

Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

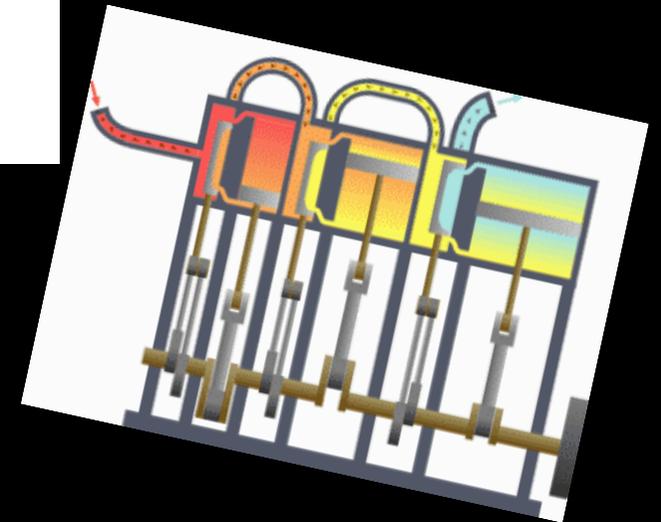
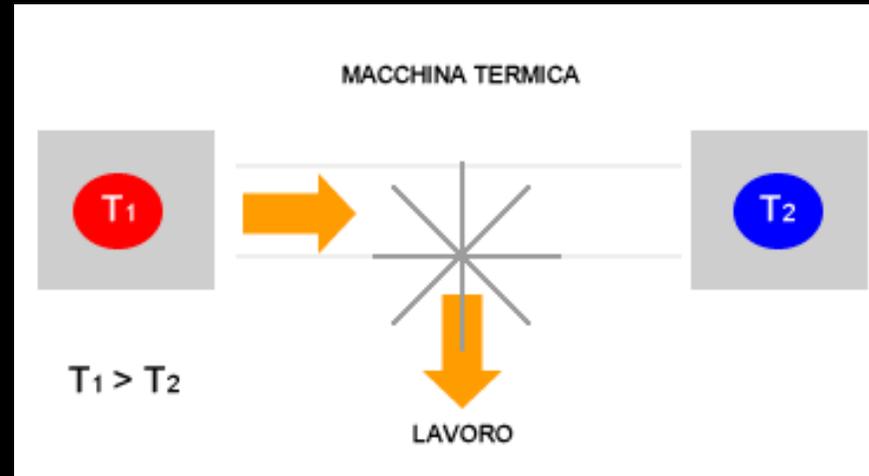
martedì 10 gennaio 2023
11:05-13:00
AULA B1

FORZE NON CONSERVATIVE

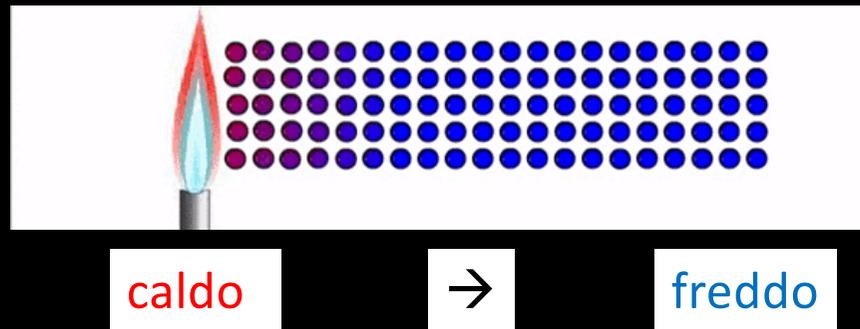
L'attrito è una forza non conservativa: l'energia dissipata nei microurti fra i corpi a contatto si distribuisce nei due materiali producendo un aumento dell'agitazione termica (innalzamento della temperatura). L'energia meccanica che viene dissipata si trasforma in calore.

TERMODINAMICA

studio delle trasformazioni termiche

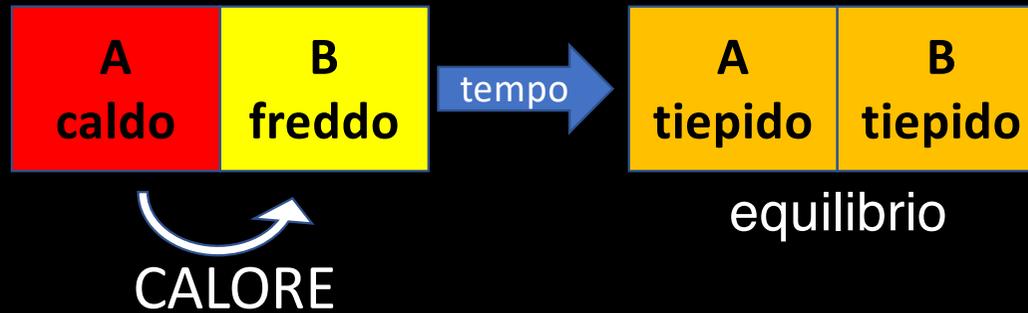


Lo stato di agitazione termica (**temperatura**) si può propagare lungo un materiale liquido o solido: ad ogni urto c'è un trasferimento di energia cinetica dalla molecola più energetica (calda) a quella meno energetica (fredda).
In altre parole l'energia cinetica (**calore**) si sta propagando dalle zone più calde verso le più fredde.



