درس نهم

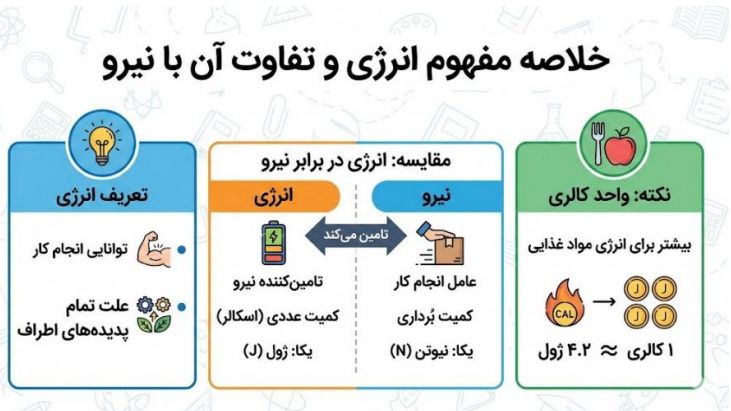
سفر انرژی

تعریف انرژی: آیا تا به حال فکر کرده‌اید که چرا برای جابه‌جا کردن یک جسم سنگین، هم به «نیرو» نیاز داریم و هم به «انرژی»؟ انرژی **توانایی انجام کار** است. همهٔ پدیده‌هایی که در اطراف ما وجود دارند به دلیل وجود انرژی است.



فرق انرژی و نیرو: برای انجام کار نیاز به نیرو داریم. انرژی تامین کننده نیرو است. نیرو همواره یک جهت مشخص دارد (مثلاً نیروی جاذبه همیشه به سمت مرکز زمین است)؛ بنابراین یک کمیت بُرداری است و یکای آن نیوتن است. در مقابل، انرژی جهت ندارد. انرژیِ موجود در یک سیب یا باتری، سمت و سو ندارد، بلکه تنها یک مقدار مشخص است؛ بنابراین انرژی کمیتی عددی (اسکالر) محسوب می‌شود انرژی یک کمیت عددی است که واحد اندازه گیری (یکای) آن ژول می‌باش

نکته: یکی دیگر از واحدهای اندازه گیری انرژی کالری است از کالری بیشتر برای بیان انرژی مواد غذایی استفاده می‌شود. **۱ کالری تقریباً برابر ۴ ژول است. ۴/۲ یا ۴/۱۸**



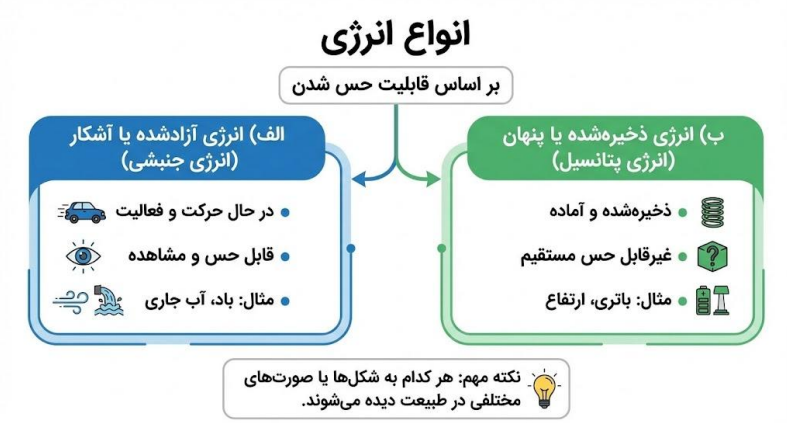
انواع انرژی

انرژی‌ها بر اساس **قابل حس بودن یا نبودن** به دونوع تقسیم می‌شوند:

الف) **انرژی آزادشده** یا آشکار (**انرژی جنبشی**)

ب) **انرژی ذخیره شده** یا پنهان (**انرژی پتانسیل**)

هر کدام از این انرژی‌ها به شکل‌ها یا صورت های مختلف دیده می‌شوند.



صورت‌های مختلف انرژی جنبشی

۱- **انرژی گرمایی:** انرژی گرمایی در واقع همان **انرژی حرکتی (جنبشی) ذرات سازنده‌ی ماده است**. همه‌ی مواد از ذرات ریزتری ساخته شده‌اند که دائماً در حال حرکت‌اند. وقتی به ماده‌ای گرما می‌دهیم، در حقیقت باعث می‌شویم این ذرات با سرعت بیشتری **حرکت کنند** یا شدیدتر **بلرزند**. بنابراین، یک قانون کلی وجود دارد:«هرچه سرعت جنبش ذرات یک ماده بیشتر باشد، انرژی گرمایی آن نیز بیشتر خواهد بود».

