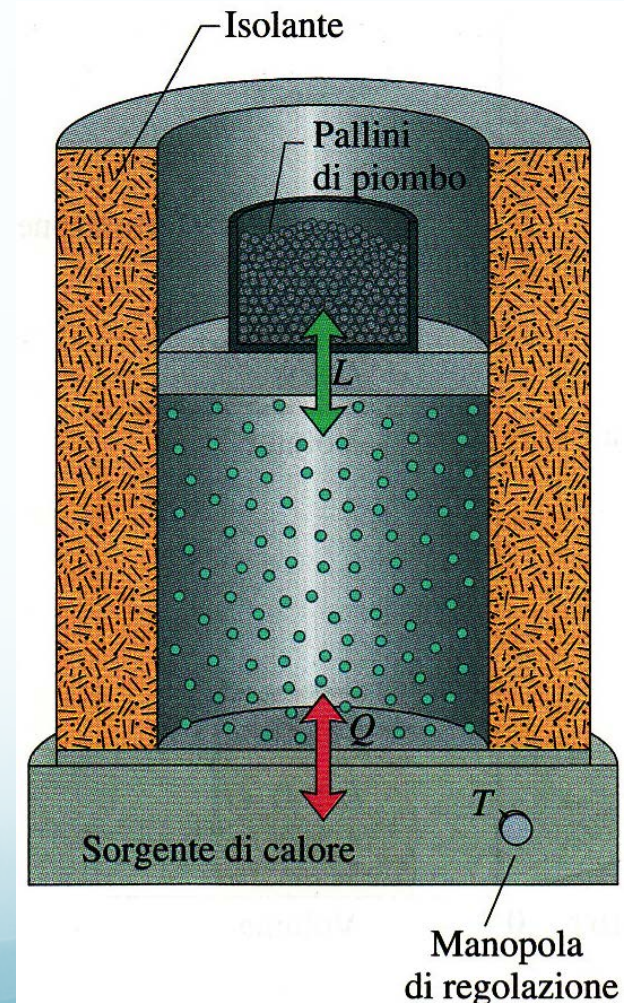


# Temperatura, calore e prima legge termodinamica

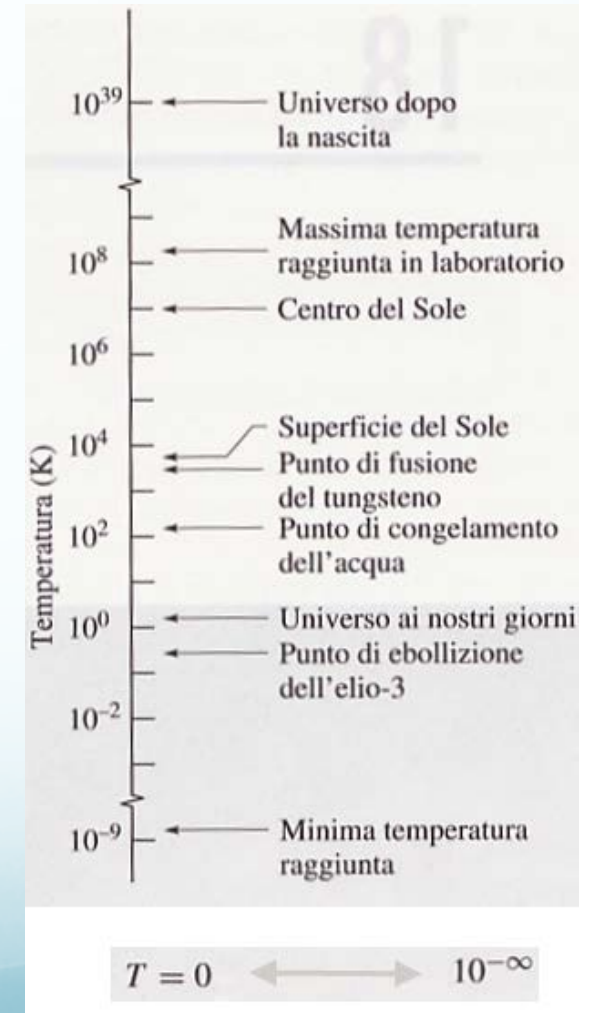
# Principio di conservazione Energia

$$\Delta E_{tot} = \sum \Delta E_i = \Delta T_{tot} = \sum \Delta T_j = L + Q + \dots$$



