UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche – 011SM Fisica
A.A. 2021/2022 Sessione Estiva – II Prova Scritta – 19.07.2022
Tempo a disposizione: 2 h e 30'

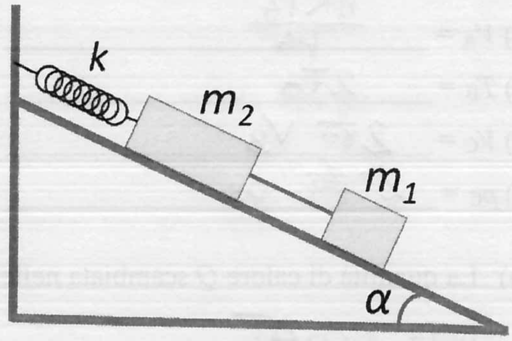
Cognome ......RIGON...... **Nome** ......LUIGI......

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) Due blocchi sono poggiati su un piano inclinato liscio e privo di attrito. I blocchi sono legati fra loro da una corda e fissati a un muro mediante una molla, come mostrato in figura. La molla ha costante elastica $k = 750$ N/m. La massa del blocco inferiore è $m_1 = 1.0$ kg, quella del blocco superiore è $m_2 = 2.0$ kg, mentre le masse della corda e della molla sono trascurabili. Sapendo che il piano inclinato forma un angolo di $\alpha = 30°$ con il piano orizzontale, determinare:



a) La tensione T nella corda che collega i due blocchi:

i) $T =$ $m_1 g \operatorname{sen}\alpha$ ii) $T =$ 4,9 N

b) L'allungamento Δx della molla rispetto alla sua lunghezza all'equilibrio:

i) $\Delta x =$ $\frac{(m_1+m_2)\, g \operatorname{sen}\alpha}{K}$ ii) $\Delta x =$ 20 mm

c) La variazione di energia potenziale elastica ΔU della molla corrispondente all'allungamento Δx:

i) $\Delta U =$ $\frac{1}{2} k \Delta x^2$ ii) $\Delta U =$ 0,14 J

2) Durante un tuffo in piscina, Luigi raggiunge con la testa una profondità $h = 2.2$ m, e sente un fastidioso effetto dovuto alla pressione idrostatica sui timpani. Assimilando ciascun timpano ad una superficie circolare di diametro $d = 1.0$ cm, calcolare:

a) La sovrapessione Δp (ovvero la pressione aggiuntiva oltre alla pressione atmosferica) che l'acqua esercita sui timpani

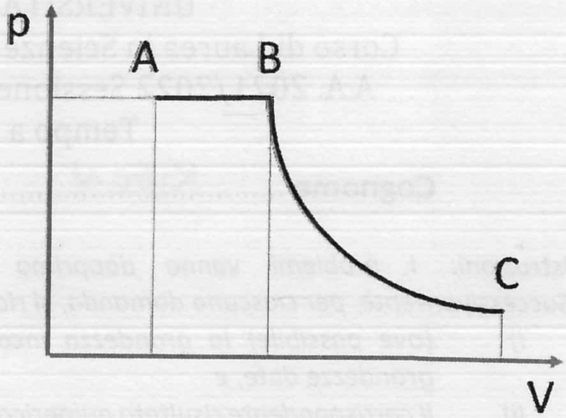
i) $\Delta p =$ $\rho g h$ ii) $\Delta p =$ $2{,}16 \cdot 10^4$ Pa

b) La forza $\boldsymbol{F}$ che l'acqua esercita su ciascun timpano a causa della sovrapressione Δp:

i) $\boldsymbol{F} =$ $\Delta p \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ ii) $\boldsymbol{F} =$ 1,69 N

dall'est. verso l'int.

3) n = 2.0 moli di gas perfetto monoatomico passano dallo stato iniziale A allo stato finale C attraverso una espansione isobara AB, seguita da una espansione adiabatica BC, come approssimativamente rappresentato in figura. Entrambe le trasformazioni sono quasistatiche e reversibili.



La temperatura in A ed in C è la medesima e vale $T_A = T_C = 180$ °C, inoltre $p_A = 2.0\times10^5$ Pa e $V_B = 2\ V_A$.