~1824: **secondo** principio della Termodinamica (Carnot et al.)

Il calore passa spontaneamente dai corpi più caldi a quelli più freddi



VARIABILI TERMODINAMICHE:

descrivono lo stato di **EQUILIBRIO** di un sistema macroscopico ($N_A = 6 \cdot 10^{23}$ particelle)

- **temperatura** T
- **volume** V
- **pressione** $p = F/S$

il **CALORE** e il **LAVORO** consentono il passaggio fra due stati di equilibrio

TERMODINAMICA

TERMOMETRIA

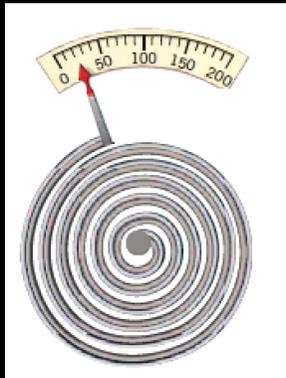
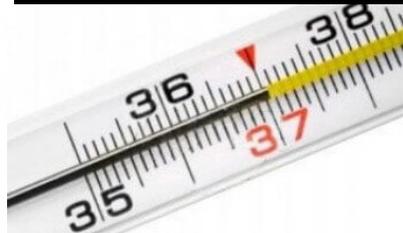
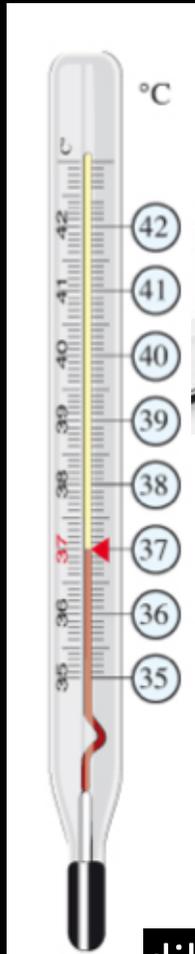
caldo/freddo è soggettivo → 37,5°C (CoViD) oggettivo!

Temperatura interna **APPROSSIMATIVAMENTE**

Normale: intorno ai 37°C (36,2°C - 37,5°C)

Minima: 20°C

Massima: 42°C



conducibilità
elettrica



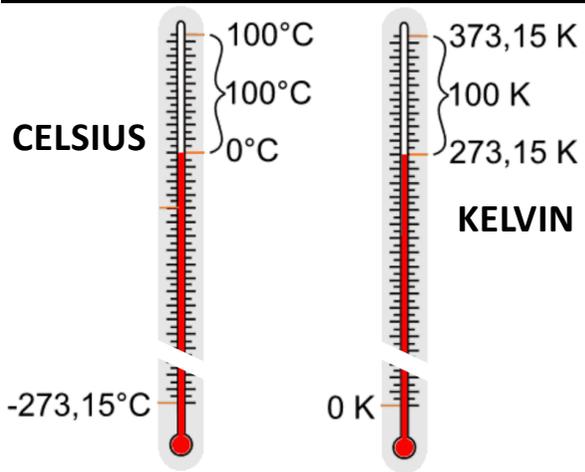
emissione
infrarossa



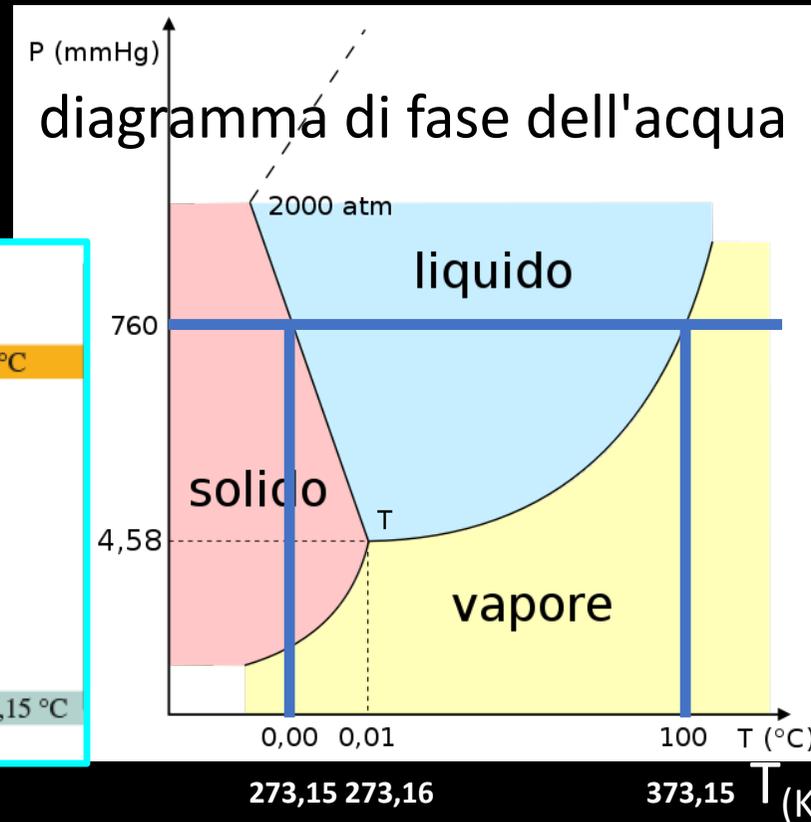
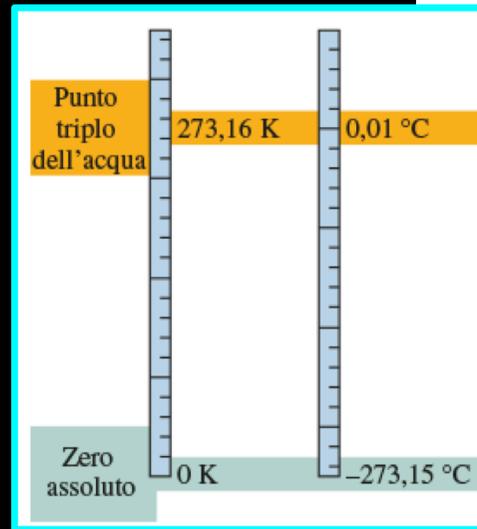
dilatazione termica

