

Fondamenti di fisica generale

adalberto.sciubba@uniroma1.it

Martedì 15 dicembre 2020

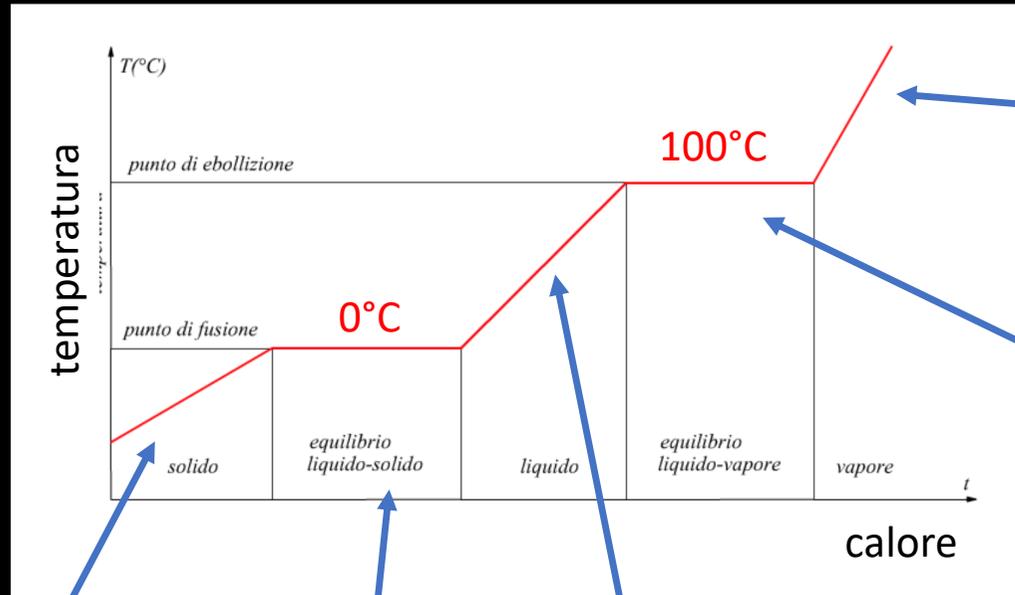
11:00-13:00

(11:15-12:45)

meet.google.com/xsc-vwjs-msg

CAMBIAMENTI DI STATO

FORMULARIO



$c_s = Q/(m\Delta T)$
calore specifico
ghiaccio
2 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

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

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

$$1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal} = 4186 \text{ J}$$

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

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

DILATAZIONE TERMICA

$$l(T) = l(T_0) [1 + \alpha (T - T_0)]$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta T$$

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \Delta T = 3\alpha \Delta T$$

TRASMISSIONE DEL CALORE

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

$$\frac{\delta Q}{dt} = h S \Delta T$$

$$\frac{\delta Q}{dt} = \varepsilon \sigma S T^4$$

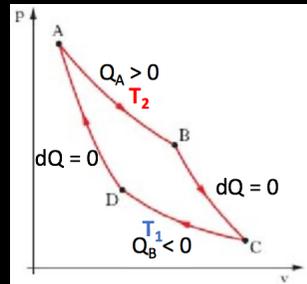
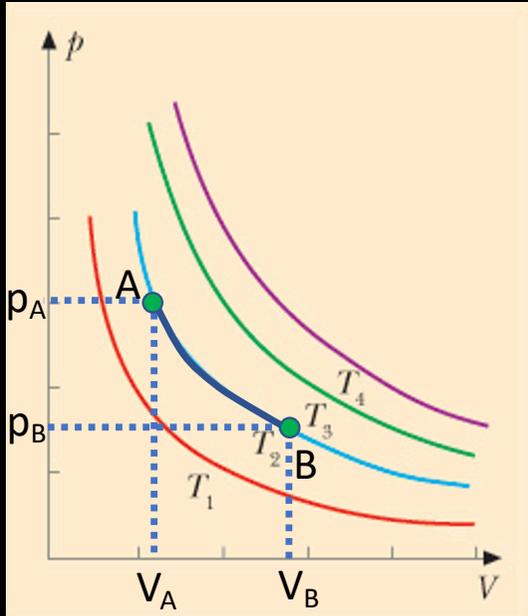
costante di Stefan-Boltzmann

