

اهداف آموزشی :

1. کار
2. انرژی میخانیکی و طاقت
3. کاری که توسط قوه ثابت اجرا می شود
4. کار و انرژی حرکی
5. کار و انرژی پتانسیل
6. کاری که بوسیله فنر بالای کتله انجام می شود
7. کاری که بوسیله گاز با فشار ثابت بالای پستون اجرا می شود
8. قوه های تحفظی و غیر تحفظی
9. تحفظ انرژی میخانیکی
10. کار انجام شده توسط قوه های غیر تحفظی
11. توان

۱: کار

✓ کار عبارت از حاصل ضرب قوه در تغییر مکان جسم را کار میگوید.

در فیزیک، "کار (Work)" مقدار انرژی منتقل شده به یک جسم از طریق اعمال نیرو و ایجاد جابجایی در آن است. این کمیت با فرمول $W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$ محاسبه می شود، که F نیروی اعمال شده، d جابجایی جسم، و θ زاویه بین نیرو و جابجایی است. واحد اندازه گیری کار در سیستم SI، ژول (Joule) است.

مفهوم کار در فیزیک:

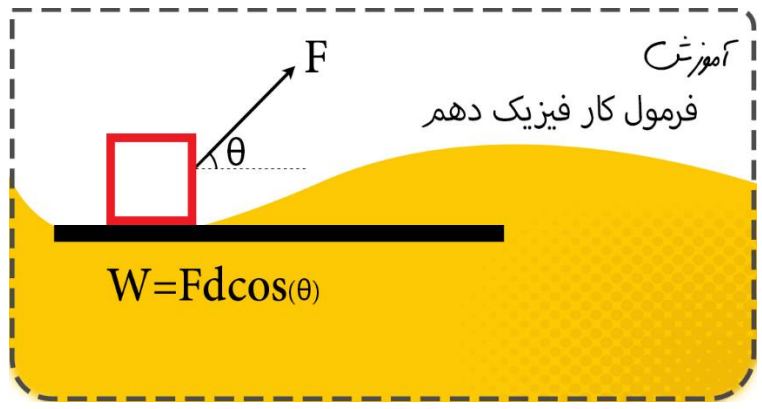
- انتقال انرژی: کار، شکلی از انتقال انرژی است. وقتی نیرویی باعث جابجایی جسمی می شود، انرژی به آن جسم منتقل شده و آن را "کار" انجام داده می نامیم.
- نیاز به نیرو و جابجایی: برای انجام کار، هم به نیروی وارد شده بر جسم و هم به جابجایی جسم در اثر آن نیرو نیاز است. اگر جسمی جابجا نشود (حتی با وجود نیروی بسیار زیاد)، کار فیزیکی انجام نشده است.
- کمیت نردهای (اسکالر): کار یک کمیت نردهای است، به این معنی که تنها یک مقدار عددی دارد و جهت در آن مطرح نیست.

فرمول کار:

فرمول کلی برای محاسبه کار به صورت زیر است:
 $W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$

- W : کار انجام شده (ژول)
 - F : اندازه نیروی وارد شده (نیوتن)
 - d : اندازه جابجایی جسم (متر).
 - θ : زاویه بین راستای بردار نیرو و راستای بردار جابجایی.
- نکات مهم:

- کار صفر: اگر زاویه θ برابر 90 درجه ($\cos = 0$) باشد، کار انجام شده صفر است. این در مورد نیروی وزن و نیروی عمودی سطح در جابجایی افقی صدق می کند.
- کار منفی: وقتی زاویه بین نیرو و جابجایی بزرگتر از 90 درجه و کمتر از 180 درجه باشد (کسینوس منفی)، کار انجام شده منفی خواهد بود.
- قضیه کار-انرژی: کار کل انجام شده بر روی یک جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی آن است.



مثال: شخصی قوه افقی 70N را بر جسمی وارد آورده و آن را به اندازه 10m بی جا می کند، مقدار کار شخص را در بایید.

