UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche

A.A. 2016/2017 – Corso di Fisica

Prova Scritta – Sessione Estiva - III Appello - 18.07.2017

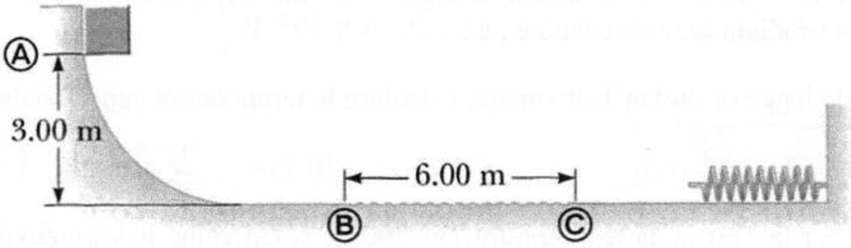
Cognome ......RIGON...... Nome ......LUIGI......

Istruzioni: I problemi vanno svolti per esteso nei fogli protocollo. 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 o di grandezze da esse derivate, e

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

1) Un blocco di massa m =1.35 kg è lasciato libero in un punto A, posto ad una altezza h = 3.00 m al di sopra di un tratto orizzontale, come illustrato in figura. La pista è priva di attrito, fatta eccezione per il tratto tra i punti B e C, che ha lunghezza l = 6,00 m. Il blocco scende lungo la guida e colpisce una molla di costante elastica k = 1250 N/m, determinandone una compressione pari a Δx = 188 mm rispetto alla lunghezza di equilibrio, prima del momentaneo arresto. Successivamente inverte il verso del moto, movendosi quindi da destra verso sinistra, ripercorre il tratto tra i punti C e B, e risale parzialmente la salita verso A, arrestandosi però in un punto D (non mostrato in figura) posto ad una altezza h' rispetto al piano orizzontale, prima di invertire nuovamente il verso del moto.



Si richiedono:

a) La velocità v_B con cui il corpo giunge in B la prima volta, mentre viaggia da sinistra verso destra.

i) v_B = $\sqrt{2gh}$ ii) v_B = 7,67 m/s

b) Il coefficiente di attrito dinamico μ tra il blocco e la superficie del tratto scabro tra i punti B e C

i) μ = $\frac{(k\Delta x^2 - m v_B^2)}{2mgl}$ ii) μ = 0,222

c) L'altezza h', rispetto al piano orizzontale, del punto D in cui il corpo si arresta momentaneamente prima di invertire nuovamente il verso del moto.

i) h' = $\frac{E_B'}{mg}$ con $E_B' = E_B + 2 L_a$ ii) h' = 0,339 m

2) Un grosso serbatoio, aperto all'estremità superiore, è pieno di gasolio (densità ρ = 860 kg/m^3, viscosità η = 0.180 Pa s), fino ad una altezza h = 2.50 m.

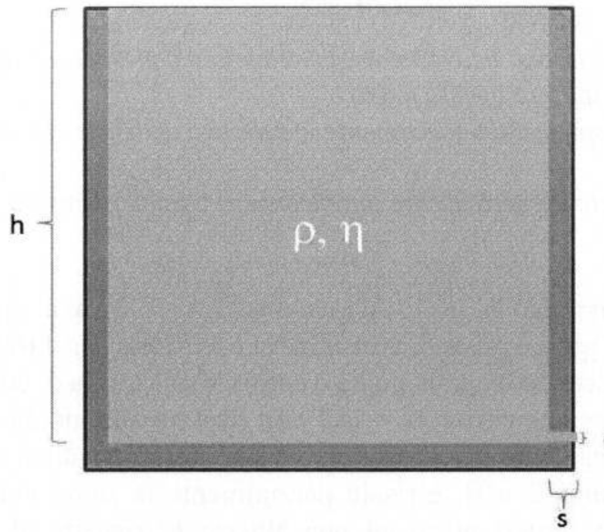
a) Calcolare la pressione p esercitata dal gasolio sul fondo del serbatoio

