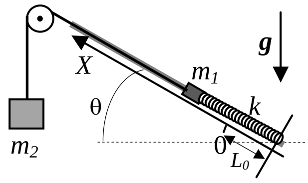
Corso di Laurea Ing. E-A – ESAME DI FISICA GENERALE - 8/6/2012

Nome e cognome: …………………………………………………… Matricola: ……………

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

--- *PARTE 1*

1. Un manicotto (puntiforme!) di massa $m_1 = m = 0.10$ kg è vincolato a scorrere con attrito trascurabile lungo una guida fissa e rigida (un tondino) che forma un angolo $\theta = \pi/6$ rispetto all'orizzontale. Il manicotto è solidale all'estremo di una molla di massa trascurabile, costante elastica $k = 4.9$ N/m e lunghezza di riposo L_0 (incognita), il cui altro estremo è fissato a un muretto che sorge alla base del piano inclinato. Al manicotto è anche attaccato il capo di una fune inestensibile e di massa trascurabile il cui altro capo è vincolato a una massa $m_2 = 2m = 0.20$ kg libera di muoversi in direzione verticale.



Come si vede in figura, la fune passa per la gola di una puleggia **di massa trascurabile** che scorre con attrito trascurabile attorno al proprio asse. Per la soluzione del problema fate riferimento a un asse X parallelo al tondino, orientato verso l'alto e centrato in modo tale che, quando il manicotto si trova nella posizione $x = 0$, la molla assume la propria lunghezza di riposo. [Usate $g = 9.8$ m/s^2 per il modulo dell'accelerazione di gravità. Ricordate che $sin(\pi/6) = ½$ e $cos(\pi/6) = 3^{1/2}/2$ con $3^{1/2} \sim 1.73$. Ovviamente l'asse della molla e il tratto di fune dal manicotto alla puleggia hanno la stessa direzione del tondino]

a) Qual è la posizione di equilibrio x_{EQ} del manicotto? [Esprimetela rispetto al sistema di riferimento dato]

x_{EQ} = …………………………………… = ……… m $(mg/k)(2\text{-}sin\theta) = 3mg/(2k) = 0.30$ m   [detto T il modulo della tensione della fune, che, essendo la puleggia priva di massa e dunque di momento di inerzia è lo stesso ai due estremi della fune stessa, l'equazione del moto del manicotto rispetto all'asse X si scrive: $a_1 = -(k/m_1)x\text{-}gsin\theta+T/m_1$. Notate che in questa equazione abbiamo fatto uso della considerazione espressa nel testo a proposito dell'origine del riferimento, per la quale, in sostanza, è come se la lunghezza di riposo della molla fosse nulla (la distanza tra origine del'asse X ed estremo della molla vale L_0). L'equazione del moto della massa m_2, scegliendo un asse verticale orientato verso il basso, è invece: $a_2 = g\text{-}T/m_2$. A causa dell'inestensibilità della fune (e della scelta dei riferimenti, per quanto riguarda il segno), si ha $a_1 = a_2$. Risolvendo il sistema delle tre equazioni per a_1 si ha: $a_1 = (-kx\text{-}m_1gsin\theta+m_2g)/(m_1+m_2)=(-kx+mg(2\text{-}sin\theta))/(3m)$, dove abbiamo usato la relazione tra le masse. La posizione di equilibrio si trova imponendo $a_1(x_{EQ}) = 0$]

b) Come si scrive la funzione $T(x)$ che esprime il modulo della tensione della fune per una posizione (generica) x del manicotto? [Fate sempre uso del riferimento dato e **non** usate valori numerici]

$T(x)$ = …………………………………… $(km_2x+m_1m_2g(1+sin\theta))/(m_1+m_2) = (2k/3)x+mg$ [risolvendo il sistema di equazioni di cui sopra per l'incognita T si ha la soluzione, dove si è fatto anche uso della relazione tra le masse data nel testo]

c) Supponete che il manicotto venga spostato dalla posizione di equilibrio x_{EQ} determinata prima fino alla posizione $x_0 = 0$ per qualche causa esterna (una manina) che, a $t_0 = 0$, viene rimossa istantaneamente lasciando il manicotto libero di muoversi con velocità iniziale nulla. Quanto vale la coordinata massima x_{MAX} che il manicotto raggiunge nel corso del moto successivo?