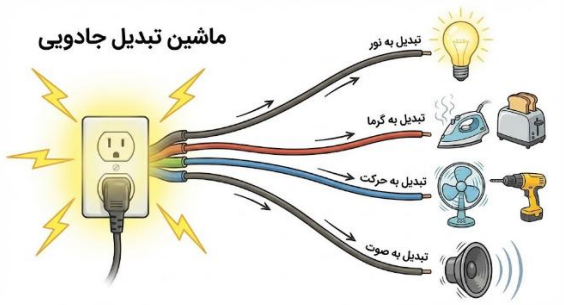


۲- **انرژی الکتریکی انرژیِ هزار چهره!**

اگر از ما بپرسند «**خوش‌دست‌ترین**» و «**با کیفیت‌ترین**» انرژی دنیا کدام است، بی‌شک باید بگوییم: **انرژی الکتریکی**. این انرژی که از **جاری شدن از الکترون‌ها** در سیم‌ها به وجود می‌آید، مثل یک خمیر بازی جادویی است! چون:

- **سفر آسان:** خیلی راحت از طریق سیم‌ها از نیروگاه‌های دوردست به خانه ما می‌آید (**انتقال آسان**).
- **فرمان‌بردار:** با زدن یک کلید ساده، می‌آید یا می‌رود (**کنترل آسان**).
- **جادوگر تغییر شکل:** این مهم‌ترین ویژگی آن است. الکتریسیته به محض رسیدن به وسایل ما، لباس عوض می‌کند؛ در لامپ به **نور**، در بخاری به **گرما**، و در پنکه به **حرکت** تبدیل می‌شود. به همین **دلیل**، **پرکاربردترین انرژی زندگی مدرن ماست.**

آیا واقعاً پاک‌ترین است؟ انرژی الکتریکی در «**محل مصرف» (خانه ما) پاک است چون دود ندارد**؛ اما در «**محل تولید» (نیروگاه)** اگر از سوزاندن نفت و گاز بدست بیاید، **هوا را آلوده می‌کند**. پس بهتر است بگوییم: «**پاک‌ترین صورت انرژی در هنگام مصرف**»



۳- انرژی صوتی (موج‌های نامرئی)

انرژی صوتی در واقع **همان انرژی لرزش** است. وقتی جسمی می‌لرزد، این لرزش را به مولکول‌های اطرافش منتقل می‌کند و **صوت** به وجود می‌آید. بر خلاف نور، صوت برای سفر کردن حتماً به **یک «محیط مادی»** نیاز دارد؛ یعنی باید مولکول‌هایی باشند که انرژی را دست به دست کنند. به همین دلیل، در **فضای خلأ (که ماده‌ای نیست) سکوت مطلق حکم‌فرماست.**

قانون سرعت صوت: هرچه ذرات ماده به هم نزدیک‌تر و فشرده‌تر باشند، خبر لرزش را سریع‌تر به هم می‌رسانند.

- **در جامدات:** سرعت صوت بسیار زیاد است (چون ذرات به هم چسبیده‌اند).
- **در مایعات:** سرعت متوسط است.
- **در هوا (گازها):** سرعت کمتر است.
- **در خلأ:** سرعت صفر است!



۴- انرژی تابشی یا نورانی، سریع‌ترین انرژی جهان

انرژی تابشی، شکلی از انرژی است که از حرکت امواج الکترومغناطیسی به وجود می‌آید. این انرژی تنها نوعی از انرژی است که برای سفر کردن نیازی به ماده (مثل هوا یا آب) ندارد؛ به همین دلیل است که نور خورشید می‌تواند از فضای خالی و خلأ عبور کند و به زمین برسد. (برخلاف صدا که در خلأ زندانی می‌شود).

امواج الکترومغناطیسی، از جنس انرژی هستند و دارای خواص مغناطیسی و الکتریکی که با سرعت نور حرکت می‌کنند و برای جابه‌جا شدن حتی به هوا هم نیاز ندارند. این امواج شامل یک خانواده بزرگ از نور مرئی (که می‌بینیم) تا امواج رادیویی و اشعه ایکس (که نمی‌بینیم) می‌شوند.

حد سرعت در جهان: نور با سرعت شگفت‌انگیز ۳۰۰٬۰۰۰ کیلومتر در ثانیه حرکت می‌کند. این بیشترین سرعتی است که بشر تاکنون شناخته است. برای اینکه بزرگی این عدد را درک کنید، تصور کنید اگر می‌توانستید با سرعت نور حرکت کنید، در زمانِ یک بشکن زدن، ۷ بار دور کره زمین می‌چرخیدید!

آنچه ما با چشمانمان می‌بینیم (نور مرئی)، تنها بخش کوچکی از انرژی‌های تابشی است. بسیاری از نورها «نامرئی» هستند و چشم انسان قادر به دیدن آن‌ها نیست، اما در زندگی ما کاربرد فراوان دارند. امواج رادیویی، امواج مایکروویو، پرتوهای فرابنفش، اشعه ایکس و گاما همگی از خانواده‌ی نورهای نامرئی هستند.

کادر: آیا می‌دانید؟

نوری که همین الان از خورشید می‌بینید، مربوط به ۸ دقیقه پیش است! چون فاصله خورشید تا زمین زیاد است، ۸ دقیقه طول می‌کشد تا نور با آن سرعت سرسام‌آور به چشم ما برسد.



قطار طیف نور: سفری از امواج آرام تا پرانرژی

۵- انرژی جنبشی حرکتی، غولِ سرعت و سنگینی!

هر چیزی که حرکت می‌کند، انرژی دارد. از نسیم ملایمی که برگ‌ها را تکان می‌دهد تا هواپیمایی که آسمان را می‌شکافد، همه دارای «**انرژی جنبشی**» هستند.

اما چه چیزی مقدار این انرژی را تعیین می‌کند؟ پاسخ در دو کلمه است:

۱. **سنگینی (جرم)**: جسم سنگین‌تر باشد، انرژی بیشتری برای حرکت دارد. (متوقف کردن یک کامیون سخت‌تر از یک دوچرخه است، حتی اگر با یک سرعت حرکت کنند).