i) p = $p_0 + \rho g h$ ii) p = p_0 + 21070 Pa = 122370 Pa

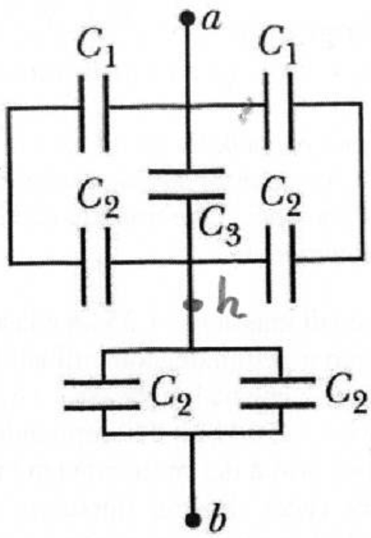
b) Si pratica un foro di diametro d = 7.5 mm lateralmente alla base del serbatoio (come illustrato nella figura a pag. seguente) forando una parete, il cui spessore è s = 5.00 cm. Calcolare la velocità v con la quale il gasolio fluisce inizialmente attraverso il foro.

i) v = $\frac{r^2 (p - p_0)}{8 \eta s}$ ii) v = 4,12 m/s

Problema 2



Problema 4



3) Il Sole ha raggio $R = 7.0 \cdot 10^8$ m ed irradia energia come un corpo nero perfetto (ovvero con emissività $e = 1$). L'energia irradiata in un secondo è pari a $P = 3.8 \cdot 10^{26}$ W.

a) Utilizzando la legge di Stefan-Boltzmann, calcolare la temperatura superficiale T_S del Sole

i) $T_S = \sqrt[4]{\frac{1}{\sigma} \frac{P}{4\pi R^2}}$ ii) $T_S =$ 5744 K

b) Assumendo per la Terra una temperatura $T_T = 290$ K, si calcolino le variazioni di entropia ΔS_S, ΔS_T e ΔS_U, rispettivamente del Sole, della Terra e dell'Universo corrispondenti al trasferimento di $\Delta Q = 1.4$ kJ di energia dal Sole alla Terra.

i) $\Delta S_S = \frac{\Delta Q}{T_S}$ ii) $\Delta S_S = -0{,}24$ J/K

ii) $\Delta S_T = \frac{\Delta Q}{T_T}$ ii) $\Delta S_T = 4{,}83$ J/K

iii) $\Delta S_U = \Delta S_S + \Delta S_T$ ii) $\Delta S_U = 4{,}59$ J/K

4) Sia dato il gruppo di condensatori collegati come mostrato in figura, con $C_1 = 5.00$ μF, $C_2 = 10.0$ μF e $C_3 = 2.0$ μF. La differenza di potenziale tra i punti a e b sia pari a $\Delta V = 60.0$ V. Calcolare:

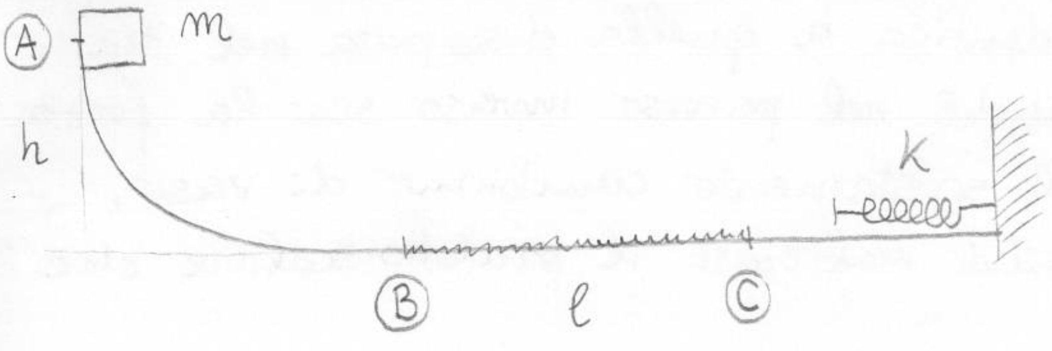
a) La capacità equivalente C_{eq} tra i punti a e b.

i) $C_{eq} = \frac{4C_1(4C_1 + 3C_3)}{16C_1 + 3C_3}$ ii) $C_{eq} = 6{,}05$ μF

b) La carica Q_3 presente sulle armature del condensatore di capacità C_3.

