



WWW.ALGORITMOSTEM.IT

SCIENCE TECHNOLOGY ENGINEERING MATHEMATICS

Appunti Calorimetria

IIS2 - FISICA

rev.0.9 - 02 set 2023

Draft version

Appunti in formato bozza, intesi esclusivamente di ausilio alle lezioni, che le integrano nelle descrizioni e nei ragionamenti su quanto viene riportato in queste pagine.

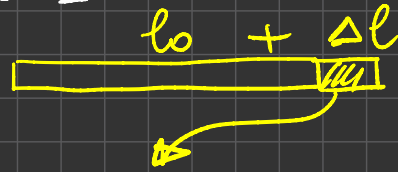
Licenza Creative Commons
CCBYNCND.

È consentita la condivisione del documento originale a condizione che non venga modificato né utilizzato a scopi commerciali, sempre attribuendo la paternità dell'opera all'autore

TEMPERATURA

indice dello stato di agitazione termica

$$K [^{\circ}\text{C}] = K + 273,15 [^{\circ}\text{K}]$$

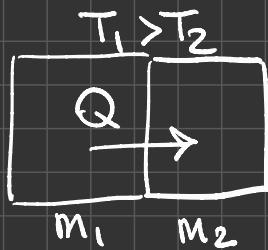


DILATAZIONE TERMICA

solids $\left\{ \begin{array}{l} \text{lineare } \Delta l = \lambda l_0 \Delta T \quad l = l_0 (1 + \lambda \Delta T) \\ \text{superficiale } \Delta A = 2\lambda A_0 \Delta T \quad A = A_0 (1 + 2\lambda \Delta T) \\ \text{volumica } \Delta V = 3\lambda V_0 \Delta T \quad V = V_0 (1 + 3\lambda \Delta T) \end{array} \right.$

liquidi \rightarrow Volumica $\Delta V = \kappa V_0 \Delta T$

EQUILIBRIO TERMICO



$$T_e = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

Labels above the equation: 'masse' points to m_1 and m_2 ; 'calore specifico' points to c_1 and c_2 ; 'Temperature' points to T_1 and T_2 .

se $c_1 = c_2 \rightarrow T_e = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$

se la sostanza è la stessa ($m = \rho V$) $\rightarrow T_e = \frac{V_1 T_1 + V_2 T_2}{V_1 + V_2}$

NB negli esercizi: T è espresso in kelvin
 ΔT può essere espresso in $^{\circ}\text{C}$ o K

$$\begin{array}{l} T_1 = 8^{\circ}\text{C} \\ \quad \quad \quad = 273 + 8 = 281 \text{ K} \end{array} \quad \begin{array}{l} T_2 = 19^{\circ}\text{C} \\ \quad \quad \quad = 273 + 19 = 292 \text{ K} \end{array} \quad \begin{array}{l} \Delta T = 19 - 8 = 11^{\circ}\text{C} \\ \Delta T = 292 - 281 = 11 \text{ K} \end{array}$$

CALORE

En. termica che passa da un corpo all'altro

se lo stato non cambia

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

c capacità termica
 c calore specifico

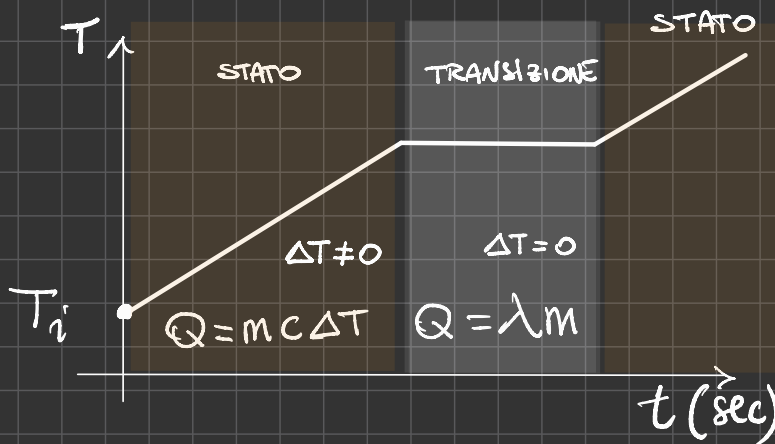
$$Q \neq 0 \rightarrow \Delta T \neq 0$$

