UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche

A.A. 2017/2018 –Prova Scritta di Fisica

Sessione Estiva - II Appello - 03.07.2018

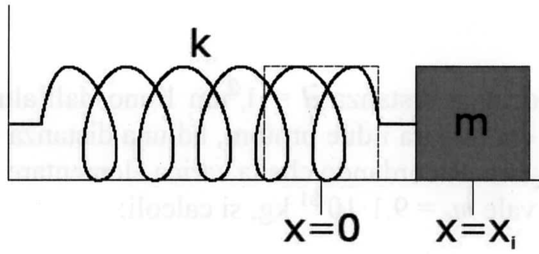
Cognome ....RIGON.... **Nome** ....LUIGI....

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 = 1.80 kg è attaccato ad una molla di costante elastica k, come mostrato in figura. Il blocco è tirato fino alla posizione iniziale x_i = 4.00 cm a destra della posizione di equilibrio, assunta come origine dell'asse orizzontale. La forza elastica di richiamo che la molla esercita sul blocco in x_i ha modulo F_{xi} = 42 N, ed è diretta verso l'origine. Quindi, il blocco viene lasciato libero da fermo.



Calcolare la velocità v con cui il blocco passa per la posizione d'equilibrio nel caso in cui:

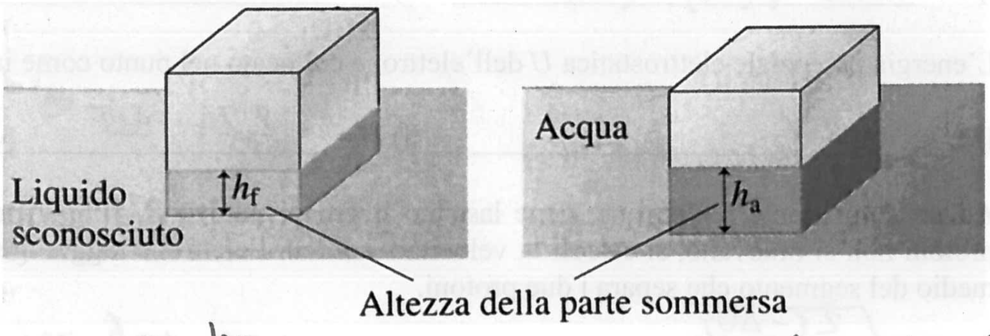
a) la superficie orizzontale sia priva d'attrito

i) $v_a = \sqrt{\frac{k}{m}}\, x_i$ ii) v_a = 0,97 m/s

b) il coefficiente d'attrito μ_d tra il blocco e la superficie orizzontale valga μ_d = 0.22

i) $v_b = \sqrt{\frac{k}{m} x_i^2 - 2\mu_d g x_i}$ ii) v_b = 0,87 m/s

2) Un cubetto di legno di lato L galleggia in un liquido sconosciuto, in modo che la parte sommersa misura in altezza h_f = 2.3 cm, come rappresentato nella figura di sinistra. Lo stesso cubetto, collocato in acqua, galleggia in modo che la parte sommersa misura h_a = 2.9 cm, come rappresentato nella figura di destra. In base a queste osservazioni, si determini la densità ρ_f del fluido sconosciuto.



i) $\rho_f = \rho_a \frac{h_a}{h_f}$ ii) ρ_f = 1,26 g/cm^3

3) Un cubetto di ghiaccio secco (CO_2 solido) di massa m = 10 g viene posto in un contenitore molto freddo di volume V_A = 10 litri. Quindi, tutta l'aria viene rapidamente pompata fuori dal contenitore e questo viene chiuso ermeticamente. Il contenitore viene poi scaldato fino a T_A = 0 °C, una temperatura alla quale il CO_2 diventa gassoso.

a) Si determini la pressione del gas in questo stato (stato A)

i) $p_A = \frac{nRT}{V_A}$, con $n = \frac{m}{PM}$ ii) p_A = 0,51 atm = 51600 Pa

Il gas viene poi sottoposto ad una compressione isoterma finché la sua pressione diventa pari a p_B = 3.0 atm (stato B), seguita, immediatamente dopo, da una compressione isobara finché il volume arriva a V_C = 1.5 litri (stato C). Dopo aver rappresentato questi processi in un diagramma pV,