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

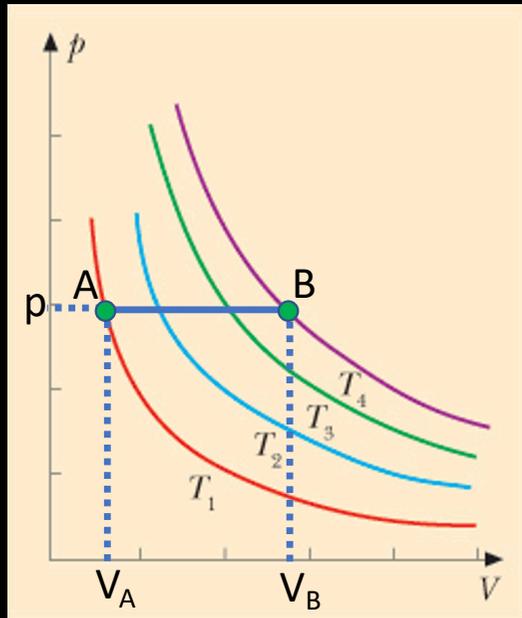
TRASFORMAZIONI

ISOTERMA

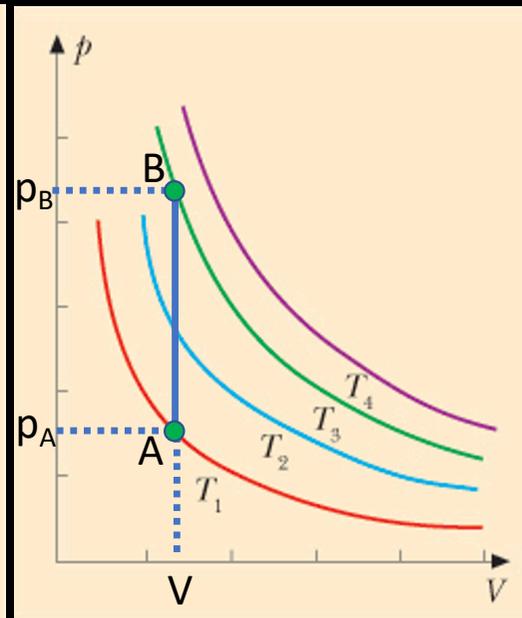
$$R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$



ISOBARA



ISOCORA



FORMULARIO

$$dQ = dL + dU$$

1° principio della termodinamica

$$pV = nRT$$

equazione di stato dei gas perfetti

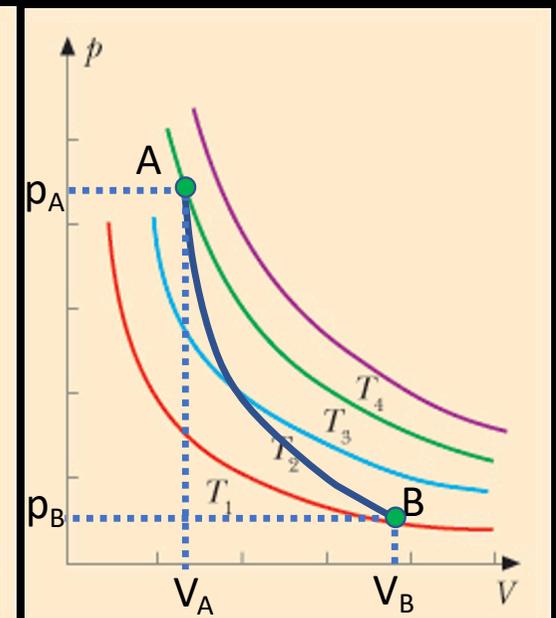
$$dU = n c_v dT$$

energia interna di un gas perfetto

$$\eta = L/Q_A = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$COP = Q_B/L = 1/\eta - 1 = \frac{T_1}{T_2 - T_1}$$

