frac{80}{100}E_A = \frac{80}{100}(25) = 20\text{J}$$

$$\Delta E = E_A - E_B = 25 - 20 = 5\text{J} \quad (\text{گزینه ۴})$$

اگر جواب منفی در آوردی برو آخرین نکته صفحه مقابل دوباره بخون.



۲۳ - توان و بازده

توان

همون آهنگ انجام کاره.

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

رابطه

\bar{P} : توان متوسط (W)، W : کار انجام شده (J)، Δt : زمان انجام کار (s)
 $1W = 1J/s = 1kg.m^2/s^3$

همارزی یکا

یادآوری قسمت ۸ گفتیم آهنگ یعنی نسبت کمیته به زمان.

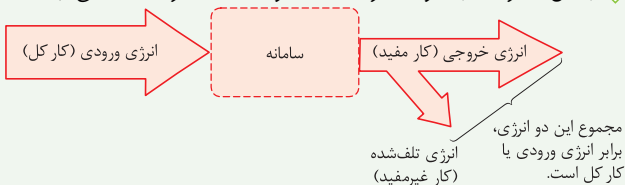
نوع کمیته: توان کمیته نرده‌ای است.

نکته یکای قدیمی توان: اسب بخار است. $1hp = 746W$

بازده

هر سامانه بخشی از انرژی ورودی (انرژی مصرفی سامانه) را به انرژی مورد نظر (انرژی خروجی یا کار مفید) تبدیل می‌کند.

بخش دیگری را به صورت انرژی‌های ناخواسته (کار غیرمفید) در می‌آورد.



$$\text{بازده بر حسب درصد} = \frac{\text{انرژی خروجی}}{\text{انرژی ورودی}} \times 100$$

رابطه

مثال

شخصی به جرم $72kg$ در مدت زمان $90s$ از تعداد 50 پله که ارتفاع هر پله $30cm$ است، بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟

$$h = ny = \frac{mgh}{y} \rightarrow h = \frac{50 \times 30}{1} = 1500cm = 15m$$

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} \rightarrow \bar{P} = \frac{(72)(10)(15)}{90} = 120W$$

مثال

هر یک از دو موتور جت هواپیمای مسافربری، پیشرانهای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $4 \times 10^5 \text{ N}$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه 15 km در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما تقریباً چند اسب بخار است؟ ($1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$) (برگرفته از کتاب درسی)

$$W = (F \cos \theta)d \quad \begin{array}{l} F=4 \times 10^5 \text{ N} \\ d=15 \text{ km}, \theta=0^\circ \end{array}$$

پاسخ

$$W = (4 \times 10^5 \times \cos 0^\circ)(15 \times 10^3) = 60 \times 10^8 \text{ J}$$

فقط باید زمان رو به ثانیه تبدیل کنیم:

$$\bar{P} = \frac{W}{t} = \frac{60 \times 10^8}{1 \times 60} = 10^8 \text{ W} \left(\frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ W}} \right) \approx 1.34 \times 10^5 \text{ hp}$$

مثال

آب ذخیره‌شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از ارتفاع 250 متری روی پره‌های توربینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. اگر بازده توربین 60 درصد و بازده ژنراتور 75 درصد باشد، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد، تا توان الکتریکی تولیدی نیروگاه 90 MW باشد؟ (از مقاومت هوا صرف‌نظر شود.) ($g = 10 \text{ m/s}^2$, $\rho_{\text{آب}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$) (برگرفته از کتاب درسی)

پاسخ

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{ورودی}} (R_a \times R_g) \quad \begin{array}{l} P_{\text{توربین}} = 90 \text{ MW}, R_a = 0.6 \\ R_g = 0.75 \end{array}$$

$$90 \times 10^6 = P_{\text{ورودی}} (0.6 \times 0.75) \Rightarrow P_{\text{ورودی}} = 2 \times 10^8 \text{ W}$$

$$P_{\text{ورودی}} = \frac{mg\Delta h}{t} \quad \begin{array}{l} P_{\text{ورودی}} = 2 \times 10^8 \text{ W}, g = 10 \text{ m/s}^2 \\ \Delta h = 250 \text{ m}, t = 1 \end{array}$$

$$2 \times 10^8 = \frac{m(10)(250)}{1} \Rightarrow m = 8 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \begin{array}{l} \rho = 10^3 \text{ kg/m}^3 \\ m = 8 \times 10^4 \text{ kg} \end{array} \Rightarrow 10^3 = \frac{8 \times 10^4}{V} \Rightarrow V = 80 \text{ m}^3$$