se lo stato cambia

$$Q = \lambda \cdot m$$

λ calore latente

$$Q \neq 0 \rightarrow T = \text{cost.}$$



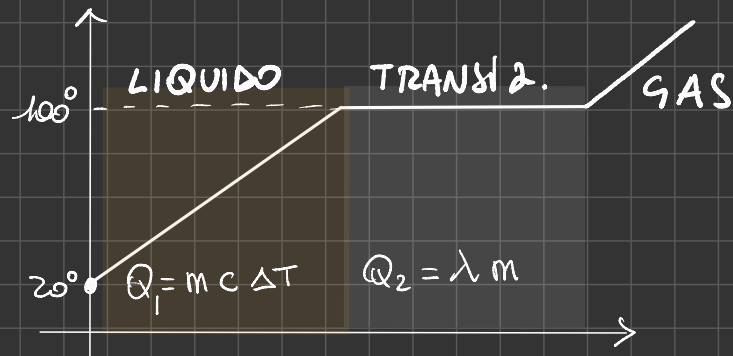
Temperature di ebollizione e calore latente di vaporizzazione (a pressione normale)		
Sostanza	T_e (°C)	λ (kJ/kg) $\cdot 10^3$
idrogeno	-253	452
azoto	-196	201
ossigeno	-183	213
alcol etilico	78	854
acqua	100	2250
mercurio	357	272
piombo	1750	871
argento	2193	2336

Esempio

9 In un pentolino ci sono 100 g di acqua alla temperatura di 20 °C.

► Quanto calore deve fornire il fornello per far evaporare tutta l'acqua? [258 kJ]

$$m = 0,1 \text{ kg}$$

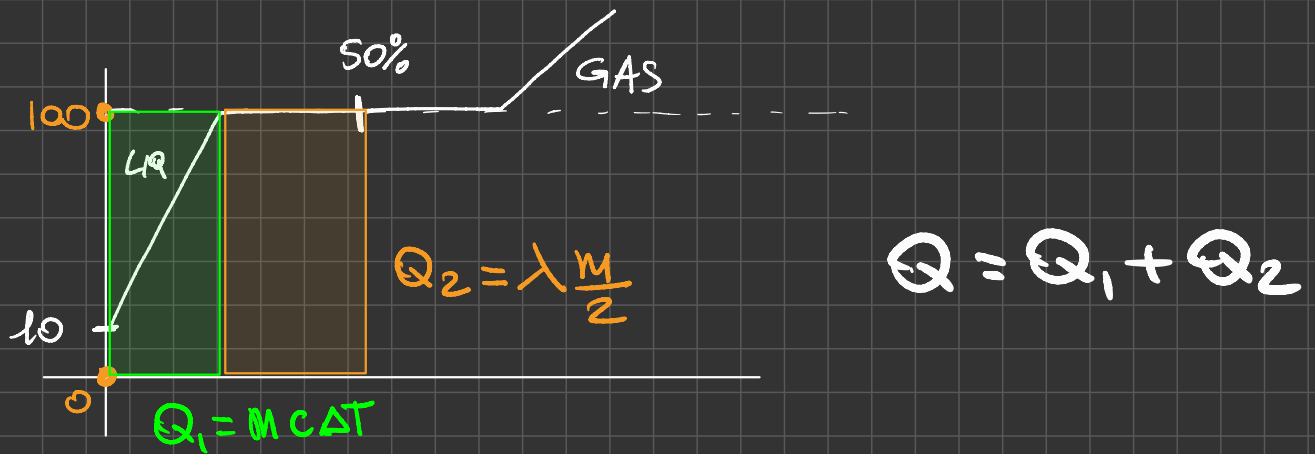


$$Q_1 = mc\Delta T = C\Delta T = 4180 \cdot 0,1 \cdot (100 - 20) = 33440 \text{ J}$$

$$Q_2 = \lambda m = 2250 \cdot 10^3 \cdot 0,1 = 225000 \text{ J}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = 258.440 \text{ J} = 258,44 \text{ kJ}$$

