

UNIVERSITÀ DI TRIESTE  
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche  
A.A. 2018/2019 – Corso di Fisica  
Prova Scritta – Sessione Estiva - I Appello - 20.06.2019

Cognome ..... RIGON ..... Nome ..... LUIGI .....  
A.A. d'iscrizione ..... N Matricola .....

Istruzioni: I problemi vanno svolti per esteso nei fogli protocollo. Successivamente, per ciascuna domanda, si richiede di 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 blocco di massa  $m = 35$  kg, inizialmente fermo in  $A$ , viene trainato da una persona su di un pavimento orizzontale scabro (ovvero che genera attrito), applicando una forza  $\mathbf{F}$ , di intensità  $F = 120$  N, secondo una direzione formante un angolo  $\theta = 40^\circ$  con l'orizzontale. Dopo aver trainato il blocco fino al punto  $B$ , per una distanza  $AB = 2.5$  m, la persona smette di esercitare la forza  $\mathbf{F}$  e lascia il blocco libero di scivolare sul piano fino a che esso si ferma nel punto  $C$  (i punti  $A$ ,  $B$ , e  $C$  si trovano tutti su una stessa retta). Sapendo che il coefficiente di attrito dinamico tra la cassa ed il pavimento è  $\mu_d = 0.30$ , calcolare:

- a) il lavoro  $L_F$  compiuto dalla forza  $\mathbf{F}$ , applicata nel tratto  $AB$

i)  $L_F = F \cdot AB \cdot \cos \theta$       ii)  $L_F = 230 \text{ J}$

- b) il lavoro  $L_{Fa}^{AB}$  compiuto dalla forza d'attrito  $\mathbf{F}_a$  lungo il tratto  $AB$

i)  $L_{Fa}^{AB} = F_a AB \cos 180^\circ$       ii)  $L_{Fa}^{AB} = -199 \text{ J}$   
con  $F_a = \mu_d (mg - F \sin \theta)$

- c) il lavoro  $L_{Fa}$  compiuto dalla forza d'attrito  $\mathbf{F}_a$  lungo l'intero percorso  $ABC$

i)  $L_{Fa} = -L_F$       ii)  $L_{Fa} = -230 \text{ J}$

- d) la lunghezza del tratto  $BC$

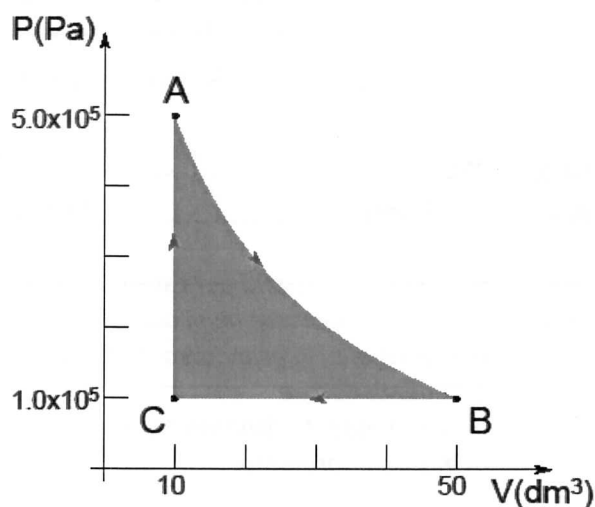
i)  $BC = -L_{Fa}^{BC} / F_a^{BC}$       ii)  $BC = 0,30 \text{ m}$   
con  $L_{Fa}^{BC} = -L_F - L_{Fa}^{AB}$  e  $F_a^{BC} = \mu_d mg$

- 2) Una grossa botte contiene trecento ettolitri di vino. Essa è munita in basso di un rubinetto di sezione interna  $A = 1.2 \text{ cm}^2$ . Si trova che per riempire una damigiana da  $V = 54$  l aprendo completamente il rubinetto è necessario un intervallo di tempo  $\Delta t = 62$  s. In base a questa osservazione, stimare la differenza di altezza  $\Delta h$  tra il rubinetto e la superficie libera del liquido, che si suppone esposta alla pressione atmosferica  $p_0$ .