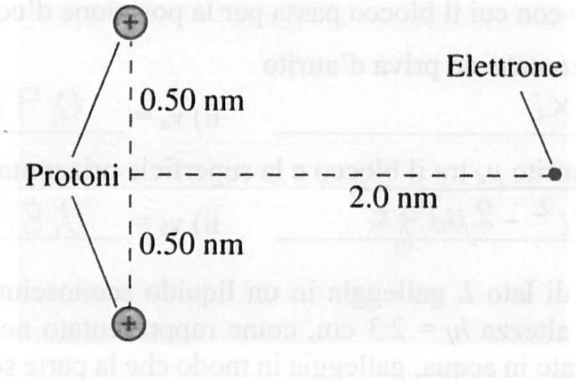
b) Si determini la temperatura finale T_C del gas

i) $T_C = \frac{V_C}{V_B} T_B = \frac{V_C}{V_A}\frac{p_B}{p_A} T_B$ ii) T_C = 241 K = 31,7 °C

c) Si determini il lavoro L compiuto sul gas (o dal gas) nell'intero processo, specificando la convenzione adottata per il segno.

i) $L = -p(V_C - V_B) - \int_A^B p\,dV$ ii) L = 976 J effettuato sul gas

4) Due protoni sono collocati a distanza d = 1,0 nm l'uno dall'altro. Un elettrone si trova sull'asse del segmento che separa i due protoni, ad una distanza l = 2,0 nm dal punto medio dello stesso, come in figura. Ricordando che la carica elementare vale $e = 1.6\cdot10^{-19}$ C e che la massa dell'elettrone vale $m_e = 9.1\cdot10^{-31}$ kg, si calcoli:



a) Il potenziale elettrostatico V dovuto ai due protoni nel punto occupato dall'elettrone.

i) $V = \frac{2}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e}{\sqrt{(d/2)^2+(2d)^2}}$ ii) V = 1,40 V

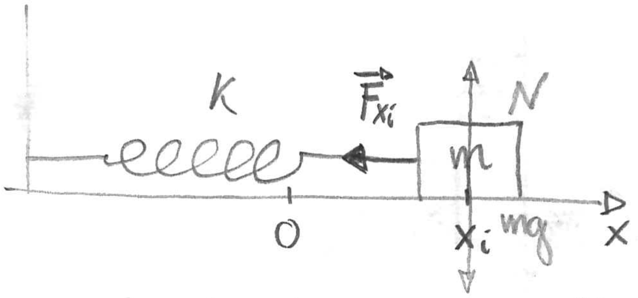
b) L'energia potenziale elettrostatica U dell'elettrone collocato nel punto come in figura.

i) $U = -eV$ ii) $U = -2,24\cdot10^{-19}$ J

c) Ad un dato istante, l'elettrone viene lasciato libero di muoversi. Supponendo che i protoni non si muovano, si calcoli la velocità v con cui l'elettrone raggiunge il punto medio del segmento che separa i due protoni.

i) $v = \sqrt{\frac{2(-\Delta U)}{m_e}}$ ii) $v = 1,24\cdot 10^{6}$ m/s

Esercizio ①



$m = 1{,}80\ \text{Kg}$

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

$F_{x_i} = 42\ \text{N}$

$N = mg$

La costante K della molla è data da

$$F_{x_i} = k x_i$$

$$K = \frac{F_{x_i}}{x_i} = \frac{42\ N}{4 \cdot 10^{-2}\ m} = 10{,}5 \cdot 10^{2}\ \frac{N}{m} = 1{,}05 \cdot 10^{3}\ \frac{N}{m}$$