Esempio 200 l acqua a $T = 10^\circ\text{C}$
 devo far evaporare il 50% del liquido



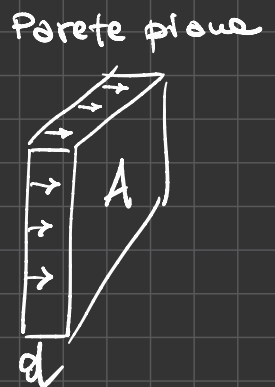
PROPAGAZIONE del calore

1) CONDUZIONE (tra solidi)

Legge di Fourier

$$Q = \frac{k A \Delta T \Delta t}{d}$$

k ← conducibilità termica
 A ← area parete
 d ← spessore parete



2) CONVEZIONE (tra fluidi) dovute a correnti convettive

3) IRRADIAZIONE (anche in assenza di materia)

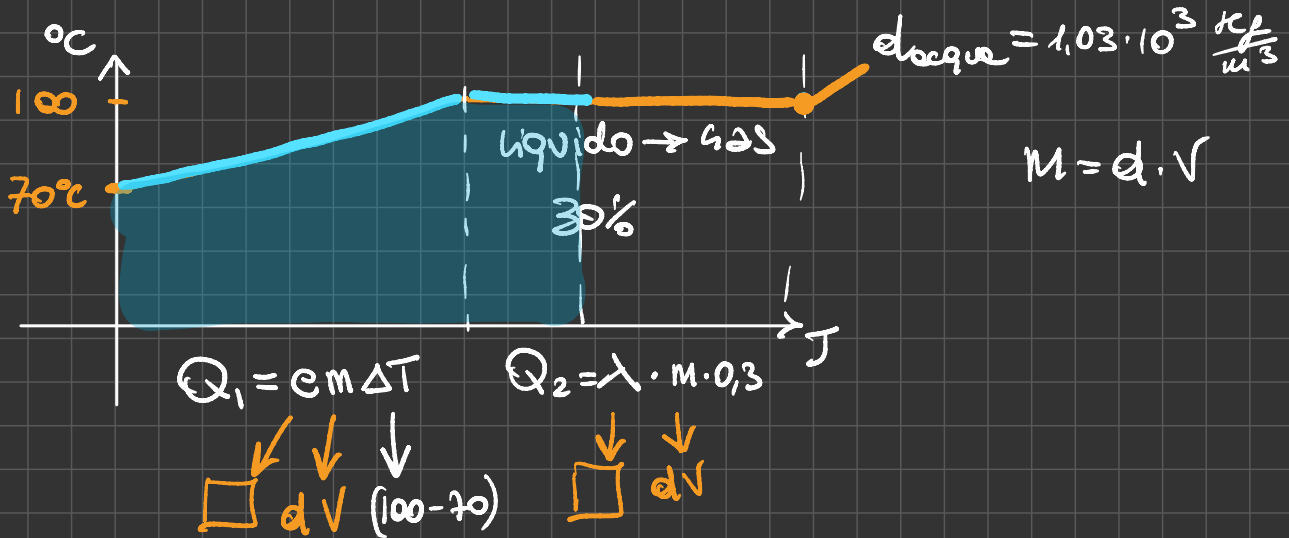
legge di
 Stefan-Boltzmann

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \sigma A T^4$$

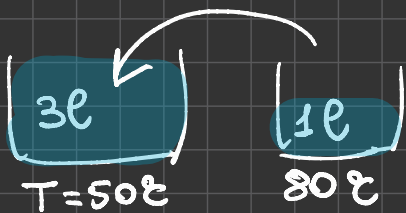
P ← Potenza
 σ ← dipende dal materiale

Esercizio

calore necessario e per evaporare il 30% del volume d'acqua ($T_{\text{iniale}} = 70^\circ\text{C}$ $V = 3\text{l}$)