حل: بر طبق رابطه (1) داریم که:

$$w = F \cdot d$$

$$w = (70N)(10m) = 700J$$

2: انرژی میخانیکی و طاقت

انرژی مکانیکی مجموع انرژی جنبشی (انرژی حرکت) و انرژی پتانسیل (انرژی ذخیره شده) است و در یک سیستم ایزوله که تحت تأثیر نیروهای مقاوم نیست، ثابت می ماند. این مفهوم کلیدی در

3: کاری که توسط قوه ثابت اجرا می شود

کاری که توسط یک نیروی ثابت و ثابت اجرا می شود، کار قوه ثابت نامیده می شود. این مفهوم در فیزیک بیان می کند که وقتی نیروی ثابتی به یک جسم وارد می شود و باعث جابجایی جسم می شود، آن نیرو کار انجام داده است.

مفهوم کار در فیزیک

وقتی نیرویی به جسمی وارد می شود و آن جسم در راستای همان نیرو جابجا می شود، آن نیرو کار انجام داده است.

فرمول کار به صورت ضرب نیروی ثابت در جابجایی جسم در راستای نیرو است. $(W = F \times d)$

مراحل انجام کار توسط نیروی ثابت

1. ورود نیروی ثابت: نیرویی با مقدار و جهت ثابت به جسم اعمال می شود.

2. جابجایی جسم: این نیرو باعث می شود که جسم در جهت خودش جابجا شود.

3. انجام کار: در این صورت، می گوئیم که کار توسط آن نیروی ثابت انجام شده است.

این تعریف پایه درک مفهوم کار در فیزیک است و به ویژه در مباحث مقدماتی فیزیک مورد استفاده قرار می گیرد.



4: کار و انرژی حرکتی

کار و انرژی حرکتی (یا جنبشی) دو مفهوم در فیزیک هستند که به طور مستقیم با یکدیگر در ارتباطند. کار مقدار انرژی منتقل شده به یک جسم از طریق نیرو و جابجایی است، در حالی که انرژی حرکتی انرژی است که یک جسم به دلیل حرکت خود دارد و با جرم و مجذور سرعت آن

فیزیک، به توضیح و پیش بینی رفتار سیستم های مختلف کمک کرده و در فناوری های نوین کاربرد دارد.

انرژی مکانیکی چیست؟

انرژی مکانیکی حاصل جمع دو نوع انرژی است:

- انرژی جنبشی: انرژی است که یک جسم به دلیل حرکت خود دارد.
- انرژی پتانسیل: انرژی ذخیره شده در یک جسم به دلیل موقعیت یا وضعیت آن است.

انرژی پتانسیل گرانشی: انرژی ذخیره شده در اجسامی که در ارتفاعی از سطح زمین قرار دارند. هرچه ارتفاع جسم بیشتر باشد، این انرژی نیز بیشتر است.

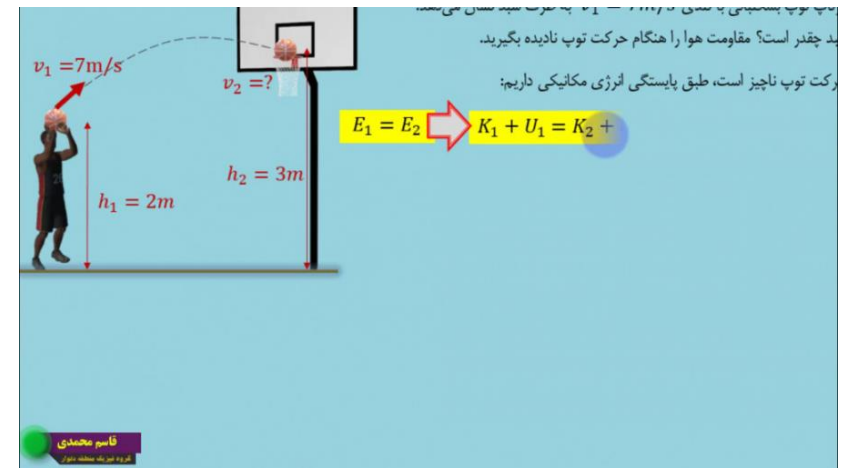
انرژی پتانسیل الاستیک: انرژی ذخیره شده در اجسامی مانند فنر که کشیده یا فشرده شده اند، به دلیل تغییر شکل آن ها.