ADIABATICA



$$dL = p dV = nRT dV/V \rightarrow L_{A \rightarrow B} = nRT \ln(V_B/V_A)$$

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

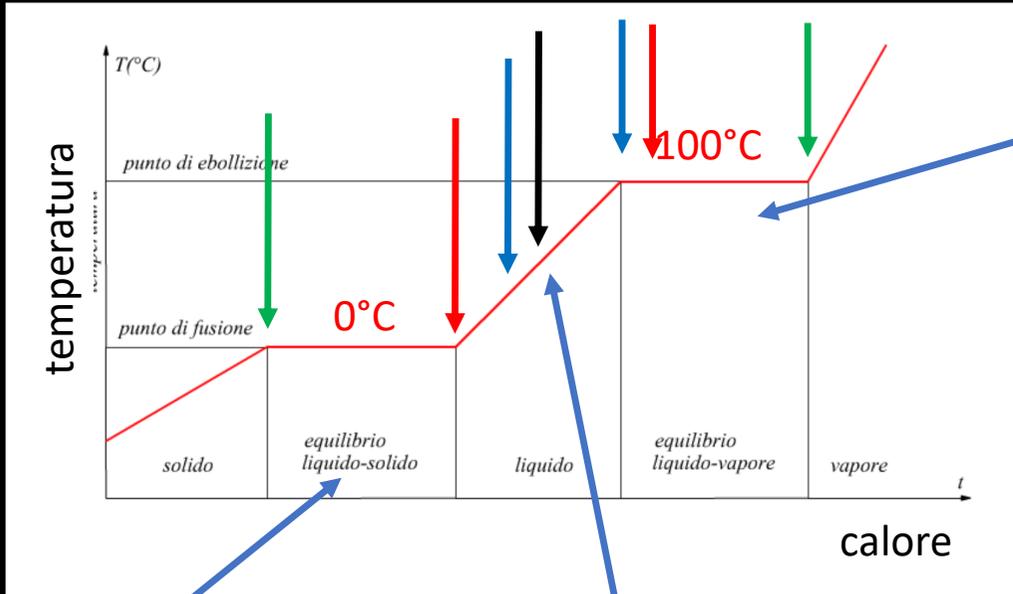
monoatomici $\gamma = 5/3 = 1,67$

biatomici $\gamma = 7/5 = 1,40$

poliatomici $\gamma = 4/3 = 1,33$

TERMODINAMICA

5) (8 punti) In un contenitore adiabatico vengono introdotti una massa $m_{gh} = 50$ g di ghiaccio a 0°C e $m_{vap} = 10$ g di vapore acqueo a 100°C . Calcolare la temperatura t_f all'equilibrio termico.



$$Q_f = \lambda_f m$$

λ_f = calore latente di fusione
 333 kJ/kg \rightarrow 16,65 kJ

$$c_L = Q / (m \Delta T)$$

calore specifico
 acqua liquida
 4,186 kJ/kgK $\rightarrow C_{50} = 4,186 \text{ kJ/kgK} \times 50 \text{ g} = 209,3 \text{ J/K}$
 $\rightarrow Q/C = \Delta T: 6,07 \text{ kJ} / (209,3 \text{ J/K}) = 29^\circ\text{C}$

$$Q_v = \lambda_v m$$

λ_v = calore latente di vaporizzazione
 2272 kJ/kg \rightarrow 22,72 kJ

$$22,72 \text{ kJ} - 16,65 \text{ kJ} = 6,07 \text{ kJ}$$

50 g @ 29°C e 10 g @ 100°C ($C_{10} = 41,86 \text{ J/K}$)