i) $Q_3 = C_3 \Delta V_{ah}$ (vedi figura) ii) $Q_3 = 8{,}38 \cdot 10^{-5}$ C

PROBLEMA N° 1



$h = 3{,}00 \text{ m}$
$l = 6{,}00 \text{ m}$
$m = 1{,}35 \text{ kg}$
$k = 1250 \frac{N}{m}$
$\Delta x = 188 \text{ mm} \stackrel{!}{=} 0{,}188 \text{ m}$

a) In Ⓐ il blocco è fermo, quindi ha solo energia potenziale gravitazionale:

$$E_A = mgh = 1{,}35 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2}\, 3{,}00 \text{ m} = 39{,}69 \text{ J}$$

In Ⓑ si ha $E_B = E_A$, poiché nessuna forza dissipativa compie lavoro tra Ⓐ e Ⓑ. L'energia in Ⓑ, comunque è puramente cinetica

$$E_B = E_A = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = mgh$$

$$v_B = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2} \cdot 3{,}00 \text{ m}} = 7{,}67 \text{ m/s}$$

b) L'energia in Ⓒ è tale da comprimere la molla di Δx, quindi

$$E_C = \frac{1}{2} k \Delta x^2 \stackrel{!}{=} \frac{1}{2} 1250 \frac{N}{m} (0{,}188 \text{ m})^2 = 22{,}09 \text{ J}$$

La differenza $\Delta E = E_C - E_B = (22{,}09 - 39{,}69) \text{ J} = -17{,}6 \text{ J}$ è pari al lavoro L_a della forza d'attrito F_a. Poiché inoltre $F_a = \mu N = \mu mg$

$$L_a = -\mu mg l = -17{,}6 \text{ J}$$

si ha:
$$\mu = \frac{-L_a}{mgl} = \frac{+17{,}6 \text{ J}}{1{,}35 \text{ kg} \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2} \cdot 6{,}00 \text{ m}} = 0{,}222$$

c) Nel tratto C-B verrà dissipata una quantità di energia ΔE identica a quella dissipata nel tratto B-C. Questo perché nel percorso inverso sia la forza d'attrito sia lo spostamento cambiano di verso, lasciando quindi inalterato il prodotto scalare che definisce $\mathcal{L}_a$.

Il blocco torna quindi in B con energia

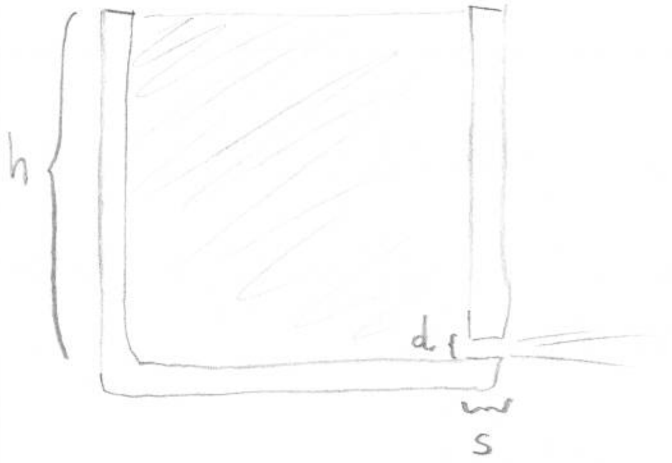
$$E_B' = E_B + 2 \cdot \Delta E = 39{,}69\ J - 2 \cdot 17{,}6\ J = 4{,}49\ J$$

Tale energia è sufficiente a raggiungere l'altezza h' tale che

$$mgh' = E_B'$$

$$h' = \frac{E_B'}{mg} = \frac{4{,}49\ J}{9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 1{,}35\ kg} = 0{,}339\ m$$

PROBLEMA N° 2



$\rho = 860\ kg/m^3$

$\eta = 0{,}180\ Pa \cdot s$

$h = 2{,}50\ m$

$d = 7{,}5\ mm, \quad r = \frac{d}{2} = 3{,}75\ mm$

$A = \pi r^2 = 44{,}18\ mm^2$

$s = 50{,}0\ mm$

a) In condizioni idrostatiche, applico la legge di Stevino:

$$p = p_0 + \rho g h = p_0 + 860\ \frac{kg}{m^{\cancel{3}2}} \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \cdot 2{,}5\ \cancel{m}$$

$$= p_0 + 21070\ Pa = 122370\ Pa$$

(NOTA: il testo poteva essere interpretato intendendo come pressione "esercitata dal gasolio" $p = \rho g h = 21070\ Pa$).