TERMODINAMICA

SCALE TERMOMETRICHE



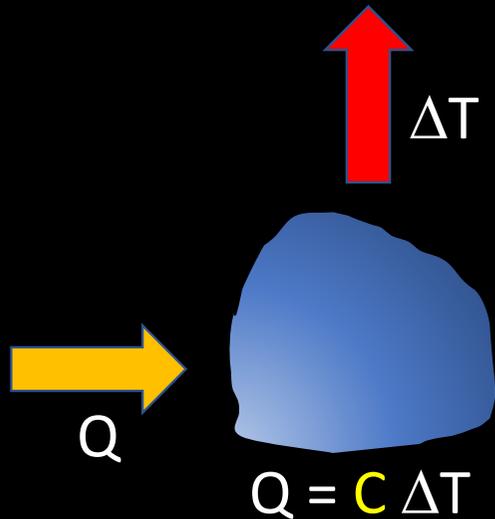
$$t_{(^{\circ}\text{C})} = T_{(\text{K})} - 273,15$$
$$T_{(\text{K})} = t_{(^{\circ}\text{C})} + 273,15$$



$$\Delta T_{(\text{K})} = \Delta t_{(^{\circ}\text{C})} \rightarrow 1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$$

la differenza di temperatura di 1 grado centigrado (o Celsius) è pari a 1 kelvin

TERMODINAMICA

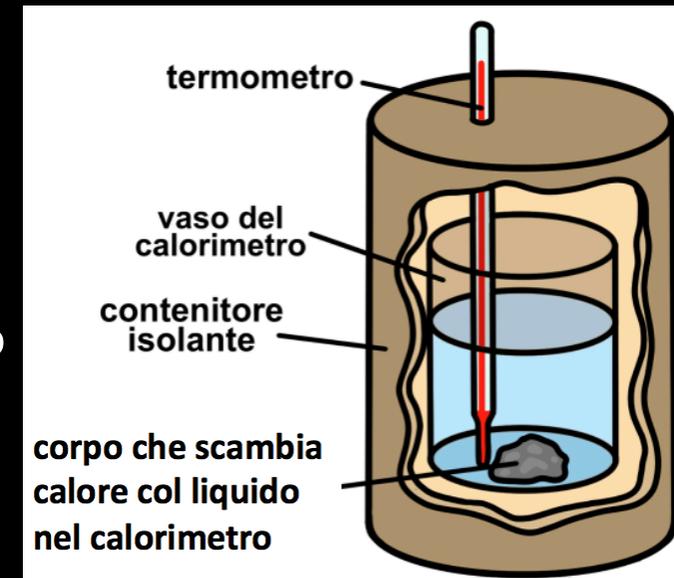


$$C = Q/\Delta T \quad \text{capacità termica}$$

C: quantità di calore da fornire ad un corpo per aumentarne la temperatura di 1 K

$$Q = C \Delta T$$

CALORIMETRIA



calorimetro

calore specifico (**per solidi e liquidi**) $C = c m$ (m = massa del corpo)

