

Fisica Generale 1

Termodinamica

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

Aumento della temperatura di 1 L d'acqua da 50 a 60 °C



$$\Delta u = Q - W > 0$$

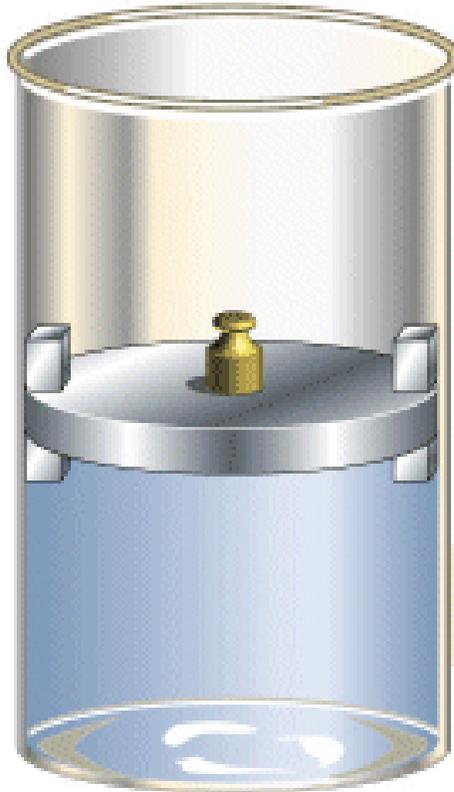
\downarrow
 $m c_v \Delta T$
 > 0

$$\int p dV = p \Delta V \sim 0$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

Compressione reversibile di un gas perfetto costantemente in equilibrio con un termostato



$$\Delta U = 0$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

Compressione reversibile di un gas costantemente in equilibrio con un termostato

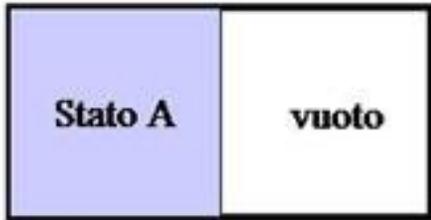


$$\Delta U = \underset{\sim 0}{Q} - \underset{-P\Delta V}{W}$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

Espansione Libera



$$\Delta u = 0$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

Scioglimento di un cubetto di ghiaccio

$$\Delta u = Q - W$$

\uparrow \uparrow
 mL $P\Delta V$



Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

Gas raffreddato in un contenitore con pareti fisse



$$\Delta U = Q - \cancel{W}$$
$$m c_v \Delta T < 0$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

$$C_p, C_v$$

$$1) dU = n \underline{C_v} dT$$

$$2) pV = nRT$$

$$pdV + Vdp = nRdT$$

↓ ISOBARA

$$pdV = nRdT \rightarrow \left(p \frac{dV}{dT} \right) = nR$$

$$3) dU = \delta Q - \delta W$$

\uparrow \uparrow \uparrow
 $n \underline{C_v} dT$ $n \underline{C_p} dT$ pdV

$$nC_v dT = nC_p dT - pdV$$

$$C_v = C_p - \frac{pdV}{n dT}$$

$$C_p = C_v + \frac{1}{n} p \frac{dV}{dT}$$

$$C_p = C_v + \frac{1}{\gamma} \cdot \gamma R$$

$$\boxed{C_p = C_v + R}$$

RELAZIONE di
MAYER

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni TRASF. ADIABATICA

$$1) \quad Q = 0 \quad \Delta U = \cancel{Q} - W \quad \left. \begin{array}{l} dU = -\delta W = -p dV \\ \downarrow \text{GAS PERFETTO} \\ n C_v dT \end{array} \right\} \begin{array}{l} n C_v dT = -p dV \\ \boxed{n dT = -\frac{p}{C_v} dV} \end{array}$$

$$2) \quad pV = nRT \rightarrow p dV + V dp = nR dT \rightarrow \boxed{n dT = \frac{1}{R} (p dV + V dp)}$$

$$-\frac{p}{C_v} dV = \frac{1}{R} (p dV + V dp)$$

$$C_p = C_v + R \Rightarrow R = C_p - C_v$$

$$-\frac{p}{C_v} dV = \frac{1}{C_p - C_v} (p dV + V dp) \quad \left(-\frac{C_p}{C_v} + 1 \right) p dV = p dV + V dp \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$-\frac{C_p - C_v}{C_v} p dV = p dV + V dp$$

$$-\gamma p dV = V dp$$

$$-\gamma \frac{dV}{V} = \frac{dp}{p} \quad \ln p$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \quad \frac{dx}{x}$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

