

NOME/COGNOME

Si valuteranno solo risultati il cui procedimento usato per arrivarvi e' chiaro.

PROBLEMA I

Un cubetto di ghiaccio di massa $m = 50,0g$ alla temperatura del congelatore di $t_g = -10,0^\circ C$ viene immerso in un calorimetro in cui vi sono $M = 400g$ d'acqua alla temperatura $t_a = 20,0^\circ C$. Si assuma l'ambiente adiabatico. Dopo aver introdotto il cubetto di ghiaccio, si calcoli la temperatura finale $t_f > 0^\circ C$ del liquido. Calore specifico del ghiaccio $c_g = 0.5 \text{ cal}/(g^\circ K)$; Calore di fusione del ghiaccio $C_{fus} = 80 \text{ cal}/g$.

$$m c_g (0 - t_g) + C_{fus} m + m c_a (t_f - 0) + M c_a (t_f - t_a) = 0$$

$$\text{So, } 0,5 \cdot 10 + 80 \cdot 50 + 50 t_f + 400 t_f - 400 \cdot 20 = 0$$

$$250 + 4000 + 50 t_f + 400 t_f - 8000 = 0$$

$$450 t_f = 3750 \quad t_f = \frac{3750}{450} = 8,3^\circ C$$

$$t_f = \frac{7750}{650} = 11,9^\circ C$$

PROBLEMA II

Si richiedono le risposte nel sistema MKS.

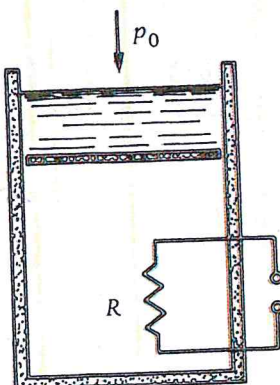
Un recipiente cilindrico adiabatico ha come coperchio un pistone adiabatico e mobile ed e' diviso in due parti da un disco adiabatico a tenuta perfetta (vedi figura). Il disco che ha area $S = 126 \text{ m}^2$ e massa trascurabile, e' libero di scorrere senza attrito. Nella parte inferiore del recipiente e' contenuto un gas perfetto, nell'altra e' presente una massa m di liquido che si assume incompressibile.

Il liquido ha calore specifico $c = 0,610 \text{ cal}/(g^\circ C)$, una massa $m = 24,0 \text{ kg}$ (e quindi si ricorda che esercita una forza peso $P = mg$ dove $g = 9,81 \text{ m/s}^2$), ed e' soggetto alla pressione atmosferica $p_0 = 1 \text{ atm}$.

Nelle condizioni iniziali il liquido e il gas si trovano entrambi alla temperatura $T_1 = 300 \text{ K}$ ed il gas occupa il volume $V_1 = 25,0 \text{ dm}^3$. A partire da queste condizioni, per mezzo della resistenza R , si riscalda il gas reversibilmente somministrandogli la quantita' di calore $Q = 1,26 \cdot 10^4 \text{ J}$. Una volta raggiunto l'equilibrio, si osserva che ha assunto la temperatura $T_2 = 900 \text{ K}$. In questa prima del processo (in cui il disco e' mobile e adiabatico), determinare: 1) la pressione p_1 del gas nel momento iniziale; 2) il numero di moli n ; 3) il numero l di gradi di liberta' delle sue molecole. Cosa si puo' dire di questo gas? 4) il lavoro W compiuto dal gas nel processo.

Seconda parte del processo: successivamente alla fase sopra, si blocca il disco e lo si rende permeabile al calore rendendo possibili gli scambi termici tra i due fluidi. 5) Si determini la nuova temperatura di equilibrio T_e . Noti qualcosa?