Nella posizione x_i il blocco ha un'energia potenziale elastica pari a

$$U_{x_i} = \frac{1}{2} k x_i^2 = \frac{1}{2} F_{x_i} x_i = \frac{1}{2}\, 42N \cdot 4 \cdot 10^{-2} m = 84 \cdot 10^{-2} J$$

a) In assenza di attrito, U_{x_i} è convertita integralmente in energia cinetica:

$$K_a = \cancel{\frac{1}{2}} m v_a^2 = \cancel{\frac{1}{2}} k x_i^2$$

$$v_a = \sqrt{\frac{K}{m}}\, x_i = \sqrt{\frac{1{,}05 \cdot 10^{3}}{1{,}8\ \cancel{kg}} \frac{\cancel{Kg}}{s^2}} \cdot 4 \cdot 10^{-2} m = 0{,}97\ m/s$$

b) In presenza di attrito dinamico, si ha

$$\mathcal{L} = \Delta K$$

$$\mathcal{L}_C + \mathcal{L}_{NC} = \Delta K \qquad \text{con } \mathcal{L}_C = U_{x_i}$$

$$\mathcal{L}_{NC} = -\mu_d m g x_i$$

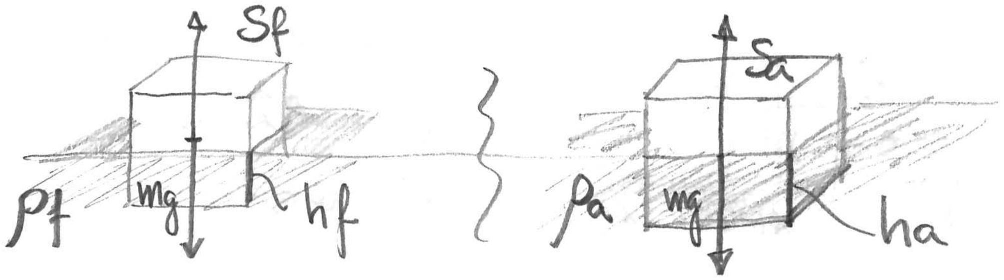
$$\Delta K = K_b$$

$$U_{x_i} - \mu_d m g x_i = K_b$$

$$\frac{1}{2} K x_i^2 - \mu_d m g x_i = \frac{1}{2} m v_b^2$$

$$v_b = \sqrt{\frac{K}{m} x_i^2 - 2 \mu_d g x_i} = \sqrt{0{,}93\ \frac{m^2}{s^2} - 0{,}44 \cdot 9{,}8 \cdot 4 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{s^2}} = 0{,}87\ m/s$$

Esercizio 2



In entrambi i casi la spinta di Archimede compensa la forza peso:

$$mg = S_f = \rho_f L^2 h_f \cdot g$$
$$mg = S_a = \rho_a L^2 h_a \cdot g$$

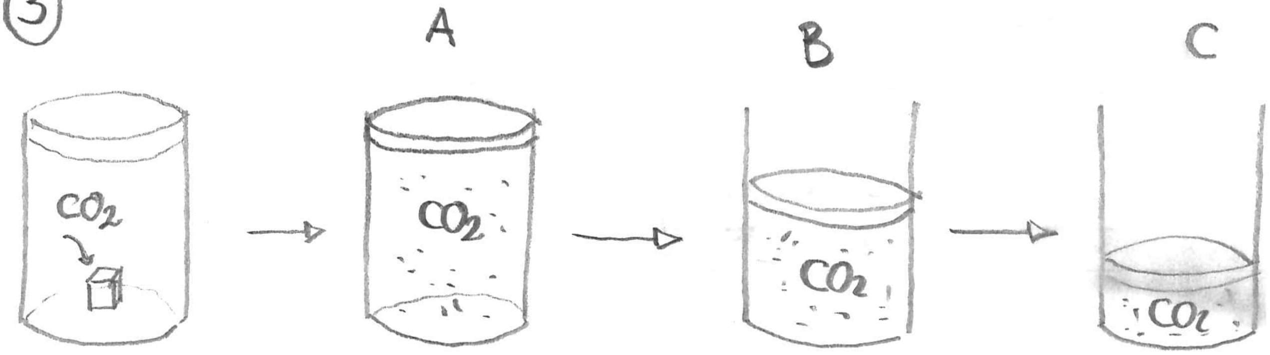
Uguagliando le due espressioni per mg si ha

$$\rho_f \cancel{L^2} h_f \cancel{g} = \rho_a \cancel{L^2} h_a \cancel{g}$$

Da cui infine

$$\rho_f = \rho_a \frac{h_a}{h_f} = 1\ g/cm^3 \cdot \frac{2{,}9\ \cancel{cm}}{2{,}3\ \cancel{cm}} = 1{,}26\ g/cm^3$$