b) La velocità v è legata alla portata Q da:

$$v = \frac{Q}{A}$$

con Q determinata, per fluidi viscosi, dalla legge di Poiseuille:

$$Q = \frac{\pi}{8} \frac{r^4}{\eta} \frac{\Delta p}{s} \qquad \text{con } \Delta p = p - p_0.$$

Quindi:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{\frac{\cancel{\pi}}{8} \frac{r^{\cancel{4}2}}{\eta} \frac{(p-p_0)}{s}}{\cancel{\pi} \cancel{r^2}} = \frac{r^2 (p-p_0)}{8 \eta s}$$

$$= \frac{(3{,}75 \cdot 10^{-3}\ m)^2 (21070\ \cancel{Pa})}{8 \cdot 0{,}180\ \cancel{Pa} \cdot s \cdot 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ m} = 4{,}12\ m/s$$

PROBLEMA N° 3

S

$T_S = ?$

T

$T_T = 290\ K$

$R = 7{,}0 \cdot 10^8\ m$

$P = 3{,}8 \cdot 10^{26}\ W$

$\Delta Q = 1{,}4\ kJ$

a) La legge di Stefan-Bolzmann dà l'intensità $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ di energia irradiata dal Sole a temperatura T_S:

$$I = e\sigma T_S^4 = \sigma T_S^4 \qquad (e = 1)$$

Del resto

$$I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

Quindi $T_S^4 = \frac{1}{\sigma} I = \frac{1}{\sigma} \frac{P}{4\pi R^2}$

$$T_S = \sqrt[4]{\frac{1}{\sigma} \frac{P}{4\pi R^2}} = \sqrt[4]{\frac{3{,}8 \cdot 10^{26}\ \cancel{W}}{5{,}67\ 10^{-8} \frac{\cancel{W}}{\cancel{m^2} K^4} 4\pi \left(7{,}0\ 10^8\ \cancel{m}\right)^2}}$$

$$= \sqrt[4]{\frac{3{,}8 \cdot 10^{26}}{4\pi\, 5{,}67 \cdot 49 \cdot 10^8}}\ K = 5744\ K$$

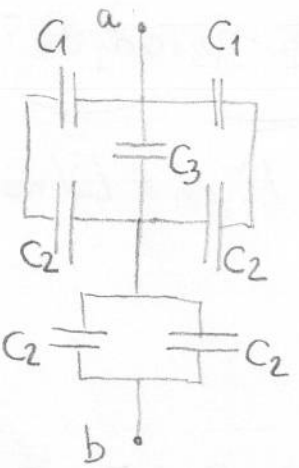
b) Il trasferimento di $\Delta Q = 1{,}4\,kJ$ dal Sole alla Terra è tale da non alterare la temperatura né del Sole né della Terra, che quindi si possono rappresentare come due termostati, rispettivamente a T_S e T_T. Quindi:

$$\Delta S_S = \frac{\Delta Q}{T_S} = \frac{-1{,}4\ kJ}{5744\ K} = -0{,}24\ J/K \qquad (-\text{: calore ceduto})$$

$$\Delta S_T = \frac{\Delta Q}{T_T} = \frac{1{,}4\ kJ}{290\ K} = 4{,}83\ J/K \qquad (\text{calore assorbito})$$