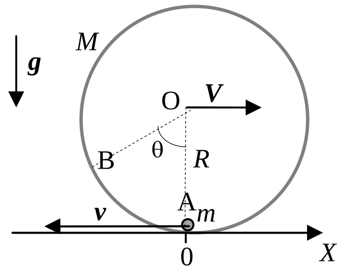
x_{MAX} = …………………………………… = …….. m $3mg/k = 0.60$ m   [per la mancanza di attriti, nel sistema si conserva l'energia meccanica, cioè $\Delta E_K + \Delta U_G+\Delta U_{ELA} = 0$. Dato che il manicotto veine fatto partire da fermo e che la coordinata massima si raggiunge quando la velocità è istantaneamente nulla, si ha $\Delta E_K = 0$. La variazione di energia potenziale dovuta alla forza peso è data dall'aumento di quota della massa m_1 e dalla diminuzione di quota della massa m_2. $\Delta U_G = m_1g\Delta h_1\text{-}m_2g\Delta h_2$, con $\Delta h_1 = \Delta h_2 sin\theta$ per ovvie considerazioni geometriche (la massa m_1 si muove in direzione inclinata, la massa m_2 in direzione verticale e la fune è inestensibile). Si ha inoltre $\Delta h_2 = x_{MAX}$ (la coordinata di partenza è nulla…), per cui $\Delta U_G = m_1gx_{MAX}sin\theta - m_2gx_{MAX} = mg(sin\theta\text{-}2)x_{MAX}= -3mgx_{MAX}/2$, dove abbiamo usato la relazione tra le masse e il valore di $sin\theta$. Ricordando che l'energia elastica della molla è, per la scelta del riferimento che è stata presa, $U_{ELA} = (k/2)x^2$, si ha $\Delta U_{ELA} = (k/2)x_{MAX}^2$. Di conseguenza si ottiene l'equazione: $0 = -3mgx_{MAX}/2+(k/2)x_{MAX}^2$ di cui una soluzione è nulla (e rappresenta la posizione iniziale del problema, in cui la velocità è anche nulla) e l'altra è quella indicata. Notate che alla stessa soluzione si può giungere esaminando la dinamica del manicotto, come fatto nella risposta successiva]

d) In quale istante t' viene raggiunta (per la prima volta) la coordinata x_{MAX} di cui sopra?

t' = …………………………………… ~ …….. s $\pi(3m/k)^{1/2} \sim 0.78$ s   [esaminando l'equazione del moto scritta alla risposta al punto a) si vede che essa è l'equazione di un moto armonico con pulsazione $\omega = (k/(m_1+m_2))^{1/2} = (k/(3m))^{1/2}$. L'oscillazione avviene attorno alla posizione di equilibrio x_{EQ} con un periodo $T = 2\pi/\omega$. Le condizioni iniziali sono tali che il moto ha inizio in uno dei due punti estremi dell'oscillazione. L'altro punto estremo si raggiunge dopo un tempo pari a metà periodo, da cui la soluzione. Notate che questo approccio permette di stabilire subito la coordinata x_{MAX} trovata sopra. Infatti tale posizione è "simmetrica" a quella di equilibrio rispetto a quella di partenza, cioè $x_{MAX} = |x_0\text{-}x_{MAX}|+x_{EQ} = 2x_{EQ}$]