Calcolare:

a) Il valore assunto dalle variabili termodinamiche (p,V,T) nei tre punti A, B e C. In particolare:

i) $V_A = \frac{nRT_A}{p_A}$ ii) $V_A =$ 37,7 ℓ

i) $T_B = 2T_A$ ii) $T_B =$ 906 K

i) $V_C = 2^{\frac{1}{\gamma-1}} V_B$ ii) $V_C = 2^{3/2} V_B = 213$ ℓ

i) $p_C = 2^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}} p_B$ ii) $p_C = 3{,}5\ 10^4$ Pa

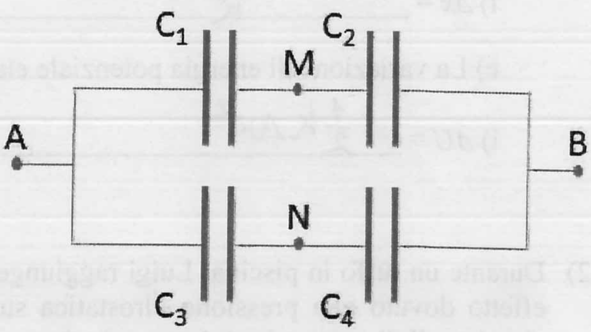
b) La quantità di calore Q scambiata nelle trasformazioni da A a C:

i) $Q = n c_p \Delta T$ ii) $Q =$ 18 800 J

c) La variazione di entropia ΔS nelle trasformazioni da A a C:

i) $\Delta S = n c_p \ln \frac{T_B}{T_A}$ ii) $\Delta S =$ 28,8 J/K

4) Tra i terminali A e B del circuito in figura viene applicata una differenza di potenziale ΔV.



Le capacità dei condensatori in figura sono:
$C_1 = 1$ nF,
$C_2 = 2$ nF,
$C_3 = 3$ nF
e $C_4 = 6$ nF.

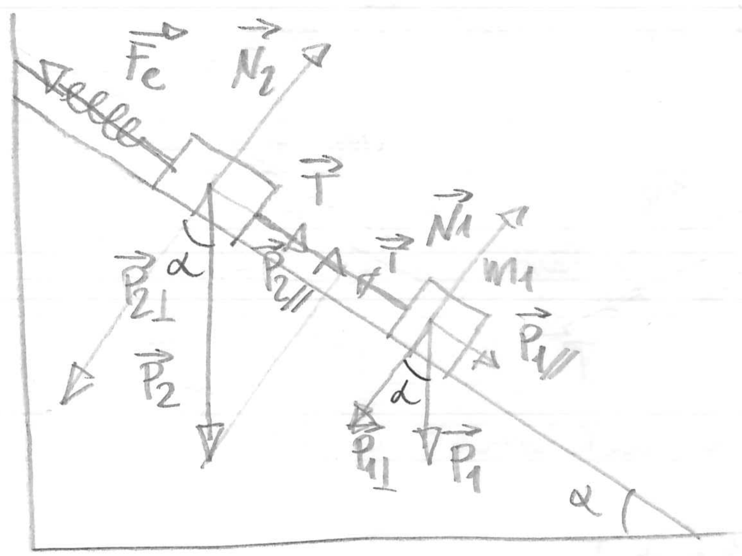
a) Calcolare la capacità C^{AB} equivalente all'intero sistema di condensatori tra A e B:

i) $C^{AB} = C^{12} + C^{34}$, con $1/C^{12} = 1/C_1 + 1/C_2$, $1/C^{34} = 1/C_3 + 1/C_4$ ii) $C^{AB} = \frac{8}{3}$ nF $= 2{,}67$ nF

b) Dimostrare che il potenziale elettrico nei punti M ed N è lo stesso, ovvero $V_M = V_N$

vedi foglio (→)

①



$k = 750$ N/m

$m_1 = 1{,}0$ kg

$m_2 = 2{,}0$ kg

$\alpha = 30°$

$P_{\frac{1}{2}} = m_{\frac{1}{2}}\, g$

$P_{\frac{1}{2}//} = m_{\frac{1}{2}}\, g \,\text{sen}\alpha$

$P_{\frac{1}{2}\perp} = m_{\frac{1}{2}}\, g \cos\alpha$

vedi Nota*

Per prima cosa indichiamo le forze che agiscono sui due blocchi, come in figura. $\vec{N_1}$ e $\vec{N_2}$ bilanciano rispettiv. $\vec{P_{1\perp}}$ e $\vec{P_{2\perp}}$, ovvero $N_1 = P_{1\perp} = m_1 g \cos\alpha$