۲. **تندی (سرعت)**: هرچه جسم سریع‌تر باشد، انرژی‌اش به شدت بالا می‌رود. (یک توپ تنیس اگر آرام به شما برخورد کند دردی ندارد، اما اگر یک قهرمان تنیس آن را پرتاب کند، می‌تواند شما را مصدوم کند!).

قانون طلایی: برای داشتن انرژی حرکتی زیاد، یا باید خیلی سنگین باشید (مثل قطار) یا خیلی سریع (مثل گلوله).





صورت‌های مختلف انرژی پتانسیل

۱- پتانسیل گرانشی، انرژی در کمین (پتانسیل گرانشی)

آیا تا به حال فکر کرده‌اید چرا افتادن از پله‌ی اول خطرناک نیست، اما افتادن از پشت‌بام خطرناک است؟ پاسخ در «انرژی پتانسیل گرانشی» نهفته است.

وقتی جسمی را از زمین بلند می‌کنیم، در واقع داریم با نیروی جاذبه زمین می‌جنگیم. انرژی که ما برای بالا بردن جسم مصرف می‌کنیم، هدر نمی‌رود؛ بلکه درون جسم ذخیره می‌شود. به این انرژی ذخیره شده که منتظر آزاد شدن است، انرژی پتانسیل گرانشی می‌گویند.

این انرژی به سه عامل وابسته است:

۱. **ارتفاع:** هرچه بالاتر باشد، انرژی ذخیره شده بیشتر است (خطر سقوط بیشتر!).

۲. **جرم:** هرچه جسم سنگین‌تر باشد، انرژی بیشتری دارد.

۳. **قدرت جاذبه:** در سیاره‌های بزرگتر (مثل مشتری) که جاذبه قوی‌تر است، انرژی پتانسیل اجسام بسیار بیشتر از زمین است.



۲- انرژی پتانسیل کشسانی

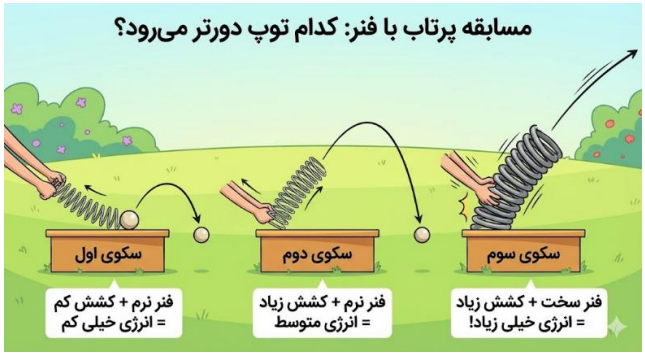
تا به حال سعی کرده‌اید یک فنر سفت را جمع کنید؟ هر چقدر بیشتر آن را فشار می‌دهید، انگار فنر عصبانی‌تر می‌شود و می‌خواهد دست شما را پَس بزند !این "عصبانیت فنر" در واقع همان انرژی پتانسیل کشسانی است.

وقتی شکل یک جسم کشسان (مثل فنر، کمان تیراندازی یا کش) را تغییر می‌دهیم، **انرژی ماهیچه‌ای ما درون آن جسم حبس می‌شود**. این انرژی منتظر یک فرصت است تا آزاد شود و جسم را به شکل اولش برگرداند.

زور فنر به چه چیزهایی بستگی دارد؟

۱. **میزان تغییر شکل:** هرچه کمان را **بیشتر بکشید** یا فنر را بیشتر **فشرده کنید**، **انرژی خطرناک‌تری ذخیره** می‌شود.

۲. **جنس جسم:** فشرده کردن فنرِ کمک‌فنرِ ماشین بسیار **سخت‌تر** از فنرِ داخل خودکار است؛ پس انرژی خیلی **بیشتری** هم ذخیره می‌کند.



نکته ایمنی (تفاوت کش و فنر): فنرها دو رو هستند! هم با "فشرده شدن" و هم با "کشیده شدن" انرژی ذخیره می‌کنند. اما **کش‌های لاستیکی فقط وقتی کشیده شوند انرژی دارند** و فشرده کردن آن‌ها بی‌فایده است.

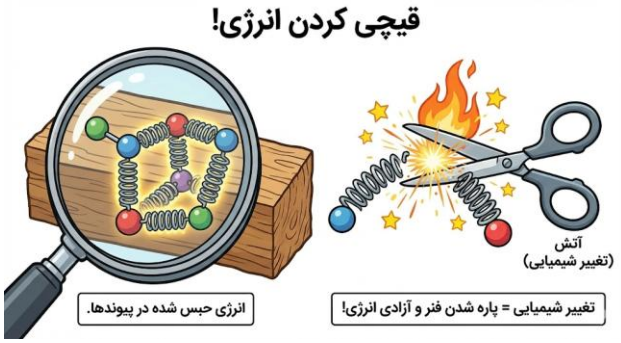


۳- انرژی پتانسیل شیمیایی: آیا تا به حال فکر کرده‌اید چرا وقتی گرسنه هستید، غذا می‌خورید و جان می‌گیرید؟ یا چرا بنزین باعث حرکت ماشین می‌شود؟ راز ماجرا در **انرژی شیمیایی** است.