اصل بقای انرژی مکانیکی:

اگر در یک سیستم، نیروهای خارجی مانند اصطکاک یا مقاومت هوا وجود نداشته باشند، انرژی مکانیکی کل سیستم ثابت باقی می ماند. به این معنی که اگر انرژی جنبشی کاهش یابد، به همان میزان انرژی پتانسیل افزایش می یابد و بالعکس، اما مجموع آن ها ثابت می ماند.

کاربردها:

مفهوم انرژی مکانیکی در توضیح پدیده های روزمره و توسعه فناوری های جدید کاربرد دارد. به عنوان مثال، انرژی جنبشی باد در آسیاب های بادی، انرژی را به کار مکانیکی برای آسیاب کردن یا تولید برق تبدیل می کند





متناسب است. طبق قضیه کار-انرژی، کار خالص انجام شده بر روی یک جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی آن جسم است.

کار (Work)

- **تعریف:** در فیزیک، کار به عملی گفته می شود که طی آن، اعمال نیرو باعث جابجایی یک جسم شود.
- **واحد:** واحد کار در سیستم بین المللی (SI) ژول است.
- **فرمول:** اگر نیروی ثابت (F) در راستای جابه جایی (d) عمل کند، کار (W) برابر است با $W = F \cdot d$.
- **انرژی حرکتی (Kinetic Energy)**

- **تعریف:** انرژی ای است که هر جسم متحرک به دلیل حرکت خود دارد.
- **بستگی ها:** انرژی حرکتی به جرم (m) و مجذور سرعت (v) جسم بستگی دارد.
- **فرمول:** انرژی حرکتی (K) با فرمول $K = \frac{1}{2}mv^2$ محاسبه می شود، جایی که m جرم و v سرعت جسم است.
- **ویژگی:** اجسام ساکن انرژی جنبشی ندارند، در حالی که هرچه سرعت یک جسم بیشتر باشد، انرژی جنبشی آن نیز بیشتر است.

قضیه کار-انرژی

- **مفهوم:** این قضیه ارتباط بین کار انجام شده و تغییرات انرژی جنبشی را بیان می کند.
- **فرمول:** کار خالص (W) انجام شده بر روی یک جسم برابر با تغییر انرژی جنبشی (ΔK) آن است $W = \Delta K = K_f - K_i$ که K_f انرژی جنبشی نهایی و K_i انرژی جنبشی اولیه است

مثال: جسمی با کتله 1kg را از ارتفاع 10m رها می کنیم. با استفاده از قضیه کار و انرژی هنگامی که جسم به زمین می رسد، انرژی حرکتی آن چقدر است؟ تعیین می نماییم.
($g = 10 \frac{m}{s^2}$ فرض شود).

حل: در این مثال تنها قوه داده شده به جسم، قوه وزن است و کار این قوه برابر است با:
 $W = F \cdot d \cdot \cos\theta = m \cdot g \cdot h \cos 0^\circ = (1kg)(10 \frac{m}{s^2})(10m)(1) = 100 J$
چون انرژی حرکتی اولیه جسم صفر است، پس می توانیم بنویسیم: $W = k_2 - k_1$
 $100 = k_2 - 0 \Rightarrow k_2 = 100 J$

5. کار و انرژی پتانسیل

کار انجام شده برای تغییر موقعیت جسم در میدان نیرو، با تغییر انرژی پتانسیل آن جسم رابطه مستقیم دارد؛ این کار به صورت انرژی در جسم ذخیره شده و در صورت رهایی جسم، به انرژی حرکتی تبدیل می شود. به عنوان مثال، بلند کردن یک توپ تا ارتفاع مشخص، کاری است که انرژی پتانسیل گرانشی آن را افزایش می دهد و کشیدن یک فنر، انرژی پتانسیل کشسانی آن را زیاد می کند.