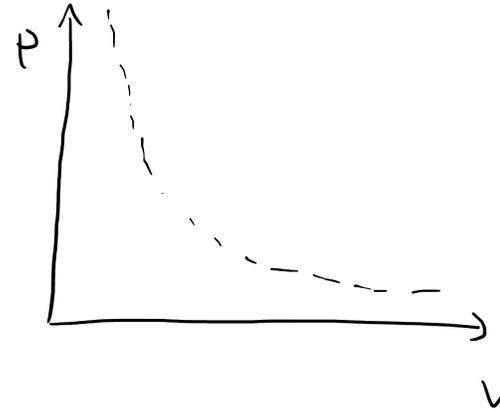
$$-\gamma \frac{dV}{V} = \frac{dP}{P}$$

$$-\gamma \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V} = \int_{P_i}^{P_f} \frac{dP}{P}$$

$$-\gamma (\ln V_f - \ln V_i) = \int \ln P_f - \ln P_i$$

$$\ln (PV^\gamma) = \text{COSTANTE}$$

$$\begin{cases} PV^\gamma = \text{COSTANTE} \\ PV = nRT \end{cases}$$



$$P = \frac{K}{V^\gamma}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} > 1$$

$$C_p = C_v + R$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni TRASF. ADIABATICHE

$$Q = 0 \quad \Delta U = \cancel{Q} - W$$

$$\begin{cases} W = \int_{V_i}^{V_f} P dV \\ PV^\gamma = P_i V_i^\gamma \rightarrow P = P_i \left(\frac{V_i}{V}\right)^\gamma \end{cases}$$

$$W = \int_{V_i}^{V_f} \frac{P_i V_i^\gamma}{V^\gamma} dV = P_i V_i^\gamma \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V^\gamma} = P_i V_i^\gamma \left[-\frac{1}{\gamma-1} \frac{1}{V^{\gamma-1}} \right]_{V_i}^{V_f}$$

$(\gamma > 1)$

$$= -\frac{P_i V_i^\gamma}{\gamma-1} \left[\frac{1}{V_f^{\gamma-1}} - \frac{1}{V_i^{\gamma-1}} \right] = -\frac{P_i V_i^\gamma}{\gamma-1} \cdot \frac{V_i^{\gamma-1} - V_f^{\gamma-1}}{V_f^{\gamma-1} V_i^{\gamma-1}} = -\frac{P_i V_i}{\gamma-1} \left[\left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} - 1 \right]$$

$$W = \frac{P_i \cdot V_i}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{V_i}{V_f}\right)^{\gamma-1} \right]$$

$$\Delta U = -W$$

Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

5) Trasformazione Adiabatica

$$Q = 0$$

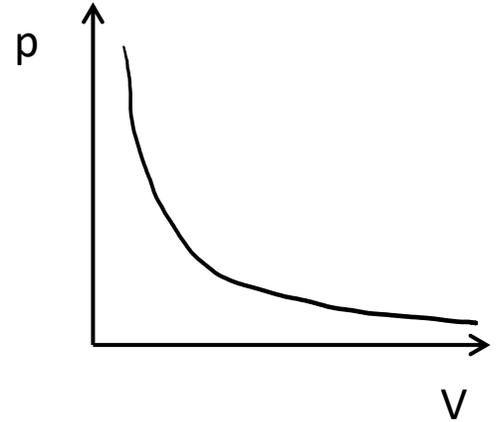
$$\Delta U = -W$$

gas perfetti:

$$pV^\gamma = \text{costante}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} > 1$$

$$W = \frac{p_i V_i}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma - 1} \right]$$



Primo principio della Termodinamica

Applicazioni

6) Trasformazione Isoterma

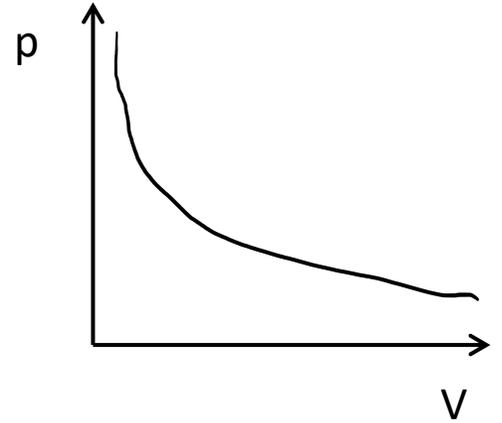
$$\Delta T = 0$$

gas perfetto:

$$\rightarrow pV = nRT \rightarrow p = \frac{nRT}{V} \leftarrow \text{COSTANTE}$$

