UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche

A.A. 2018/2019 – Corso di Fisica

Prova Scritta – Sessione Autunnale - II Appello - 27.09.2019

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

**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 secchio contenente $V = 15\ l$ d'acqua viene tirato su da un pozzo profondo $h = 18$ m a velocità costante, in un tempo $\Delta t = 30$ s. Considerando la massa del secchio trascurabile rispetto a quella dell'acqua che contiene, e trascurando gli attriti, calcolare:

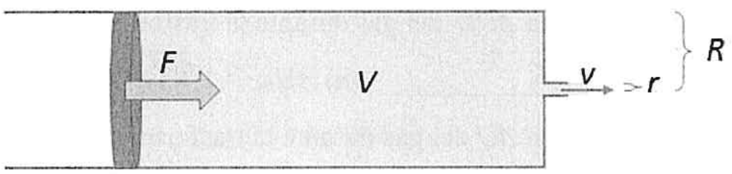
a) l'intensità della forza $F$ esercitata dalla persona che tira su il secchio:

i) $F =$ $mg$ ii) $F =$ 147 N

b) la potenza $P$ erogata dalla medesima persona:

i) $P =$ $F \cdot \frac{h}{\Delta t}$ ii) $P =$ 88,2 W

2) Una siringa contenente $V = 25.0$ ml di soluzione fisiologica (densità $\rho = 1.0$ g/cm$^3$) è posta in posizione orizzontale. Viene esercitata sul pistone una forza $F$ *costante*, che fa uscire il liquido dall'apertura di raggio $r = 1.0$ mm, *molto più piccolo* del raggio $R$ del pistone (vedi figura). Il tempo impiegato per fare effluire tutto il liquido è pari a $\Delta t = 3.6$ s.




a) Determinare la portata media $Q$ del flusso con cui il liquido esce dalla siringa:

i) $Q =$ $V/\Delta t$ ii) $Q =$ $6{,}9 \cdot 10^{-6}$ m$^3$/s

b) Determinare la velocità media $v$ del flusso con cui il liquido esce dalla siringa:

i) $v =$ $Q/\pi r^2$ ii) $v =$ 2,2 m/s

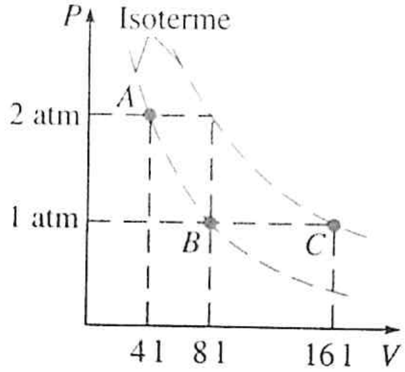
c) Assumendo che il flusso del liquido possa essere approssimativamente descritto dall'equazione di Bernoulli, calcolare il lavoro $L$ necessario per fare fluire tutto il liquido fuori dalla siringa:

i) $L =$ $pV = \frac{1}{2}\rho v^2 \cdot V$ ii) $L =$ $6{,}1 \cdot 10^{-2}$ J

3) Un gas monoatomico varia il suo stato da $A$ a $B$ ed infine a $C$, dove $A$, $B$ e $C$ sono gli stati indicati in figura.

Come si vede, la trasformazione $AB$ è isoterma, mentre la trasformazione $BC$ è isobara.

Utilizzando i dati indicati in figura, e specificando la convenzione adottata per i segni di $L$ e $Q$, calcolare:




a) il lavoro $L_{AB}$ compiuto dal gas durante la trasformazione $AB$.

i) $L_{AB} = - p_B V_B \cdot \ln 2$ ii) $L_{AB} = - 562$ J

b) il lavoro $L_{BC}$ compiuto dal gas durante la trasformazione $BC$.

i) $L_{BC} = - p_B (V_C - V_B)$ ii) $L_{BC} = - 810$ J

c) il lavoro totale $L$ compiuto dal gas durante la trasformazione $ABC$.

i) $L = L_{AB} + L_{BC}$ ii) $L = - 1372$ J

d) il calore $Q_{AB}$ assorbito dal gas durante la trasformazione $AB$.

