UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche – 011SM Fisica
A.A. 2020/2021 Sessione Invernale – I Prova Scritta – 24.01.2022
Tempo a disposizione: 2 h e 30'

Cognome ....**Nome** ....

Istruzioni: I problemi vanno dapprima svolti per esteso nei fogli protocollo a quadretti. Successivamente, per ciascuna domanda, si richiede si riportare negli appositi spazi su questo foglio:

i) (ove possibile) la grandezza incognita richiesta espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e

ii) il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e le unità di misura appropriate

1) Un modulo di allunaggio (LEM) di massa $m = 1.14\times 10^4$ kg sta per toccare il suolo della Luna, dove l'accelerazione di gravità vale $a_g = 1.60$ m/s^2. Ad un'altezza di $h = 165$ m dal suolo lunare, mentre il veicolo scende verticalmente con $v_i = 18.0$ m/s, viene acceso un retrorazzo, che imprime al veicolo una spinta S verso l'alto. Idealmente, l'accensione del retrorazzo serve a ridurre a $v_f = 0.0$ m/s la velocità del veicolo nel preciso istante in cui tocca il suolo lunare, dopo di che il retrorazzo si spegne. Calcolare:

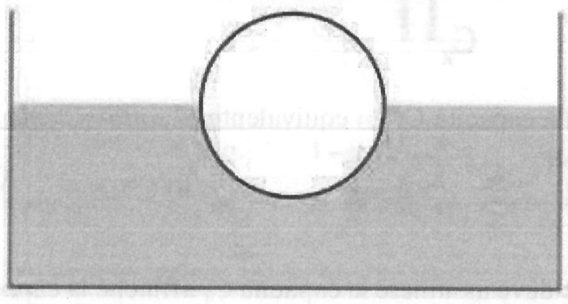
a) L'intensità della spinta S:

i) $S = m(a+a_g)$ con $a = \frac{v_i^2}{2h}$ ii) $S = 2{,}94\cdot 10^4$ N

b) La durata Δt dell'azione del retrorazzo

i) $\Delta t = \frac{v_i}{a}$ ii) $\Delta t = 18{,}3$ s

2) Un guscio sferico di ferro (densità del ferro: $\rho_{Fe} = 7.9$ g/cm^3), posto in acqua, galleggia in modo da risultare immerso per metà del volume, come in figura. Il guscio sferico ha un raggio esterno $R_e = 5.0$ cm, ed un raggio interno R_i. In altre parole, R_i rappresenta il raggio delle cavità interna, anch'essa sferica. Nell'ipotesi in cui la cavità interna sia vuota, calcolare il valore di R_i.



i) $R_i = \sqrt[3]{\left(1-\frac{1}{2}\frac{\rho}{\rho_{Fe}}\right)}\cdot R_e$ ii) $R_i = 4{,}89$ cm

3) Una macchina termica ciclica e reversibile, assimilabile ad una macchina di Carnot, opera tra una sorgente calda a temperatura $T_C = 300\ ^\circ$C ed una sorgente fredda a temperatura T_F. Durante ogni ciclo, la macchina assorbe $|Q_C| = 2200$ J dalla sorgente calda, e produce un lavoro pari a $L_{macc} = 1700$ J. Calcolare:

a) Il rendimento η della macchina termica:

i) $\eta = \frac{\mathcal{L}_{macc}}{|Q_C|}$ ii) $\eta =$ 77 %

b) La quantità di calore $|Q_F|$ che la macchina termica cede alla sorgente fredda durante ogni ciclo:

i) $|Q_F| = |Q_C| - \mathcal{L}_{macc}$ ii) $|Q_F| =$ 500 J

c) La temperatura della sorgente fredda T_F:

i) $T_F = \frac{|Q_F|}{|Q_C|} T_C$ ii) $T_F =$ 130 K

d) La variazione di entropia ΔS_C della sorgente calda durante ogni ciclo:

i) $\Delta S_C = -\frac{|Q_C|}{T_C}$ ii) $\Delta S_C =$ −3,84 J/K

e) La variazione di entropia ΔS_F della sorgente fredda durante ogni ciclo:

i) $\Delta S_F = \frac{|Q_F|}{T_F}$ ii) $\Delta S_F =$ 3,84 J/K

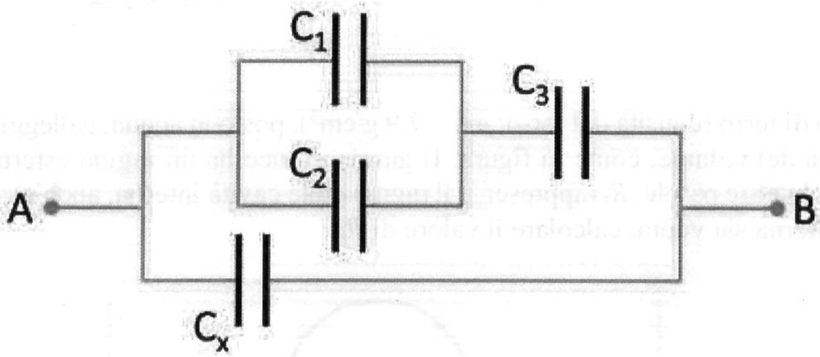
f) La variazione di entropia ΔS dell'universo (ovvero del sistema costituito dalla macchina termica e dalle due sorgenti) durante ogni ciclo:

i) $\Delta S = \underbrace{\cancel{\Delta S_{macc}}}_{=0} + \Delta S_C + \Delta S_F$ ii) $\Delta S =$ 0

0 ← trasf. ciclica

trasf. ciclica e reversibile

4) Quattro condensatori sono collegati secondo lo schema in figura. Le capacità dei condensatori 1, 2 e 3 valgono rispettivamente C_1 = 1.00 nF, C_2 = 2.00 nF, e C_3 = 750 pF.



a) Calcolare il valore della capacità C^{eq}_{123} equivalente *al sotto-sistema* di condensatori 1, 2 e 3:

i) $C^{eq}_{123} = \left(C^{eq\,-1}_{12} + C_3^{-1}\right)^{-1}$ ii) $C^{eq}_{123} =$ 0,60 nF

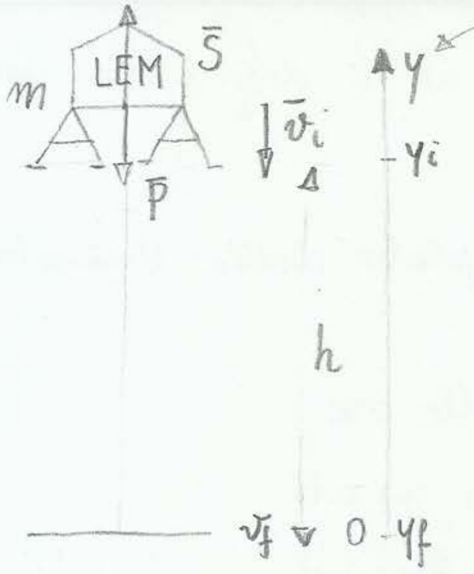
b) Calcolare quale valore deve assumere la capacità C_x affinchè la capacità equivalente *all'intero sistema* di condensatori tra i terminali A e B sia C^{eq}_{AB} = 1.00 nF

i) $C_x = C^{eq}_{AB} - C^{eq}_{123}$ ii) $C_x =$ 0,40 nF

c) A quale distanza d dovrebbero essere poste due armature di area A = 100 cm² per ottenere un condensatore a facce piane e parallele con la stessa capacità C_x? (Si ricordi il valore della costante dielettrica del vuoto $\varepsilon_0 = 8{,}854 \times 10^{-12}$ F/m)

i) $d = \varepsilon_0 \frac{A}{C_x}$ ii) $d =$ 221 μm

1



SISTEMA DI RIF. ORIENTATO VERSO L'ALTO

$m = 1{,}14 \cdot 10^4$ Kg

$|\bar{P}| = m|\bar{a}_g| = 1{,}14 \cdot 10^4 \text{ Kg} \cdot 1{,}60 \text{ m/s}^2 = 1{,}82 \cdot 10^4 \text{ N}$

$|\bar{a}_g| = 1{,}60 \text{ m/s}^2$

$h = 165 \text{ m}$ $\qquad \Delta y = y_f - y_i = -h$

$v_i = -18{,}0 \text{ m/s}$ ("−" ⇒ verso il basso)