Esercizio 3



	A	B	C
	$T_A = 0°C$	$T_B = 0°C$	$T_C = ?$
	p_A	$p_B = 3 atm$	$p_C = p_B$
	$V_A = 10\ l$	V_B	$V_C = 1{,}5\ l$

a) p_A può essere calcolata dall'equazione di stato dei gas ideali, $pV = nRT$ con

$$n = \frac{m}{PM} = \frac{10g}{(12+2\cdot 16)\ \frac{g}{mol}} = \frac{10\ g}{44\ g/mol} = 0{,}23\ mol$$

$$p_A = \frac{nRT}{V_A} = \frac{0{,}23\ mol \cdot 0{,}082\ \frac{l\ atm}{\cancel{K}} \cdot 273.15\ \cancel{K}}{10\ l} = 0.51\ atm$$

b) Durante la compressione isoterma $T = cost$, quindi:

$$p_A V_A = p_B V_B$$

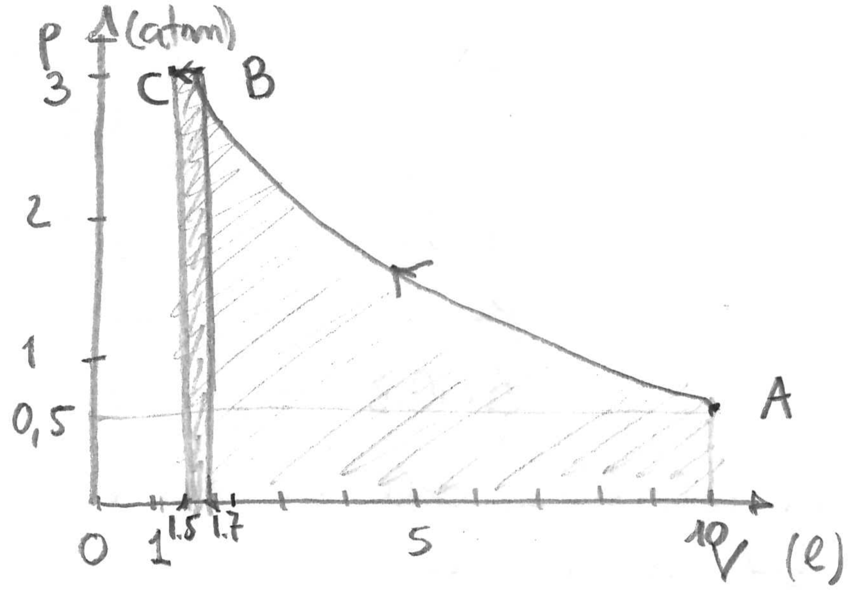
Da cui $V_B = \frac{p_A}{p_B} V_A = \frac{0{,}51\ atm}{3{,}0\ atm} \cdot 10\ l = 1{,}70\ l$

Durante la compressione isobara $p = cost$, quindi:

$$\frac{\cancel{nR} T_c}{V_c} = \frac{\cancel{nR} T_B}{V_B}$$

$$T_c = \frac{V_c}{V_B} T_B = \frac{1{,}5\ l}{1{,}70\ l} \cdot 273{,}15\ K = 241\ K = -31{,}7\ °C$$

c) Le trasformazioni studiate si possono quindi rappresentare come segue:



Il lavoro fatto sul gas è pari all'area sotto la curva, che a sua volta è pari ai due contributi:

$$\mathcal{L} = -p\,(V_C - V_B) - \int_A^B p\,dV$$

$$= -3\,atm \cdot (-0{,}2\,l) - \int_{10l}^{1{,}7l} \frac{nRT}{V}\,dV$$

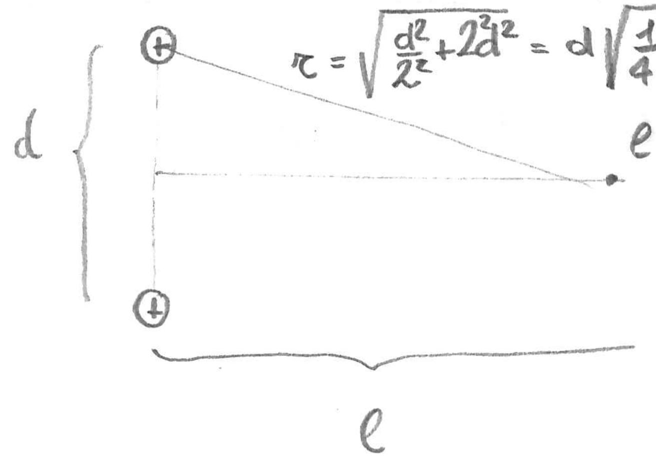
$$= +0.6\ l\cdot atm - nRT\,\ln\left(\frac{1{,}7\,l}{10\,l}\right) \cdot (-1{,}772)$$

$$= 0.6 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot 1{,}013 \cdot 10^5\,Pa - 0.23\,\cancel{mol} \cdot 8{,}314\,\frac{J}{\cancel{K}\,\cancel{mol}} \cdot 273{,}15\,\cancel{K}$$

$$= 61\,J + 915\,J = 976\,J$$

Il segno è positivo; coerentemente con la definizione data durante il caso, questo indica che il lavoro è fatto <u>sul</u> gas.

Esercizio (4)



$$r = \sqrt{\frac{d^2}{2^2} + 2^2 d^2} = d\sqrt{\frac{1}{4}+4} = \frac{d}{2}\cdot\sqrt{17}$$

$d = 1\cdot 10^{-9}\, m$

$l = 2\cdot 10^{-9}\, m = 2d$

$e = 1.6\cdot 10^{-19}\, C$

$m_e = 9{,}1\cdot 10^{-31}\, kg$

a) Il potenziale elettrico dovuto a ciascun protone è pari a:

$$V_p = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e}{\sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2+(2d)^2}} = 9\cdot 10^9\ \frac{m^2 N}{C^2}\cdot\frac{1.6\cdot 10^{-19}\,\cancel{C}}{\frac{1}{2}\cdot 10^{-9}\,\cancel{m}\cdot\sqrt{17}} =$$

$$= \frac{9\cdot 1.6\cdot 2}{\sqrt{17}}\cdot 10^{-1}\ \frac{J}{C} = 0{,}70\ V$$

Considerando ora i due protoni

$$V = 2V_p = 1{,}40 V$$

b) $U = -eV = -2{,}24\cdot 10^{-19}\ J$

c) Nel punto medio del segmento che congiunge i due protoni il potenziale vale $V' = 2V_p'$ con

$$V_p' = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e}{d/2} = \frac{2}{4\pi\varepsilon_0}\ \frac{e}{d}$$

$$V' = \frac{4}{4\pi\varepsilon_0}\ \frac{e}{d} = 36\cdot 10^9\ \frac{m^2 N}{\cancel{C}}\ \cdot\frac{1.6\cdot 10^{-19}\,\cancel{C}}{10^{-9}\,\cancel{m}} = 5{,}76\ V$$

La differenza di potenziale tra il punto iniziale ed il punto medio vale

$$\Delta V = V' - V = 5{,}76\ V - 1{,}40 V = 4{,}36\ V$$

A cui corrisponde una perdita di energia potenziale elettrica

$$\Delta U = -e\,\Delta V = -6.98\cdot 10^{-19}\ J$$

Tale perdita di energia potenziale è pari al guadagno in energia cinetica (conservazione energia)

$$K = \frac{1}{2} m_e v^2 = 6{,}98 \cdot 10^{-19}\ J = -\Delta U$$

Da cui:

$$v^2 = \frac{2(-\Delta U)}{m_e}$$

$$v = \sqrt{\frac{2(-\Delta U)}{m_e}} = 1{,}24 \cdot 10^{6}\ \frac{m}{s}$$