اتم‌های سازنده‌ی مواد غذایی و سوخت‌ها، دست‌دردست هم دارند و پیوندهای محکمی تشکیل داده‌اند. در بین این دست‌های گره خورده **(یعنی پیوندهای شیمیایی)**، مقدار زیادی انرژی ذخیره شده است. این انرژی ساکت و آرام است و کاری انجام نمی‌دهد، مگر اینکه یک **«تغییر شیمیایی»** رخ دهد.

- وقتی چوب را می‌سوزانیم، پیوندها می‌شکنند و انرژی به صورت **گرما و نور** آزاد می‌شود.

- وقتی غذا می‌خوریم، بدن ما پیوند مواد غذایی را می‌شکند و انرژی آن را برای **حرکت و رشد** ما آزاد می‌کند

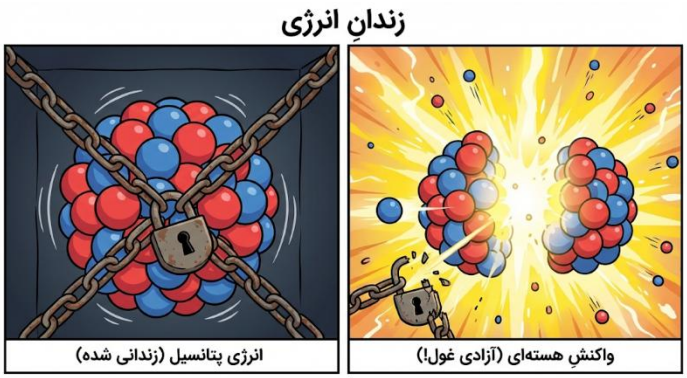


۴- انرژی پتانسیل هسته‌ایغولِ خفته در قلب اتم

باورکردنی نیست، اما **بیشترین انرژی جهان در کوچک‌ترین جای ممکن پنهان شده است**! در مرکز اتم (هسته)، ذراتی وجود دارند که با یک نیروی بسیار قدرتمند و عجیب به هم چسبیده‌اند. این نیرو مثل یک فنرِ ابرقدرتمندِ فشرده شده عمل می‌کند و انرژی عظیمی را در خود ذخیره کرده است.

تا زمانی که هسته‌ی اتم دست‌خوش تغییر نشود، این انرژی آزاد نمی‌شود (مثل یک اژدهای خوابیده). اما اگر بتوانیم با روش‌های خاص علمی **(واکنش‌های هسته‌ای)** این هسته را بشکافیم، انرژی پتانسیل آن آزاد می‌شود که میلیون‌ها برابر بیشتر از انرژی‌های دیگر است.

یک مقایسه حیرت‌انگیز: انرژی موجود در یک حبه قند اورانیوم (سوخت هسته‌ای)، برابر با انرژی سوختنِ ۱۰۰ واگن زغال‌سنگ است!

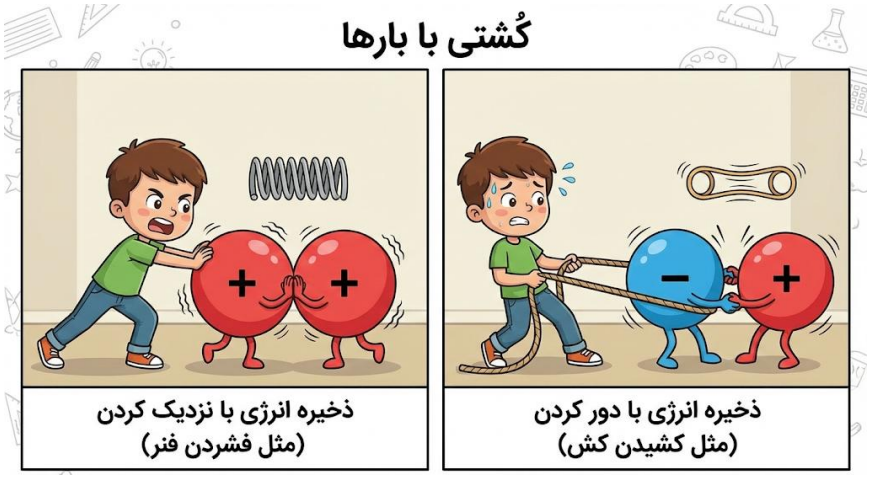


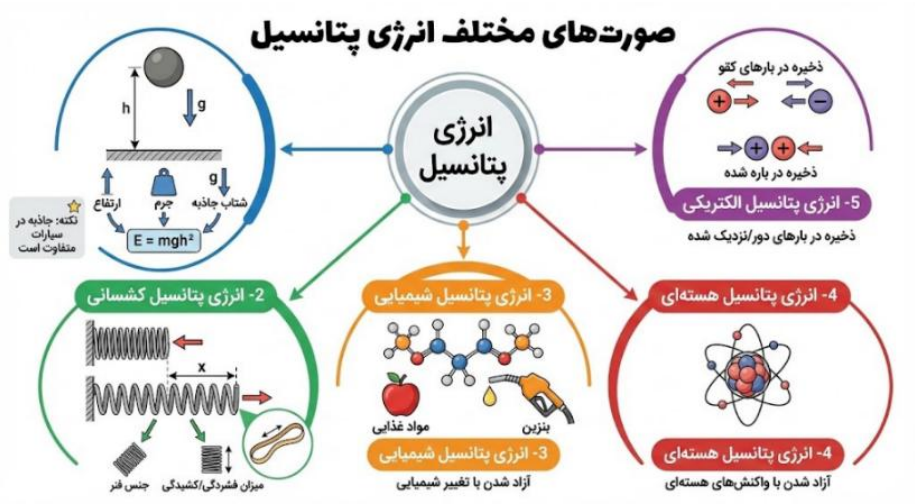
۵- انرژی پتانسیل الکتریکی

آیا می‌دانستید بارهای الکتریکی هم می‌توانند انرژی ذخیره کنند؟ **این انرژی زمانی به وجود می‌آید که ما «بر خلاف میل بارها» رفتار کنیم!**