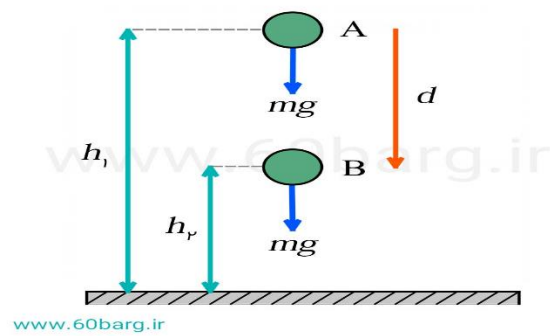
انرژی پتانسیل چیست؟

انرژی پتانسیل، نوعی انرژی ذخیره شده در یک سیستم یا سامانه است که به دلیل موقعیت یا وضعیت اجزای آن نسبت به یکدیگر و در حضور یک میدان نیرو ایجاد می شود.

- **مفهوم سیستم:** انرژی پتانسیل یک مفهوم سیستمی است؛ یعنی به تنهایی برای یک جسم تنها وجود ندارد، بلکه بین دو یا چند جسم که با هم برهم کنش متقابل دارند (مانند توپ و زمین) یا در یک میدان نیرو قرار دارند، ذخیره می شود.

نمونه ها:

- **انرژی پتانسیل گرانشی:** توپ روی میز انرژی پتانسیل گرانشی دارد، چرا که زمین بر آن نیرو وارد می کند و موقعیت آن نسبت به زمین باعث ذخیره این انرژی می شود.



6. کاری که بوسیله فنر بالای کتله انجام می شود

کاری که توسط فنر بالای جسم انجام می شود به عنوان انرژی پتانسیل کشسانی یا انرژی ذخیره شده در فنر شناخته می شود. این انرژی با فشردگی یا کشش فنر ایجاد شده و به محض رها شدن فنر، به انرژی جنبشی تبدیل می شود و جسم را به حرکت در می آورد.

توضیح بیشتر:

- انرژی پتانسیل کشسانی: هنگامی که فنر را فشرده یا کشش می دهیم، انرژی در آن ذخیره می شود. این انرژی ذخیره شده را انرژی پتانسیل کشسانی می گویند.
- تبدیل انرژی: وقتی فنر را به حالت فشرده یا کشیده نگه می داریم، انرژی در آن به صورت پتانسیل ذخیره شده است. به محض رها کردن فنر، این انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی (انرژی حرکت) تبدیل می شود.
- کار انجام شده: فنر در واقع با اعمال نیرو (فشار یا کشش) و جابجایی جسم، کاری را انجام می دهد که باعث ذخیره شدن این انرژی در فنر می شود.
- به طور خلاصه، فنر با ذخیره کردن انرژی از طریق فشردگی یا کشیدگی، کاری را برای جابجایی جسم انجام می دهد و این کار از طریق تبدیل انرژی پتانسیل ذخیره شده در فنر به انرژی جنبشی جسم صورت می گیرد.

فرمول آن

$$\bar{W} = \bar{F}X = \frac{1}{2} KX \times X = \frac{1}{2} KX^2$$

○ انرژی پتانسیل کشسانی: کشیده شدن یا فشرده شدن فنر، انرژی پتانسیل ذخیره می کند .

رابطه کار و انرژی پتانسیل

- کار انجام شده بر جسم: مقدار کاری که برای تغییر وضعیت یا موقعیت جسم در یک میدان نیرو انجام می شود، برابر با تغییر انرژی پتانسیل آن جسم است .
- تغییر انرژی پتانسیل: این تغییر انرژی، به مسیر افقی انجام کار بستگی ندارد. به عبارت دیگر، اگر دو مسیر متفاوت برای انتقال جسم به یک موقعیت نهایی وجود داشته باشد و کار توسط یک نیروی پایستار (مانند گرانش) انجام شود، کار انجام شده در هر دو مسیر یکسان خواهد بود .