$\Delta h = \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{A^2} \cdot \left( \frac{V}{\Delta t} \right)^2$       ii)  $\Delta h = 2,7 \text{ m}$

3) Un campione di  $n = 1.20$  mol di un gas perfetto monoatomico compie il ciclo  $ABC$  mostrato in figura, in cui la trasformazione  $A \rightarrow B$  è un'espansione isoterma reversibile.

Ricordando che per il gas in questione  $C_V = 3R/2$  e  $C_P = 5R/2$ , con  $R = 8.31 \text{ J/(mol K)}$ , si calcolino:



a) Il calore  $Q_{in}^{AB}$  ceduto al gas durante la trasformazione  $A \rightarrow B$ :

i)  $Q_{in}^{AB} = P_A V_A \ln(V_B/V_A)$  ii)  $Q_{in}^{AB} = 0.80 \cdot 10^4 \text{ J}$

b) Il calore  $Q_{out}^{BC}$  ceduto dal gas durante la trasformazione  $B \rightarrow C$ :

i)  $Q_{out}^{BC} = n C_P \Delta T = \frac{5}{2} P_B \Delta V$  ii)  $Q_{out}^{BC} = -1.0 \cdot 10^4 \text{ J}$

c) Il calore  $Q_{in}^{CA}$  ceduto al gas durante la trasformazione  $C \rightarrow A$ :

i)  $Q_{in}^{CA} = n C_V \Delta T = \frac{3}{2} V_C \Delta P$  ii)  $Q_{in}^{CA} = 0.60 \cdot 10^4 \text{ J}$

d) Il rendimento  $\eta$  del ciclo:

i)  $\eta = 1 - \frac{|Q_{out}^{BC}|}{(Q_{in}^{AB} + Q_{in}^{CA})}$  ii)  $\eta = 29 \%$

e) il rendimento  $\eta_{max}$  che si otterrebbe da una ipotetica macchina di Carnot che operasse tra le stesse temperature:

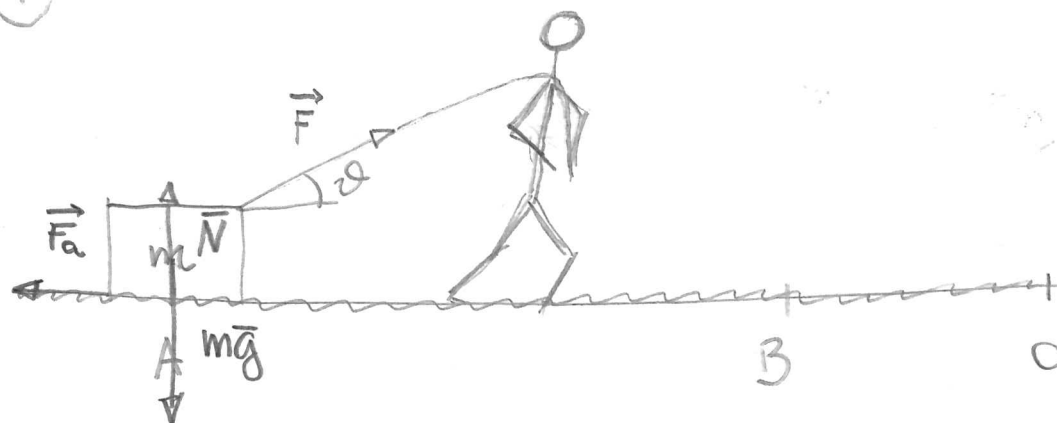
i)  $\eta_{max} = 1 - T_C/T_A$  ii)  $\eta_{max} = 80 \%$