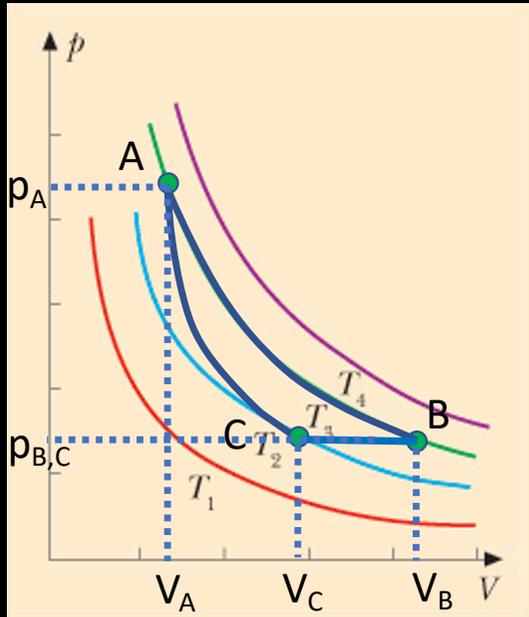
$$C_{50} (T_f - 29^\circ\text{C}) = C_{10} (100^\circ\text{C} - T_f) \quad [\text{esercizio 4}]$$

$$T_f = (C_{50} 29^\circ\text{C} + C_{10} 100^\circ\text{C}) / (C_{50} + C_{10}) \rightarrow t_f = 40,8^\circ\text{C}$$

TERMODINAMICA

9) (8 punti) Una macchina termica utilizza **una mole** di gas perfetto **biatomico** e compie il ciclo A→B→C→A dove la trasformazione A→B è isoterma, la trasformazione B→C è isobara e la trasformazione C→A è adiabatica. Sapendo che $p_A = 200 \text{ kPa}$, $p_B = 100 \text{ kPa}$ e $V_A = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ricavare, dopo aver disegnato la trasformazione:

- i valori di pressione, volume e temperatura in A, B, C
- il rendimento della macchina termica.



A: (200 kPa; $20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; 481,3 K)
 B: (100 kPa; $40 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; 481,3 K)
 C: (100 kPa; $32,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; 394,7 K)

$$pV = nRT \rightarrow T = pV/R$$

$$pV = nRT \rightarrow V = RT/p$$

$$pV = \text{cost}$$

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

$$p_A V_A^\gamma = p_C V_C^\gamma$$

$$200 \times 20^{1,4} = 100 \times V_C^{1,4}$$

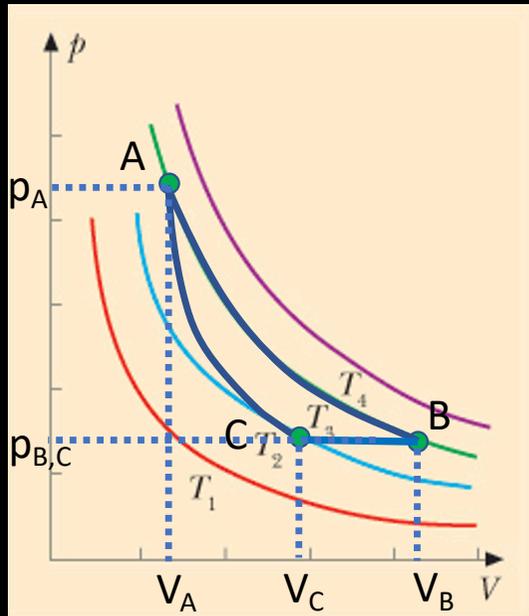
$$pV = nRT \rightarrow T = pV/R$$

$$\eta = 9,1 \%$$

TERMODINAMICA

9) (8 punti) Una macchina termica utilizza **una mole** di gas perfetto **biatomico** e compie il ciclo A→B→C→A dove la trasformazione A→B è isoterma, la trasformazione B→C è isobara e la trasformazione C→A è adiabatica. Sapendo che $p_A = 200 \text{ kPa}$, $p_B = 100 \text{ kPa}$ e $V_A = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ricavare, dopo aver disegnato la trasformazione:

- i valori di pressione, volume e temperatura in A, B, C
- il rendimento della macchina termica.