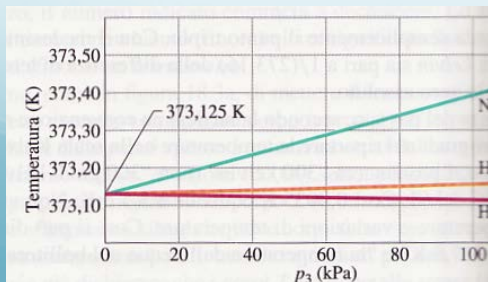
# Energia Termica - Calore – Temperatura

- Conservazione energia
  - Forme di energia del sistema
    - Energia interna
  - Forme di trasferimento energia
    - Calore
  - Temperatura
    - Strumento di misura per quantificare il concetto intuitivo di corpi caldi o freddi
- Temperatura
  - Una delle 7 grandezze fondamentali del SI
  - Unità di misura: Kelvin
  - Limite inferiore, non superiore



# Temperatura – Legge Zero

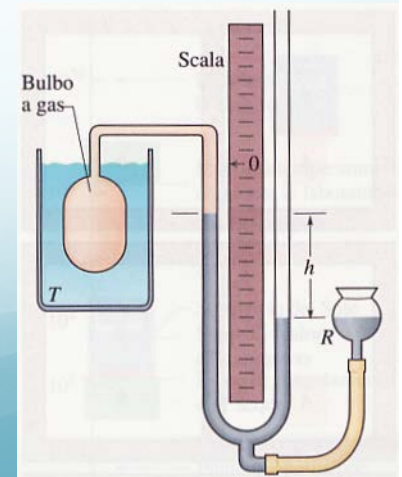
- Proprietà (fisiche, chimiche...) dei corpi cambiano col mutare dell'ambiente termico
- Uso di queste proprietà per costruire TERMOSCOPIO
  - Valori cambiano scaldando o raffreddando
  - Nessuna calibrazione
  - Nessun significato fisico
- EQUILIBRIO TERMICO  $\Leftrightarrow$  valore misurato stabile
  - $\rightarrow$  stessa "temperatura"
- Legge ZERO termodinamica:  
Se due corpi A e B sono in equilibrio termico con un terzo corpo C, allora sono in equilibrio termico tra di loro
- Definizione Temperatura
  - Utilizzo di fenomeni termici riproducibili  $\rightarrow$  Punto triplo acqua
  - Attribuzione arbitraria valore temperatura (273.16 K) e unità misura (1/273.16 K)  $\rightarrow$  scala Kelvin
  - Altre scale: (Celsius – Fahrenheit)
- Esempi termometri
  - Termometro a gas reale a volume costante con limite verso quantità di gas nulla



$$T = Cp$$

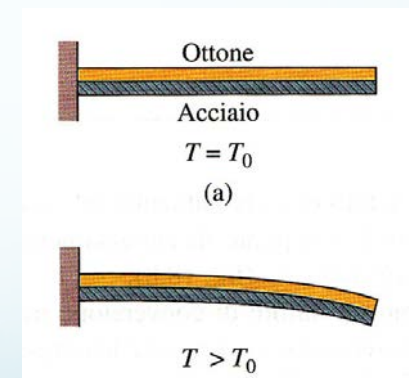
$$p = p_0 - \rho gh$$

$$T = (273.16K) \left( \lim_{gas \rightarrow 0} \frac{p}{p_3} \right)$$



# Dilatazione termica

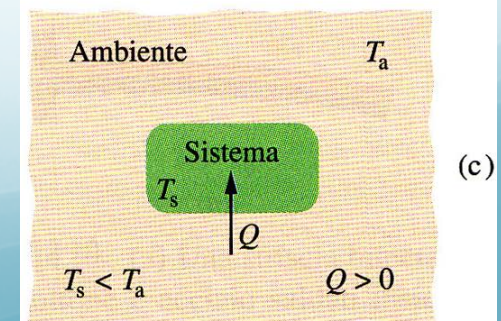
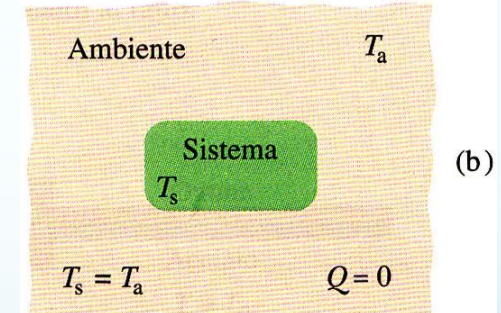
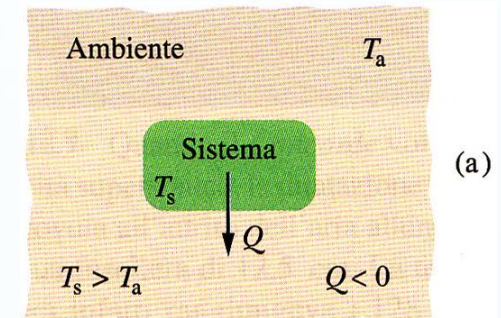
- Calore accresce l'energia (cinetica) degli atomi
  - → oscillazioni più ampie opponendosi a forze (elastiche) interatomiche
  - Espansioni dei vari materiali
  - Termometri basati su espansione lamina bimetallica
- Dilatazione lineare, superficiale, volumica
  - Lineare  $\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$
  - Volumica  $\Delta V = \gamma \cdot V \cdot \Delta T$   $\gamma = 3 \cdot \alpha$
  - Eccezione acqua in 0-4 C