• رابطه ریاضی: رابطه بین کار (W) و تغییر انرژی پتانسیل (ΔU) در نیروهای پایستار به صورت زیر است:

$$W = -\Delta U$$

مثالها

- بلند کردن یک جسم: وقتی you جسمی را بلند می کنید، کاری انجام می دهید که این کار تبدیل به انرژی پتانسیل گرانشی جسم می شود و انرژی آن را افزایش می دهد .
- فنر: هنگام پرتاب جسمی به سمت فنر، فنر فشرده شده و انرژی پتانسیل آن افزایش می یابد. این انرژی در اثر کار انجام شده توسط جسم و وارد کردن نیروی فنر به جسم در خلاف جهت جابه جایی، ذخیره می شود .

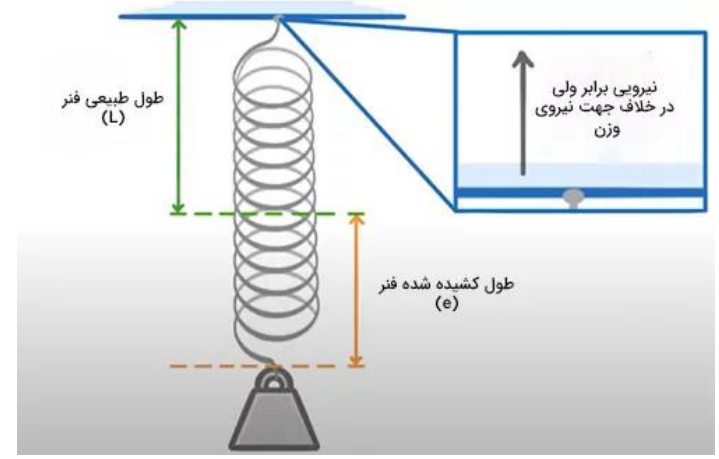
$$W = \Delta U = mg(h_2 - h_1)$$

که در این فرمول m مقدار کتله جسم g تعجیل جاذبه . h2 و h1 ارتفاع اولی و دومی . ΔU

تغییر انرژی پتانسیل و W کار انجام شده است.

کار در این فرمول W کار انجام شده K ثابت فنر و X فاصله که فنر باز میگردد.

مثال: ضریب ثابت فنری 405 N/m است. مقدار کار فنر را بدان اندازه 3 cm که تغییر طول دهد، دریابید؟
حل: $w = \frac{1}{2} (405 \text{ N/m}) (0.03 \text{ m})^2 = 0.182 \text{ J}$



7. کاری که بوسیله گاز با فشار ثابت بالای پیستون اجرا می‌شود

کاری که توسط گاز با فشار ثابت روی یک پیستون انجام می‌شود، "کار فشار-حجم" یا "کار PV " نامیده می‌شود و از فرمول $W = P\Delta V$ محاسبه می‌گردد، که در آن W کار انجام شده، P فشار ثابت و ΔV تغییر حجم گاز است. این کار در اثر انبساط گاز و جابجایی پیستون صورت می‌گیرد.

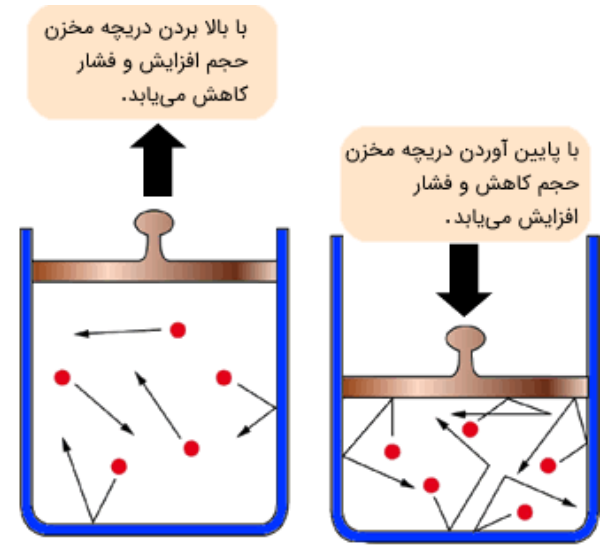
مفهوم کار فشار-حجم

- فشار ثابت: در این حالت، فشار وارد بر پیستون توسط گاز ثابت می‌ماند.
- انبساط گاز: وقتی گاز منبسط می‌شود، نیروی به پیستون وارد می‌کند و باعث جابجایی آن می‌شود.
- کار انجام شده: مقدار کاری که در اثر این جابجایی و بر روی پیستون انجام می‌شود، کار فشار-حجم است.