۱. جنگ با جاذبه (دور کردن دوستان): **دو بار غیرهمنام (مثبت و منفی) عاشق یکدیگرند.** اگر بخواهیم آن‌ها را از هم جدا کنیم، باید زور بزنیم. این کاری که انجام می‌دهیم، مثل کشیدنِ یک کمان، درون آن‌ها ذخیره می‌شود. به محض رها کردن، با سرعت به سمت هم پرواز می‌کنند.

۲ .جنگ با دافعه (نزدیک کردن دشمنان): **دو بار همنام (مثبت و مثبت یا منفی و منفی) از هم متنفرند!** اگر بخواهیم به زور آن‌ها را کنار هم بنشانیم، مقاومت می‌کنند. این حالت دقیقاً شبیه فشرده کردن یک فنر قوی است. اگر دستمان را برداریم، انرژی آزاد شده و آن‌ها به سرعت از هم دور می‌شوند.





تبدیل انرژی

انرژی مثل یک بازیگر تئاتر است که دائماً لباس و گریم خود را عوض می‌کند، اما خودش همان آدم قبلی است! **هیچ انرژی‌ای در جهان گم نمی‌شود و هیچ انرژی جدیدی هم به وجود نمی‌آید؛ آن‌ها فقط تغییر شکل می‌دهند.**

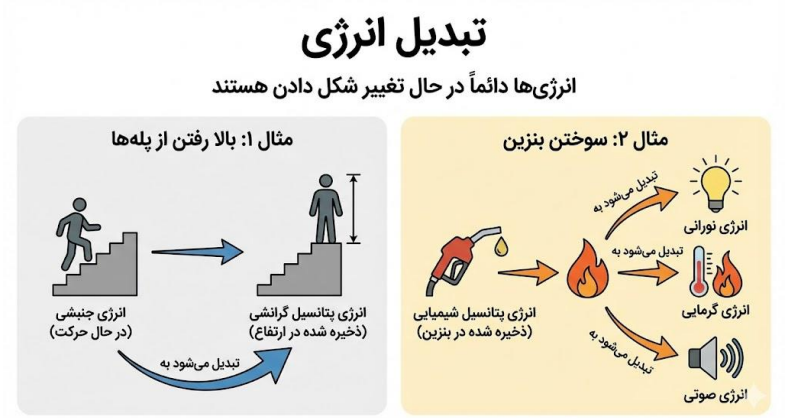
بیایید ردپای انرژی را دنبال کنیم

۱. روی پله‌ها: وقتی بالا می‌روید، انرژی ماهیچه‌هایتان (شیمیایی) به حرکت (جنبشی) تبدیل می‌شود و سپس در ارتفاع ذخیره می‌شود (پتانسیل گرانشی).

۲. در موتور ماشین: انرژی نهفته در بنزین (شیمیایی) آزاد شده و به حرکت چرخ‌ها (جنبشی)، گرمای موتور (گرمایی)، نور چراغ‌ها (نورانی) و صدای اگزوز (صوتی) تبدیل می‌شود

انرژی‌ها دائماً در حالت تغییر شکل دادن هستند.





انرژی می‌تواند از یک شکل به شکل دیگر در می‌آید.

نوری به شیمیایی در **فتوسنتز**

الکتریکی به صوتی در **بلندگو**

صوتی به الکتریکی در **میکروفون**

الکتریکی به حرکتی در **آرمیچر**

الکتریکی به شیمیایی در **شارژ کردن باتری**

شیمیایی به نوری در **کرم شبتاب**

شیمیایی به نور در **سوختن بنزین**

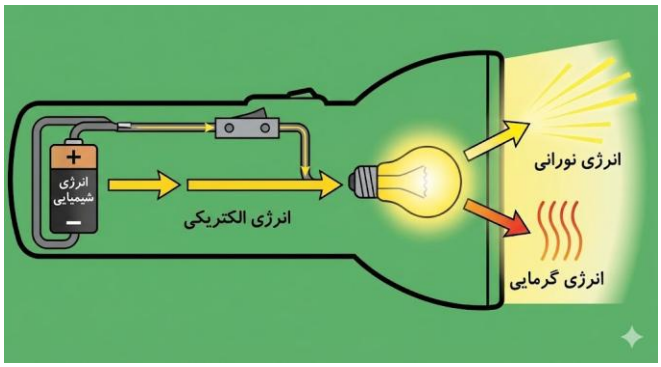




گاهی در تبدیل انرژی ممکن است **یک انرژی هم زمان به چند انرژی تبدیل شود** مثل **سوختن بنزین** و **انفجار بمب** که انرژی شیمیایی به نوری، گرمایی، صوتی و حرکتی تبدیل می‌شود.