6) Si determini la variazione di entropia del gas (ΔS) durante l'intero processo (prima piu' seconda parte).



$$1) p_1 = p_0 + \frac{\rho g h}{s} = \underline{1,013 \cdot 10^5} + \frac{24 \cdot 9,81}{126} \sim \underline{1,01 \cdot 10^5} \text{ Pa}$$

ok anche
 $1,00 \cdot 10^5$

$$2) p_1 V_1 = n R T_1 \quad n = \frac{p_1 V_1}{R T_1} = \frac{1,01 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = \underline{1,01} \text{ mole}$$

isobara

$$3) Q = n C_p \Delta T = n \frac{\ell+2}{2} R (T_2 - T_1)$$

$$\ell+2 = \frac{2Q}{nR(T_2 - T_1)}$$

$$e = \frac{2Q R T_1}{p_1 V_1 R (T_2 - T_1)} - 2 = \frac{2 \cdot 1,50 \cdot 10^4 \cdot 300}{1,01 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 600} - 2 =$$

$$= \frac{8,32 - 2 = 6,32}{5,94 - 2 = 3,94}$$

(misto, es. monoatomico $\ell=3$ + biatomico $\ell=5$)

misto
di
+ comp. di
gas
biatomico
monoatomico
+ altro

$$C_v = \frac{\ell}{2} R \quad C_p = \frac{\ell+2}{2} R$$

$$4) W = p_1 (V_2 - V_1) = p_1 V_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 1,01 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^3 (3 - 1) = \underline{5,05 \cdot 10^3} \text{ J}$$

isocora

$$5) n c (T_e - T_1) + n C_v (T_e - T_2) = 0$$

$$1,01 \cdot \frac{3,94}{2} R \cdot R$$

$$T_e = \frac{n c T_1 + n C_v T_2}{n c + n C_v} = \frac{24 \cdot 0,610 \cdot 4186 \cdot 300 + \sqrt{\quad}}{24 \cdot 0,610 \cdot 4186 + 1,01 \cdot \frac{3,94}{2} R} =$$

$$= \underline{300} \text{ K}$$

il gas ha una costante capacitativa termica rispetto a l'equivalente!

6) lento = rev.

$$\text{isob} \quad \Delta S_p = \int \frac{dQ}{T} = n C_p \int \frac{dT}{T} = n C_p \ln T \Big|_{T_1}^{T_2} = n \frac{\ell+2}{2} R \ln \frac{T_2}{T_1} =$$

$$= 1,01 \cdot \frac{5,94}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln 3 = \underline{27,4} \text{ J/K}$$

$$\text{isoc.} \quad \Delta S_c = n C_v \ln T \Big|_{T_2}^{T_e} = n C_v \ln \frac{300}{900} = -1,01 \cdot \frac{3,94}{2} \cdot 8,31 \ln 3 =$$

$$= -18,2 \text{ J/K} \quad \quad \quad 9,20 \text{ J/K}$$

$$\Delta S = \Delta S_p + \Delta S_c = 27,4 - 18,2 = 9,20 \text{ J/K}$$

NOME E COGNOME

1) Devo determinare il volume V di un cubo di lato $l = 10 \pm 1$ m. Dare formula dell'errore e poi risultato numerico per il volume e suo errore $V = \dots$

2) Strumenti di misura: cose' la portata? Perche' e' importante?

3) Qual e' la formula del periodo di un pendolo? Nel nostro esperimento in laboratorio, qual e' stata la misura che ci ha portato via piu' tempo? Una misura cosi' complessa deriva dal fatto che siamo in presenza di errori ... (cosa?).

4) Quando possiamo dire che il moto di un punto materiale e' oscillatorio (=perico)? E quando e' anche armonico?

5) Come rappresentesti il campo gravitazionale della forza peso?

6) Scrivere la formula della forza di gravita' (vettoriale) spiegandola con un grafico.

7) Scrivere la formula della energia potenziale associata alla forza di gravita'. Per ricavarla, da che definizione partiresti?

8) Scrivi la legge di Stevino. Si puo' applicare anche all'aria? Commenta in breve.

9) Se parliamo di un fluido, cosa è la portata? Si dice che la "portata si conserva", ma è vero sempre o solo che il fluido abbia una certa proprietà? Quale?

10) Spiega la spinta di Archimede (senza fare dimostrazioni complesse!).

