

# FORMULARIO

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$$

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T$$

$\alpha \rightarrow$  coefficiente dilatazione termica  
lineare  
 $l \rightarrow$  lunghezza iniziale  
 $\Delta T \rightarrow$  variazione di temperatura

$$\Delta V = \beta \cdot V \cdot \Delta T$$

$\beta \rightarrow$  coefficiente dilatazione cubica  
 $V \rightarrow$  volume iniziale  
 $P$  costante!

$$\beta = 3\alpha$$

per sostanze omogenee

$$Q = k_T \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \Delta t$$

$k_T \rightarrow$  coefficiente di conducibilità termica  
quantità di calore  $Q$  che nel tempo  $\Delta t$  attraversa una lamina di spessore  $\Delta x$  e sezione  $A$  con un salto termico  $\Delta T$

$$\frac{Q}{\Delta t} = k_T \cdot A \cdot \frac{T_H - T_C}{l}$$

flusso di calore della lamina in uno stato stazionario

$$P \cdot V = \text{cost.}$$

legge di Boyle

se  $P = \text{cost}$   
 $V \propto T$   
 $V = V_0 \cdot T / 273$

legge di Gay-Lussac  
se  $V = \text{cost}$   
 $P \propto T$   
 $P = P_0 \cdot T / 273$

$$P \cdot V = nRT$$

equazione dei gas perfetti  
 $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = nRT$$

equazione di Van der Waals per gas reali

$Q > 0$  calore assorbito dal sistema  
 $Q < 0$  calore ceduto dal sistema

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

$$C = \frac{Q}{n \cdot \Delta T}$$

capacità termica molare a pressione [volume] costante

$$c = \frac{C^*}{m}$$

calore specifico

$$C^* = \frac{Q}{\Delta T}$$

capacità termica a volume [pressione] costante

$$Q = m \int_{T_A}^{T_B} c dT$$

spesso  $c$  è considerato costante e diventa

$$Q = L \cdot m$$

calore necessario per il passaggio di stato  
 $\downarrow$  calore latente  $\rightarrow$  dato

$$L_{AB} = \int_{V_A}^{V_B} P \cdot dV$$

lavoro di un gas generico da A a B.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$L > 0$  lavoro fatto dal sistema  
 $L < 0$  lavoro fatto sul sistema

$$L_{AB} = P_A \cdot (V_B - V_A)$$

lavoro per trasformazioni isobare ( $P = \text{cost}$ )

$$L_{AB} = 0$$

lavoro per trasformazioni isocore ( $V = \text{cost}$ )

$$L_{AB} = nRT \ln \frac{V_B}{V_A}$$

lavoro per trasformazioni isoterme

$$L_{AB} = \frac{P_A V_A^\gamma}{1 - \gamma} (V_B^{1-\gamma} - V_A^{1-\gamma})$$

lavoro per trasformazioni adiabatiche

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \begin{cases} \frac{5}{3} & \text{gas monoatomici} \\ \frac{7}{5} & \text{gas poliatomici} \end{cases}$$

$$\Delta U = Q - L$$

1° principio della termodinamica

$$\nabla_x = \frac{dT}{dx}$$

gradiente termico

$$Q_{\text{ass}} = P_{\text{ass}} \cdot \Delta t$$

$\downarrow$  potenza assorbita  
 $P_{\text{ass}} = \frac{L}{\Delta t} = \frac{Q_H - Q_C}{\Delta t}$

## APPLICAZIONI

TRASFORMAZIONE	RESTRIZIONI	1° PRINCIPIO	ALTRO
generica	—	$\Delta U = Q - L$	$\Delta U = nC_V \Delta T, L = \int P \cdot dV$
adiabatica	$Q = 0$	$\Delta U = -L$	$L = (P_f V_f - P_i V_i) / \gamma - 1$
isocora	$L = 0$	$\Delta U = Q$	$Q = nC_V \Delta T$
isobara	$\Delta P = 0$	$\Delta U = Q - L$	$L = P \cdot \Delta V, Q = nC_P \Delta T$
isoterma	$U = 0$	$Q = L$	$L = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$
ciclo	$U = 0$	$Q = L$	—
espansione libera	$Q = L = 0$	$\Delta U = 0$	$\Delta T = 0$