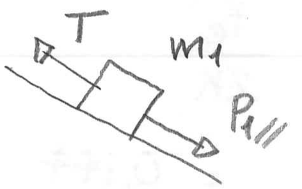
$$N_2 = P_{2\perp} = m_2 g \cos\alpha$$

NOTA: per abbreviare la notazione, queste due eq. si possono
* scrivere in forma compatta come:

$$N_{\frac{1}{2}} = P_{\frac{1}{2}\perp} = m_{\frac{1}{2}}\, g \cos\alpha$$

Più interessanti sono le forze parallele al piano inclinato.

a) T può essere trovata analizzando le forze parallele agenti su m_1:



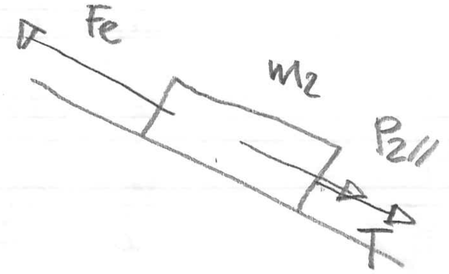
Poiché m_1 è ferma in equilibrio, si ha

$$T = P_{1//} = m_1 g \,\text{sen}\alpha$$

$$\overset{!}{=} 1{,}0\,\text{kg} \cdot 9{,}8\,\frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{2} = 4{,}9\ N$$

b) Bisogna prima trovare F_e, la forza che la molla esercita su m_2. Per la legge di Hooke sarà poi $F_e = k\Delta x$.

Per trovare Fe applico la seconda legge della dinamica alle forze parallele che agiscono su m_2:



Poiché anche m_2 è in equilibrio, si ha:

$$F_e = P_{2//} + T$$
$$= m_2 g \operatorname{sen}\alpha + m_1 g \operatorname{sen}\alpha$$
$$= (m_1 + m_2) g \operatorname{sen}\alpha$$

Quest'ultima equazione in pratica ci dice che la molla deve fornire Fe per sostenere entrambe le masse

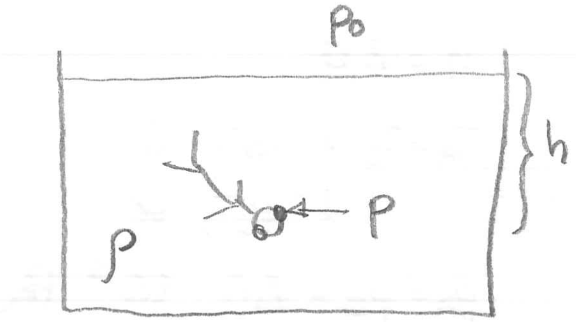
$$F_e = 3{,}0\ \text{kg} \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot \frac{1}{2} = 14{,}7\ N$$

Da cui $\Delta x = \frac{F_e}{K} = \frac{14{,}7\ N}{750\ N/m} = 19{,}6\ mm \sim 2{,}0\ cm$

c) Qui si chiede semplicemente di applicare la formula: $\Delta U = \frac{1}{2} k \Delta x^2$

$$= \frac{1}{2} k \left(\frac{F_e}{K}\right)^2 = \frac{F_e^2}{2K}$$
$$= \frac{(14{,}7\ N)^2}{1500\ N/m} = 0{,}144\ N \cdot m = 0{,}14\ J$$

2



$h = 2{,}2\ m$

$d = 1{,}0\ cm$

$p = p_0 + \rho g h$ (legge di Stevino)

a) $\Delta p = p - p_0 = \rho g h = 10^3 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2} \cdot 2{,}2 m$