--- *PARTE 2*

2. Un sistema è costituito da un "cerchione di bicicletta" (un guscio cilindrico **omogeneo** di spessore praticamente trascurabile), che ha raggio $R = 70$ cm e massa $M = 0.20$ kg, e da un corpo puntiforme di massa $m = M/5 = 4.0\text{x}10^{-2}$ kg. Il cerchione può ruotare senza strisciare (rotolamento puro) su una strada orizzontale, mentre il corpo puntiforme, che si trova appoggiato sulla superficie "interna" del cerchione (vedi figura), può scivolarvi sopra con **attrito trascurabile**. A un dato istante, la configurazione è quella di figura: il corpo puntiforme, che si trova nel punto più basso del cerchione (indicato con A in figura, nel seguito si farà riferimento alla situazione che si ha in questo istante come "configurazione A"), si muove con una velocità $\boldsymbol{v}$ diretta orizzontalmente verso la sinistra della figura; il centro di massa del cerchione (che sta facendo un moto di rotolamento rispetto alla strada) si muove con velocità $\boldsymbol{V}$ verso la destra della figura.



I moduli di queste velocità sono incogniti. A un istante successivo si osserva che entrambi gli oggetti (corpo puntiforme e cerchione) si arrestano istantaneamente: quando questo si verifica, il corpo puntiforme si viene a trovare, **relativamente al cerchione**, nella posizione indicata con B in figura. L'angolo indicato, misurato rispetto alla verticale, vale $\theta = \pi/3$. [Usate g =

9.8 m/s^2 per il modulo dell'accelerazione di gravità. Ricordate che $cos(\pi/3)$ = ½ e $sin(\pi/3)$ = $3^{1/2}/2$ con $3^{1/2}$ ~ 1.73; ai fini della soluzione supponete che la forza di attrito necessaria per il rotolamento puro del cerchione sia trascurabile]

a) Quanto vale lo spostamento ΔX del centro di massa **del cerchione** quando il corpo puntiforme passa dalla posizione A a quella B? [Esprimete lo spostamento usando l'asse indicato in figura, orizzontale e orientato verso la destra]

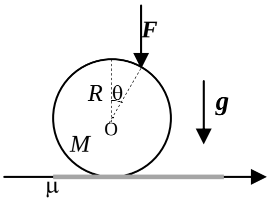
ΔX = …………………………….. ~ .... m $mRsin\theta/(m+M) = Rsin\theta/6$ ~ 0.10 m [per quanto stabilito nel testo, il sistema può essere considerato isolato lungo l'asse X (direzione orizzontale), dato che in tale direzione non agiscono su di esso forze esterne che non siano trascurabili. Di conseguenza il centro di massa dell'**intero sistema** ha accelerazione nulla (lungo X). All'istante "finale" (quello della configurazione B) tutti i componenti del sistema sono nulli, dunque nulla è la velocità del centro di massa del sistema. Poiché l'accelerazione è sempre nulla, si deduce che il centro di massa del sistema rimane sempre fermo. Allora lo spostamento orizzontale del centro di massa è $\Delta X_{CM} = 0$. Per definizione di posizione del centro di massa, si ha $\Delta X_{CM} = \Delta(mx+MX)/(m+M) = (m\Delta x+M\Delta X)/(m+M)$, dove Δx rappresenta lo spostamento orizzontale del corpo puntiforme **misurato rispetto alla strada**, e ΔX lo spostamento del centro di massa del cerchione (che ovviamente coincide con il suo centro geometrico, essendo il corpo omogeneo), misurato sempre rispetto alla strada. Inoltre abbiamo correttamente supposto che le masse non cambiassero nel processo. Si ha quindi: $0 = m\Delta x+M\Delta X$. Nel processo considerato lo spostamento del corpo puntiforme **relativo al cerchione** è $\Delta x' = -Rsin\theta$, dove il segno negativo è in accordo con l'orientazione del riferimento. Lo spostamento "assoluto", cioè rispetto alla strada, è dato dalla somma algebrica di tale spostamento relativo con lo spostamento **del cerchione**, cioè $\Delta x = \Delta x'+\Delta X = -Rsin\theta+\underline{\Delta X}$. Mettendo tutto assieme e risolvendo si ottiene la risposta]

b) Quanto valgono le velocità v e V del corpo puntiforme e del cerchione misurate nell'istante della "configurazione A"?

