

# Corso di Laurea Ing. EA – “Compito per casa di Fisica” n. 7 - 28/3/2006

Nome e cognome: ..... Matricola: .....

*Istruzioni: riportate i risultati, sia letterali che numerici, se richiesti, in questo foglio; allegare “brutte copie” o altri documenti che ritenete utili. Le risposte non adeguatamente giustificate non saranno prese in considerazione*

1. Un pezzetto di “acqua allo stato solido” (cioè ghiaccio!) di massa  $m = 18$  g, che si trova inizialmente alla temperatura  $T_0 = -20$  °C, viene messo in un recipiente chiuso di **capacità termica trascurabile**. Il recipiente viene quindi posto a contatto con un riscaldatore di potenza **costante**  $W = 60$  W. Nello svolgimento, supponete che tutto il calore prodotto dal riscaldatore venga assorbito dal ghiaccio, trascurando ogni possibile fenomeno di dissipazione termica.

a) Quanto vale l'intervallo **minimo** di tempo,  $\Delta t_I$ , per il quale il riscaldatore deve essere tenuto acceso affinché il ghiaccio passi **interamente** allo stato liquido? [Assumete che il calore latente di fusione dell'acqua sia  $c_{LF} = 3.3 \times 10^5$  J/Kg, e prendete come calore specifico del ghiaccio nell'intervallo di temperatura considerato il valore **costante**  $c_G = 2.0 \times 10^3$  J/(Kg K)]

$\Delta t_I = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$  Kg/m<sup>3</sup>

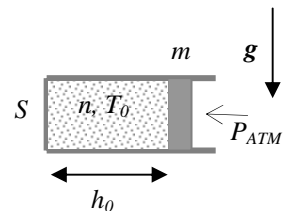
b) Immaginate ora di aver riscaldato il recipiente al punto che tutto il ghiaccio è stato convertito in vapore, che si trova alla temperatura  $T_I = 100$  °C. Sapendo che il recipiente è costituito da un cilindro di sezione di base  $S = 50$  cm<sup>2</sup> ed altezza  $h = 10$  cm, e sapendo che la pressione atmosferica che agisce dall'esterno sulle pareti del recipiente (supposte di massa trascurabile) vale  $P_{ATM} = 1.0 \times 10^5$  Pa, quanto vale il modulo della forza  $F$  che agisce sul tappo del recipiente? [Approssimate il vapore come un gas perfetto; ricordate che la massa atomica della molecola di acqua vale  $\mu = 18$  uma, e che la costante dei gas perfetti vale  $R = 8.3$  J/(K mole)]

$F = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$  N

c) Dopo che il vapore ha raggiunto la temperatura  $T_I$  nel recipiente viene introdotto un blocchetto di rame, di massa  $m_R = 50$  g e temperatura iniziale  $T_2 = 500$  °C. Supponendo che gli scambi di calore avvengano solo tra vapore di acqua ed alluminio e che non ci sia alcuna dissipazione di calore, quanto vale la temperatura di equilibrio  $T$  del sistema? [Ponete i valori costanti  $c_A = 2.2 \times 10^3$  J/(Kg K) e  $c_R = 4.0 \times 10^2$  J/(Kg K) per i calori specifici rispettivamente di vapore acqueo e rame nelle condizioni considerate]

$T = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$  °C

2. Un campione di gas perfetto monoatomico è contenuto in un recipiente cilindrico di sezione di base  $S = 8.3$  cm<sup>2</sup> dotato di un tappo di massa  $m = 1.0$  Kg scorrevole senza attrito. Il recipiente ha pareti (e tappo) fatti di materiale **isolante termico** è disposto con il suo asse in direzione **orizzontale** e la pressione esterna è quella atmosferica, che vale  $P_{ATM} = 1.0 \times 10^5$  Pa. Il sistema è in **equilibrio** quando il gas si trova alla temperatura  $T_0 = 300$  K e la “lunghezza della colonna di gas” vale  $h_0 = 30$  cm (vedi figura).



a) Quanto vale il numero di moli  $n$  che costituiscono il campione di gas? [Attenti ai trabocchetti, ed usate il valore  $R = 8.3$  J/(K mole) per la costante dei gas perfetti]