A: (200 kPa; $20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; 481,3 K)

B: (100 kPa; $40 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; 481,3 K)

C: (100 kPa; $32,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3$; 394,7 K)

$$\eta = L/Q_A = (L_{A \rightarrow B} + L_{B \rightarrow C} + L_{C \rightarrow A})/Q_{ASS} = 9,1 \%$$

$$L_{A \rightarrow B} = n RT \ln (V_B/V_A) = R 481,3 \ln(40/20)$$

$$L_{B \rightarrow C} = p (V_C - V_B) = 100 \text{ k} (32,8 - 40) \times 10^{-3}$$

$$L_{C \rightarrow A} = -n c_v (T_A - T_C) = -5/2 R (481,3 - 394,7)$$

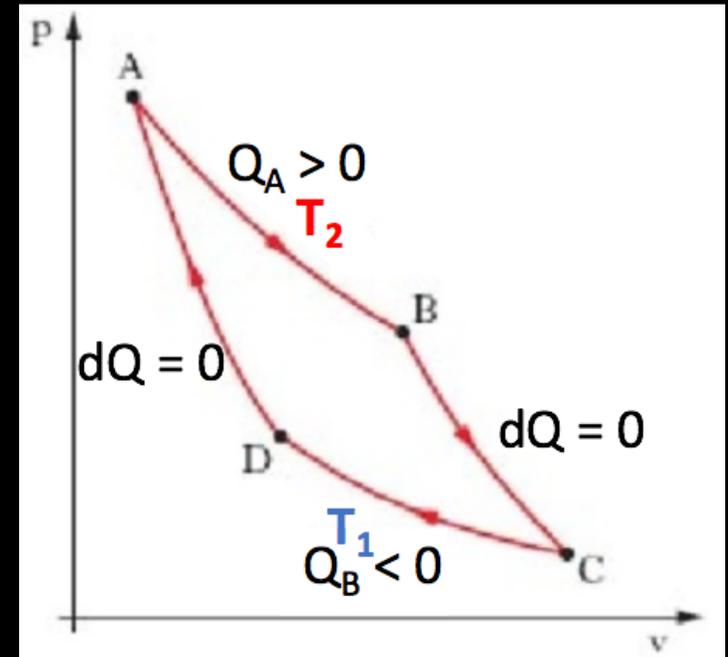
$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - 394,7/481,3 = 18\%$$

$$Q_{ASS} = L_{A \rightarrow B} = n RT \ln (V_B/V_A) = R 481,3 \ln(40/20)$$

TERMODINAMICA

10) (7 punti) Calcolare il rendimento di una macchina termica operante con un ciclo di Carnot mediante un gas perfetto monoatomico che durante la compressione adiabatica dimezza il suo volume (disegnare la trasformazione e porre agli estremi dell'adiabatica $V_2 = 2 V_1$)

$$V_D = 2 V_A \quad pV^\gamma = \text{cost} \quad pV = nRT \rightarrow p = nRT/V$$
$$pV^\gamma = nRTV^{\gamma-1} = \text{cost} \rightarrow TV^{\gamma-1} = \text{cost}$$
$$T_D V_D^{\gamma-1} = T_A V_A^{\gamma-1}$$
$$T_D/T_A = (V_A/V_D)^{\gamma-1} = (1/2)^{5/3-1} = 0,63$$
$$\eta = 1 - T_D/T_A = 37 \%$$



TERMODINAMICA

8) (7 punti) Una mole di gas perfetto monoatomico alla temperatura $T_1 = 600$ K compie un'espansione adiabatica che ne aumenta il volume da $V_1 = 1$ m³ a $V_2 = 2$ m³. Calcolare la temperatura finale del gas e il lavoro compiuto nell'espansione.