4) Tre cariche identiche, pari a  $Q = 3.0 \text{ C}$  si trovano nei punti  $A$ ,  $B$ , e  $C$  di un piano cartesiano, con coordinate rispettivamente:  $A (-9.0, 0.0) \text{ m}$ ,  $B (9.0, 0.0) \text{ m}$ , e  $C (0.0, 9.0) \text{ m}$ . Calcolare il valore del potenziale  $V$  e del campo elettrico  $E$  nel punto  $O (0.0, 0.0) \text{ m}$ , origine del sistema di coordinate.

i)  $V = \frac{3}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d}$  ii)  $V = 9.0 \cdot 10^9 \text{ V}$

i)  $E = \vec{E}_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2} (-\hat{j})$  ii)  $E = -3.3 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{j}$

1



$$m = 35 \text{ kg}$$

$$F = 120 \text{ N}$$

$$\vartheta = 40^\circ$$

$$AB = 2,5 \text{ m}$$

$$\mu_d = 0,30$$

a) Si usa la definizione di lavoro:

$$\begin{aligned} L_F &= \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \vartheta = 120 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot \cos 40^\circ \\ &= 230 \text{ J} \end{aligned}$$

b) La stessa definizione si può applicare ad  $\vec{F}_a$ :

$$L_{F_a}^{AB} = \vec{F}_a \cdot \vec{AB} = F_a AB \cos \pi = -F_a AB$$

Per valutare il modulo di  $F_a$ , si considera

$$F_a = \mu_d N$$

$$e \quad \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_y = 0 \quad \text{ovvero}$$

$$N + F \sin \vartheta = mg$$

$$\begin{aligned} N &= mg - F \sin \vartheta = 35 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 - 120 \text{ N} \sin 40^\circ \\ &= 266 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Da cui } F_a = \mu_d N = 0,30 \cdot 266 \text{ N} = 79,8 \text{ N} \quad e$$

$$L_{F_a}^{AB} = -F_a AB = -79,8 \text{ N} \cdot 2,5 \text{ m} = -199 \text{ J}$$

c) Usando il teorema lavoro-energia tra A e C, poichè  $\Delta K = 0$ , si evince che:

$$L_{F_a} = -L_F = -230 \text{ J}$$

In altre parole, tutto il lavoro fatto dalla persona nel tratto AB viene dissipato dall'attrito nel tratto ABC.

d) Poiché  $L_{Fa} = L_{Fa}^{AB} + L_{Fa}^{BC}$  e  $L_{Fa} = -L_F$ , si ha:

$$\begin{aligned} L_{Fa}^{BC} &= -L_F - L_{Fa}^{AB} \\ &= -230 + 199 \text{ J} = -30,4 \text{ J} \end{aligned}$$

Poiché inoltre:

$$L_{Fa}^{BC} = F_a^{BC} \cdot BC \cos \pi = -F_a^{BC} BC$$

Si trova:

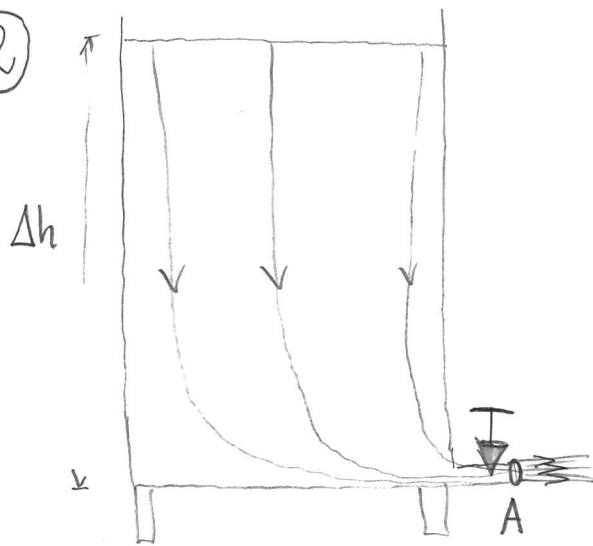
$$BC = \frac{-L_{Fa}^{BC}}{F_a^{BC}} = \frac{30,4 \text{ J}}{\mu d m g} = 0,30 \text{ m}$$

Si noti che  $F_a^{BC}$ , la forza d'attrito nel tratto BC, è maggiore della forza d'attrito nel tratto AB, in quanto viene a mancare il contributo  $F_{seu}$ .