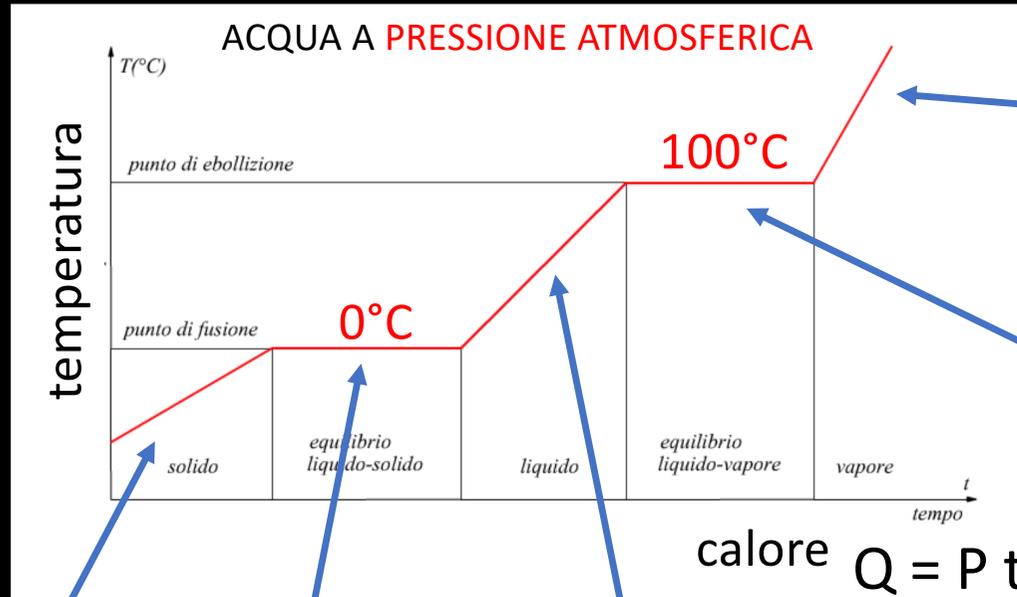
c : quantità di calore da fornire ad un corpo di **massa 1 kg** per aumentarne la temperatura di 1 K

calore specifico molare (**per gas**) $C = c n$ (n = numero di moli)

c : quantità di calore da fornire a **una mole** di gas per aumentarne la temperatura di 1 K

TERMODINAMICA

CAMBIAMENTI DI STATO



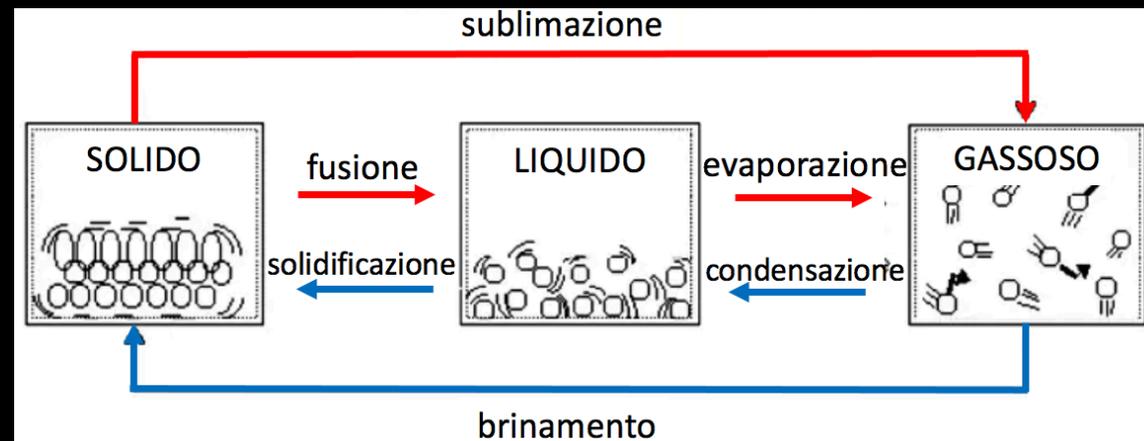
$c_v = Q/(m\Delta T)$
calore specifico vapor acqueo
1,94 kJ/kgK

$Q_v = \lambda_v m$
 $\lambda_v =$ calore latente di vaporizzazione
2272 kJ/kg

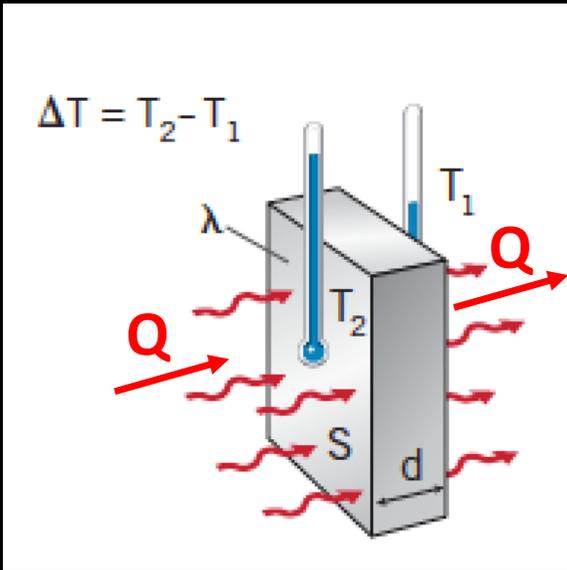
$c_s = Q/(m\Delta T)$
calore specifico
ghiaccio
2,04 kJ/kgK