فرمول محاسبه کار انجام شده (W) توسط گاز با فشار ثابت (P) و تغییر حجم (ΔV) برابر است با:
 $W = P\Delta V$

مثال در دنیای واقعی

یک نمونه از این فرآیند، کار انجام شده توسط گاز در موتورهای دیزلی یا بنزینی است. در این موتورها، گاز منبسط شده و پیستون را جابجا می‌کند و نیروی را برای حرکت خودرو ایجاد می‌کند



در فضای کوچکتر، ذرات برخورد بیشتری با دیواره ظرف دارند و این همان چیزی است که ما به عنوان فشار اندازه‌گیری می‌کنیم.

8. قوه‌های تحفظی و غیر تحفظی

قوه‌های «تحفظی» یا «پایستار (Conservative)» در فیزیک، قوه‌هایی هستند که کار انجام شده توسط آن‌ها به مسیر طی شده بستگی ندارد و به تنها نقطه شروع و پایان وابسته است. مثال‌هایی از این قواها شامل نیروی گرانش و نیروی فنر می‌شود. در مقابل، قوه‌های «غیر تحفظی» یا «ناپایستار (Non-conservative)» قوه‌هایی هستند که کار انجام شده توسط آن‌ها به مسیر طی شده وابسته است؛ یعنی اگر مسیر رفت و برگشت متفاوت باشد، کار کل انجام شده برابر صفر نخواهد بود. نیروی اصطکاک و نیروی مقاومت هوا از نمونه‌های قوه‌های غیر تحفظی هستند.

تعریف و مثال‌ها

• قوه‌های تحفظی:

○ **تعریف:** کاری که این قواها انجام می‌دهند به هیچ وجه به مسیری که جسم طی می‌کند، بستگی ندارد. تنها نقطه آغازین و پایانی حرکت مهم است.

○ مثال‌ها:

▪ **نیروی گرانش:** اگر جسمی را از نقطه A به نقطه B برسانیم، کار انجام شده توسط گرانش در این جابجایی، مستقل از مسیری است که طی می‌شود.

▪ **نیروی فنر:** کار انجام شده بر روی یک فنر برای کشیدن یا فشرده کردن آن نیز یک نیروی تحفظی است.

▪ **انرژی پایسته:** در سیستم‌های بسته که تنها قوه‌های تحفظی وجود دارند، انرژی کل سیستم پایسته می‌ماند.

• **قوه‌های غیر تحفظی:**

• **تعریف:** کار انجام شده توسط این قواها به مسیر حرکت بستگی دارد. اگر یک جسم در یک مسیر بسته توسط یک نیروی غیر تحفظی حرکت کند، کار انجام شده می‌تواند صفر نباشد.

• **مثال‌ها:**

▪ **نیروی اصطکاک:** نیروی اصطکاک یک نیروی غیر تحفظی است، زیرا به طول مسیر و مقدار اصطکاک بستگی دارد.

▪ **مقاومت هوا:** در هنگام حرکت اجسام در هوا، مقاومت هوا نیز یک نیروی غیر تحفظی است و بخشی از انرژی جنبشی جسم را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند.

▪ **اتلاف انرژی:** قوه‌های غیر تحفظی باعث اتلاف انرژی از سیستم و تبدیل آن به انواع دیگر انرژی مانند گرما می‌شوند.

● 9.-: تحفظ انرژی میخانیکی

انون پایستگی انرژی مکانیکی بیان می‌کند که انرژی مکانیکی یک سیستم ایزوله (فقط تحت تأثیر نیروهای پایستار) ثابت می‌ماند؛ یعنی مجموع انرژی جنبشی و پتانسیل در طول زمان تغییر نمی‌کند. این قانون تنها در صورتی برقرار است که نیروهای غیرپایستار مانند اصطکاک بر سیستم

تأثیر نگذارند، زیرا در صورت وجود این نیروها، انرژی مکانیکی به شکل‌های دیگر مانند گرما تبدیل شده و سیستم از حالت پایستگی خارج می‌شود.