In particolare

$$F_a^{BC} = \mu d m g = 0,3 \cdot 35 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 102,9 \text{ N}$$

②



$$A = 1,2 \text{ cm}^2$$

$$= 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

La portata del flusso in A è  $Q_A = \frac{54 \text{ l}}{62 \text{ s}} = 0,87 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

Trascurando la viscosità del vino, possiamo usare il teorema di Torricelli, per cui:

$$v_A = \sqrt{2g\Delta h}$$

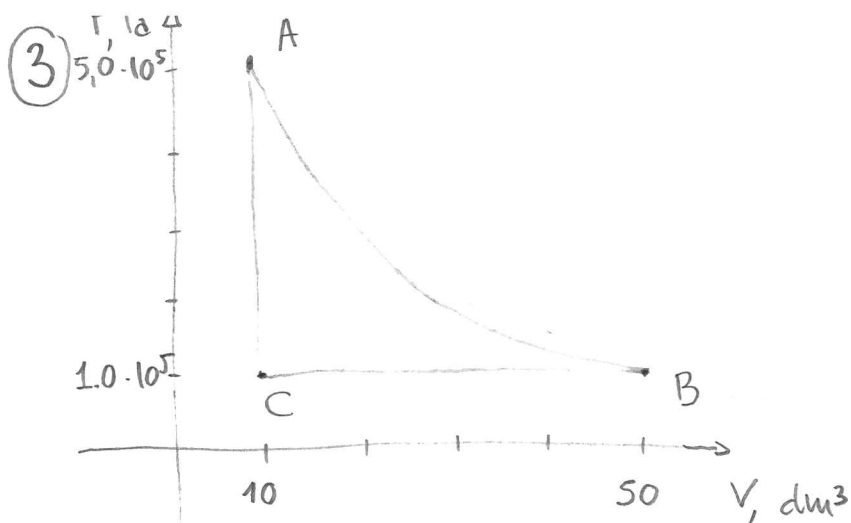
Inoltre,  $Q_A = A v_A = A \sqrt{2g\Delta h}$

Da cui:  $\sqrt{2g\Delta h} = \frac{Q_A}{A}$

$$\Delta h = \left( \frac{Q_A}{A} \right)^2 \cdot \frac{1}{2g}$$

$$= \left( \frac{0,87 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \right)^2 \cdot \frac{1}{19,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 0,027 \cdot 10^2 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{s}^2}{\text{m}} = 2,7 \text{ m}$$



$$n = 1,20 \text{ mol}$$

$$C_V = \frac{3}{2} R$$

$$C_P = \frac{5}{2} R$$

$$R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$

nota: nei passaggi indicati con \* ho usato  $pV = nRT$  ed affini.

a) Si tratta di una trasformazione isoterma, per cui  $\Delta E_{\text{int}} = 0$  e

$$Q_{\text{in}}^{AB} = -L^{AB} = + \int_A^B p dV \stackrel{*}{=} \int_A^B \frac{nRT}{V} dV = nRT \int_A^B \frac{dV}{V}$$

$$= nRT \ln \frac{V_B}{V_A} \stackrel{*}{=} p_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 5 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \ln 5$$

$$= 5 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \ln 5 = 0,80 \cdot 10^4 \text{ J}$$

b) Compressione isobara  $B \rightarrow C$ :

$$Q_{\text{out}}^{BC} = n C_P \Delta T \stackrel{*}{=} n C_P \frac{p}{nR} \cdot \Delta V = \frac{5}{2} p \Delta V =$$

