

## یکاهای انرژی

### Energy Units

معیاری برای سنجش محتوای انرژی یک ماده.

انرژی، توانایی یا قابلیت ایجاد یک اثر است و گاهی به آن کارمایه نیز گفته می‌شود. کار در فیزیک، تعریف خاصی دارد. در ساده‌ترین حالت، جابه‌جایی نقطه اثر نیرو را کار می‌گویند. کار و گرما، صورت‌هایی از انرژی هستند که قابل تبدیل به یکدیگرند و یکای آنها، همان یکای انرژی است. آهنگ انجام کار در واحد زمان را توان یا قدرت می‌نامند. یکا نام اندازه واحدی است که برای اندازه‌گیری و سنجش یک کمیت تعیین شده است. مجموعه یکاهای مورد استفاده و مرتبط با هم را دستگاه یکاها می‌گویند. در هر دستگاه، تعدادی یکای اصلی و تعدادی یکای مکمل به کار می‌رود و سایر یکاها از این یکاها استخراج می‌شوند [۱]. دستگاه‌های یکاهای متعددی در طول زمان معرفی و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. طی چند دهه گذشته کوشش‌های زیادی شده تا در سرتاسر دنیا از دستگاه یکاهای واحدی استفاده شود. با وجود این، امروزه هنوز دو دستگاه یکاها مورد استفاده است: یکی دستگاه یکاهای متری یا بین‌المللی (SI International System of Units) و دیگری دستگاه یکاهای انگلیسی (English system). یکاهای کار و گرما و انرژی، در دستگاه‌های مختلف متفاوت است؛ یکای انرژی در دستگاه متری (SI)، ژول (Joules, J) است که معادل کاری است که نیروی یک نیوتن (N) در مسافت یک متر انجام می‌دهد ( $1J = 1N \cdot m = 1kg \cdot m^2/s^2$ ) [۲]. هر ژول معادل ۱۰۷ ارگ (erg) است. همچنین برحسب واحدهای الکتریکی، هر ژول معادل انرژی‌ای است که با عبور جریان یک آمپری از مقاومت یک اهمی، طی مدت یک ثانیه آزاد می‌شود [۳].

یکاهای انرژی در دستگاه یکاهای انگلیسی، شامل فوت-پوندنیرو (معادل ۱/۳۵۵۸ ژول) و بی‌تی‌یو (British Thermal units, Btu) است. بی‌تی‌یو مقدار انرژی لازم برای افزایش دمای یک پوند (معادل ۴۵۳/۵۹۲ گرم) آب  $68^{\circ}F$  به مقدار یک درجه فارنهایت است که معادل ۱۰۵۵ ژول است.

کالری (cal) یکای انرژی در دستگاه یکاهای منسوخ شده MKS است و امروزه همچنان برای بیان محتوای انرژی سوخت و غذا، ظرفیت سامانه‌های تبرید و تهویه مطبوع به کار می‌رود. کالری مقدار گرمایی است که برای افزایش دمای یک گرم آب از دمای  $14/5^{\circ}C$  به مقدار یک درجه سلسیوس (سانتی‌گراد) در فشار یک اتمسفر لازم است. در ترموشیمی هر کالری معادل ۴/۱۸۴ ژول گرفته می‌شود ولی در موارد دیگر، از جمله در جدول‌های بین‌المللی بخار آب، هر کالری معادل ۴/۱۸۶۸ ژول حساب می‌شود. محتوای انرژی مواد غذایی نیز برحسب کالری بیان می‌شود و هر ۱۰۰۰ کالری را «یک کیلوکالری» یا «کالری بزرگ» می‌گویند. برای سنجش انرژی الکتریکی معمولاً از یکای کیلووات ساعت (kWh) استفاده می‌شود که معادل انرژی حاصل از توان یک کیلووات، طی مدت یک ساعت یعنی ۳۶۰۰ کیلوژول است.

در امریکا مقدار گاز طبیعی برحسب ترم (Therm) که معادل ۱۰۰ فوت مکعب است، سنجیده می‌شود و هر ترم معادل ۱۰۰۰۰۰ بی‌تی‌یو (تقریباً ۱۰۵/۵ مگاژول) است. در سایر کشورها گاز طبیعی را برحسب گیگاژول می‌فروشند.