$v_f = 0{,}0 \text{ m/s}$

Il moto del modulo lunare è uniformemente accelerato, con $a = \dfrac{|\bar{S}| - |\bar{P}|}{m}$ diretta verso l'alto. Da cui:

$$a = \frac{S}{m} - |\bar{a}_g|$$

$$S = m\,(a + |\bar{a}_g|)$$

a) Per trovare S dobbiamo quindi trovare a, l'accelerazione del moto. Dalla cinematica sappiamo che:

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\,\Delta y$$

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{-2h} = \frac{-(-18{,}0 \text{ m/s})^2}{-2 \cdot 165 \text{ m}} = +\,0{,}982 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

il segno "+" indica accelerazione verso l'alto

Quindi:

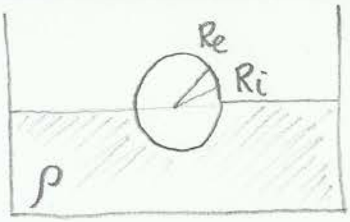
$$S = m\,(a + a_g) = 1{,}14 \cdot 10^4 \text{ Kg} \left(0{,}982 + 1{,}60\right) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2{,}94 \cdot 10^4 \text{ N}$$

b) Sempre dalla cinematica

$$v_f = v_i + a\,\Delta t$$

$$0 = -18{,}0 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 0{,}982 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{18{,}0 \text{ m/s}}{0{,}982 \text{ m/s}^2} = 18{,}33 \text{ s}$$

② 

$\rho_{Fe} = 7{,}9 \ g/cm^3$ $\quad \rho = 1{,}0 \ g/cm^3$

$Re = 5{,}0 \ cm$

$Ri = ?$

sulla sfera agiscono:

la forza peso: $P = mg = \underbrace{\frac{4}{3}\pi\left(Re^3 - Ri^3\right)}_{\text{volume del Fe}} \rho_{Fe} \cdot g$

la spinta di Archimede: $S = \underbrace{\frac{1}{2}\cdot\frac{4}{3}\pi Re^3}_{\text{volume d'acqua spostato}} \rho g$

Richiediamo equilibrio statico: $P = S$

$$P = S$$

$$\cancel{\frac{4}{3}\pi}\left(Re^3 - Ri^3\right)\rho_{Fe}\,\cancel{g} = \frac{1}{2}\cancel{\frac{4}{3}\pi} Re^3 \rho \cancel{g}$$

$$Re^3\left(\rho_{Fe} - \frac{1}{2}\rho\right) = Ri^3 \rho_{Fe}$$

$$Ri^3 = \left(1 - \frac{1}{2}\frac{\rho}{\rho_{Fe}}\right) Re^3$$

$$Ri = \sqrt[3]{\left(1 - \frac{1}{2}\frac{\rho}{\rho_{Fe}}\right)}\ Re$$

$$= \sqrt[3]{\left(1 - \frac{1}{2}\frac{1{,}0}{7{,}9}\right)}\ Re = 0{,}98\,Re = 4{,}89 \ cm$$

Lo spessore del guscio è quindi:

$$Re - Ri = 0{,}11 \ cm = 1{,}1 \ mm$$

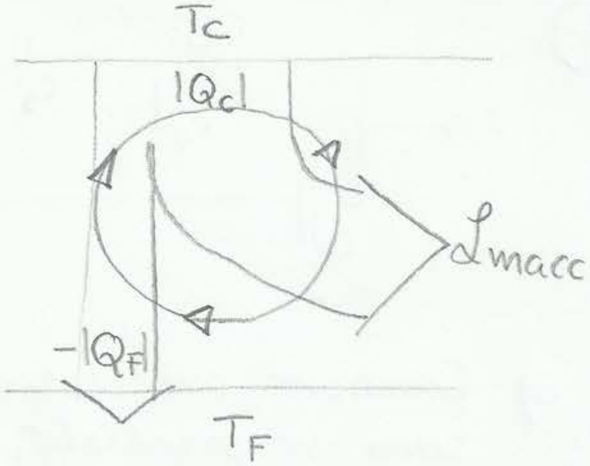
(3) $T_C = 300\ °C = 573\ K$

$T_F = ?$

$|Q_C| = 2200\ J$

$\mathcal{L}_{macc} = 1700\ J$

$|Q_F| = ?$



a) $\eta = \dfrac{\mathcal{L}_{macc}}{|Q_C|} = \dfrac{1700\ J}{2200\ J} = 77\ \%$