$$\Delta S_U = \Delta S_S + \Delta S_T = (-0{,}24 + 4{,}83)\ J/K = 4{,}59\ J/K$$

PROBLEMA N° 4



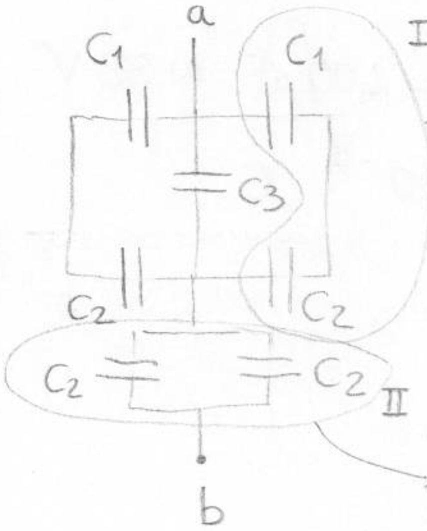
$C_1 = 5{,}00\ \mu F$

$C_2 = 10{,}0\ \mu F = 2C_1$

$C_3 = 2{,}00\ \mu F$

a) Utilizzando per i condensatori in parallelo: $C_{eq} = C' + C''$

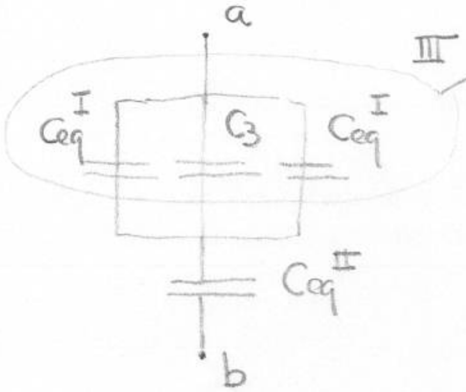
in serie: $1/C_{eq} = 1/C' + 1/C''$



serie: $1/C_{eq}^{I} = 1/C_1 + 1/C_2 = 1/C_1 + 1/2C_1 = \dfrac{2+1}{2C_1}$

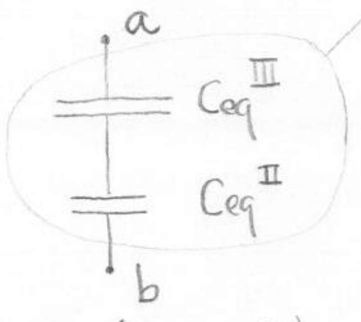
$C_{eq}^{I} = \dfrac{2}{3} C_1 = 3{,}33\ \mu F$

parallelo: $C_{eq}^{II} = C_2 + C_2 = 2C_2 = 4C_1 = 20\ \mu F$



parallelo: $C_{eq}^{III} = 2C_{eq}^{I} + C_3 = \dfrac{4}{3} C_1 + C_3 = 8{,}67\ \mu F$

serie



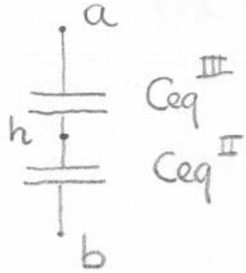
$$1/C_{eq} = 1/C_{eq}^{III} + 1/C_{eq}^{II} = \left(\tfrac{4}{3}C_1 + C_3\right)^{-1} + \left(4C_1\right)^{-1} = \left(\frac{4C_1+3C_3}{3}\right)^{-1} + \left(4C_1\right)^{-1} = \frac{3}{4C_1+3C_3} + \frac{1}{4C_1} = \frac{12C_1 + 4C_1 + 3C_3}{4C_1(4C_1+3C_3)}$$

, quindi:

$$C_{eq} = \frac{4C_1(4C_1+3C_3)}{12C_1+4C_1+3C_3} = \frac{20{,}0\,(20{,}0+6{,}0)}{60{,}0+20{,}0+6{,}0}\ \mu F = 6{,}05\ \mu F$$

b) $\Delta V_{ab} = 60{,}0 \ V$

Andando a ritroso rispetto al ragionamento precedente:

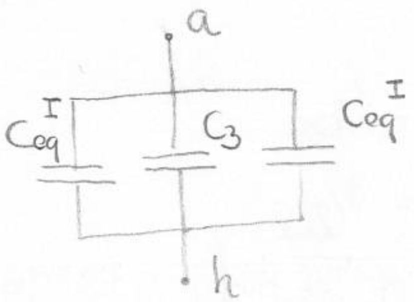


$$\Delta V_{ab} = \Delta V^{III} + \Delta V^{II} = \Delta V_{ah} + \Delta V_{hb}$$

$$\stackrel{!}{=} \frac{Q}{C_{eq}^{III}} + \frac{Q}{C_{eq}^{II}}$$

con $Q = C_{eq} \Delta V_{ab}$

Quindi $\Delta V_{ah} = \Delta V^{III} = \dfrac{C_{eq}}{C_{eq}^{III}} \Delta V_{ab} = \dfrac{6{,}05}{8{,}67} \ 60 \ V = 41{,}88 \ V$



$$Q_3 = C_3 \Delta V_{ah} = 2{,}00 \ \mu F \cdot 41{,}88 \ V$$

$$\stackrel{!}{=} 8{,}377 \cdot 10^{-5} \ C$$