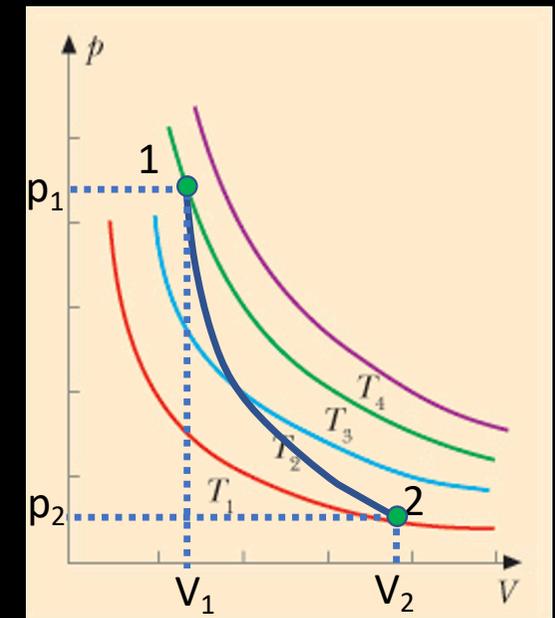
$$TV^{\gamma-1} = \text{cost} \quad T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma-1} = (1/2)^{5/3-1} = 0,63$$

$$T_2 = 600 \text{ K} \times 0,63 = 378 \text{ K}$$

$$L = -\Delta U = -n c_v (T_2 - T_1) = -3/2 R (378 - 600) = 2765 \text{ J}$$

ADIABATICA



Fondamenti di fisica generale

esonero:

5 esercizi in due ore (NON a risposta multipla)

meet + exam.net

documenti identità... prenotazioni →

Lunedì 21 dicembre 2020

11:00 →

(2 ore dall'inizio)

<https://meet.google.com/khp-neqs-kgd>

RICEVIMENTO ASINCRONO:

scrivere a

adalberto.sciubba@uniroma1.it

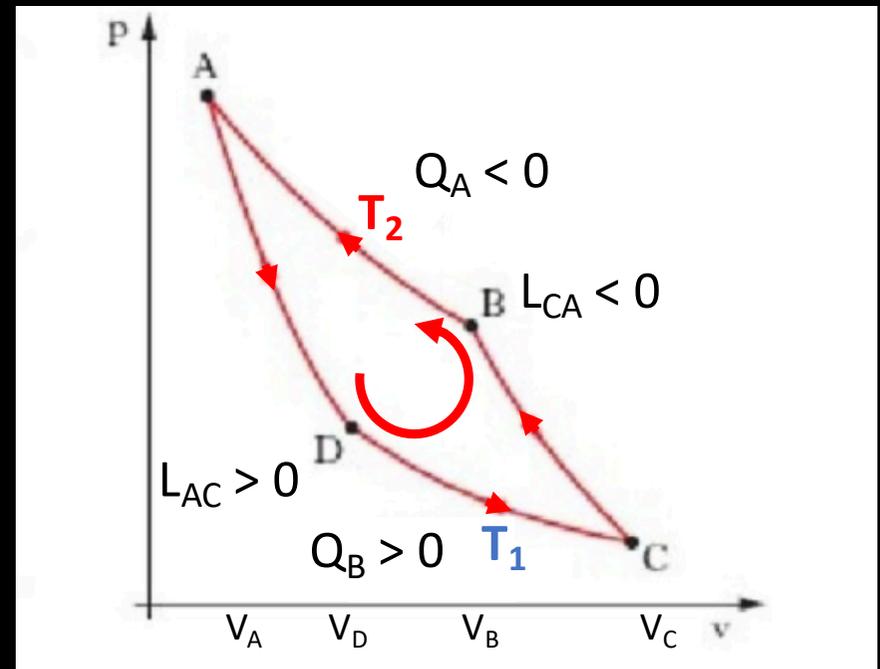
TERMODINAMICA

7) (7 punti) Un frigorifero viene utilizzato per congelare acqua liquida a 0°C scambiando calore con l'ambiente a 40°C. Assumendo che il frigorifero sia una macchina termica reversibile calcolare quanta energia occorre per congelare 100 litri d'acqua.