مفاهیم کلیدی

• **انرژی مکانیکی: (E_m)** مجموع انرژی جنبشی (E_k) و انرژی پتانسیل (E_p) در یک سیستم است.

○ $E_k = 1/2 mv^2$ انرژی جنبشی ناشی از حرکت جسم.

○ E_p انرژی ذخیره‌شده ناشی از موقعیت جسم (مانند انرژی پتانسیل گرانشی یا کشسانی).

• **نیروهای پایستار:** نیروهایی مانند گرانش و نیروی فنر که کار انجام شده توسط آن‌ها فقط به موقعیت شروع و پایان بستگی دارد و به مسیر حرکت وابسته نیست.

• **نیروهای غیرپایستار:** نیروهایی مانند اصطکاک که انرژی مکانیکی سیستم را کاهش داده و آن را به گرما تبدیل می‌کنند.

قانون پایستگی انرژی مکانیکی

اگر یک سیستم ایزوله فقط تحت تأثیر نیروهای پایستار باشد، مجموع انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل آن همیشه ثابت باقی می‌ماند:

$$E_m = E_k + E_p = \text{ثابت}$$

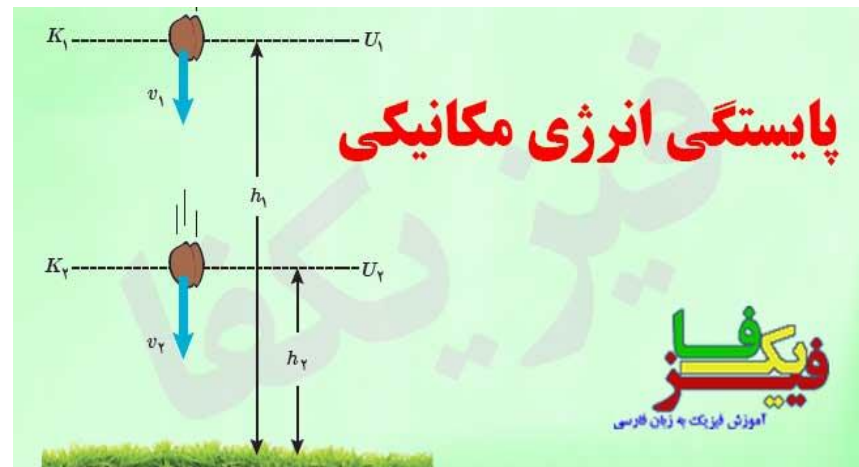
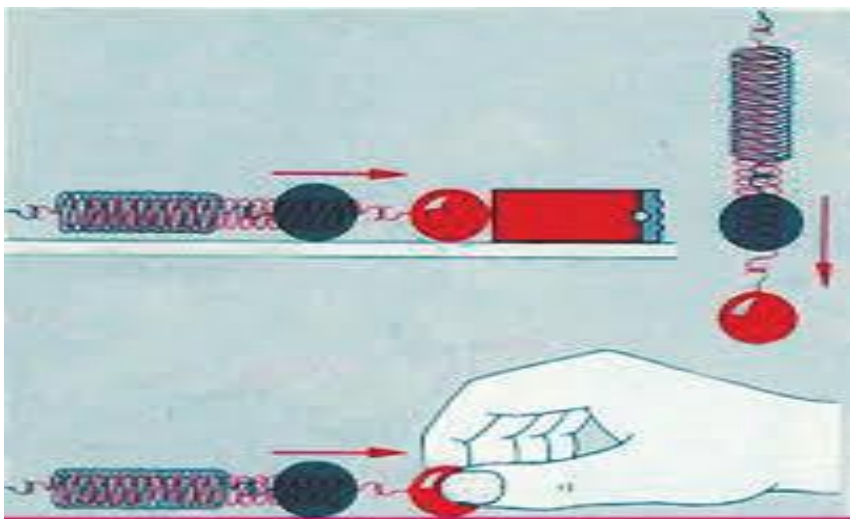
کاربردها و مثال‌ها

• **آونگ:** در یک آونگ ایده‌آل (بدون اصطکاک)، وقتی به بالاترین نقطه می‌رسد، انرژی جنبشی‌اش صفر و انرژی پتانسیلش بیشینه است. با پایین آمدن، انرژی پتانسیل به جنبشی تبدیل می‌شود.