b) $|Q_F| = ?$

$\mathcal{L}_{macc} = |Q_C| - |Q_F|$

$$|Q_F| = |Q_C| - \mathcal{L}_{macc} = (2200 - 1700)\ J = 500\ J$$

c) Poiché si tratta di una macchina termica ciclica e reversibile, assimilabile ad una macchina di Carnot, si ha:

$$\frac{|Q_F|}{|Q_C|} = \frac{T_F}{T_C} \qquad \text{con } T_F \text{ e } T_C \text{ espresse in K}$$

$$T_F = \frac{|Q_F|}{|Q_C|} T_C = \frac{500\ J}{2200\ J}\ 573\ K = 130\ K$$

Poiché la macchina termica è ciclica, $\Delta S_{macc} = 0$. Tuttavia, la sorgente calda e quella fredda subiscono variazioni di entropia:

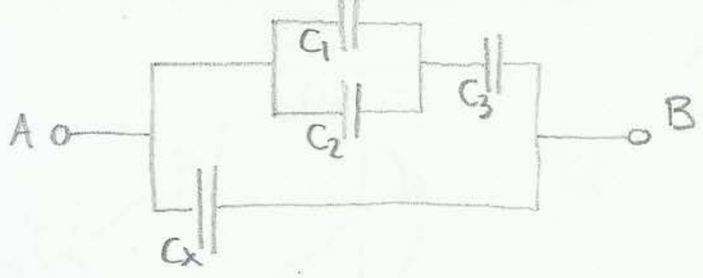
d) $$\Delta S_C = -\frac{|Q_C|}{T_C} = -\frac{2200\ J}{573\ K} = -3{,}84\ \frac{J}{K}$$

e) $$\Delta S_F = \frac{|Q_F|}{T_F} = \frac{500\ J}{130\ K} = 3{,}84\ \frac{J}{K}$$

f) $$\Delta S = \Delta S_{macc} + \Delta S_C + \Delta S_F = 0$$

Questo risultato era atteso in quanto la trasformazione è reversibile (oltre ad essere ciclica).

4



$C_1 = 1{,}00$ nF

$C_2 = 2{,}00$ nF

$C_3 = 750$ pF $= 0{,}75$ nF $= \frac{3}{4}$ nF

a) Comincio con osservare che i condensatori C_1 e C_2 sono in parallelo. La loro capacità equivalente C_{12}^{eq} è quindi:

$$C_{12}^{eq} = C_1 + C_2 = 3{,}00 \text{ nF}$$

C_3 è in serie al parallelo di C_1 e C_2, quindi:

$$\left(C_{123}^{eq}\right)^{-1} = \left(C_{12}^{eq}\right)^{-1} + \left(C_3\right)^{-1} = \left(3{,}00 \text{ nF}\right)^{-1} + \left(\frac{3}{4} \text{ nF}\right)^{-1} = \frac{1}{3} \text{ nF}^{-1} + \frac{4}{3} \text{ nF}^{-1} = \frac{5}{3} \text{ nF}^{-1}$$

Da cui $C_{123}^{eq} = \frac{3}{5}$ nF $= 0{,}60$ nF

b) C_x è in parallelo a C_{123}^{eq}. Quindi deve essere

$$C_x + C_{123}^{eq} = C_{AB}^{eq}$$

$$C_x = C_{AB}^{eq} - C_{123}^{eq} = (1{,}00 - 0{,}60) \text{ nF} = 0{,}40 \text{ nF}$$

c) Per i condensatori a facce piane e parallele, $C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$

Quindi: $$d = \varepsilon_0 \frac{A}{C} = 8{,}854 \cdot 10^{-12} \frac{\cancel{F}}{m} \cdot \frac{10^2 (10^{-2} \text{ m})^2}{4{,}0 \cdot 10^{-10} \cancel{F}} = \frac{8{,}854 \cdot \cancel{10^{-12}} \cdot \cancel{10^2} \cdot 10^{-4}}{4 \cdot \cancel{10^{-10}}} \text{ m} = 2{,}21 \cdot 10^{-4} \text{ m} = 0{,}221 \text{ mm}$$