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 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 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 **F**, di intensità F = 120 N, secondo una direzione formante un angolo θ = 40° 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 **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 μ_d = 0.45, calcolare:

a) il lavoro L_F compiuto dalla forza **F**, applicata nel tratto AB

i) $L_F = F \cdot AB \cdot \cos\vartheta$ ii) $L_F =$ 230 J

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

i) $L_{Fa}^{AB} = F_a\ AB\ \cos\pi$ ii) $L_{Fa}^{AB} =$ − 199 J

con $F_a = \mu_d(mg - F\operatorname{sen}\vartheta)$

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 J

d) la lunghezza del tratto BC

i) $BC = -L_{Fa}^{BC} / F_a^{BC}$ ii) $BC =$ 0,30 m

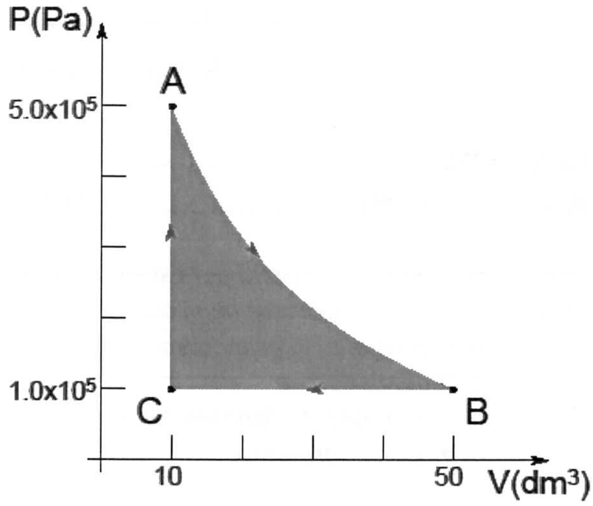
con $L_{Fa}^{BC} = -L_F - L_{Fa}^{AB}$ e $F_a^{BC} = \mu_d mg$

2) Una grossa botte contiene trecento ettolitri di vino. Essa è munita in basso di un rubinetto di sezione interna A = 1.2 cm^2. Si trova che per riempire una damigiana da V = 54 l aprendo completamente il rubinetto è necessario un intervallo di tempo Δt = 62 s. In base a questa osservazione, stimare la differenza di altezza Δh 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 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 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) $Q_{in}^{AB} = 0{,}80 \cdot 10^4$ J

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

i) $Q_{out}^{BC} = nC_p\Delta T = \frac{5}{2} p_B \Delta V$ ii) $Q_{out}^{BC} = -1{,}0 \cdot 10^4$ J

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

i) $Q_{in}^{CA} = nC_V\Delta T = \frac{3}{2} V_C \Delta p$ ii) $Q_{in}^{CA} = 0{,}60 \cdot 10^4$ J

d) Il rendimento η del ciclo:

i) $\eta = 1 - \left[|Q_{out}^{BC}| / (Q_{in}^{AB} + Q_{in}^{CA}) \right]$ ii) η = 29 %

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

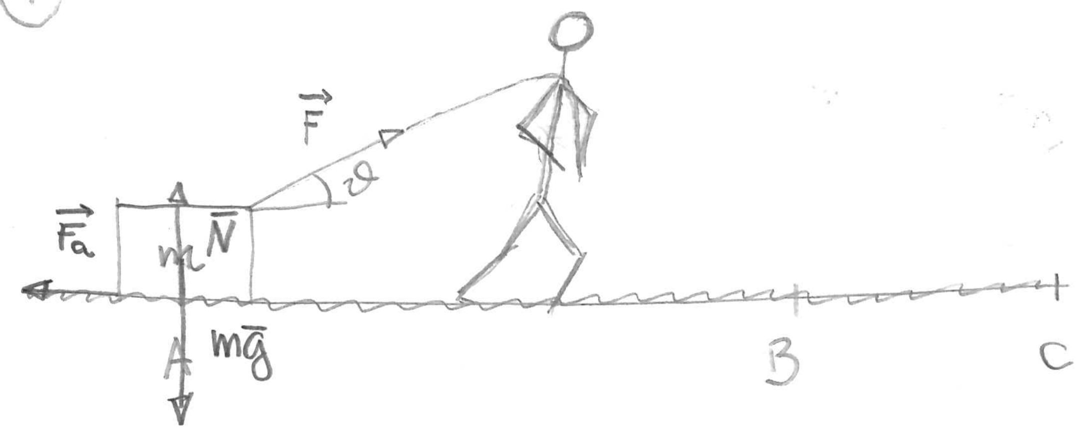
i) $\eta_{max} = 1 - T_C/T_A$ ii) η_{max} = 80 %