# Temperatura e calore

- Legge 0 → modifiche verso equilibrio termico
  - Sistema ↔ Ambiente
  - Cambiamento temperatura → trasferimento Energia
  - ENERGIA INTERNA (o Termica)
    - Insieme energie cinetiche e potenziali associate a moto costituenti materia (Atomi, molecole etc...)
  - Def: CALORE  $Q$  = Energia interna trasferita
    - $Q > 0$  quando ceduto al sistema
    - $Q < 0$  quando ceduto dal sistema
  - Joule = unità di misura
    - Non più caloria



# Assorbimento termico

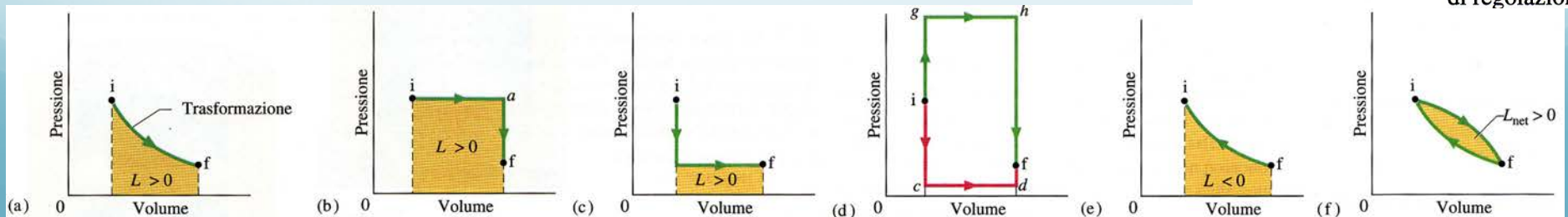
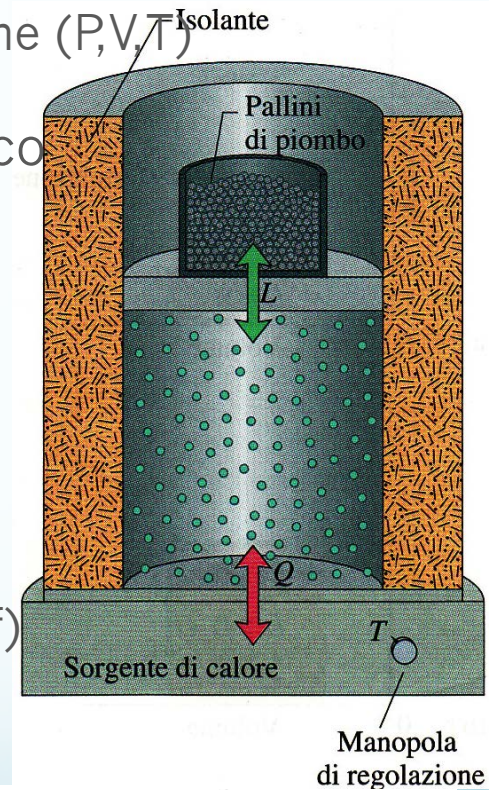
- $\Delta E$  necessaria per  $\Delta T$ ?
  - Dipende da tipo materiale, quantità materiale e da  $\Delta T$
- Capacità termica  $C(T) = Q/\Delta T$ 
  - Cambia per tipo e quantità di materiale
  - SERBATOI di calore = sistemi con  $C \rightarrow \infty$
- Calore specifico  $c_m(T) = C(T)/M = Q/\Delta T/M$ 
  - Stesso materiale, raddoppio massa  $\rightarrow$  raddoppia  $Q$   
 $\rightarrow$  Capacità termica per unità di massa
  - Cambia con  $T$  ma  $\sim$ cost in ampio range
- Calore specifico molare  $c_{mol}(T) = C(T)/\text{mol}$ 
  - Per mole invece che per unità di massa
    - Mole =  $6.02 \times 10^{23}$  unità elementari
- Calore (specifico) latente  $c_l(T) = Q/M$ 
  - Non sempre  $T$  varia con assorbimento o cessione di calore
  - Cambiamenti di stato  $\rightarrow$  Energia necessaria per rompere legami (e viceversa)
- Condizioni di trasferimento
  - Volume costante
  - Pressione costante
  - $\sim$ uguali per solidi e liquidi; molto differenti per gas