گاهی انرژی‌ها **پشت سرهم** تبدیل شوند مثل **روشن شدن چراغ قوه** توسط باتری که تبدیل **انرژی شیمیایی** به **الکتریکی** و تبدیل انرژی **الکتریکی به نورانی و گرمایی** داریم.



نکته: تا حالا شده پولی خرج کنید و چیزی بخرید که به دردتان نمی‌خورد؟ در دنیای انرژی هم همین اتفاق می‌افتد. **قانون بقای انرژی** می‌گوید **انرژی از بین نمی‌رود**، اما نگفته است که حتماً به دردِ ما می‌خورد!

در هر تبدیل انرژی، همیشه سروکله‌ی یک **«مهمان ناخوانده»** پیدا می‌شود. این مهمان ناخوانده معمولاً **گرما** است.

- مثال لامپ: ما به لامپ برق می‌دهیم تا برایمان «نور» تولید کند، اما لامپ بخشی از آن برق را می‌دزدد و به «گرما» تبدیل می‌کند. چون هدف ما گرم کردن خانه با لامپ نیست، به این گرما «انرژی تلف شده» می‌گوییم.

پس انرژی تلف شده گم نشده است، فقط تغییر چهره داده و تبدیل به چیزی شده که ما آن را سفارش نداده بودیم!



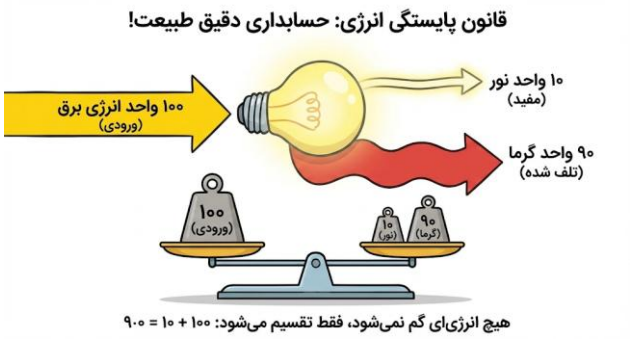
اتلاف انرژی: تبدیل انرژی به شکلی که هدف ما نیست (مانند گرما در لامپ).

قانون پایستگی انرژی؛ انرژی هرگز نمی‌میرد!

یک راز بزرگ: مقدار کل انرژی در جهان همیشه ثابت است. انرژی نه به وجود می‌آید **(تولید نمی‌شود)** و نه از بین می‌رود **(نابود نمی‌شود)**. انرژی یک مسافر ابدی است که فقط لباسش را عوض می‌کند!

- وقتی لامپ را روشن می‌کنید: کارخانه‌ی برق انرژی تولید نکرده است؛ بلکه انرژی سوخت یا آب را به برق تبدیل کرده است.
- وقتی لامپ خاموش می‌شود: انرژی نابود نمی‌شود؛ بلکه به گرما تبدیل شده و در هوا پخش می‌شود.

قانون طلایی: انرژی فقط می‌تواند از شکلی به شکل دیگر تغییر کند یا از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، اما هرگز غیب نمی‌شود. (انرژی ورودی = انرژی خروجی مفید + انرژی تلف شده)



انرژی مکانیکی

انرژی مکانیکی، **حاصل جمع تمام انرژی‌های حرکتی (جنبشی) و ذخیره‌ای (پتانسیل) یک جسم است**.
این دو انرژی مثل دو دوست صمیمی هستند که همیشه هوای همدیگر را دارند.

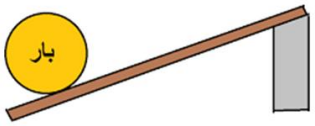
قانون الاکلنگ: تصور کنید انرژی جنبشی و پتانسیل روی دو طرف یک الاکلنگ نشسته‌اند.

- وقتی جسمی سقوط می‌کند: ارتفاعش کم می‌شود (**پتانسیل پایین می‌آید**) اما در عوض سرعتش زیاد می‌شود (**جنبشی بالا می‌رود**)
- وقتی جسمی را به بالا پرتاب می‌کنیم: سرعتش کم می‌شود (**جنبشی پایین می‌آید**) اما ارتفاع می‌گیرد (**پتانسیل بالا می‌رود**)

نکته شگفت‌انگیز: اگر اصطکاک را نادیده بگیریم، **جمع این دو انرژی همیشه ثابت است**. یعنی هرچقدر از یکی کم شود، دقیقاً همان‌قدر به دیگری اضافه می‌شود.

انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی = انرژی مکانیکی

مثال: توپی مطابق شکل از بالای سطح شیبدار بدون اصطکاک رها می‌کنیم

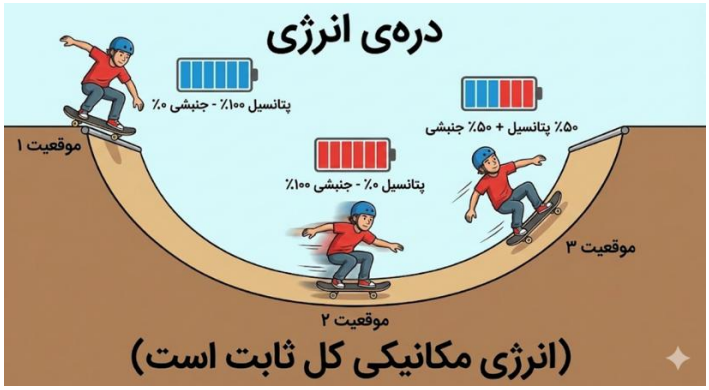


در بالای سطح شیبدار داریم: **انرژی مکانیکی = انرژی پتانسیل**

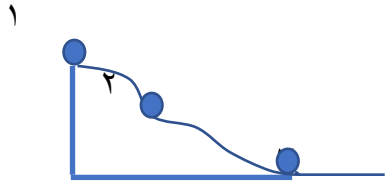
در پائین سطح شیبدار: **انرژی مکانیکی = انرژی جنبشی**

