Formulario di Termodinamica

Lorenzo Caprini, Chiara Ciano

31 maggio 2016

1 Grandezze caratteristiche

- V=Volume occupato dal gas = Volume del recipiente all'interno del quale si trova il gas. $[V] = [L]^3 = m^3$
- p=pressione interna del gas. $[p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{N}{m^2} = Pa = Pascal.$
  Altre unità: $1\,\text{atm} = 1,013 \cdot 10^5 Pa$; $1\,\text{bar} = 10^5 Pa$.
- T = temperatura a cui si trova il gas. unità di misura: gradi centigradi o Kelvin (K). $T(K) = T(°C) + 273.15$
- n = numero di moli; N = numero di particelle
- U, Q, L = energia interna, calore, lavoro. Unità di misura: Joule.
  L'energia interna è una funzione di stato: dipende soltanto da stato iniziale e finale $\Longrightarrow \Delta U_{ciclo} = 0$.
  Lavoro e calore dipendono dal percorso. Nella trasformazione $A \to B$, se $V_B > V_A \Longrightarrow L_{AB} > 0$

  1) $Q > 0 \Longrightarrow$ Calore assorbito dal sistema.
     $Q < 0 \Longrightarrow$ Calore ceduto dal sistema.
  2) $L < 0 \Longrightarrow$ Lavoro subito dal sistema;
     $L > 0 \Longrightarrow$ Lavoro fatto dal sistema sull'ambiente.
  3) $\Delta U = nc_v \Delta T$; valida in ogni trasformazione reversibile e non reversibile, di gas perfetti.
- C, c = capacità termica, calore specifico. Con un pedice sarà specificato se calcolato a volume o pressione costante: rispettivamente c_v e c_p. Unità di misura: $[C] = \frac{J}{K}$;

2 Calore specifico e Capacità termica

Si definisce *Capacità termica* la quantità di calore in Joule che un sistema può assorbire aumentando la sua temperatura di un Kelvin.

$$Q = C\Delta T$$

Per un solido $\Longrightarrow$ calore specifico:	$Q = mc\Delta T$, essendo: m = massa del solido
Calore specifico molare:	$Q = nc_n\Delta T$
Se nella trasformazione il volume rimane costante:	$Q = nc_v\Delta T$
Se nella trasformazione la pressione rimane costante:	$Q = nc_p\Delta T$
Se si ha un passaggio di stato:	$Q = \lambda m$, essendo: λ = calore latente

- In un passaggio di stato la temperatura rimane costante
- Il calore, Q, necessario per il passaggio di stato, è $\Longrightarrow$
  a) > 0 per: solido $\Longrightarrow$ liquido $\Longrightarrow$ gassoso
  b) < 0 per: gassoso $\Longrightarrow$ liquido $\Longrightarrow$ solido

Relazione di *Mayer* $\Longrightarrow$ $c_p = R + c_v$. $\Longrightarrow$ $\gamma = c_p/c_v = (c_v + R)/c_v > 1$

	monoatomico	biatomico	poliatomico
c_v	$3/2\,R$	$5/2\,R$	$3\,R$
c_p	$5/2\,R$	$7/2\,R$	$4\,R$
γ	$5/3$	$7/5$	$4/3$
$\langle K \rangle$	$3/2\,k_BT$	$5/2\,k_BT$	$3\,k_BT$

$$\Longrightarrow \quad \langle K \rangle = \frac{m}{2}\langle |\vec{v}|^2 \rangle = \frac{\#\text{g.d.l.}}{2} k_BT$$

3 Equazione di stato

Equazione di stato dei gas perfetti, valida per gas diluiti:

$$pV = nRT = Nk_BT, \qquad R = k_BN_A = 8.314\frac{J}{K\cdot mol} = 0.0821\frac{\cdot atm}{K\cdot mol} = 0,08314\frac{l\cdot bar}{K\cdot mol}$$

-

$$k_B = 1.38\cdot 10^{-23}\frac{J}{K}; \qquad N_A = 6.02\cdot 10^{23}\frac{\#\text{ part.}}{mol}$$

4 Primo Principio della termodinamica

Primo principio della termodinamica: valido in ogni trasformazione, sia reversibile che non-reversibile, da un generico stato A ad un generico stato B:

$$Q_{AB} - L_{AB} = \Delta U_{AB} = U_B - U_A, \qquad \text{Lavoro per tra. reversibili:} \quad L_{AB} = \int_A^B p\,dV$$

5 Trasformazioni Reversibili

Per una trasformazione reversibile, dallo stato generico A allo stato generico B:

1. Isobara $\implies p_A = p_B \implies V = cost\,T \implies V_AT_B = V_BT_A$
2. Isocora $\implies V_A = V_B \implies p = cost\,T \implies p_AT_B = p_BT_A$
3. Isoterma $\implies T_A = T_B \implies pV = cost \implies p_AV_A = p_BV_B$
4. Adiabatica $\implies Q_{AB} = 0 \implies pV^{\gamma-1} = cost \implies p_AV_A^{\gamma-1} = p_BV_B^{\gamma-1}$

	Lavoro	Calore	Energia interna
Isobara	$p\Delta V$	$nc_p\Delta T$	$\Delta U = Q - L$
Isocora	0	$Q = \Delta U$	$nc_v\Delta T$
Isoterma	$nRT\cdot\ln\ (V_B/V_A)$	$Q = L$	0
Adiabatica	$L = -\Delta U$	0	$nc_v\Delta T$

Per le isoterme reversibili vale anche: $L_{AB} = nRT\cdot\ln\ \frac{V_B}{V_A} = p_AV_A\cdot\ln\ \frac{V_B}{V_A} = p_BV_B\cdot\ln\ \frac{V_B}{V_A}$

6 Trasformazioni non-reversibili

Una trasformazione non reversibile è *veloce*: una o più componenti del sistema variano bruscamente $\implies$ variano bruscamente anche le grandezze termodinamiche.

- Se sono presenti una o più parete mobili, nello stato di equilibrio, la pressione interna del gas, p_{gas}, è uguale a quella esterna, p_{ext}:

  $p_{ext} = \frac{F_n}{S} = p_{gas}$; essendo F_n la componente della forza esterna diretta ortogonalmente alla superficie

- Espansione libera dallo stato A allo stato $B \implies T_A = T_B; \quad P_A \neq P_B, \quad V_A \neq V_B$

	Lavoro	Calore	Energia interna
Espansione libera	0	0	0
Adiabatica non-rev	-	0	$nc_v\Delta T$
tra. con pareti mobili	$p\Delta V$	-	$nc_v\Delta T$