در تولید و مصرف انرژی در مقیاس بزرگ از واحدهای دیگری مانند معادل یک بشکه نفت یا معادل یک تن نفت استفاده می‌شود. معادل هر بشکه نفت، مقدار تقریبی انرژی است که از سوزاندن یک بشکه نفت خام (۴۲ گالن امریکایی یا ۱۵۸/۹۸۷۳ لیتر) آزاد می‌شود و تقریباً برابر با  $5/۸ \times 10^6$  بی‌تی‌یو یا  $6/118 \times 10^9$  ژول یا ۶/۱ گیگاژول یا ۱/۷ مگاوات ساعت است. به‌همین ترتیب، معادل یک تن نفت (toe) مقدار تقریبی انرژی‌ای است که از سوزاندن یک مقدارهای ذکرشده شده بر مبنای قرارداد است و گرنه ارزش گرمایی نفت‌های خام یکسان نیست.

هر گرم تی‌ان‌تی در اثر انفجار ۹۸۰ الی ۱۱۰۰ کالری انرژی آزاد می‌کند. برای تعریف معادل تی‌ان‌تی، مقدار دلخواه ۱۰۰۰ کالری ترموشیمیایی به‌عنوان مقدار استاندارد انرژی یک گرم تی‌ان‌تی پذیرفته شده است؛ پس انرژی هر گرم تی‌ان‌تی معادل ۴۱۸۴ ژول است. در فیزیک و شیمی، هنوز برای سنجش انرژی از واحدهای مقیاس اتمی - که در

## یکاهای انرژی

گردشی یا نیروی زاویه‌ای که باعث تغییر حرکت گردشی می‌شود نیز معمولاً برحسب نیوتن‌متر بیان می‌شود. برای جابه‌جایی گشتاور یک نیوتن‌متر به مقدار یک رادیان، دقیقاً به یک ژول انرژی نیاز است. توان یا قدرت، آهنگ انجام کار در واحد زمان است. در دستگاه متری، واحد توان وات نامیده می‌شود که توان تولیدشده در اثر مصرف یک ژول انرژی در مدت یک ثانیه است. یکای معروف توان در دستگاه یکاهای انگلیسی اسب بخار (hp) است که معادل  $550 \text{ ft.lbf/s}$  است [۴]. از واحد اسب بخار برای بیان توان موتور خودروها و موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود. هر اسب بخار مکانیکی معادل  $746 \text{ W}$  است. گاهی توان حرارتی بویلر یا دیگ بخار را با اسب بخار بویلر می‌سنجند که معادل  $9812/5 \text{ W}$  است. جدول زیر ضریب‌های تبدیل یکاهای مختلف انرژی به یکدیگر را نشان می‌دهد [۵].

دستگاه متری نیست - استفاده می‌شود. الکترون ولت (eV) و هارتی (Hartree) - واحد اتمی انرژی - از جمله این واحدها هستند. در گذشته از واحد ریبرگ (Reyberg) نیز استفاده می‌شد. الکترون ولت برابر است با انرژی جنبشی یک الکترون که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت در خلأ شتاب می‌گیرد. هر الکترون ولت تقریباً  $1.60219 \times 10^{-19}$  ژول است. هر الکترون ولت، تقریباً معادل نصف انرژی ای است که یک فوتون نور سرخ حمل می‌کند.

در فیزیک ذرات بنیادی، معمولاً انرژی را برحسب معکوس سانتی‌متر ( $\text{cm}^{-1}$ ) بیان می‌کنند. این واحد به معنی دقیق کلمه واحد انرژی نیست، بلکه متناسب با انرژی است که ضریب تبدیل آن براساس رابطه  $E=hc/\lambda$  برابر  $10^{-23} \text{ cm}^2$  ژول است که در این رابطه E: انرژی؛ h: ثابت پلانک؛ v: فرکانس فوتون است. گشتاور یا لنگر یا نیروی