در طول مسیر: **انرژی مکانیکی = انرژی پتانسیل + انرژی جنبشی**

اگر فرض کنیم اصطکاک وجود نداشته باشد در این صورت انرژی مکانیکی در طول مسیر ثابت است یعنی هرچه از انرژی پتانسیل کم شود به همان اندازه بر انرژی جنبشی افزوده می‌شود. اگر مسیر دارای اصطکاک باشد مقدار انرژی مکانیکی کاهش می‌یابد این کاهش به شکل گرم شدن سطح شیبدار، گرم شدن هوا و گرم شدن توپ می‌باشد.



مثال: بررسی انرژی مکانیکی از روی سطحی مطابق شکل زیر به پائین می‌غلتد.



الف) سطح بدون اصطکاک و آزمایش در خلا انجام می‌شود.

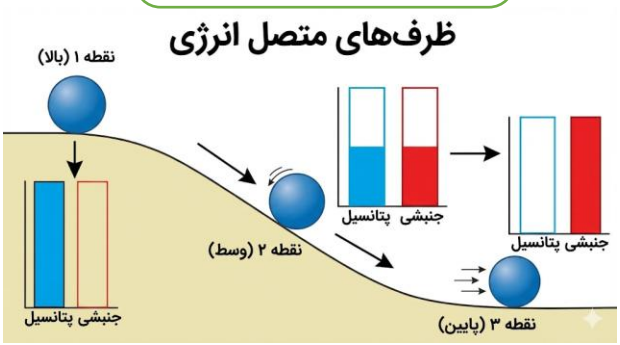
۱. ایستگاه اول (اوج ارتفاع): توپ ساکن است. تمام گنجینه به صورت **انرژی پتانسیل** ذخیره شده است. **(جنبشی = صفر).**

۲. ایستگاه دوم (میانه راه): توپ ارتفاعش را می‌فروشد تا سرعت بخرد! اینجا انرژی مکانیکی مخلوطی از **پتانسیل و جنبشی** است. **(هرچقدر پتانسیل کم شده، دقیقاً همان‌قدر به جنبشی اضافه شده).**

۳. ایستگاه سوم (پایین‌ترین نقطه): توپ به زمین رسیده است. تمام دارایی پتانسیل خرج شده و به **حداکثر انرژی جنبشی (بیشترین سرعت)** تبدیل شده است.

در تمام طول مسیر

$$E_1 = E_2 = E_3$$



ب) مسیر دارای اصطکاک بوده و آزمایش در حضور هوا انجام می‌شود

بیایید واقع‌بین باشیم. در دنیای ما، توپ باید با ذرات هوا و زبری‌های سطح زمین بجنگد. در این نبرد، بخشی از انرژی توپ "تلف" می‌شود (یعنی به گرما تبدیل می‌شود).

۱. نقطه ۱ (شروع): انرژی مکانیکی در بیشترین مقدار خود است (همه به صورت پتانسیل). توپ هنوز انرژی از دست نداده است.

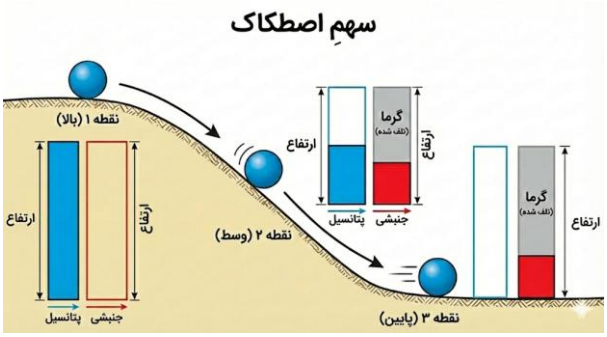
۲. نقطه ۲ (میانه راه): مقداری از انرژی پتانسیل به جنبشی تبدیل شده، اما... صبر کنید! مجموع این دو، کمتر از انرژی اولیه است. چرا؟ چون بخشی از انرژی صرف غلبه بر اصطکاک شده و به صورت گرما هدر رفته است.

   ○ $(E_2 < E_1)$

۳. **نقطه ۳ (پایان):** توپ مسیر زیادی را طی کرده و با اصطکاک جنگیده است. حالا انرژی جنبشی دارد، اما مقدارش کمتر از آن چیزی است که انتظار داشتیم. بخش بزرگی از انرژی به گرما تبدیل شده و دیگر جزو انرژی مکانیکی (حرکتی یا ذخیره‌ای) حساب نمی‌شود.

   ○ $(E_3 < E_2)$

نتیجه مهم: در حضور اصطکاک، انرژی مکانیکی ثابت نمی‌ماند و لحظه به لحظه کمتر می‌شود.