v = …………………………….. ~.......... m/s $-(5gR/7)^{1/2}$ ~ -2.2 m/s [nel sistema si conserva la quantità di moto totale lungo X, a causa dell'assenza di forze esterne in tale direzione, e l'energia meccanica, a causa dell'assenza di forze dissipative che facciano lavoro (il rotolamento puro del cerchione coinvolge solo attrito statico, che non compie lavoro). Per la conservazione della quantità di moto lungo X si ha, tenendo conto che nella "configurazione B" tutto è fermo e che il corpo puntiforme quando passa per la posizione A ha velocità diretta solo orizzontalmente, $0 = mv+MV$, da cui $v = -(M/m)V = -5V$. Per la conservazione dell'energia meccanica, tenendo conto che il corpo puntiforme sale per un tratto pari a $R(1-cos\theta)$, si ha $0 = \Delta E_K + \Delta U_G = -(m/2)v^2-(M/2)V^2-(I/2)\omega^2+ mgR(1-cos\theta) = -[(m/2)v^2+(M/2)V^2+(MR^2/2)\omega^2-mgR(1-cos\theta)]$, dove abbiamo usato il valore $I = MR^2$ per il momento di inerzia del cerchione (guscio cilindrico molto sottile). Usando la relazione tra le masse ed esplicitando il valore di $cos\theta$, e quindi usando la conservazione della quantità di moto e notando che il rotolamento puro implica $\omega = V/R$, si ottiene l'equazione: $(M/5)(25V^2)+ MV^2 + MV^2 -(M/5)gR=0$, da cui $V^2= gR/35$, ovvero $V = (gR/35)^{1/2}$, presa con il segno positivo in accordo con l'orientazione del riferimento. Inoltre, come già osservato, deve essere $v=-5V$ e quindi la soluzione, in cui il segno negativo indica che il movimento del corpo puntiforme avviene verso la sinistra della figura]

V = …………………………….. ~.......... m/s $(gR/35)^{1/2}$ ~ 0.44 m/s [vedi sopra]

3. Un cilindro pieno e omogeneo di massa M = 5.0 kg e raggio R = 80 cm si trova fermo e appoggiato su un pavimento orizzontale **scabro**, che presenta un coefficiente di attrito statico μ = 0.20. A un dato istante, sulla superficie laterale del cilindro, nel punto indicato in figura, viene applicata una forza verticale $\boldsymbol{F}$ diretta verso il basso, e di modulo F = 45 N: l'angolo indicato in figura, compreso tra il "raggio vettore" che porta al punto di applicazione della forza e la verticale, vale $\theta = \pi/6$. [Usate g = 9.8 m/s^2 per il modulo dell'accelerazione di gravità. Ricordate che $sin(\pi/6)$ = ½ e $cos(\pi/6)$ = $3^{1/2}/2$ con $3^{1/2}$ ~ 1.73]



a) Supponendo che il moto dovuto all'applicazione della forza $\boldsymbol{F}$ sia di **rotolamento puro**, quanto vale l'accelerazione a_{CM} del centro di massa del cilindro subito dopo l'applicazione della forza $\boldsymbol{F}$?

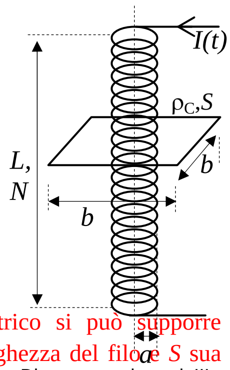
a_{CM} = ………………………………… = ……… m/s^2 $2Fsin\theta/(3M)$ = 3.0 m/s^2 [il moto del centro di massa del cilindro, che ovviamente può avvenire solo in direzione orizzontale, è dovuto alle sole forze che hanno tale direzione. Nel problema considerato, l'unica forza che ha direzione orizzontale è la forza di attrito $\boldsymbol{F_A}$ che si oppone allo slittamento del punto (ovvero generatrice) di contatto tra cilindro e pavimento. Tenendo conto che la forza $\boldsymbol{F}$ produce un momento che fa ruotare il cilindro in senso orario (rispetto alla figura), la forza di attrito deve essere diretta verso la destra della figura, che prendiamo come verso positivo del nostro riferimento. Pertanto è $a_{CM} = F_A/M$. Rispetto al polo costituito dal centro di massa del cilindro, le forze che hanno braccio non nullo e dunque producono momento sono la forza di attrito, che ha braccio R , e la forza $\boldsymbol{F}$, che ha braccio $Rsin\theta$. Si ha dunque $\alpha = (Fsin\theta-F_AR)/I$, dove la scelta dei segni è coerente con quella di a_{CM} (verificatelo!). Supponendo rotolamento puro si ha anche $a_{CM} = \alpha R$. Mettendo a sitstema le tre equazioni e risolvendo per l'incognita a_{CM} si ottiene la soluzione. Notate che questa soluzione vale soltanto per l'istante iniziale (anche supponendo che la forza $\boldsymbol{F}$ resti costante e sempre applicata a quel punto, la posizione del punto di applicazione cambia e cambia il braccio, rendendo arduo risolvere il moto). D'altra parte il problema questo chiedeva di risolvere]