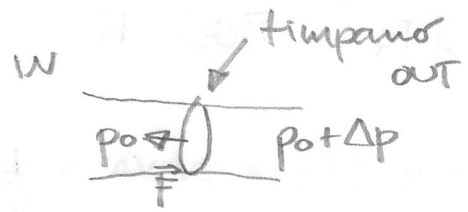
$= 21{,}56 \cdot 10^3 \frac{N}{m^2} = 21{,}6 \cdot 10^3\ Pa$

b) $F = \Delta p \cdot A$

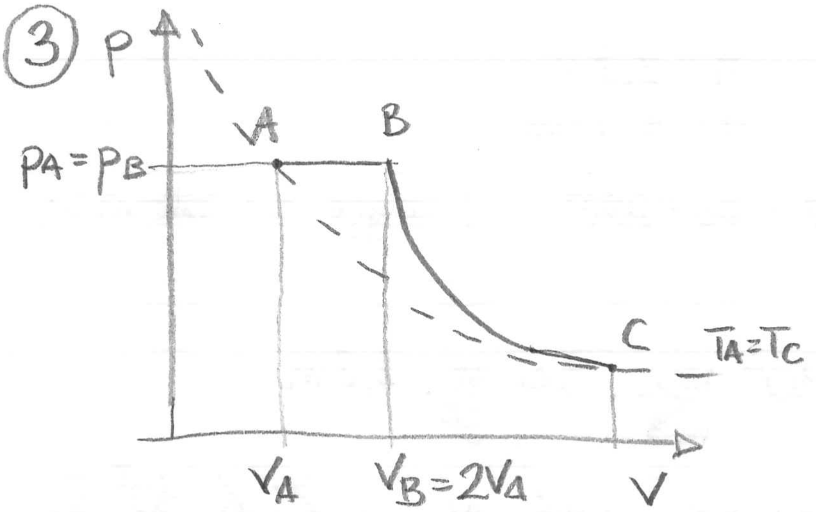
con $A = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4}\ cm^2$

$F = 21{,}6 \cdot 10^3\ Pa \cdot \frac{\pi}{4} (10^{-2} m)^2 = 2{,}16 \frac{\pi}{4}\ N = 1{,}69\ N$

$\vec{F}$ è diretta dall' esterno del timpano verso l'interno



(3)



$n = 2{,}0$

$T_A = T_C = 180\ °C \stackrel{!}{=} 453\ K$

$p_A = p_B = 2{,}0 \cdot 10^5\ Pa$

$V_B = 2V_A$

a) In A: $p_A V_A = nRT_A$

$$V_A = \frac{nRT_A}{p_A} = \frac{\cancel{2{,}0} \cdot 8{,}314\ J/\cancel{K} \cdot 453\ \cancel{K}}{\cancel{2{,}0} \cdot 10^5\ Pa} \stackrel{!}{=} 3{,}766 \cdot 10^{-2}\ m^3 = 37{,}7\ \ell$$

In B: $p_B V_B = nRT_B$

$p_A 2V_A = nRT_B$

$$T_B = \frac{2p_A V_A}{nR} = 2T_A = 906\ K$$

In C: $p_C V_C = nRT_C = nRT_A = p_A V_A = \frac{1}{2} p_B V_B$ (I)

$p_C V_C^{\gamma} = p_B V_B^{\gamma}$ (II)

La I indica che il prodotto $p_C V_C$ è noto.

Inoltre: $p_C V_C = \frac{1}{2} p_B V_B$

Implica: $(p_C V_C)^{\gamma} = 2^{-\gamma} (p_B V_B)^{\gamma}$ (III)

Considero ora III/II:

$$\frac{(p_C V_C)^{\gamma}}{p_C V_C^{\gamma}} = 2^{-\gamma} \frac{(p_B V_B)^{\gamma}}{p_B V_B^{\gamma}}$$

$\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ per gas monoat. $\gamma = \frac{5}{3}$

$$p_C^{\gamma - 1} = 2^{-\gamma} p_B^{\gamma - 1}$$

$$p_C = 2^{\frac{-\gamma}{\gamma - 1}} \cdot p_B = 2^{-\frac{5}{3} \cdot \frac{3}{2}} p_B$$

$$\stackrel{!}{=} 2^{-5/2} p_B = 2^{-5/2} \cdot 2{,}0 \cdot 10^5\ Pa$$

$$\stackrel{!}{=} 2^{-3/2} \cdot 10^5\ Pa$$

$$\stackrel{!}{=} 0{,}35 \cdot 10^5\ Pa$$

Quindi $p_C = 0{,}35 \cdot 10^5\ Pa$

Infine: $$V_C = \frac{1}{2}\frac{p_B V_B}{p_C} = \frac{1}{2}\frac{\cancel{p_B} V_B}{2^{-\frac{\gamma}{\gamma-1}}\cancel{p_B}} = 2^{\frac{\gamma}{\gamma-1}-1} V_B$$