# Trasferimenti di Energia (Q-L)

- Trasformazioni termodinamiche
  - Stato di un sistema definito da grandezze macroscopiche (P,V,T)
- Cambiamenti lenti → sempre equilibrio termodinamico

$$dL = \vec{F} \cdot d\vec{S} = (pA)(ds) = pdV \quad L = \int dL = \int_{V_i}^{V_f} p dV$$

- Note:
  - $Q > 0$  se ceduto al sistema
  - $L > 0$  se fatto DAL sistema (opposto rispetto a L/E!)
  - Infinite trasformazioni possibili
  - L, Q dipendono dalla trasformazione a parità di stati (i,f)





# 1<sup>a</sup> Legge Termodinamica

- L, Q dipendono dalla trasformazione seguita a parità di stati (i, f)
- (Q-L) NON dipende dalla trasformazione
  - → deve rappresentare cambiamento di una proprietà intrinseca del sistema

$$\Delta E_{\text{int}} = E_{\text{int},f} - E_{\text{int},i} = Q - L$$

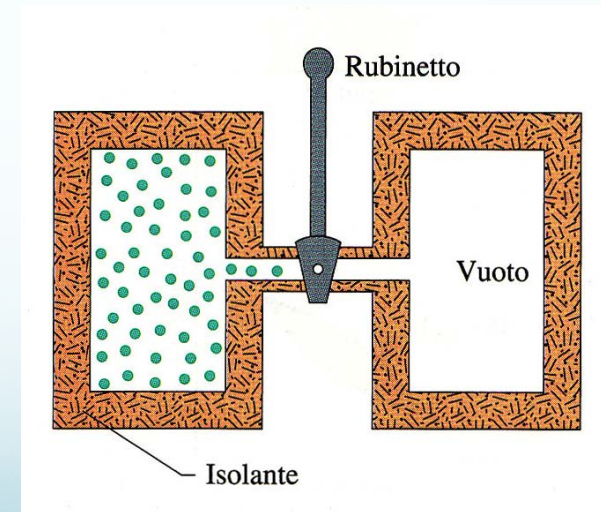
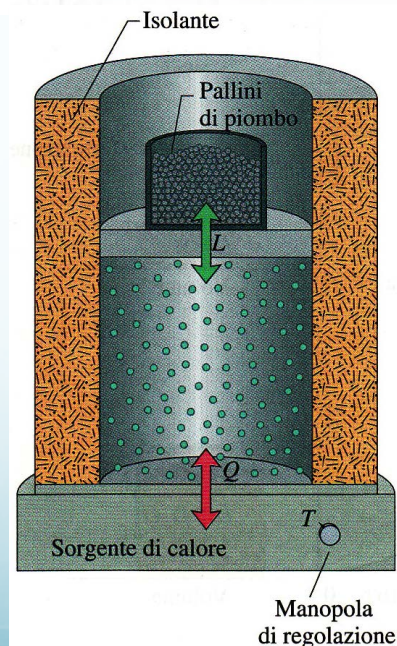
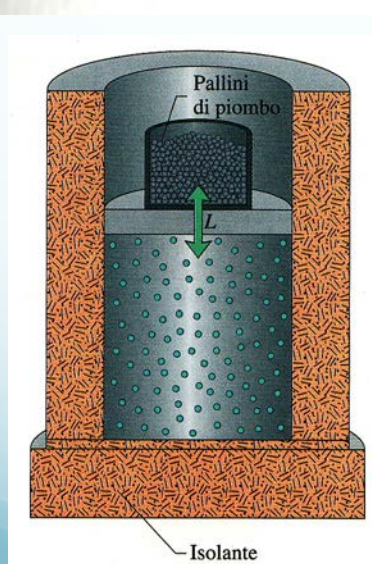
$$dE_{\text{int}} = dQ - dL$$

$$\Delta E_{\text{tot}} = \sum \Delta E_i = \Delta T_{\text{tot}} = \sum \Delta T_j = L + Q + \dots$$