$Q_f = \lambda_f m$
 $\lambda_f =$ calore latente
di fusione
333 kJ/kg

$c_L = Q/(m\Delta T)$
calore specifico
acqua liquida
4,186 kJ/kgK
(1 cal/g °C)



propagazione per contatto (solidi)



potenza termica $\frac{dQ}{dt} = \lambda S \frac{\Delta T}{d}$

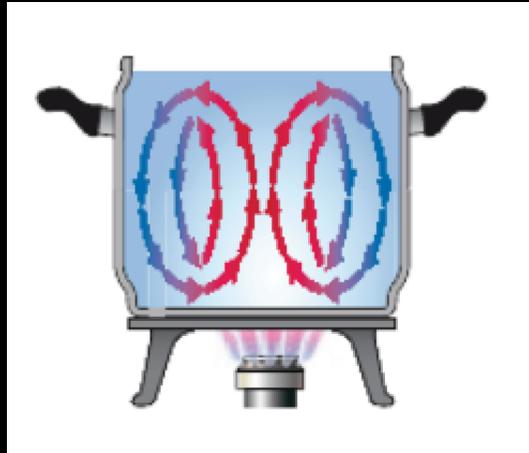
conducibilità termica λ (dipende dal materiale) 1-100 W/(m·K)

TERMODINAMICA

CONVEZIONE

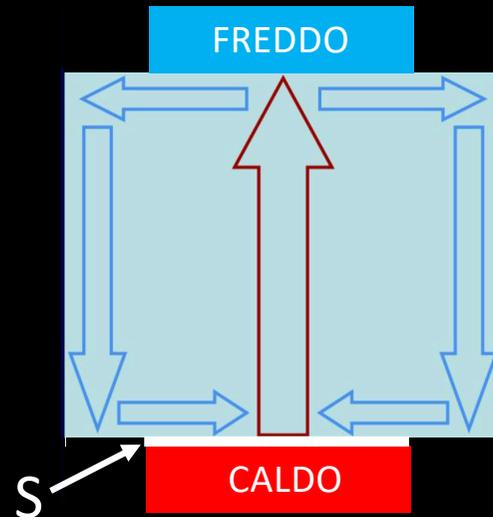
PROPAGAZIONE DEL CALORE

propagazione per spostamento del fluido

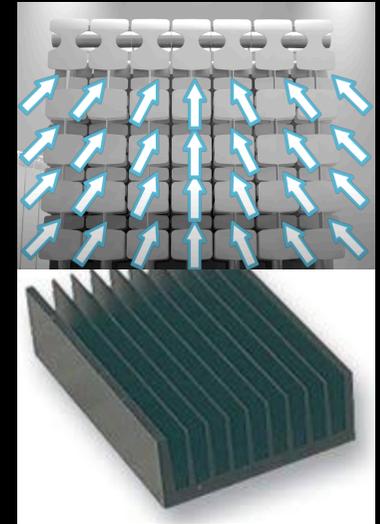


moti convettivi

dilatazione termica
principio di Archimede



S superficie del corpo a contatto col fluido



$$\frac{dQ}{dt} = h S \Delta T$$

coefficiente di adduzione h

dipende dalla superficie e dalla velocità
0,1-1 W/(m²·K)