$n = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots$  moli

b) Si supponga ora che una forza esterna agisca sul tappo in modo da comprimere il gas, facendogli compiere una trasformazione reversibile. Sapendo che il lavoro compiuto dalla forza esterna vale  $L_{EXT} = 3.7 \times 10^2$  J e ricordando che **il recipiente non consente scambio di calore con l'esterno** a causa della presenza di materiale termicamente isolante, quanto vale la temperatura  $T_I$  del gas al termine della compressione? [Può farvi comodo ricordare che, per un gas perfetto monoatomico, il calore specifico molare a volume costante vale  $c_V = (3/2)R$ ; fate attenzione al fatto che un lavoro positivo fatto da un operatore esterno sul gas equivale ad un lavoro negativo fatto dal gas ...]

$T_I = \dots\dots\dots \sim \dots\dots\dots$  K

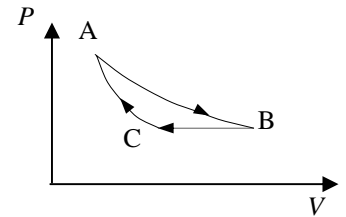
c) Quanto vale la lunghezza della colonna di gas  $h_I$  al termine della compressione? [Può servirvi ricordare che le adiabatiche reversibili hanno equazione di stato  $PV^\gamma = costante$ , dove  $\gamma = c_P/c_V$ , con  $c_P = (5/2)R$  per un gas perfetto monoatomico]

$h_I = \dots \sim \dots \text{ cm}$

d) A questo punto il tappo viene bloccato nella posizione che ha raggiunto (cioè la lunghezza della colonna di gas viene fissata al valore  $h_I$ ) e il recipiente, supposto di **capacità termica trascurabile**, viene messo a contatto termico con un "termostato" (una grande "massa termica") che si trova alla temperatura  $T_0 = 300 \text{ K}$ ; trascorso un certo tempo, il sistema si porta all'equilibrio alla temperatura  $T_0$ . Supponete che in questo processo il calore possa essere scambiato solo tra il gas e il termostato, cioè trascurate ogni forma di dissipazione di calore. Quanto vale il calore  $Q$  che viene scambiato tra gas e termostato?

$Q = \dots \sim \dots \text{ J}$

3. Una macchina termica che opera con una quantità  $n$  di moli di gas (**non necessariamente perfetto!!**) opera su un ciclo termodinamico costituito dalla successione di una espansione isoterma, una compressione isobara ed una compressione adiabatica. La figura rappresenta il ciclo sul piano  $PV$ ; sono noti la temperatura  $T_A$ , la pressione  $P_A$  ed il volume  $V_A$  riferiti al punto A ("il punto di partenza" del ciclo) e si sa che  $V_B = 8V_A$  e  $V_C = 4V_A$ .



a) Supponendo che tutte le tre trasformazioni siano reversibili, cioè che le equazioni di stato abbiano le ben note espressioni, quanto valgono le temperature  $T_B$  e  $T_C$ ? [Non essendoci valori numerici, esprimete il risultato in funzione dei dati letterali del problema!]

$T_B = \dots$

$T_C = \dots$

b) Ricordando che, per un'adiabatica reversibile, si ha l'equazione di stato  $TV^{\gamma-1} = \text{costante}$ , quanto vale il parametro  $\gamma$  per il gas considerato? [Non è perfetto, e quindi il valore di  $\gamma$  può essere arbitrario! In questo caso potete, anzi, dovete, dare il valore numerico di  $\gamma$ !]

$\gamma = \dots$

c) Supponendo noto il valore  $c_p$  del calore specifico molare del gas a pressione costante, quanto valgono i calori  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$  scambiati dal gas nelle tre trasformazioni (isoterma, isobara, adiabatica)? [Supponete che, anche per questo gas non perfetto, si possa scrivere  $PV = nR'T$ , con  $R'$  costante di valore diverso dalla costante dei gas perfetti]

$Q_1 = \dots$

$Q_2 = \dots$

$Q_3 = \dots$

d) Quanto vale l'efficienza  $\eta$  del ciclo, cioè il rapporto tra lavoro meccanico fatto dal gas in un ciclo,  $L_{TOT}$ , e calore  $Q_{ASS}$  **assorbito** dal gas nello stesso ciclo?

$\eta = \dots$