Btu	cal	eV	erg	ft.lbr	hp.h	kWh	MeV	J
$9/4481 \text{ E}^{-2}$	$2/3884 \text{ E}^{-1}$	$6/2414 \text{ E}^{+18}$	$1/0000 \text{ E}^{+7}$	$7/3756 \text{ E}^{-1}$	$3/7250 \text{ E}^{-7}$	$2/7777 \text{ E}^{-7}$	$6/2414 \text{ E}^{+12}$	۱
$1/5185 \text{ E}^{-16}$	$3/8267 \text{ E}^{-14}$	$1/0000 \text{ E}^{+6}$	$1/6022 \text{ E}^{-6}$	$1/1817 \text{ E}^{-13}$	$5/9682 \text{ E}^{-20}$	$4/4505 \text{ E}^{-20}$	۱	$1/6022 \text{ E}^{-13}$
$3/4121 \text{ E}^{+3}$	$8/5984 \text{ E}^{+5}$	$2/2469 \text{ E}^{+25}$	$3/6000 \text{ E}^{+13}$	$2/6552 \text{ E}^{+6}$	$1/3410 \text{ E}^{+33}$	۱	$2/2469 \text{ E}^{+19}$	$3/6000 \text{ E}^{+6}$
$2/5444 \text{ E}^{+7}$	$6/4118 \text{ E}^{+5}$	$1/6755 \text{ E}^{+25}$	$2/6845 \text{ E}^{+13}$	$1/9800 \text{ E}^{+6}$	۱	$7/4570 \text{ E}^{-1}$	$1/6755 \text{ E}^{+19}$	$2/6845 \text{ E}^{+6}$
$1/2850 \text{ E}^{-3}$	$3/2383 \text{ E}^{-1}$	$8/4622 \text{ E}^{+18}$	$1/3558 \text{ E}^{+7}$	۱	$5/0505 \text{ E}^{-7}$	$3/7661 \text{ E}^{-7}$	$8/4622 \text{ E}^{+12}$	$1/3558 \text{ E}^{+7}$
$9/4781 \text{ E}^{-11}$	$2/3884 \text{ E}^{-8}$	$6/2414 \text{ E}^{+11}$	۱	$7/3756 \text{ E}^{-8}$	$3/7250 \text{ E}^{-12}$	$2/7777 \text{ E}^{-14}$	$6/2414 \text{ E}^{+5}$	$1/0000 \text{ E}^{-7}$
$3/5185 \text{ E}^{-22}$	$3/8267 \text{ E}^{-20}$	۱	$1/6022 \text{ E}^{-12}$	$1/1817 \text{ E}^{-19}$	$5/9682 \text{ E}^{-26}$	$4/4505 \text{ E}^{-26}$	$1/0000 \text{ E}^{-6}$	$1/6022 \text{ E}^{-19}$
$3/9683 \text{ E}^{-3}$	۱	$2/6131 \text{ E}^{+19}$	$4/1868 \text{ E}^{+7}$	$3/0880 \text{ E}^{-33}$	$1/5596 \text{ E}^{-6}$	$1/1630 \text{ E}^{-6}$	$2/6131 \text{ E}^{+13}$	$4/1868 \text{ E}^{+7}$
۱	$2/5214 \text{ E}^{+2}$	$6/5850 \text{ E}^{+21}$	$1/0550 \text{ E}^{+10}$	$7/7817 \text{ E}^{+2}$	$3/9301 \text{ E}^{-4}$	$2/9307 \text{ E}^{-4}$	$6/5850 \text{ E}^{+15}$	$1/0550 \text{ E}^{+3}$

برای مقادیرهای کوچک‌تر یا بزرگ‌تر هر یک از یکاها، ضریب‌های پیشنهادی به شرح جدول زیر به کار می‌رود:

ضریب	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$	$10^{15}$
پیشوند	میلی	میکرو	نانو	پیکو	فمتو	کیلو	مگا	گیگا	ترا	پتا
نماد	m	$\mu$	n	p	f	k	M	G	T	P

مداخل مرتبط

انرژی؛ اندازه‌گیری انرژی؛ پایش در انرژی.

کتاب‌شناسی

[۱] هالیدی، رزینک واکر. مبانی فیزیک، ویرایش ششم، ترجمه محمد موسوی بایگی. تهران: دانش‌نگار، ۱۳۸۷.

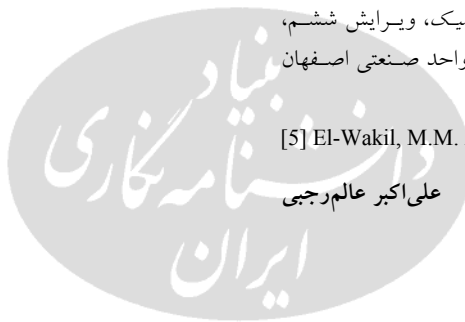
[2] Cengel, Y.A.; Boles, M.A. *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 4th ed. McGraw Hill, 2002.

[3] *Encyclopedia Britannica*. <http://www.britannica.com>, 2016.

[۴] زونتاک، بورگنک و ن وایلن. اصول ترمودینامیک، ویرایش ششم، ترجمه احمد رضا عظیمیان. جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۱۳۸۴.

[5] El-Wakil, M.M. *Powerplant Technology*. McGraw Hill, 1988.

علی اکبر عالم‌رجبی



دانشنامه انرژی



پژوهشگاه مواد و انرژی