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

i) $V = \frac{3}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{d}$ ii) $V = 9{,}0 \cdot 10^9$ V

i) $\boldsymbol{E} = \vec{E}_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{d^2} (-\hat{j})$ ii) $\boldsymbol{E} = -3{,}3 \cdot 10^8 \frac{N}{C} \hat{j}$

(1)



$m = 35$ kg

$F = 120$ N

$\vartheta = 40°$

$AB = 2{,}5$ m

$\mu_d = 0{,}30$

a) Si usa la definizione di lavoro:

$$\mathcal{L}_F = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos\vartheta = 120\,N \cdot 2{,}5\,m \cdot \cos 40° \stackrel{!}{=} 230\ J$$

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

$$\mathcal{L}_{F_a}^{AB} = \vec{F_a} \cdot \vec{AB} = F_a\, AB \cos\pi = -F_a\, AB$$

Per valutare il modulo di F_a, si considera

$$F_a = \mu_d N$$

e $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F_y} = 0$ ovvero

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

$$N = mg - F\sin\vartheta = 35\,kg \cdot 9{,}8\,m/s^2 - 120\,N \sin 40° \stackrel{!}{=} 266\ N$$

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

$$\mathcal{L}_{F_a}^{AB} = -F_a\, AB = -79{,}8\,N \cdot 2{,}5\,m = -199\ J$$

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

$$\mathcal{L}_{F_a} = -\mathcal{L}_F = -230\ J$$

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

d) Poichè $\mathcal{L}_{Fa} = \mathcal{L}_{Fa}^{AB} + \mathcal{L}_{Fa}^{BC}$ e $\mathcal{L}_{Fa} = -\mathcal{L}_F$, si ha:

$$\mathcal{L}_{Fa}^{BC} = -\mathcal{L}_F - \mathcal{L}_{Fa}^{AB}$$
$$= -230 + 199\ J = -30{,}4\ J$$

Poichè inoltre:

$$\mathcal{L}_{Fa}^{BC} = F_a^{BC} \cdot BC \cos\pi = -F_a^{BC}\, BC$$

Si trova:

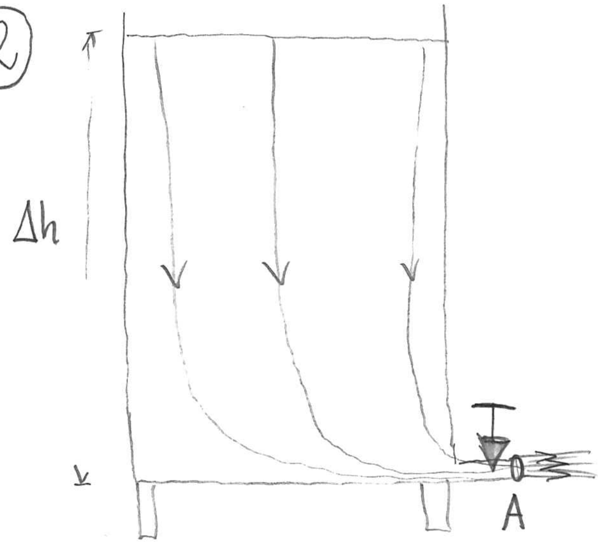
$$BC = \frac{-\mathcal{L}_{Fa}^{BC}}{F_a^{BC}} = \frac{30{,}4\,J}{\mu_d m g} = 0{,}30\ m$$

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 $F\sin\vartheta$.

In particolare

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

(2)