11) Spiega a parole e con una formula il fatto che l'energia interna U è una funzione di stato.

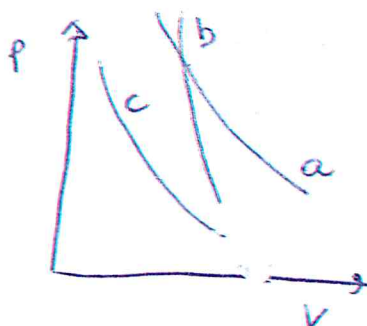
12) Quale principio esclude che si possa produrre lavoro dal nulla (perpetuum mobile di prima specie)? Scrivi la formula del principio dicendo cosa intendi per i simboli che usi.

13) Scrivi la formula del lavoro W in termodinamica e fai vedere cosa risulta in una trasformazione isoterma di un gas perfetto.

14) Un gas di pressione $p = 10$ atm raddoppia il suo volume espandendosi nel vuoto, quanto lavoro W compie?

15) Descrivi brevemente una macchina di Carnot e scrivi la formula per il rendimento.

16) Nel grafico P vs. V hai due isoterme (a temperature $T_{low} < T_{high}$) e una adiabatca, indicare quali sono.



NOME/COGNOME

Si valuteranno solo risultati il cui procedimento usato per arrivarvi e' chiaro.

PROBLEMA I

Un cubetto di ghiaccio di massa $m = 50,0\text{g}$ alla temperatura del congelatore di $t_g = -10,0^\circ\text{C}$ viene immerso in un calorimetro in cui vi sono $M = 400\text{g}$ d'acqua alla temperatura $t_a = 20,0^\circ\text{C}$. Si assuma l'ambiente adiabatico. Dopo aver introdotto il cubetto di ghiaccio, si calcoli la temperatura finale $t_f > 0^\circ\text{C}$ del liquido. Calore specifico del ghiaccio $c_g = 0.5\text{ cal}/(\text{g}\cdot\text{K})$; Calore di fusione del ghiaccio $C_{fus} = 80\text{ cal/g}$.

$$m \cdot c_g \cdot (t_f - t_g) + C_{fus} \cdot m + m \cdot c_w \cdot (t_f - 0) + M \cdot c_w \cdot (t_f - t_a) = 0$$

$$50 \cdot 0,5 \cdot (-10) + 80 \cdot 50 + 50 t_f + 400 \cdot 1 \cdot t_f - 400 \cdot 20 = 0$$

$$250 + 4000 + 50 t_f - 8000 + 400 t_f = 0$$

$$450 t_f = 3750 \quad t_f = \frac{3750}{450} = 8,3^\circ\text{C}$$

$$t_f = \frac{7750}{650} = 11,9^\circ\text{C}$$

PROBLEMA II

Si richiedono le risposte nel sistema MKS.

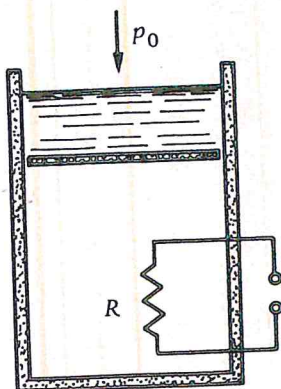
Un recipiente cilindrico adiabatico ha come coperchio un pistone adiabatico e mobile ed e' diviso in due parti da un disco adiabatico a tenuta perfetta (vedi figura). Il disco che ha area $S = 126\text{ cm}^2$ e massa trascurabile, e' libero di scorrere senza attrito. Nella parte inferiore del recipiente e' contenuto un gas perfetto, nell'altra e' presente una massa m di liquido che si assume incompressibile.

Il liquido ha calore specifico $c = 0,610\text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$, una massa $m = 24,0\text{ kg}$ (e quindi si ricorda che esercita una forza peso $P = mg$ dove $g = 9,81\text{ m/s}^2$), ed e' soggetto alla pressione atmosferica $p_0 = 1\text{ atm}$.