i) $Q_{AB} = - L_{AB}$ ii) $Q_{AB} = 562$ J

e) il calore $Q_{BC}$ assorbito dal gas durante la trasformazione $BC$.

i) $Q_{BC} = n C_p \Delta T = - 5/2 L_{BC}$ ii) $Q_{BC} = 2026$ J

f) il calore totale $Q$ assorbito dal gas durante la trasformazione $ABC$.

i) $Q = Q_{AB} + Q_{BC}$ ii) $Q = 2588$ J

g) la variazione di energia interna $\Delta U_{AB}$ del gas durante la trasformazione $AB$.

i) $\Delta U_{AB} = 0$ (isoterma) ii) $\Delta U_{AB} = 0$ J

h) la variazione di energia interna $\Delta U_{BC}$ del gas durante la trasformazione $BC$.

i) $\Delta U_{BC} = L_{BC} + Q_{BC}$ ii) $\Delta U_{BC} = 1216$ J

i) la variazione di energia interna $\Delta U$ del gas durante la trasformazione $ABC$.

i) $\Delta U = \Delta U_{BC} = Q + L$ ii) $\Delta U = 1216$ J

4) Quattro cariche identiche $q = 9.0\ \mu C$ vengono poste ai vertici di un quadrato di lato $l = 2.0$ cm. Calcolare:

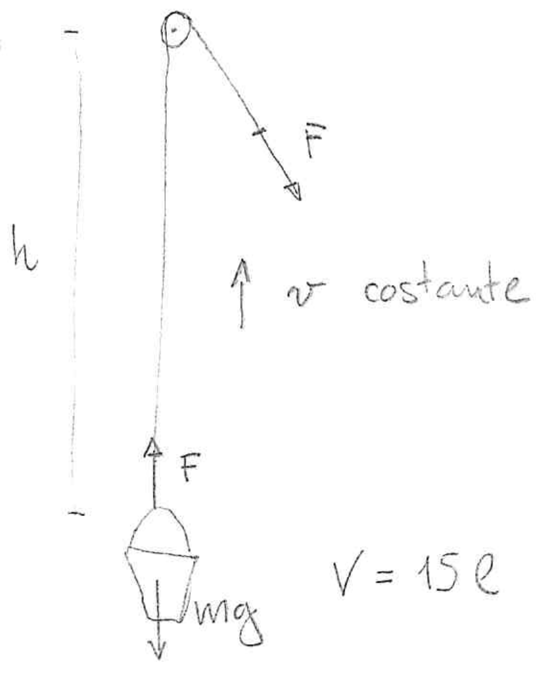
a) Il campo elettrico $\boldsymbol{E}$ al centro del quadrato.

i) $\boldsymbol{E} = 0$ (simmetria) ii) $\boldsymbol{E} = 0$

b) Il valore del potenziale $V$ al centro del quadrato.

i) $V = 4 \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{\frac{l}{2}\sqrt{2}}$ ii) $V = 2{,}3 \cdot 10^7$ V

(1)




$h = 18\ m$

$\Delta t = 30\ s$

$$v = \frac{h}{\Delta t} = \frac{18\ m}{30\ s} = 0{,}60\ m/s$$

$V = 15\ \ell \Rightarrow m = 15\ kg$

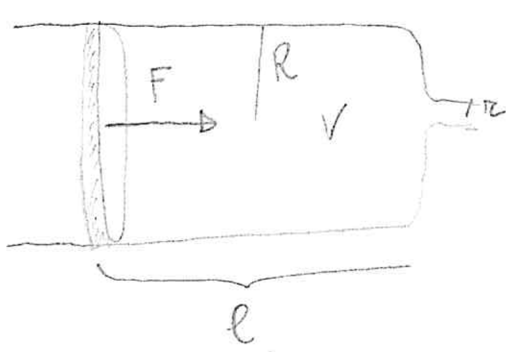
a) Poiché $v$ è costante, $\Sigma \vec{F} = 0$

$$F = mg$$

$$F = 15\ kg \cdot 9{,}8\ m/s^2 = 147\ N$$

b) $P = F \cdot v = 147\ N \cdot 0{,}6\ \frac{m}{s} = 88{,}2\ W$

(2)