$$Q_B = 100 \text{ kg} \times 333 \text{ kJ/kg} = 33,3 \text{ MJ}$$

$$\text{COP} = Q_B/L = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = (273/40) = 6,82$$

$$\rightarrow L = Q_B/\text{COP} = 33,3 \text{ MJ}/6,82 = 4,88 \text{ MJ}$$

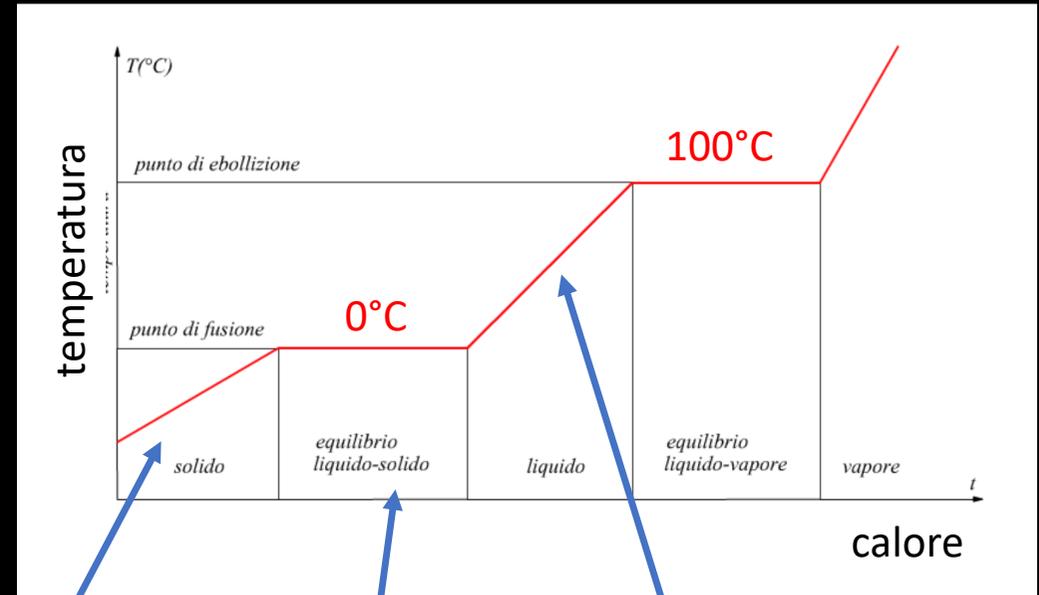


TERMODINAMICA

4) (6 punti) In contenitore adiabatico, una massa $m_{gh} = 2 \text{ g}$ di ghiaccio a temperatura $t_{gh} = -10^\circ\text{C}$ viene mescolata con una massa m_{H_2O} di acqua a $t_{H_2O} = 20^\circ\text{C}$. Raggiunto l'equilibrio termico si ha solo liquido a $t_f = 5^\circ\text{C}$. Determinare m_{H_2O} .

$$c_{gh} m_{gh} (0^\circ\text{C} - t_{gh}) + \lambda_f m_{gh} + c_{H_2O} m_{gh} (t_f - 0^\circ\text{C}) = c_{H_2O} m_{H_2O} (t_{H_2O} - t_f)$$

$$m_{H_2O} = 11,2 \text{ g} \rightarrow 11,9$$



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

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

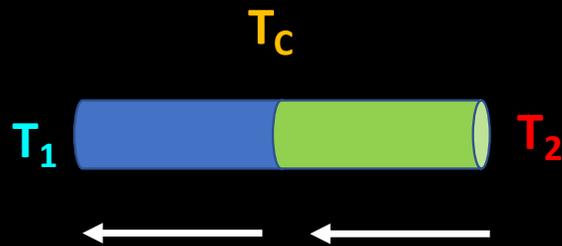
$c_l = Q/(m\Delta T)$
calore specifico
acqua liquida
4,186 kJ/kgK