Nelle condizioni iniziali il liquido e il gas si trovano entrambi alla temperatura $T_1 = 300\text{ K}$ ed il gas occupa il volume $V_1 = 25,0\text{ dm}^3$. A partire da queste condizioni, per mezzo della resistenza R , si riscalda il gas reversibilmente somministrandogli la quantita' di calore $Q = 1,26 \cdot 10^4\text{ J}$. Una volta raggiunto l'equilibrio, si osserva che ha assunto la temperatura $T_2 = 900\text{ K}$. In questa prima del processo (in cui il disco e' mobile e adiabatico), determinare: 1) la pressione p_1 del gas nel momento iniziale; 2) il numero di moli n ; 3) il numero l di gradi di liberta' delle sue molecole. Cosa si puo' dire di questo gas? 4) il lavoro W compiuto dal gas nel processo.

Seconda parte del processo: successivamente alla fase sopra, si blocca il disco e lo si rende permeabile al calore rendendo possibili gli scambi termici tra i due fluidi. 5) Si determini la nuova temperatura di equilibrio T_e . Noti qualcosa?

6) Si determini la variazione di entropia del gas (ΔS) durante l'intero processo (prima piu' seconda parte).



$$1) P_2 = P_0 + \frac{\rho h}{S} = 1,013 \cdot 10^5 + \frac{126 \cdot 10^{-4}}{126 \cdot 10^{-4}} = 1,20 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$2) P_1 V_1 = n R T_1 \quad n = \frac{P_1 V_1}{R T_1} = \frac{1,20 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = 1,2 \text{ moli}$$

isobore

$$3) Q = n C_p \Delta T = n \frac{l+2}{2} R (T_2 - T_1) =$$

anziché =

$$\rightarrow Q = 2,1 \cdot 10^4$$

$$l+2 = \frac{2Q}{n R (T_2 - T_1)} = \frac{2 \cdot 1,50 \cdot 10^4}{1,2 \cdot 8,31 (900 - 300)} \approx 5$$

oppure
$$e = \frac{2Q R T_1}{P_1 V_1 (T_2 - T_1)} - 2 = \frac{2Q T_1}{P_1 V_1 (T_2 - T_1)} - 2 =$$

$\rightarrow l \approx 3$
 $e = 5$
biatomic

$$= \frac{2 \cdot 1,50 \cdot 10^4 \cdot 300}{1,2 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 600} - 2 = 5 - 2 = 3$$

mono atomic

$$4) W = P_2 (V_2 - V_1) = P_1 V_1 \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right) = 1,2 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-3} (3 - 1) = 6,00 \cdot 10^3 \text{ J}$$

ISOCORA

$$5) n c (T_e - T_2) + n C_v (T_2 - T_1) = 0$$

$$T_e = \frac{n C T_1 + n C_v T_2}{n c + n C_v} = \frac{24 \cdot 0,610 \cdot 4186 \cdot 300 + 12 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 900}{24 \cdot 0,610 \cdot 4186 + 12 \cdot \frac{3}{2} \cdot 8,31} =$$

$$\approx 300 \text{ K}$$

$$= \approx 300 \text{ K}$$

il gas ha una ridotta capacità termica rispetto al hp.

isob.

$$6) \Delta S_p = \int \frac{dQ}{T} = n C_p \int \frac{dT}{T} = n C_p \left(\ln T \right)_{T_1}^{T_2} = n \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot \ln \frac{900}{300} =$$

$$= +27,4 \text{ J/K}$$

isocore

$$\Delta S_v = n C_v \left(\ln T \right)_{T_1}^{T_e} = n C_v \ln \frac{300}{900} =$$

$$= 12 \cdot \frac{3}{2} R \ln \left(-\frac{1}{3} \right) = -16,4 \text{ J/K}$$

$$= 12 \cdot \frac{3}{2} R \ln \left(-\frac{1}{3} \right) = -16,4 \text{ J/K}$$

$\frac{5}{2}$

$$\rightarrow = -\ln(3)$$

$$\Delta S = \Delta S_p + \Delta S_v = 27,4 - 16,4 = 11,0 \text{ J/K}$$