مثال: پاندولی مطابق شکل در حال نوسان است انرژی مکانیکی آن را در دو حالت زیر بررسی کنید

الف) نوسان در دنیای ایده‌آل (خلأ و بدون اصطکاک)

در غیاب مقاومت هوا، قانون پایستگی انرژی مکانیکی حکم‌فرماست. انرژی کل در تمام نقاط مسیر یکسان است و فقط شکل آن تغییر می‌کند:

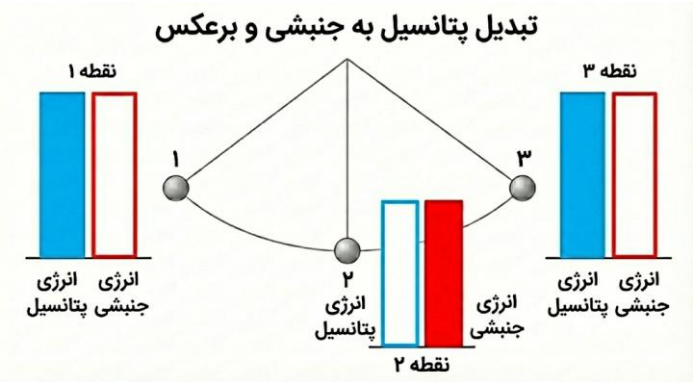
نقاط ۱ و ۳ (نقاط اوج): پاندول برای یک لحظه کوتاه متوقف می‌شود. (سرعت = ۰ انرژی جنبشی = ۰).

پاندول در **بالاترین ارتفاع** قرار دارد.

نتیجه: در این دو نقطه، تمام انرژی مکانیکی به شکل **انرژی پتانسیل گرانشی** ذخیره شده است.

نقطه ۲ (نقطه تعادل یا پایین‌ترین حد): پاندول در **پایین‌ترین ارتفاع** ممکن است. (**اگر اینجا را مبدأ بگیریم: ارتفاع = ۰ انرژی پتانسیل = ۰**). پاندول دارای **بیشترین سرعت** است، چون تمام ارتفاعش را به سرعت تبدیل کرده است.

نتیجه: در این نقطه، تمام انرژی مکانیکی به شکل **انرژی جنبشی** درآمده است



در تمام طول مسیر

$$E_1 = E_2 = E_3$$

ب) نوسان در هوا

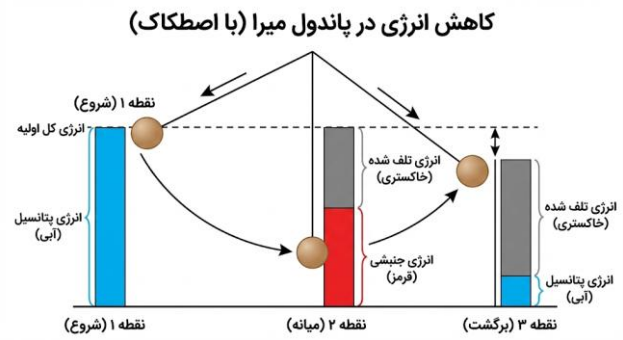
وقتی پاندول در هوا نوسان می‌کند، باید دائماً مولکول‌های هوا را کنار بزند. این جنگ دائمی باعث می‌شود **انرژی مکانیکی پاندول، لحظه به لحظه "آب" برود**!

۱. نقطه ۱ (شروع): پاندول را رها می‌کنیم. انرژی مکانیکی در **بیشترین مقدار** خود است (**تماماً پتانسیل**).

۲. نقطه ۲ (میانه): پاندول سرعت گرفته، اما بخشی از انرژی‌اش را در درگیری با هوا از دست داده است. پس **انرژی مکانیکی این نقطه، کمتر از نقطه شروع است**.

۳. نقطه ۳ (برگشت): اینجا لحظه‌ی حقیقت است! پاندول می‌خواهد بالا برود، اما چون بخشی از سرمایه‌اش (انرژی) را در مسیر از دست داده، دیگر نمی‌تواند به ارتفاع اولیه برسد. پس **ارتفاع نقطه ۳ پایین‌تر از نقطه ۱ است و کمترین انرژی مکانیکی را دارد.**

نتیجه: در هر نوسان، دامنه حرکت کوتاه‌تر و کوتاه‌تر می‌شود تا پاندول کاملاً بایستد.



$(E_1 > E_2 > E_3)$

اندازه گیری انرژی

بدن ما، ماشینی با مصرف متغیر!

بدن انسان مثل یک خودروی پیشرفته است که می‌تواند مصرف سوختش را تغییر دهد. هرچه فعالیت ما سنگین‌تر باشد، "موتور بدن" (سلول‌ها) باید سریع‌تر کار کند و سوخت (انرژی) بیشتری بسوزاند.

مقایسه دو حالت:

۱. دنده سبک (پیاده‌روی آرام): وقتی آرام راه می‌روید، بدن در حالت بهینه کار می‌کند. ماهیچه‌ها فشار کمی تحمل می‌کنند و شما حدود ۶۵۰ کیلوژول در ساعت انرژی مصرف می‌کنید. (مثل ماشینی که در جاده کفی با سرعت کم می‌رود).

۲. دنده سنگین (دویدن): وقتی می‌دوید، تمام ماهیچه‌های پا، دست و تنه درگیر می‌شوند، قلب تند می‌زند و تنفس سریع می‌شود. در این حالت مصرف انرژی ناگهان ۴ برابر می‌شود و به ۲۸۰۰ کیلوژول در ساعت می‌رسد! (مثل ماشینی که سربالایی تندی را با سرعت بالا طی می‌کند).



پایان