TERMODINAMICA

1) (5 punti) Un'asta di sezione S , lunghezza L e conducibilità termica k_1 è collegata da un lato a una sorgente termica a temperatura T_1 e dall'altra a una seconda asta geometricamente identica ma con conducibilità termica k_2 . L'altra estremità della seconda asta è collegata ad una seconda sorgente a temperatura $T_2 > T_1$.

Determinare la temperatura T_c di equilibrio nel punto di contatto delle due aste.

[la quantità di calore dQ/dt che nell'unità di tempo (potenza termica) attraversa le due sbarre è la stessa]



$$dQ/dt = k_1(T_c - T_1)S/L \quad dQ/dt = k_2(T_2 - T_c)S/L$$

$$k_1(T_c - T_1)S/L = k_2(T_2 - T_c)S/L \quad \rightarrow \quad T_c = (k_1T_1 + k_2T_2)/(k_1 + k_2)$$

TERMODINAMICA

6) (5 punti) Con un apparato simile a quello utilizzato da Joule si vuole determinare l'innalzamento di temperatura di una massa $m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \text{ g}$ d'acqua chiusa in un calorimetro in cui un mulinello trasforma in calore l'energia totalmente dissipata per attrito viscoso da due masse $m = 2 \text{ kg}$ che scendono, partendo da ferme, per $h = 2 \text{ m}$.

$$2 m g h = c m_{\text{H}_2\text{O}} \Delta T \rightarrow \Delta T = 0,19^\circ\text{C}$$

TERMODINAMICA

3) (4 punti) La colonna di liquido di un termometro ha un'altezza $h_1 = 2$ cm quando il bulbo è alla temperatura del ghiaccio fondente e $h_2 = 14$ cm quando è in equilibrio con acqua all'ebollizione.

A quale temperatura t_x l'altezza è $h_x = 5$ cm?

Il coefficiente di dilatazione del liquido (volumica) è $3\alpha = 4 \times 10^{-4}/K$ e il bulbo termometrico ha un volume di $0,6$ cm³. Determinare la sezione s del capillare.

$$t_x = (h_x - h_1) \times (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) / (h_2 - h_1) + 0^\circ\text{C} \rightarrow t_x = 25^\circ\text{C}$$

$$(h_2 - h_1) s / V = 3\alpha \cdot 100^\circ\text{C} \rightarrow s = 0,2 \text{ mm}^2$$

TERMODINAMICA

2) (4 punti) Con un metro a nastro di acciaio viene misurata a 10°C la lunghezza $l_{Al} = 4$ m di una sbarra di alluminio. Si ripete la stessa misura a 30°C. Quanto vale la nuova lunghezza l_{30} e quanto indica il metro a nastro

l_{30}' ?

$$\alpha_{Al} = 23 \times 10^{-6}/K \quad \alpha_{acc} = 12 \times 10^{-6}/K$$

$$l_{30} = l_{10} (1 + \alpha_{Al} \Delta T) = 4,00184 \text{ m}$$

$$l_{30}' = l_{30} - \Delta l_{acc} \quad \Delta l_{acc} = l_{10} \alpha_{acc} \Delta T \rightarrow l_{30}' = 4,00088 \text{ m}$$

Fondamenti di fisica generale

RICEVIMENTO ASINCRONO:

scrivere a

adalberto.sciubba@uniroma1.it

Martedì 15 gennaio 2021

11:00-13:00

(11:15-12:45)

meet.google.com/xsc-vwjs-msg