$$= \frac{5}{2} \cdot 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot (10 - 50) \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

indica calore in uscita dal gas

$$= - \frac{5}{2} \cdot 40 \cdot 10^2 \text{ J} = -1,0 \cdot 10^4 \text{ J}$$

c) Riscaldamento isocoro  $C \rightarrow A$ :

$$Q_{\text{in}}^{CA} = n C_V \Delta T \stackrel{*}{=} n C_V \frac{V}{nR} \Delta p = \frac{3}{2} V \Delta p =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot (5,0 - 1,0) \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$= \frac{3}{2} 4,0 \cdot 10^3 \text{ J} = 6,0 \cdot 10^3 \text{ J}$$

d) Il rendimento del ciclo è dato da

$$\eta = \frac{L_{\text{max}}}{|Q_{\text{in}}|} = \frac{|Q_{\text{in}}| - |Q_{\text{out}}|}{|Q_{\text{in}}|} = 1 - \frac{|Q_{\text{out}}|}{|Q_{\text{in}}|}$$

In questo caso:

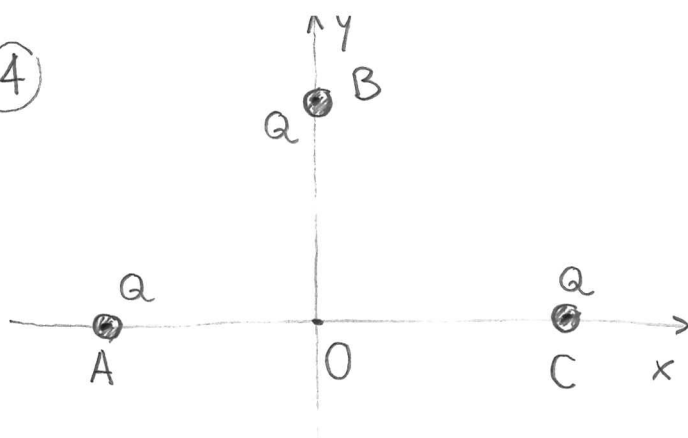
$$|Q_{\text{out}}| = -Q_{\text{out}}^{\text{BC}} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$|Q_{\text{in}}| = Q_{\text{in}}^{\text{AB}} + Q_{\text{in}}^{\text{CA}} = 0,8 \cdot 10^4 \text{ J} + 0,6 \cdot 10^4 \text{ J} = 1,4 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\eta = 1 - \frac{1,0 \cdot 10^4 \text{ J}}{1,4 \cdot 10^4 \text{ J}} = 29 \%$$

$$e) \quad \eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_{\text{C}}}{T_{\text{A}}} = 1 - \frac{p_{\text{C}} V_{\text{C}}}{p_{\text{A}} V_{\text{A}}} = 1 - \frac{1}{5} = 80 \%$$

(4)



$$AO = BO = CO = 9,0 \text{ m} \equiv d$$

a) Per il potenziale  $V$ , ciascuna delle 3 cariche genera un contributo pari a:

$$V_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{d}$$

Quindi

$$V = V_A + V_B + V_C = 3V_A = \frac{3}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d}$$

$$= 3 \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ C}^{-1} \text{ Nm}^2 \cdot \frac{3,0 \text{ C}}{9,0 \text{ m}} = 9,0 \cdot 10^9 \text{ V}$$

b) Per il campo elettrico, i campi sono uguali in modulo

$$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_B| = |\vec{E}_C| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2}$$

Tuttavia  $\vec{E}_A + \vec{E}_C = 0$ , quindi il campo in  $O$  coincide con quello generato da  $B$ :

$$\vec{E} = \vec{E}_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2} (-\hat{j}) \quad \leftarrow \text{verticale, diretto verso il basso}$$

$$= -9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{3,0 \text{ C}}{(9,0 \text{ m})^2} = -3,3 \cdot 10^8 \frac{\text{N}}{\text{C}} \hat{j}$$