$V = 25\ m\ell = 25\ cm^3$

$= 25 \cdot (10^{-2} m)^3 = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ m^3$

$\Delta t = 3{,}6\ s$

$r = 1{,}0\ mm$

$V = \pi R^2 \cdot \ell$

a) La portata media $Q$ si può ottenere semplicemente dalla definizione di "volume che fluisce nell'unità di temp

$$Q = \frac{V}{\Delta t} = \frac{2{,}5 \cdot 10^{-5}\ m^3}{3{,}6\ s} = 6{,}9 \cdot 10^{-6}\ \frac{m^3}{s}$$

b) La velocità media $v$ con cui il flusso esce dalla siringa è dato da:

$$v = \frac{Q}{\pi r^2} = \frac{6{,}9 \cdot \cancel{10^{-6}}\ \overset{m}{\cancel{m^3}}/s}{3{,}14\ (1{,}0 \cdot \cancel{10^{-3}}\ \cancel{m})^2} = 2{,}2\ m/s$$

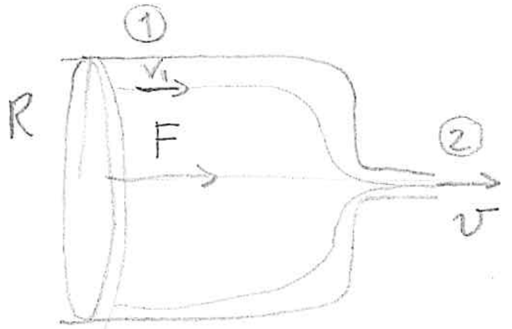
c) Il calcolo del lavoro $\mathcal{L}$ richiede di utilizzare:

$$\mathcal{L} = F \cdot l \qquad (\,l \text{ definito in figura})$$

Sia $F$ che $l$ non sono noti. Si ha però

$$\mathcal{L} = F\, l \cdot \frac{\pi R^2}{\pi R^2} = F\, \frac{V}{\pi R^2} = \frac{F}{\pi R^2} \cdot V = p \cdot V$$

ove $p$ è la pressione esercitata da $F$ sul pistone di area $\pi R^2$, e $V$ è il volume del fluido.
Viene suggerito di utilizzare il teorema di Bernoulli, che si può applicare ai punti ① e ② in fig.




$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Si nota che: $p_1 = p_a + p$ (press. atm + press. dovuta a F)

con $p = \dfrac{F}{\pi R^2}$

$p_2 = p_a$

$v_1 \ll v_2$ (perché $R \gg r$)

$v_2 = v$

Si ottiene dunque: $\cancel{p_a} + p + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = \cancel{p_a} + \frac{1}{2}\rho v^2$

trascurabile perché $v_1 \ll v_2$

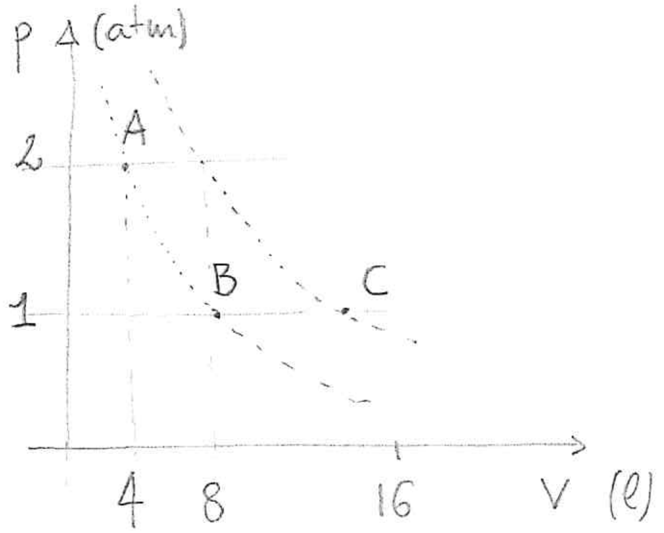
Quindi $p = \frac{1}{2}\rho v^2$

Da cui $\mathcal{L} = pV = \frac{1}{2}\rho v^2 \cdot V$

$= \frac{1}{2} 10^3 \frac{Kg}{\cancel{m^3}} \cdot \left(2{,}2 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 2{,}5 \cdot 10^{-5} \cancel{m^3}$