• **جرم متصل به فنر:** هنگام رها شدن یک فنر فشرده، انرژی پتانسیل آن به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود و مجموع آن‌ها در طول نوسان ثابت باقی می‌ماند.

نکته مهم

قانون پایستگی انرژی مکانیکی یک حالت خاص از قانون کلی‌تر پایستگی انرژی است. در واقع، انرژی کلی سیستم (شامل انرژی جنبشی، پتانسیل و حرارتی) همیشه پایسته است و در حضور نیروهای غیرپایستار، انرژی مکانیکی به انرژی گرمایی تبدیل شده و از دست می‌رود، اما انرژی کلی حفظ می‌شود



● 10. - کار انجام شده توسط قوه های غیر تحفظی

ار انجام شده توسط قوه های غیرحفظی (مانند نیروی اصطکاک) به مسیر حرکت وابسته است، یعنی با تغییر مسیر، مقدار کار تغییر می کند و انرژی در طول مسیر تلف می شود. این برخلاف قوه های حفظی است که مقدار کار انجام شده توسط آنها مستقل از مسیر است و انرژی در سیستم حفظ می شود.

ویژگی های کار قوه های غیرحفظی:

- وابستگی به مسیر: مقدار کار انجام شده توسط یک نیروی غیرحفظی به مسیری که جسم طی می کند، بستگی دارد.
- اتلاف انرژی: این قوه ها باعث اتلاف انرژی از سیستم می شوند.

● مثال:

- نیروی اصطکاک: یکی از رایج ترین مثال های نیروی غیرحفظی است. اگر جسمی را روی یک سطح بکشید و دوباره به نقطه اول برگردانید، نیروی اصطکاک کاری مخالف جهت حرکت انجام می دهد و این انرژی به صورت گرما تلف می شود. اگر مسیر را تغییر دهید، مقدار کار اصطکاک نیز تغییر می کند.

● 11. - توان

توان (Power) «در فیزیک به آهنگ انجام کار یا انتقال انرژی در واحد زمان گفته می شود. واحد اصلی توان در سیستم SI وات (W) «است که معادل یک «ژول بر ثانیه (J/s)» است. توان بالا یعنی مقدار کار زیاد یا انرژی که در زمان کوتاهی انجام می شود.

نحوه محاسبه توان در فیزیک:

توان از تقسیم مقدار کار انجام شده یا انرژی مبادله شده بر زمان انجام آن به دست می آید. فرمول آن به صورت زیر است:

$$P = W / t$$

یا

$$P = E / t$$

که در آن:

- P توان بر حسب وات (W) است.
- W کار انجام شده بر حسب ژول (J) است.
- E انرژی مبادله شده بر حسب ژول (J) است.
- t زمان انجام کار بر حسب ثانیه (s) است.

مثال:

لامپی که ۶۰ وات توان دارد، در هر ثانیه ۶۰ ژول انرژی مصرف می کند.

یکاهای دیگر توان:

- اسب بخار (hp): یکی دیگری برای توان که معادل ۷۴۶ وات است .
 - وات (W): یکی اصلی و استاندارد توان است .
- مثال:** کوهنوردی باکته 60 kg در مدت 4 ثانیه از ارتفاع 4.5m را طی می کند. توان کوهنورد را بدست آورید. ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$ فرض شود).

حل: ابتدا کار انجام شده توسط کوهنورد را بدست می آوریم:

$$w = m \cdot g \cdot h = (60 \text{ kg}) (9.8 \text{ m/s}^2) (4.5 \text{ m}) = 2646 \text{ J}$$

$$P = \frac{w}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{2646 \text{ J}}{4 \text{ s}} = 661.5 \text{ w}$$