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

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

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

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

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

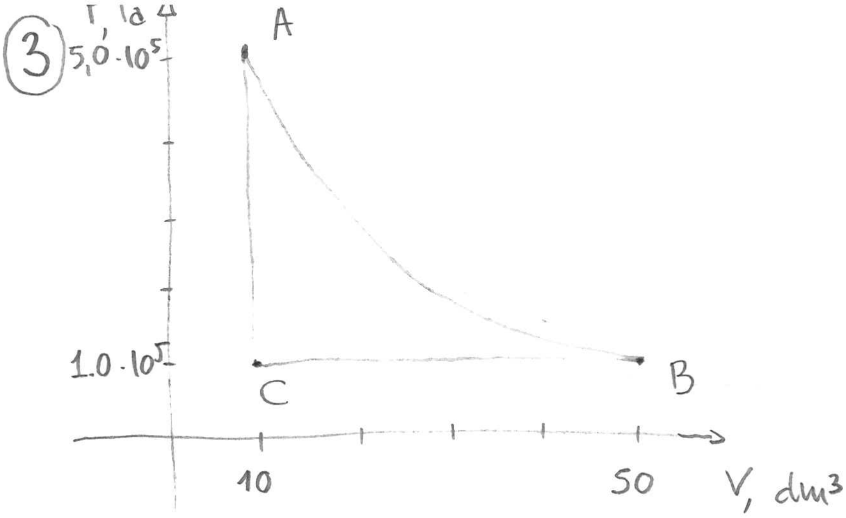
Da cui: $\sqrt{2g\Delta h} = \dfrac{Q_A}{A}$

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

$$= \left(\frac{0.87 \cdot 10^{-3}\ \frac{m^3}{s}}{1{,}2 \cdot 10^{-4}\ m^2}\right)^2 \cdot \frac{1}{19{,}6\ \frac{m}{s^2}}$$

$$= 0.027 \cdot 10^2\ \frac{m^2}{\cancel{s^2}} \cdot \frac{\cancel{s^2}}{\cancel{m}} = 2{,}7\ m$$

3



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

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

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

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

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

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

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

$$= nRT \ln \frac{V_B}{V_A} \overset{*}{=} p_A V_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 5 \cdot 10^{\cancel{5}\,2} \text{ Pa} \cdot 10 \cdot \cancel{10^{-3}} \text{ m}^3 \ln 5$$

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

b) Compressione isobara $B \to C$:

$$Q_{out}^{BC} = nC_p \Delta T \overset{*}{=} \cancel{n} C_p \frac{p}{\cancel{n}R} \cdot \Delta V = \frac{5}{2} p \Delta V =$$

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

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 $C \to A$:

$$Q_{in}^{CA} = nC_V \Delta T \overset{*}{=} \cancel{n} C_V \frac{V}{\cancel{n}R} \Delta p = \frac{3}{2} V \Delta p =$$

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

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

d) Il rendimento del ciclo è dato da

$$\eta = \frac{\mathcal{L}_{macc}}{|Q_{in}|} = \frac{|Q_{in}| - |Q_{out}|}{|Q_{in}|} = 1 - \frac{|Q_{out}|}{|Q_{in}|}$$

In questo caso:

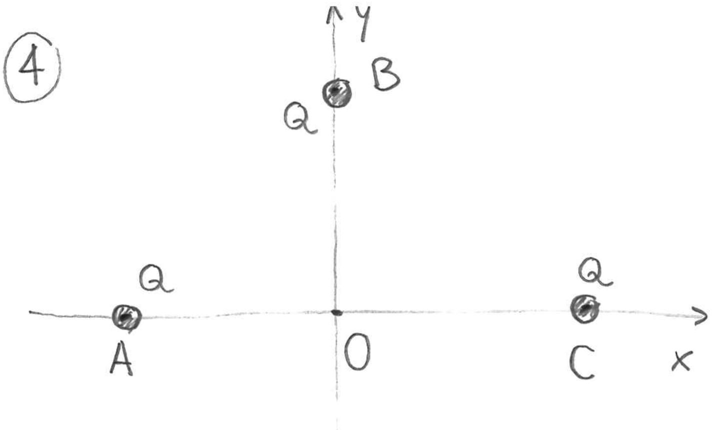
$$|Q_{out}| = -Q_{out}^{BC} = 1{,}0 \cdot 10^4 \text{ J}$$

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

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

e) $$\eta_{max} = 1 - \frac{T_C}{T_A} \overset{*}{=} 1 - \frac{p_C V_C}{p_A V_A} = 1 - \frac{1}{5} = 80\ \%$$

④



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

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

$$V_A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{d}$$

Quindi

$$V = V_A + V_B + V_C = 3V_A = \frac{3}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{d}$$

$$\overset{!}{=} 3 \cdot \cancel{9} \cdot 10^9\ C^{\cancel{-2}\,-1} N m^{\cancel{2}} \cdot \frac{3{,}0\cancel{C}}{\cancel{9{,}0m}} = 9{,}0 \cdot 10^9\ V$$

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

$$|\vec{E}_A| = |\vec{E}_B| = |\vec{E}_C| = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{d^2}$$

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

verticale, diretto verso il basso

$$\vec{E} = \vec{E}_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{d^2} (-\hat{j})$$

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