b) Verificate, discutendo per bene il problema in brutta, se il moto ha davvero caratteristiche di rotolamento puro, come supposto nel punto precedente, oppure no.

Verifica e discussione: …………………………………… occorre banalmente chiedersi se la forza di attrito sviluppata nel contatto è sufficiente a garantire il valore della forza di attrito statica necessaria per il rotolamento puro. Infatti si ha $F_{A,MAX} = \mu N = \mu(Mg+F)$ = 19 N, dove abbiamo notato che la reazione vincolare ha modulo tale da bilanciare la forza peso e la forza applicata. Il valore della forza di attrito necessaria per avere rotolamento puro si ottiene risolvendo il sistema di cui al punto precedente per l'incognita F_A. Si ottiene $F_A = Ma_{CM} = 2Fsin\theta/3$ = 15 N, chiaramente minore di $F_{A,MAX}$. Pertanto il moto, almeno inizialmente, è proprio di rotolamento puro.

--- *PARTE 3*

4. Un solenoide di lunghezza L = 1.0 m e raggio a = 2.0 cm (dunque con $a<<L$, per cui si può ritenere che esso si comporti in modo "ideale"), composto da N = 1000 spire, è collegato a un generatore che eroga una corrente variabile nel tempo. In particolare, l'intensità di corrente $I(t)$ è pari a I_0 = 2.0 A per $t_0<t$ e quindi cresce **linearmente** con il tempo fino a **raddoppiare** all'istante t_0+T , con T = 10 s, per poi rimanere costantemente a tale valore per $t>t_0+T$. Come mostrato in figura (non in scala!), il solenoide attraversa la superficie di un quadrato delimitato da un filo elettrico di sezione S = 1.0 mm^2 (fatto di materiale "debolmente conduttore", con resistività ρ_C = 1.0x10^{-5} ohm m) che forma una spira quadrata di lato b = 10 cm. Il piano su cui giace la spira è ortogonale all'asse del solenoide e la spira è concentrica al solenoide stesso. [Usate $\mu_0 = 4\pi$x10^{-7} T A/m per la costante di permittività magnetica del vuoto]



Disegno non in scala!!!

a) Quanto vale la resistenza elettrica R della spira?

R = …………………………………… ~ ……… ohm $\rho_c 4b/S$ = 4.0 ohm [per un filo elettrico si può supporre valida l'approssimazione di campo elettrico uniforme al suo interno, che conduce a $R = \rho_C \ell/S$, con $\ell = 4b$ lunghezza del filo e S sua sezione. Da qui la risposta]

b) Quanto vale l'intensità di corrente $I_S(t)$ indotta nella spira? Dovete trovarne l'espressione ai diversi istanti (prima, durante e dopo la variazione di corrente nel solenoide), senza usare i valori numerici, ma facendo riferimento ai dati noti del problema indicati con i loro simboli "letterali".