ELEMENTI RADIATORE TERMOSIFONE
ALETTE RAFFREDDAMENTO CPU

TERMODINAMICA

IRRAGGIAMENTO

PROPAGAZIONE DEL CALORE

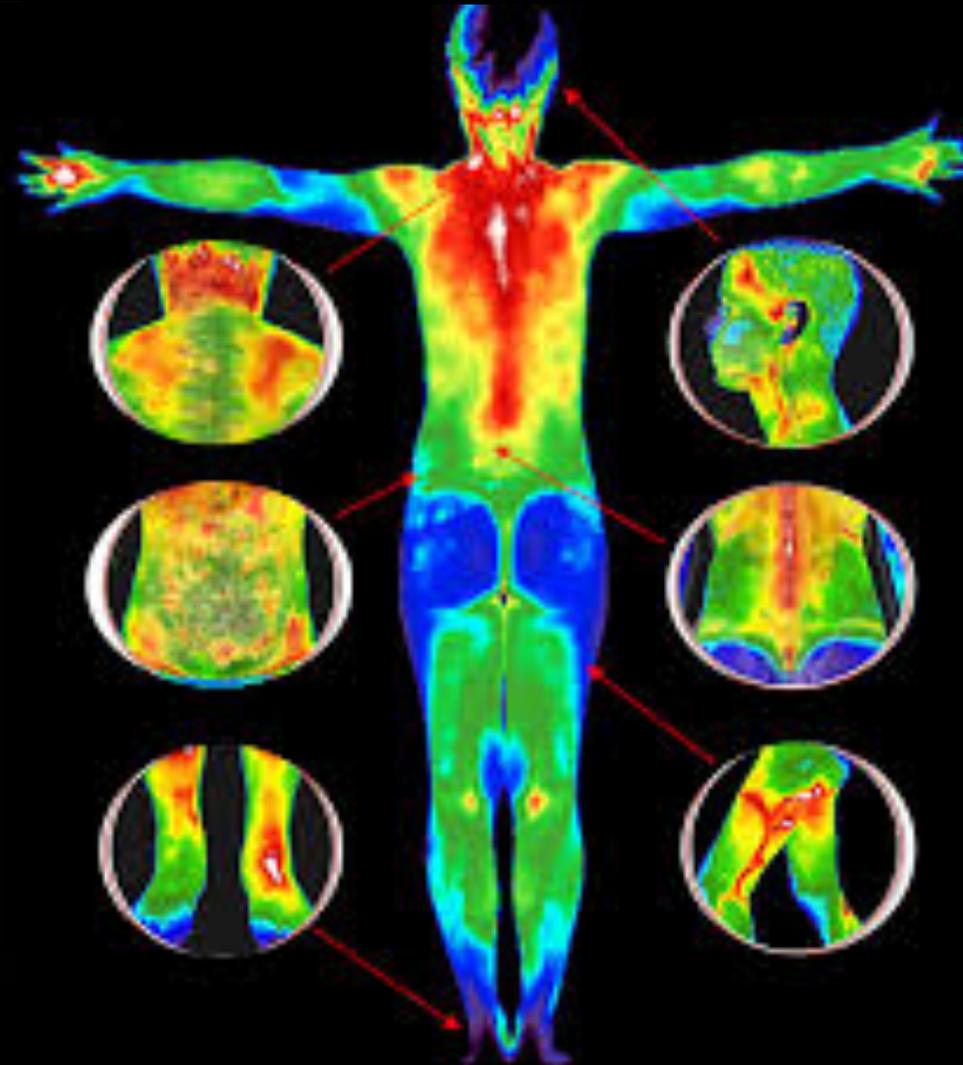
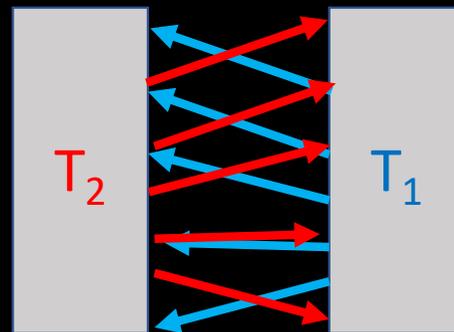
$$\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma S T^4$$

costante di Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}$

coefficiente di emissività $\epsilon \approx 1$

2200 Cal/d --> 100 W di cui circa
50 % per irraggiamento infrarosso

$$\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma S (T_2^4 - T_1^4)$$



TERMODINAMICA

PROPAGAZIONE DEL CALORE

il dewar (thermos): come isolare termicamente l'interno dall'esterno

occorre ridurre la possibilità di propagazione del calore

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda S \frac{\Delta T}{d}$$

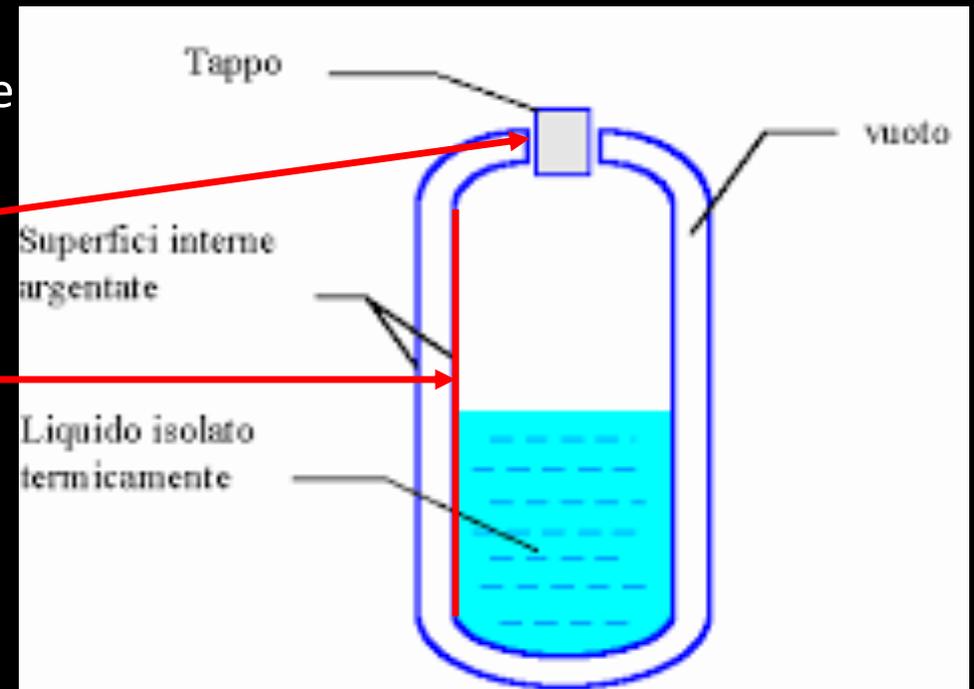
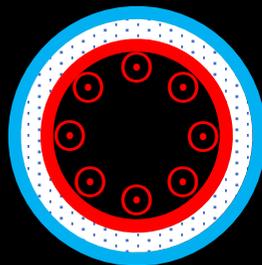
pareti in vetro (o acciaio) sottile

