

## UNITA` DI MISURA DELL'ENERGIA E DELLA POTENZA

1. **Un sistema di unità di misura si dice coerente** quando il prodotto o il quoziente di più unità di tale sistema forniscono una nuova unità il cui valore è sempre unitario. Unità di misura coerenti sono, per esempio quelle che discendono da quattro unità fondamentali del **Sistema Internazionale (SI è il sistema universalmente accettato in campo scientifico)**: il metro (m) per lo spazio, il chilogrammo (kg) per la massa (non per il peso), il secondo (s) per il tempo e il grado kelvin (K)<sup>1</sup> per la temperatura
2. **L'energia, che in parte o in tutto può trasformarsi in lavoro (principio di conservazione dell'energia), ha le dimensioni di quest'ultimo. Le dimensioni del lavoro sono quelle di una forza moltiplicata per uno spazio** (percorso nella direzione della forza)<sup>2</sup>. **All'unità di lavoro, e quindi di energia, si è voluto dare un nome proprio, joule (J)**, in onore di uno degli illustri ingegneri che a sgarbugliare la matassa della termodinamica hanno molto contribuito, **così come l'unità di potenza è stata chiamata watt (W = J/s)**.
3. **Una tonnellata di petrolio sviluppa convenzionalmente, se viene bruciata, un'energia termica pari a 1 tep**, tonnellate equivalenti di petrolio (in inglese, toe, tonnes of oil equivalent) = **10<sup>7</sup> kcal, circa 42 miliardi di joule**. Sembra un numero enorme: ma se **calcoliamo la sua massa dividendo il valore dell'energia per il quadrato della velocità della luce nel vuoto**<sup>3</sup> (circa  $3 \cdot 10^8$  m/s), il risultato è deludente: si tratta di dividere, infatti, 42 miliardi per  $9 \cdot 10^{16}$ , cioè per 90 milioni di miliardi, per ottenere meno di mezzo milionesimo di chilogrammo, cioè meno di mezzo milligrammo. Tale è la massa dell'energia associata alla combustione di una tonnellata di petrolio. **L'energia, come si vede, ha una massa molto modesta**. Se si considera **la più grande bomba nucleare che sia mai stata sperimentata (una bomba da 57 megatoni**<sup>4</sup> fatta esplodere dall'Unione Sovietica nel 1961 ad alta quota sull'Artide, nel corso di una campagna «sperimentale»), la massa dell'energia da essa sviluppata è inferiore a 3 chilogrammi. Infine, la massa di **tutta l'energia prodotta dall'umanità nell'intero 2005, che fu circa 11.5 miliardi di tonnellate di petrolio equivalente**, è appena superiore a 5 tonnellate. Dunque, per i problemi che riguardano l'umanità e la sua vita, la massa dell'energia può essere trascurata. Ciò non è vero su scala cosmica: lo spazio interplanetario, interstellare e intergalattico è soffuso di energia molto diluita, ma che riempie uno spazio enorme, quasi incommensurabile. E questa energia ha una massa confrontabile con la massa dei corpi celesti: di quelli che vediamo e dei moltissimi che non vediamo, ma di cui si intuisce l'esistenza
4. Nel vecchio sistema anglosassone, l'unità di energia termica era 1 BTU = 1055 J = 0.252 kcal
5. La quantità di energia liberata da ogni grammo *fissilizzato* è pari a 1 MWd (1 megawattgiorno). Questa inconsueta unità di energia è riducibile a unità più abituali: 1 MWd → 24 MWh (megawattora) → 24 000 kWh (chilowattora) → 24 000 kWh x  $860 \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}$  =

<sup>1</sup> Nel sistema SI tutte le unità di misura sono scritte in carattere tondo minuscolo senza accenti, così come i loro simboli, eccetto quelli che, derivando da un nome proprio, sono scritti con l'iniziale maiuscola.

<sup>2</sup> La forza è il prodotto di una massa per un'accelerazione, che è la velocità con cui cambia la velocità: quella grandezza che in gergo automobilistico si chiama «ripresa» e in linguaggio più generico si dice «spunto». Se dunque la velocità è uno spazio diviso per un tempo (L/T) e la ripresa è la velocità divisa per un tempo (= L/T/T = LT<sup>-2</sup>) e la forza è il prodotto della ripresa per la massa (MLT<sup>-2</sup>), allora il lavoro avrà dimensioni MLT<sup>-2</sup> x L = ML<sup>2</sup>T<sup>-2</sup> = M (L/T)<sup>2</sup>, cioè le dimensioni di una massa per il quadrato di una velocità. 1 J = 1 kg·m<sup>2</sup>·s<sup>-2</sup>.