Esercizio (Equilibrio termico)



$$c = 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$$

$$T_{\text{eq}} = \frac{c_1 m_1 T_1 + c_2 m_2 T_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2}$$

Volume $1\text{l} \equiv 1 \text{ dm}^3 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

masse $m = d \cdot V = 10^3 \cdot 10^{-3} = 1 \text{ kg}$

Esercizio : (dilatazione lineare)

Sbarra ferro ($\lambda = 1,2 \cdot 10^{-5}$)

$$l = 45 \text{ m} \quad T_1 = 5^\circ\text{C} \rightarrow T_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$l = l_0(1 + \lambda \Delta T) = 45(1 + 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 35) = 45(1 + 0,00042) = 45,0189 \text{ m}$$

7 Scaldare un blocco di alluminio

373 A un blocco di alluminio di 111 g che si trova a 22,5 °C vengono trasferiti 79,3 J di calore. Qual è la temperatura finale dell'alluminio? [23,3 °C]

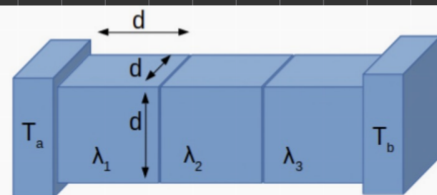
$$m = 111 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$Q = cm(T_f - T_i) \rightarrow T_f = \frac{Q}{cm} + T_i = \frac{79,3}{880 \cdot 111 \cdot 10^{-3}} + 22,5 = 23,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

ΔT \downarrow
 alluminio $c = 880 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

NB È possibile mantenere le temperature in gradi centigradi perché la formula contiene $\Delta T = T_f - T_i$

6) Tre cubetti isolanti di lato $L = 10 \text{ cm}$ e conducibilità termica $\lambda_1 = \frac{1}{2}\lambda_2 = \frac{1}{3}\lambda_3$ sono posti in contatto come in figura tra due sorgenti termiche a temperatura $T_a = 270\text{K}$ e $T_b = 370\text{K}$. Si calcoli il calore trasmesso in un'ora in condizioni stazionarie sapendo che $\lambda_1 = 217$ [unità SI]. [J]



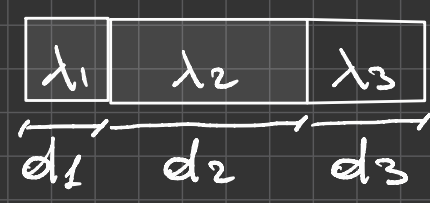
- A 5.49×10^6 B 7.3×10^6 C 3.39×10^6 D 6.6×10^6 E 4.26×10^6 F Altro

$$\begin{cases} \lambda_3 = 3\lambda_1 \\ \lambda_2 = 2\lambda_1 \\ \lambda_1 = \lambda \end{cases}$$

$$\lambda_{eq} = \lambda_1 // \lambda_2 // \lambda_3 = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3}{\lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3} = \frac{\lambda^2(2+6+3)}{6\lambda^3} = \frac{6\lambda}{11}$$

$$Q = \frac{k S \Delta T \Delta t}{d} = \frac{\frac{6 \cdot 217 \text{ m}}{11} \cdot L^2 \cdot (370 - 270) \text{ K} \cdot 60 \cdot 60 \text{ sec}}{L = 10^{-1} \text{ m}}$$

NB se i corpi non hanno lo stesso spessore:



$$Q = \sum Q_i$$

$$Q_i = \frac{\lambda_i S \Delta T \Delta t}{d_i} = 4,26 \cdot 10^6 \text{ J}$$

16. Quanto calore è necessario?

Calcola la quantità di calore necessaria per far aumentare di 23 K la temperatura di 3,5 moli di un gas ideale monoatomico, assumendo che:

- a) la pressione sia mantenuta costante;
- b) il volume sia mantenuto costante.