$$\frac{dQ}{dt} = h S \Delta T$$

contenitore chiuso

$$\frac{dQ}{dt} = \epsilon \sigma S T^4$$

pareti altamente riflettenti



TERMODINAMICA

DILATAZIONE TERMICA

temperatura → agitazione termica → distanza intermolecolare



$$l(T) = l(T_0) [1 + \alpha (T - T_0)] \quad \alpha = 0,1 - 10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$$

lineare

$$\Delta l = l(T_0) \alpha \Delta T$$



se $V(T_0) = l_1(T_0) l_2(T_0) l_3(T_0)$

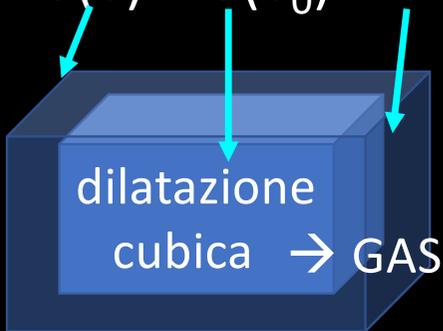
$$V(T) = V(T_0) + \Delta V = l_1(T_0) [1 + \alpha \Delta T] \times l_2(T_0) [1 + \alpha \Delta T] \times l_3(T_0) [1 + \alpha \Delta T] =$$

$$= l_1(T_0) l_2(T_0) l_3(T_0) [1 + \alpha \Delta T]^3$$

$$(1 + \alpha \Delta T)^3 = 1^3 + 3 \cdot 1^2 (\alpha \Delta T) + 3 \cdot 1 (\alpha \Delta T)^2 + (\alpha \Delta T)^3$$

$$\sim l_1(T_0) l_2(T_0) l_3(T_0) [1 + 3\alpha \Delta T] = V(T_0) + V(T_0) 3\alpha \Delta T$$

$$\Delta V = V(T_0) 3\alpha \Delta T = V(T_0) \gamma \Delta T$$



TERMODINAMICA

EQUAZIONE DI STATO DEI GAS PERFETTI

$$pV = nRT$$

pressione (Pa) ————— quantità di gas (mol)
volume (m³) ————— temperatura (K)

$$R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

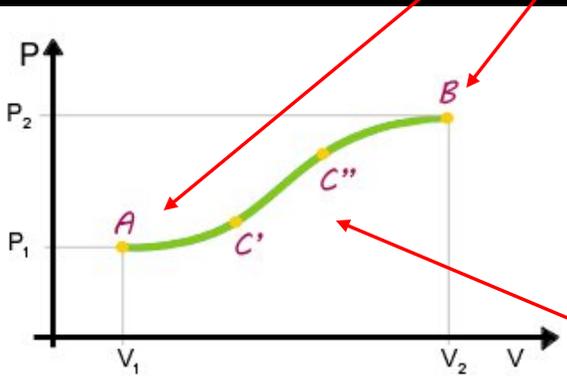
pressione
volume
temperatura

EQUILIBRIO

lavoro
calore

un gas occupa tutto il **volume** del contenitore esercitando sulle sue pareti una **pressione** ($p=F/S$) che è anche funzione della **temperatura**

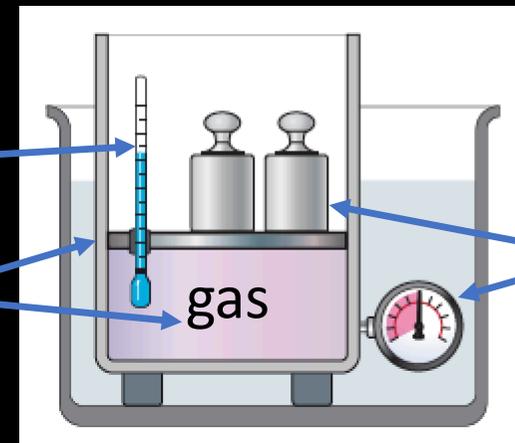
le tre variabili di stato p , V , T non sono indipendenti:
per descrivere lo **stato di equilibrio** ne bastano due → Clayperon: p , V



pistone **fermo**,
temperatura **fissa**
→ sistema in **equilibrio**

temperatura

volume



pressione

TERMODINAMICA

EQUAZIONE DI STATO DEI GAS PERFETTI

$$pV = nRT$$

pressione (Pa) ————— quantità di gas (mol)
volume (m³) ————— temperatura (K)