# Trasformazioni particolari

La legge:  $\Delta E_{\text{int}} = Q - L$  (eq. 18.26)

Trasformazione	Vincolo	Conseguenza
Adiabatica	$Q = 0$	$\Delta E_{\text{int}} = -L$
Isoedra	$L = 0$	$\Delta E_{\text{int}} = Q$
Cielo chiuso	$\Delta E_{\text{int}} = 0$	$Q = L$
Espansione libera	$Q = L = 0$	$\Delta E_{\text{int}} = 0$



# Trasmissione del calore

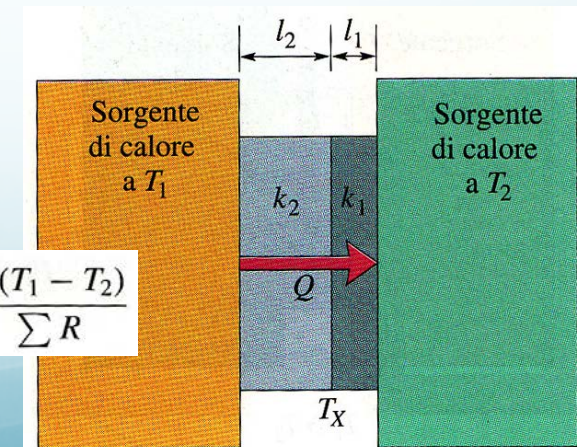
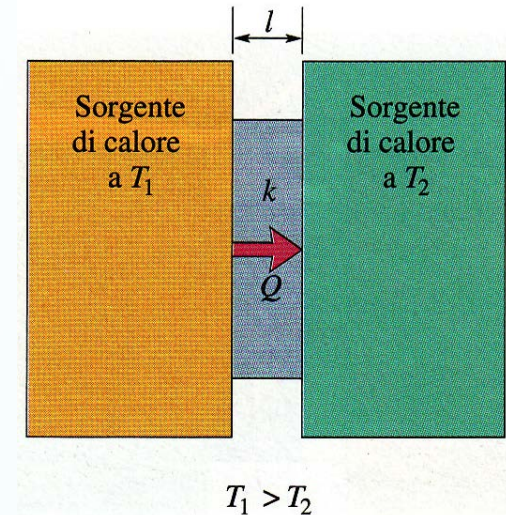
## Conduzione-Convezione-Irraggiamento

- Conduzione
  - $+T \rightarrow Q \rightarrow$  aumento vibrazioni ad un estremo
  - Si propaga tra strati adiacenti fino altro estremo

$$P_C = \frac{Q}{\Delta t} = kA \frac{T_1 - T_2}{l}$$

$k$ =conducibilità termica

- Resistenza termica  $R=l/k \rightarrow P_C = \frac{Q}{\Delta t} = A \frac{T_1 - T_2}{R}$
- Strati composti  
ipot.: processo stazionario
  - $T, Q$  in ogni punto costanti/  
 $Q$  uguale attraverso qualunque strato



$$P_c = \frac{k_2 A (T_1 - T_X)}{l_2} = \frac{k_1 A (T_X - T_2)}{l_1} \quad P_c = \frac{A (T_1 - T_2)}{(l_1/k_1) + (l_2/k_2)} \quad P_c = \frac{A (T_1 - T_2)}{\sum (l/k)} = \frac{A (T_1 - T_2)}{\sum R}$$



# Trasmissione del calore

## Conduzione-Convezione-Irraggiamento

- Convezione
  - Fluido (non solido) a contatto
  - Fluido a contatto si scalda, si espande, sale per spinta di Archimede
- Irraggiamento
  - Tramite onde elettromagnetiche
  - Mezzo materiale non necessario
  - Potenza emessa  
 $\sigma$  = costante di Stefan-Boltzmann  
 $\varepsilon$  = emissività [0-1] (1=corpo nero)
  - Potenza assorbita
  - Potenza netta

$$P_{rad} = \sigma \varepsilon A T^4$$

$$P_{ass} = \sigma \varepsilon A T_{amb}^4$$

$$P_{net} = P_a - P_r = \sigma \varepsilon A (T_{amb}^4 - T^4)$$