$= 6{,}1 \cdot 10^{-2}$ J

3




AB → isoterma

BC → isobara

1atm = 101300 Pa ≅ $10^5$ Pa

1 l = $10^{-3}$ $m^3$

gas ideale:

$pV = nRT$

a) Trasformazione AB, isoterma:

$$\mathcal{L}_{AB} = -\int_A^B p\,dV = -nRT_A \int_A^B \frac{dV}{V} = -nRT_A \ln\frac{V_B}{V_A}$$

$$= -nRT_A \ln 2 = -p_A V_A \ln 2 = -8\,\ell atm \cdot \ln 2 = -562 \text{ J}$$

b) Trasformazione BC, isobara:

$$\mathcal{L}_{BC} = -p_B \Delta V = -1atm\,(16-8)\,\ell = -8\,\ell atm = -810 \text{ J}$$

c) $\mathcal{L} = \mathcal{L}_{AB} + \mathcal{L}_{BC} = -(562 + 810)\text{J} = -1372 \text{ J}$

NB: $\mathcal{L}_{AB}$, $\mathcal{L}_{BC}$ ed $\mathcal{L}$ hanno tutti segno negativo, ad indicare lavoro compiuto dal gas contro le forze esterne.

d) Trasformazione AB, isoterma. I principio $\mathcal{L}_{AB} + Q_{AB} = 0$

$$Q_{AB} = -\mathcal{L}_{AB} = 562 \text{ J}$$

e) Trasformazione BC, isobara:

$$Q_{BC} = n c_p \Delta T = \frac{5}{2} n R \Delta T$$

Si nota che a p costante $p\Delta V = nR\Delta T$, quindi:

$$Q_{BC} = \frac{5}{2} p \Delta V = -\frac{5}{2} \mathcal{L}_{BC} = 2026 \text{ J}$$

NOTA: $Q_{AB}$, $Q_{BC}$ e $Q$ hanno tutti segno + ad indicare calore assorbito dal gas

f) $Q = Q_{AB} + Q_{BC}$

$= 562 \text{ J} + 2026 \text{ J} = 2588 \text{ J}$

g) $\Delta U_{AB} = 0$ perché isoterma

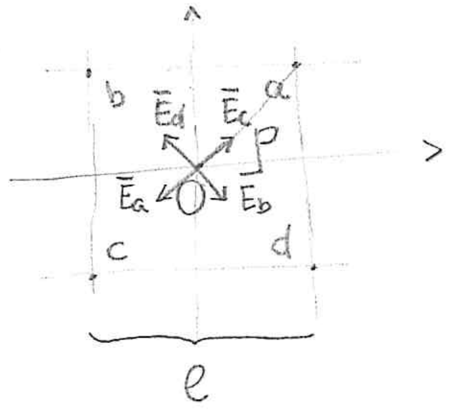
h) $\Delta U_{BC} = \mathcal{L}_{BC} + Q_{BC} = \left(-1 + \frac{5}{2}\right) p\Delta V = \frac{3}{2} p \Delta V = 1216 \text{ J}$

f) $\Delta U = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} = \Delta U_{BC} = 1216 \text{ J}$

oppure anche:

$$\Delta U = Q + \mathcal{L} = -1372 \text{ J} + 2588 \text{ J} = 1216 \text{ J}$$

4




$\ell = 2{,}0$ cm

$a = (1{,}0;\ 1{,}0)$ cm

$b = (-1{,}0;\ 1{,}0)$ cm

$c = (-1{,}0;\ -1{,}0)$ cm

$d = (1{,}0;\ -1{,}0)$ cm

$p = \sqrt{2}$ cm

a) $\vec{E} = 0$ per il principio di sovrapposizione ed ovvi motivi di simmetria (vedi figura).

b) $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{p} \cdot 4 = 4 \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2} \frac{9{,}0 \cdot 10^{-6} C}{\sqrt{2} \cdot 10^{-2} m} = 2{,}3 \cdot 10^7 \text{ V}$

ovvero 4 volte il contributo di ciascuna carica