[a) 1,7 kJ; b) 1,0 kJ]

calore specifico molare

$$Q_p = n C_p \Delta T$$

$\rightarrow \frac{5}{2} R$

$$Q_v = n C_v \Delta T$$

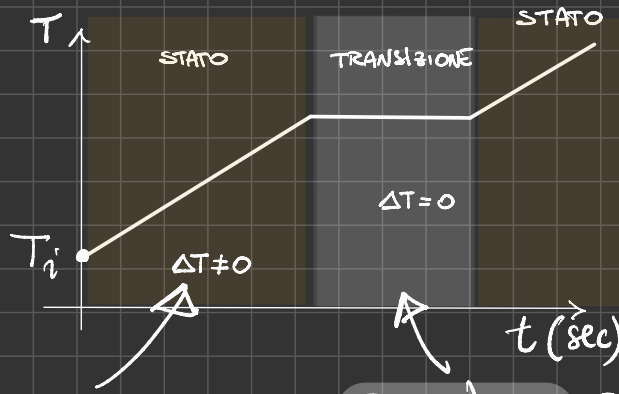
$\rightarrow \frac{3}{2} R$

$$Q_p = 3,5 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,3 \cdot 23 = 1670 \text{ J} \approx 1,7 \text{ kJ}$$

$$Q_v = 3,5 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8,3 \cdot 23 = 1003 \text{ J} \approx 1 \text{ kJ}$$

SUMMARY

calore
(En. Termica)



se lo stato
NON cambia

$$Q = mc\Delta T$$

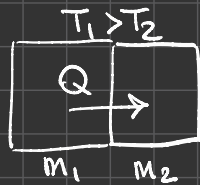
$$Q = \lambda M$$

se lo stato
cambia
(SOSTA TERMICA)

DILATAZIONE
TERMICA

$$l = l_0(1 + \lambda\Delta T) \quad A = A_0(1 + 2\lambda\Delta T) \quad V = V_0(1 + 3\lambda\Delta T)$$

EQUILIBRIO
TERMICO



$$T_e = \frac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}$$

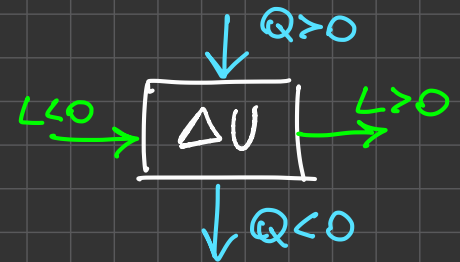
se $c_1 = c_2 \rightarrow T_e = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$

TRASFORMAZIONI

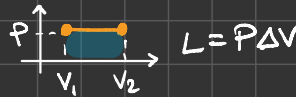
$$\Delta E_{int} = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$PV = nRT$$

$$\Delta E_{int} = Q - L$$



ISOBARA
 $P = \text{cost}$



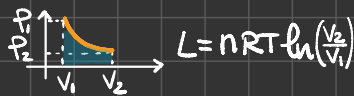
$$\Delta E_{int} = Q - L$$

ISOCORA
 $V = \text{cost}$



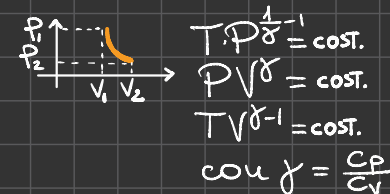
$$\Delta E_{int} = Q - \cancel{L}$$

ISOTERMA
 $T = \text{cost}$



$$\Delta E_{int} = Q - \cancel{L}$$

ADIABATICA
 $Q = 0$



$$\Delta E_{int} = \cancel{Q} - \cancel{L}$$