$$R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

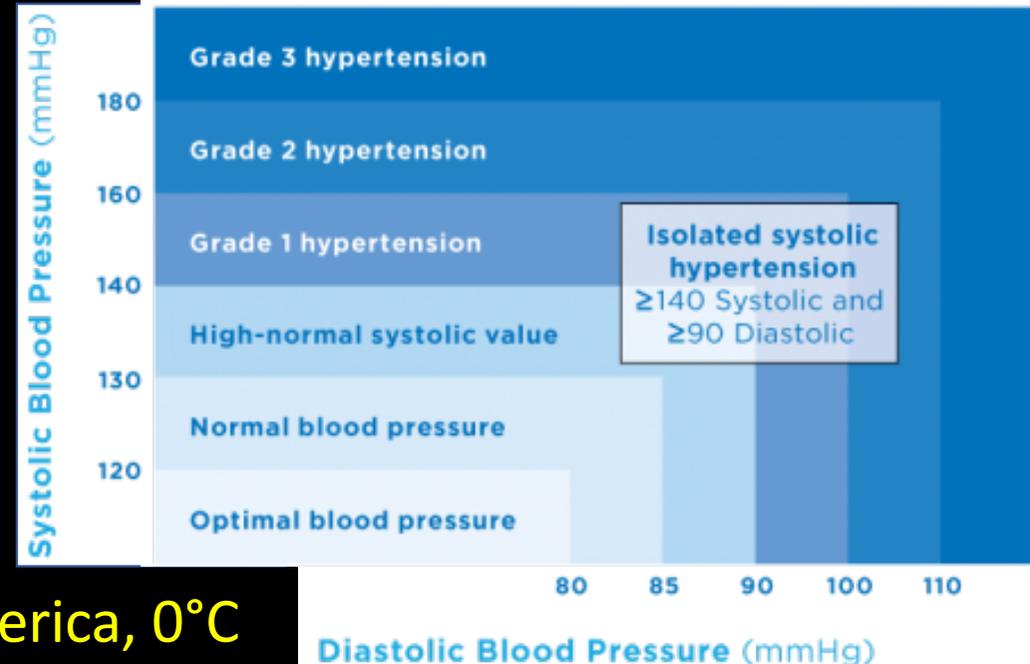
pressione $p = F/S$

1 pascal = 1 newton/1 metro quadro

1 Pa = 1 N/1 m²

(1 atm = 101,3 kPa = 760 mmHg)

Reference: Williams B. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. European Heart Journal (2018) 39, 3021-3104



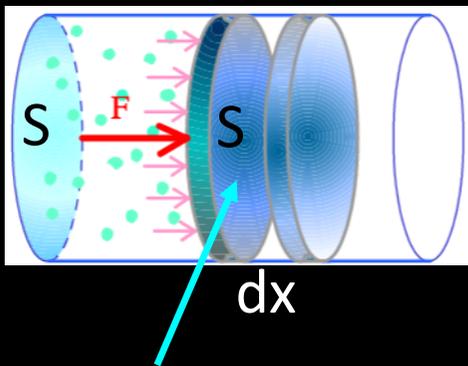
volume molare (n=1) \leftrightarrow pressione atmosferica, 0°C

$$V_m = RT/p = 8,31 \times 273,15 / 101,3 \cdot 10^3 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \approx (28 \text{ cm})^3$$

TERMODINAMICA

LAVORO (di espansione)

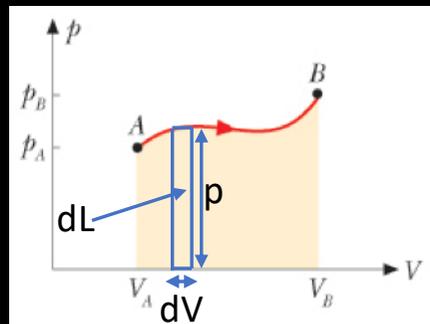
$$dL = \vec{F} \cdot d\vec{s}$$



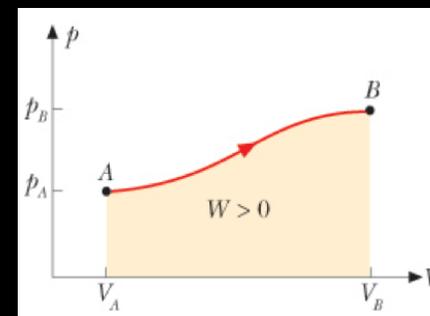
$$dV = S dx$$

$$p = F/S \rightarrow F = p S$$

$$dL = F dx = pS dx = p dV$$

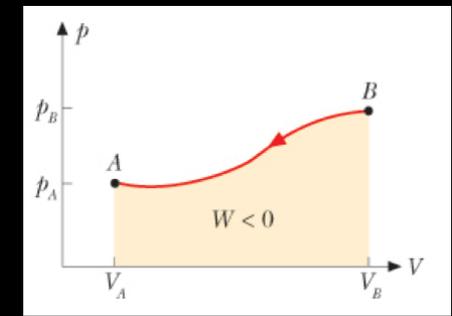


$$L = \int_A^B p dV$$



$$L = \int_{V_A}^{V_B} p dV > 0$$

espansione



$$L = \int_{V_B}^{V_A} p dV < 0$$

compressione

Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

martedì 17 gennaio 2023
11:05-13:00
AULA B1