$PV = \frac{Nm \langle v^2 \rangle}{3}$  pressione dei gas perfetti a livello microscopico  
 $\langle v_x \rangle = \langle v_y \rangle = \langle v_z \rangle = 0$   
 $\langle v^2 \rangle = 3 \langle v_x^2 \rangle$   
 $U = \frac{3}{2} nRT$  energia di un gas perfetto  
 $\langle K \rangle = \frac{3}{2} kT$  costante di Boltzmann  
 $U_{qm} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$  valore medio del quadrato della velocità  
 $\langle K \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle$  energia cinetica media

$\langle E \rangle = \eta \left( \frac{1}{2} kT \right)$  principio di equipartizione dell'energia  
 $\rightarrow n^\circ \text{ gradi di libertà}$   
 MONATOMICO  $\langle E \rangle = \frac{3}{2} kT$   
 BIATOMICO  $\langle E \rangle = \frac{5}{2} kT$   
 POLIATOMICO  $\langle E \rangle = \frac{7}{2} kT$   
 $C_V = \frac{Q}{n \Delta T}$  capacità termica molare a volume costante  
 $C_V = \frac{3}{2} R$  gas monoatomico  
 $C_V = \frac{5}{2} R$  gas biatomico  
 $C_V = 3R$  gas poliatomico

$C_p = C_v + R$  relazione di Meyer  
 $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$   
 $\gamma = \frac{5}{3}$  gas monoatomico  
 $\gamma = \frac{7}{5}$  gas biatomico  
 $\gamma = \frac{4}{3}$  gas poliatomico  
 $P \cdot V^\gamma = \text{cost}$  processi adiabatici

$\eta = 1 - \frac{Q_c}{Q_a} = \frac{L}{Q_a}$  rendimento di un ciclo  
 $\eta < 1$  2° principio termodinamica  
 $K = \frac{Q_L}{L} = \frac{Q_c}{Q_H - Q_c}$  coefficiente di efficienza di un ciclo frigorifero  
 $K < \infty$

$\frac{Q_H}{Q_L} = \frac{T_H}{T_L}$  ciclo di Carnot reversibile  
 $\eta = \frac{T_H - T_L}{T_H}$  rendimento del ciclo di Carnot  
 $K = \frac{T_L}{T_H - T_L}$  rendimento del ciclo frigorifero di Carnot

$\oint \frac{\delta Q}{T} = 0 \Rightarrow \Delta S = \int_a^b \frac{\delta Q}{T}$  variazione di entropia  
 $\geq 0$  se la trasformazione è reversibile  
 $\Delta S = n C_v \ln \frac{T_b}{T_a} + nR \ln \frac{V_b}{V_a}$

$\Delta S = \frac{Q}{T}$  isoterma reversibile  
 $\Delta S = 0$  adiabatica reversibile, ciclo  
 $\Delta S = nR \ln \frac{V_b}{V_a}$  espansione libera  
 $\Delta S_{univ} = 0$  ciclo reversibile  
 $\Delta S_{univ} > 0$  ciclo irreversibile

ONDE LONGITUDINALI  $\rightarrow$  onde in cui il moto delle particelle è diretto lungo la direzione di propagazione dell'onda.

ONDE TRASVERSALI  $\rightarrow$  onde in cui il moto delle particelle è perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.

ONDA PROGRESSEDIVA  $\rightarrow$  onde di equazione  $y(x,t) = f(x-vt)$  che si propagano lungo x.

INTERFERENZA  $\rightarrow$  istante in cui due onde si sovrappongono sommandosi  $y(x,t) = f(x+vt) + f(x-vt)$

Se un'onda sbatte contro un muro torna indietro se legata con anello mobile mentre viene anche capovolta se legata fissa.

ONDE ARMONICHE  $\rightarrow$  onde descritte da una

funzione trigonometrica.  $y(x,t) = y_m \cdot \sin(kx - \omega t)$

vettore d'onda  $k$  frequenza angolare  $\omega$

$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$  EQUAZIONE DELLE ONDE

ONDE STAZIONARIE  $\rightarrow$  non si muovono, sono la sovrapposizione di un'onda progressiva con una regressiva; hanno equazione

$y(x,t) = 2A \cos(\omega t) \sin(kx)$