$t<t_0 : I_S(t) =$ ………………………….. 0 [secondo la legge di Faraday, la forza elettromotrice indotta nella spira si trova come $fem = -d\Phi(\mathbf{B})/dt$, dove $\Phi(\mathbf{B})$ rappresenta il flusso di campo magnetico (prodotto dal solenoide) che attraversa la spira. Vista la geometria del sistema e considerando che il solenoide si comporta in modo "ideale" (dunque produce un campo magnetico uniforme diretto assialmente all'interno e nullo all'esterno) è $\Phi(\mathbf{B}) = B\pi a^2$ (fate attenzione che in questa espressione deve comparire la superficie del solenoide, non quella della spira, dato che, come già sottolineato, il campo è nullo fuori dal solenoide!). l'intensità del campo magnetico all'interno del solenoide si determina usando il teorema di Ampere: $B = \mu_0 NI(t)/L$, con $I(t)$ corrente che fluisce nel solenoide (l'uso del teorema di Ampere è giustificato dal tasso di variazione della corrente che è piuttosto lento rispetto alle scale dimensionali tipiche del problema – qualcuno potrebbe verificarlo, sarebbe un bell'esercizio!). Dunque si ha $fem = -(\pi a^2 \mu_0 N/L)dI(t)/dt$. Dato che per $t<t_0$ la corrente che fluisce nel solenoide è costante, la derivata è nulla e la fem è nulla. Essendo la corrente che scorre nella spira esprimibile come $I_S(t) = |fem|/R$, anche tale corrente è nulla]

$t_0<t<t_0+T : I_S(t) =$ ………………………….. $(\pi a^2 \mu_0 N/(RL))I_0/T$ [in questa fase la corrente che fluisce nel solenoide varia linearmente con il tempo, dunque la derivata temporale è diversa da zero. Per determinare la dipendenza funzionale $I(t)$ occorre saper interpretare bene quello che è scritto nel testo, come si conviene a studenti al termine del primo anno di Università. Si trova facilmente che $I(t) = I_0(1+(t-t_0)/T)$: sta a voi farvene una ragione! La risposta si ottiene allora utilizzando quanto trovato in precedenza. Si noti come l'andamento lineare della corrente nel solenoide implichi la costanza temporale della corrente indotta nella spira]

$t>t_0+T : I_S(t) =$ ………………………….. 0 [in questo intervallo di tempo la corrente che fluisce nel solenoide è di nuovo costante]

c) Quanto vale l'**energia** "dissipata" per effetto Joule nella spira, E_J, nell'intervallo di tempo $t_0<t<t_0+T$, cioè nel tempo in cui il generatore varia la corrente che fluisce nel solenoide? [Occhio: chiedo un'energia, non una potenza!]

$E_J =$ ………………………….. = ……… J $R(I_S(t))^2\ T = RT((\pi a^2 \mu_0 N/(RL))I_0/T)^2 = 1.6\text{x}10^{-13}$ J [la potenza P_J dissipata per effetto Joule nella spira è $P_J = RI_S^2(t)$. Visto quanto trovato in precedenza, tale potenza è evidentemente costante. Dunque l'energia, che si trova integrando la potenza nel tempo, è data dall'espressione riportata in soluzione]

-- *TERMODINAMICA (OPZIONALE)*

5. Un campione di $n = 9.8\text{x}10^{-3}$ moli di gas perfetto monoatomico si trova all'interno di un recipiente cilindrico che ha area di base $S = 0.98$ cm^2 ed è dotato di pareti indeformabili che formano un'intercapedine riempita con una grande quantità di acqua e ghiaccio fondente. In particolare, la parete "interna" è perfettamente trasparente al calore, mentre quella esterna è praticamente impermeabile al calore: in questo modo si ottiene che il gas è a contatto termico con il ghiaccio fondente e lo scambio di calore con il "mondo esterno" può essere considerato trascurabile. Nel recipiente può scorrere, in direzione verticale (la direzione dell'asse del cilindro) e con attrito trascurabile, un tappo di massa m (incognita) che suddivide il volume del recipiente in due regioni: in quella "di sotto" si trova il gas, mentre in quella "di sopra" è fatto il vuoto pneumatico. Inizialmente la regione occupata dal gas ha altezza $h_0 = 10$ cm e le condizioni sono di **equilibrio**. [Usate $g = 9.8$ m/s^2 per il modulo dell'accelerazione di gravità e $R = 8.3$ J/(K mole) per la costante dei gas perfetti]

a) Quanto deve valere la massa m del tappo?