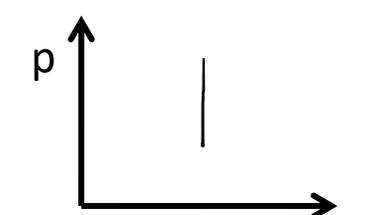
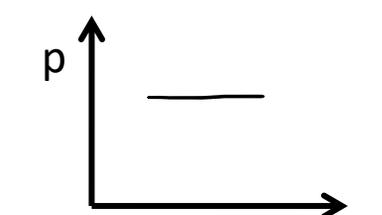
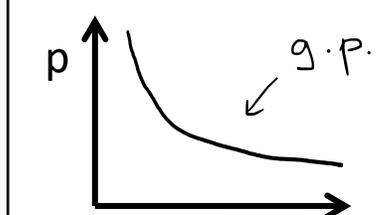
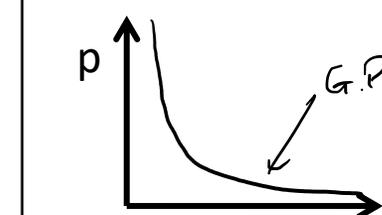
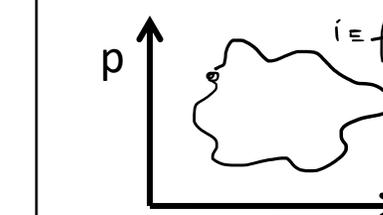
$$\rightarrow \Delta U = 0$$

$$\Delta U = Q - W \rightarrow Q = W$$



Primo principio della Termodinamica

Applicazioni: Riassumendo...

	Isocora	Isobara	Isoterma	Adiabatica	Ciclica
p-V	 <p>G.P. $p = \frac{nRT}{V}$ $p \propto T$</p>		 <p>G.P. $p = \frac{nRT}{V}$</p>	 <p>G.P. $pV^\gamma = \text{cost.}$</p>	 <p>$p_i = p_f$ $V_i = V_f$ $T_i = T_f$</p>
W	0	$p\Delta V$	G.P. Q	$-\Delta u$ G.P. $W = \frac{p_i V_i}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma - 1} \right]$	Q
Q	$dQ = mC_p dT$ Δu	$dQ = mC_p dT$ $dQ = nC_p dT$ G.P. $C_p = C_v + R$	G.P. W	0	W
ΔU	Q	$\Delta u = Q - W$ G.P. $du = mC_v dT = nC_v dT$	$\Delta u = Q - W$ G.P. $\Delta U = 0$	$\Delta u = -W$	0

Argomenti

Cap. 16-19

Introduzione

Perché la Termodinamica? Qualche definizione...

Principio «Zero» della Termodinamica:

Temperatura (→ Dilatazione termica)

Gas perfetto

Equilibrio Termodinamico (stato) VS Trasformazione

Trasferimenti di Energia

Calore (trasmissione, calore specifico, calore latente...)

Lavoro

Primo principio della Termodinamica

Energia interna

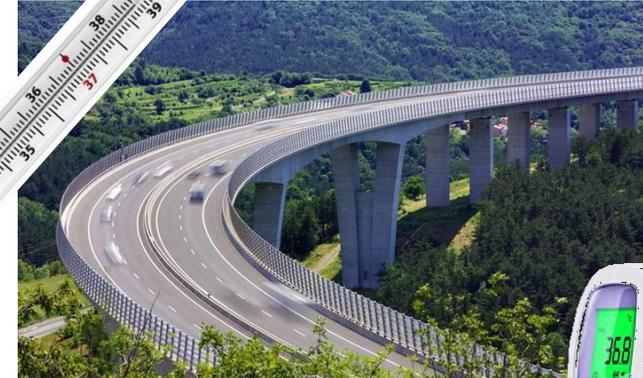
Applicazioni

Teoria cinetica dei gas:

Interpretazione microscopica di pressione, temperatura

Equipartizione dell'energia → gas poliatomici, solidi

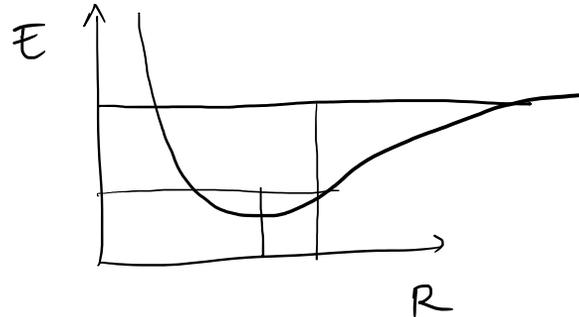
Distribuzione delle velocità



Teoria Cinetica dei Gas

Perché?

DILATAZIONE
TERMICA



ENERGIA
INTERNA

Def. TEORIA CINETICA

ramo della meccanica statistica
teoria/modello che permette di esprimere
grandezze macroscopiche in termini di medie
sui moti atomici/molecolari

Teoria Cinetica dei Gas

Definizioni

Def. VALORE MEDIO DELLE VELOCITÀ'

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \vec{v}_i = 0$$

Def. VALORE MEDIO DEL QUADRATO DELLE VELOCITÀ'

$$\langle v^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2$$

$$v_i^2 = v_{ix}^2 + v_{iy}^2 + v_{iz}^2$$