<sup>3</sup> **Il metro è definito come la distanza percorsa nel vuoto dalla luce nell'intervallo di tempo di 1/299 792 458 s.**

<sup>4</sup> Con il kilotone, kton, o il megatone, Mton = 1000 kton, si misura l'energia di una bomba nucleare. 1 ton =  $4.2 \cdot 10^9$  J =  $1 \cdot 10^9$  cal rappresenta convenzionalmente l'energia rilasciata dall'esplosione di una tonnellata di tritolo, un decimo, quindi, di quella rilasciata, sebbene molto più lentamente, dalla combustione di una tonnellata di petrolio.

$20\,000\,000\text{ kcal} \rightarrow 2\,10^7\text{ kcal} \times 4.2\,10^3 \frac{\text{J}}{\text{kcal}} = 8.4\,10^{10}\text{ J}$ . In un grammoatomo di una sostanza, 235 g per  $\text{U}^{235}$ , c'è il numero di Avogadro,  $0.6\,10^{24}$ , di atomi, quindi di nuclei, per cui ogni fissione genera  $3.2\,10^{-11}$  joule. Poiché un grammo di petrolio ha un potere calorifico di 10 kcal, il rapporto fra il potere calorifico di un combustibile fissile e quello del petrolio è pari a 2 milioni.

6. 1 barile (barrel)  $\rightarrow$  42 galloni<sub>USA</sub>  $\rightarrow$  circa  $0.16\text{ m}^3$   $\rightarrow$  circa 160 litri
7. **Sm<sup>3</sup>** o **standard metro cubo** e **Nm<sup>3</sup>** o **normal metro cubo** sono unità di misura impiegate per misurare la quantità *in massa* di un gas a una pressione di 1,01325 bar assoluti (pressione atmosferica sul livello del mare) e ad una fissata temperatura. Infatti, date la temperatura T e la pressione P, il volume V occupato da un gas dipende solo dal numero n delle sue moli (legge dei gas perfetti:  $PV = nRT$ )
- **Sm<sup>3</sup>** è la quantità di gas necessaria ad occupare un metro cubo di volume a 15 °C di temperatura e alla pressione atmosferica.
  - **Nm<sup>3</sup>** è la quantità di gas necessaria ad occupare un metro cubo di volume a 0 °C e alla pressione atmosferica. 1 mole di gas in condizioni normali occupa 22,414 litri, pari a  $0,022414\text{ m}^3$ . Quindi 1 Nm<sup>3</sup> corrisponde a  $1/0,022414$  moli = 44,615 moli. I Nm<sup>3</sup> sono legati agli Sm<sup>3</sup> dalla seguente relazione:  $1\text{ Nm}^3 = 1.0549\text{ Sm}^3$
8. **La combustione di gas naturale di tipo commerciale (non è metano puro) produce:**
- **Potere calorifico superiore**, PCS (tutta l'energia prodotta dalla combustione, ottenibile teoricamente nelle caldaie dette "a condensazione"): generalmente **38 MJ/Sm<sup>3</sup>**, oppure 10,6 kWh/Sm<sup>3</sup>, oppure 13 284 kcal/kg oppure 9 530 kcal/Nm<sup>3</sup>
  - **Potere calorifico inferiore**, PCI (tutta l'energia prodotta dalla combustione meno quella perduta nell'evaporazione dell'acqua che si forma nella combustione, ottenibile teoricamente nelle caldaie tradizionali): generalmente 11 946 kcal/kg oppure 8 570 kcal/Nm<sup>3</sup>

Questi valori sono solo indicativi e variano a seconda del distributore, in funzione della composizione chimica del gas naturale distribuito ai clienti che può variare nel corso dell'anno anche con lo stesso distributore.

#### 9. Prefissi per SI:

d	deci	$10^{-1}$	da	deka	$10^1$
c	centi	$10^{-2}$	h	hecto	$10^2$
m	milli	$10^{-3}$	k	kilo	$10^3$
$\mu$	micro	$10^{-6}$	M	mega	$10^6$
n	nano	$10^{-9}$	G	giga	$10^9$
p	pico	$10^{-12}$	T	tera	$10^{12}$
f	femto	$10^{-15}$	P	peta	$10^{15}$
a	atto	$10^{-18}$	E	exa	$10^{18}$