$$= 2^{\frac{\cancel{\gamma-\gamma}+1}{\gamma-1}} V_B = 2^{\frac{1}{\gamma-1}} V_B = 2^{\frac{1}{\frac{5}{3}-1}} V_B$$

$$= 2^{\frac{3}{2}} V_B = 2{,}83 V_B = 213\ \ell$$

b) Si nota che BC è adiabatica, quindi $Q_{BC} = 0$

$$Q = Q_{AB} = n c_p \Delta T = 2{,}0 \cdot \frac{5}{2} R (T_B - T_A)$$

$$= 2{,}0 \cdot \frac{5}{2} R (2T_A - T_A) = 2{,}0 \frac{5}{2} R T_A = 5RT_A = 18{,}800\ J$$

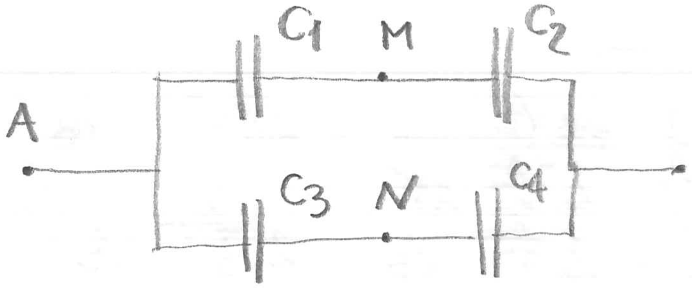
c) Si nota che BC è adiabatica reversibile, quindi $\Delta S_{BC} = 0$

$$\Delta S = \Delta S_{AB} = S_B - S_A = \int_A^B \frac{dQ}{T}\Big)_{rev} = \int_A^B \frac{n c_p\, dT}{T}$$

$$= n c_p \int_A^B \frac{dT}{T} = n c_p \ln\frac{T_B}{T_A} = n c_p \ln 2$$

$$= 2{,}0\ \frac{5}{2} R \cdot \ln 2 = 5R \ln 2 = 28{,}8\ \frac{J}{K}$$

4



$C_1 = 1\ nF$ $\quad C_1 = \frac{1}{3} C_3$ (B)
$C_2 = 2\ nF$
$C_3 = 3\ nF$
$C_4 = 6\ nF$

a) C_1 e C_2 sono in serie, come pure C_3 e C_4. Quindi

C^{12} equivalente alla serie C_1 e C_2 è data da:

$$\frac{1}{C^{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C^{12}} = \frac{1}{1nF} + \frac{1}{2nF} = \frac{3}{2nF} \Rightarrow C^{12} = \frac{2}{3}\ nF$$

Analogamente per C^{34}

$$\frac{1}{C^{34}} = \frac{1}{3nF} + \frac{1}{6nF} = \frac{1}{2nF} \Rightarrow C^{34} = 2\ nF$$

Infine C^{AB} è data dal parallelo tra C^{12} e C^{34}

$$C^{AB} = C^{12} + C^{34} = \frac{2}{3}nF + 2nF = \frac{8}{3}nF = 2{,}67\ nF$$

b) Cominciamo con annotare alcune relazioni:

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1}, \quad \Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2}, \quad \Delta V_3 = \frac{Q_3}{C_3} \quad e \quad \Delta V_4 = \frac{Q_4}{C_4}$$

Inoltre vale $Q_1 = Q_2$ (perché C_1 e C_2 sono in serie)
e $Q_3 = Q_4$ (" C_3 e C_4 " ").

VERO MA NON ESSENZIALE QUI

Infine $Q_1 \overset{(A)}{=} \frac{1}{3} Q_3$ perché $C^{12} = \frac{1}{3} C^{34}$.

Quindi:

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} \overset{(A)}{=} \frac{\frac{1}{3}Q_3}{C_1} \overset{(B)}{=} \frac{\cancel{\frac{1}{3}} Q_3}{\cancel{\frac{1}{3}} C_3} = \frac{Q_3}{C_3} = \Delta V_3$$

Poiché M ed N sono separate da A rispettivamente da C_1 e C_3

$\Delta V_1 = \Delta V_3$ implica $V_M = V_N$.