$m =$ ……………………………… = ...… kg $nRT_0h_0/g = 23$ kg [il gas è all'equilibrio con una grande massa di ghiaccio fondente, pertanto esso si trova alla temperatura $T_0 = 273$ K. Inoltre, essendo all'equilibrio, la sua pressione deve uguagliare la pressione esercitata dal tappo, che vale $P_0 = mg/S$. Dalla legge dei gas perfetti si trova $P_0V_0 = P_0Sh_0 = mgh_0 = nRT_0$, da cui la soluzione]

b) Supponete ora che, all'interno del gas, avvenga a un certo istante una qualche reazione chimica che comporta un'esplosione in cui viene liberata una certa quantità di calore Q_{ESPL} (incognita). Dopo un certo tempo, necessario perché il gas raggiunga una nuova condizione di equilibrio, si osserva che una quantità $\Delta M = 20$ g di ghiaccio si è fusa all'interno dell'intercapedine. Quanto vale la nuova altezza h' della regione occupata dal gas dopo che il sistema ha nuovamente raggiunto l'equilibrio? Quanto vale il calore Q_{ESPL}? [Supponete che l'esplosione **non** modifichi il numero di moli del gas; usate il valore $\lambda_F = 3.0\text{x}10^5$ J/kg per il calore latente di fusione del ghiaccio e considerate che la massa iniziale di ghiaccio fondente è molto maggiore di ΔM; state attenti ai trabocchetti e discutete per benino in brutta!]

$h' =$ ………………………………… = …….. m $h_0 = 0.10$ m

$Q_{ESPL} =$ ………………………………… = …….. J $\Delta M\lambda_F = 6.0\text{x}10^3$ J [il gas subisce una trasfomazione presumibilmente non reversibile, dato che l'esplosione è un fenomeno violento che difficilmente può dare luogo a trasformazioni che passano per stati di equilibrio. Alla fine del processo, però, il gas si troverà in una nuova condizione di equilibrio in cui sia la pressione (la massa del tappo non cambia) che la temperatura (il ghiaccio fondente si comporta da termostato) non sono variate rispetto alle condizioni iniziali. Dunque il volume del gas resterà lo stesso che era occupato inizialmente. Allora il gas complessivamente non compie lavoro, e nulla è la variazione di energia interna, essendo nulla la variazione di temperatura. Di conseguenza il gas non scambia calore e **tutto** il calore ceduto dall'esplosione viene impiegato per fondere la quantità ΔM di ghiaccio, da cui la soluzione]

c) Quanto vale la variazione di entropia ΔS dell'intero sistema (gas + acqua e ghiaccio fondente) nel processo sopra considerato?

$\Delta S =$ ………………………………… = …….. J/K $\Delta M\lambda_F/T_0 = 22$ J/K $\Delta M\lambda_F = 6.0\text{x}10^3$ J [il gas non modifica il suo stato ed essendo la variazione di entropia di un gas esprimibile come la variazione di entropia per una trasformazione reversibile che connette lo stato iniziale con quello finale (dunque una trasformazione "nulla",in questo caso), si ha che il gas non muta l'entropia. Invece la miscela acqua e ghiaccio fondente subisce una trasformazione irreversibile consistente nella fusione di una sua parte. Essendo questa trasformazione isoterma (la temperatura non varia, mantenendosi sempre pari alla temperatura di fusione del ghiaccio, $T_0 = 273$ K), la variazione di entropia si ottiene dividendo il calore necessario per la fusione per questa temperatura, da cui il risultato]

Nota: acconsento che l'esito della prova venga pubblicato sul sito web del docente, http://www.df.unipi.it/~fuso/dida, impiegando come nominativo le ultime quattro cifre del numero di matricola, oppure il codice: | | | | | (4 caratteri alfanumerici).

Pisa, 8/6/2012 Firma: