UNIVERSITÀ DI TRIESTE
Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche
A.A. 2017/2018 – Corso di Fisica
VI Prova Scritta – Sessione Autunnale – I Appello - 11.09.2018

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

Istruzioni: I problemi vanno dapprima svolti per esteso nei fogli protocollo a quadretti. 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) Una slitta scivola senza attrito giù da una piccola collinetta coperta di neve ghiacciata. Se la slitta parte da ferma dalla cima della collinetta, essa arriva in fondo alla discesa con una velocità $v_f = 6.5$ m/s. Calcolare:

   a) la velocità v'_f con cui la slitta arriva in fondo alla discesa se, anziché partire da ferma, parte dalla cima della collinetta con una velocità $v'_i = 2.5$ m/s:

   i) $v'_f = \sqrt{v_i'^2 + v_f^2}$ ii) $v'_f =$ 7,0 m/s

   b) il dislivello h tra la cima della collinetta e la fine della discesa:

   i) $h = \frac{v_f^2}{2g}$ ii) $h =$ 2,2 m

2) Come è noto, fumare è dannoso per la circolazione. Infatti, nel tentativo di mantenere la capacità del sange di trasportare ossigeno, il corpo aumenta la sua produzione di globuli rossi, e questo aumenta la viscosità del sangue. Inoltre, la nicotina del tabacco causa un restringimento delle arterie.

   Per un non-fumatore, il normale scorrimento del sangue richiede una differenza di pressione di $\Delta p = 8.0$ mmHg tra le estremità di un'arteria. Se questa persona fumasse regolarmente, la sua viscosità sanguigna aumenterebbe del 10 %, ed il diametro dell'arteria si restringerebbe al 90% del suo valore normale.

   Si calcoli la differenza di pressione $\Delta p'$ necessaria per mantenere lo stesso flusso sanguigno alle estremità dell'arteria.

   i) $\Delta p' = \left(\frac{1}{0,9}\right)^4 \cdot 1,1 \cdot \Delta p$ ii) $\Delta p' = 1,68\ \Delta p = 13,4$ mmHg

3) Un recipiente cilindrico chiuso con asse orizzontale, di sezione $S = 50 \text{ cm}^2$ e di lunghezza $L = 1{,}0$ m, è diviso in due sezioni da un pistone P che scorre nel cilindro a tenuta e senza attrito. Siano A e B e basi del cilindro. Tra la base A e il pistone P è contenuto un gas perfetto biatomico. Tra la base B e il pistone è interposta una molla di lunghezza a riposo $l_0 = 40$ cm e di costante elastica $k = 500$ N/m. Tra la base B e il pistone è stato fatto il vuoto.

Inizialmente la temperatura del sistema è $T_i = 27$ °C e la lunghezza della molla è pari a $l_i = 20$ cm. In questa configurazione iniziale si calcolino:

a) la pressione iniziale p_i

i) $p_i = \frac{k(l_0 - l_i)}{S}$ ii) $p_i = 2{,}0 \cdot 10^4$ Pa

b) il numero di moli n del gas.

i) $n = \frac{p_i V_i}{R T_i} = \frac{k(l_0 - l_i)(L - l_i)}{R T_i}$ ii) $n = 0{,}032$ mol

Successivamente la temperatura del gas viene fatta diminuire fino a quando la molla raggiunge la lunghezza $l_f = 30$ cm. Con riferimento a questo stato finale, ed alla trasformazione termodinamica dallo stato iniziale allo stato finale, si calcolino:

c) la temperatura finale T_f

i) $T_f = \frac{p_f V_f}{p_i V_i} T_i = \frac{(l_0 - l_f)(L - l_f)}{(l_0 - l_i)(L - l_i)} T_i$ ii) $T_f = \frac{7}{16} T_i = 131$ K

d) la variazione dell'energia interna del gas

i) $\Delta E_{int} = n \frac{5}{2} R (T_f - T_i)$ ii) $\Delta E_{int} = -112$ J

e) Il lavoro L fatto sul gas (o dal gas, specificare)

i) $L = -\int_i^f p\,dV = \int_{l_i}^{l_f} k(l_0 - l)\,dl$ ii) $L = 7{,}5$ J (fatto sul gas)

f) Il calore Q ceduto (o assorbito, specificare) dal gas

i) $Q = \Delta E_{int} - L$ ii) $Q = -119{,}5$ J (ceduto dal gas)

4) In un modello semi-classico dell'atomo di idrogeno, l'elettrone orbita attorno al protone ad una distanza $r = 0.053$ nm. Si calcoli:

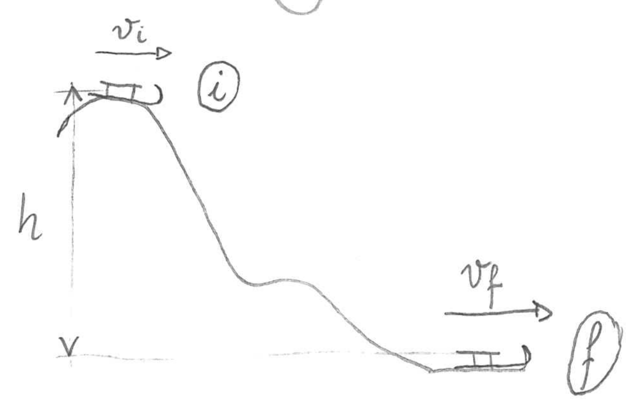
a) Il potenziale elettrico V dovuto al protone nella posizione dell'elettrone:

i) $V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e}{r}$ ii) $V = 27$ V

b) L'energia potenziale elettrostatica U dell'elettrone:

i) $U = -eV$ ii) $U = -4{,}3 \cdot 10^{-18}$ J

PROBLEMA 1



I) $v_i = 0$
$v_f = 6{,}5 \text{ m/s}$

II) $v_i' = 2{,}5 \text{ m/s}$
$v_f' = ?$

In generale, poiché non vi sono forze d'attrito, l'energia meccanica si conserva: $E_{mecc\,i} = E_{mecc\,f}$.

$$K_i + U_i = K_f + U_f$$

Dove U si riferisce all'energia potenziale gravitazionale:

$U_i = mgh$ con m massa della slitta

$U_f = 0$ assunta nulla per convenzione

Nel primo caso (I) $v_i = 0$

$$K_i = 0$$

$$mgh = \frac{1}{2} m v_f^2 \qquad (\mathrm{I})$$

Nel secondo caso (II) $v_i' = 2{,}5 \text{ m/s}$

$$\frac{1}{2} m v_i'^2 + mgh = \frac{1}{2} m v_f'^2 \qquad (\mathrm{II})$$

a) Combinando (I) e (II) si ottiene:

$$\cancel{\frac{1}{2}m} v_i'^2 + \cancel{\frac{1}{2}m} v_f^2 = \cancel{\frac{1}{2}m} v_f'^2$$

$$v_f' = \sqrt{v_i'^2 + v_f^2} = \sqrt{(2{,}5)^2 + (6{,}5)^2}\ \frac{m}{s} = 7{,}0 \text{ m/s}$$

b) Dalla (I) si ha:

$$h = \frac{v_f^2}{2g} = \frac{(6{,}5)^2 \frac{m^2}{s^2}}{2 \cdot 9.8 \frac{m}{s^2}} = 2{,}2 \text{ m}$$

PROBLEMA ②

La circolazione del sangue (liquido viscoso) nell' arteria è regolata dalla legge di Poiseville:

[↓ dato inutile]

$$Q = \frac{\pi}{8} \frac{r^4}{\eta} \frac{\Delta p}{\ell} \quad (\mathrm{I}) \qquad \text{con} \quad \left(\eta = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Pa \cdot s}\right)$$

$$\Delta p = 8{,}0\ \mathrm{mm\,Hg}$$

In un soggetto fumatore (uso gli apici per le relative grandezze fisiche):

$$\begin{aligned} \eta' &= 1{,}1 \cdot \eta \\ r' &= 0{,}9\, r \end{aligned} \quad (\mathrm{II})$$

A parità di flusso sanguigno, la legge di Poiseville per il soggetto fumatore richiede che

$$Q = \frac{\pi}{8} \frac{(r')^4}{\eta'} \frac{\Delta p'}{\ell} \quad (\mathrm{III})$$

Uguagliando la (I) e la (III) si ha:

$$\cancel{\frac{\pi}{8}} \frac{r^4}{\eta} \frac{\Delta p}{\cancel{\ell}} = \cancel{\frac{\pi}{8}} \frac{(r')^4}{\eta'} \frac{\Delta p'}{\cancel{\ell}}$$

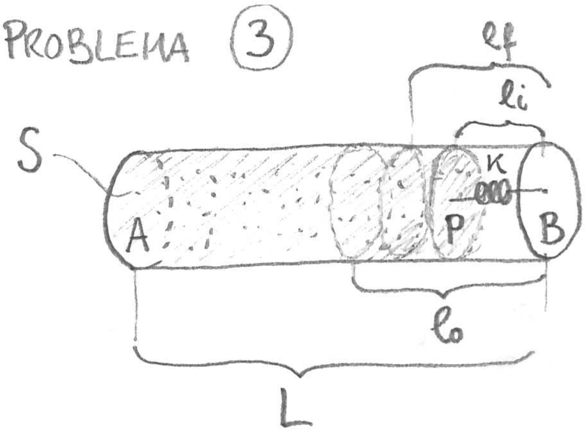
Quindi: $\Delta p' = \Delta p \left(\frac{r}{r'}\right)^4 \frac{\eta'}{\eta}$ sostituendo le (II)

$$= \Delta p \left(\frac{1}{0{,}9}\right)^4 \cdot 1{,}1$$

$$= \Delta p \cdot 1{,}52 \cdot 1{,}1 = 1{,}68 \cdot \Delta p = 13{,}4\ \mathrm{mm\,Hg}$$

Si noti che l'aumento della pressione è dovuto principalmente al restringimento dell'arteria.

PROBLEMA 3



$S = 50\ cm^2$

$L = 1{,}0\ m$

gas perfetto biatomico:

$C_V = \frac{5}{2}R$ con $R = 8{,}31\ J mol^{-1} K^{-1}$

$k = 500\ \frac{N}{m}$

$l_0 = 40\ cm$

$l_i = 20\ cm$

$l_f = 30\ cm$

$T_i = 27\ °C = 300\ K$

a) La pressione p_i del gas è pari a quella esercitata dalla molla con lunghezza l_i

$$p_i = \frac{k(l_0 - l_i)}{S} = \frac{\cancel{500}^{10}\ \frac{N}{\cancel{m}}(40-20)\cdot 10^{-2}\ \cancel{m}}{\cancel{50}\cdot(10^{-2}\ m)^2} = 20\cdot 10^{-1}\cdot 10^{4}\ \frac{N}{m} = 2\cdot 10^{4}\ Pa$$

b) n può essere ricavato da $p_i V_i = n R T_i$

$$n = \frac{p_i V_i}{R T_i} \qquad (I)$$

con $p_i = \frac{k(l_0 - l_i)}{S}$

e $V_i = S(L - l_i)$

Quindi: $$n = \frac{k(l_0 - l_i)(L - l_i)}{R T_i} = \frac{500\ \frac{N}{\cancel{m}}\cdot 20\cdot 10^{-2}\ \cancel{m}\cdot 80\cdot 10^{-2}\ m}{8{,}31\ J mol^{-1} \cancel{K^{-1}}\cdot 300\ \cancel{K}} = \frac{80\ \cancel{J}}{8{,}31\cdot 300\ \cancel{J} mol^{-1}} = 0{,}032\ mol$$

c) Analogamente a quanto visto in b) per lo stato finale f si ha:

$$p_f = \frac{k(l_0 - l_f)}{S}$$

$$V_f = S(L - l_f)$$

Da cui:

$$T_f = \frac{p_f V_f}{nR} \overset{\text{da (I)}}{=} \frac{p_f V_f}{p_i V_i} T_i = \frac{\cancel{k}\frac{(l_0-l_f)}{\cancel{S}}\cdot \cancel{S}(L-l_f)}{\cancel{k}\frac{(l_0-l_i)}{\cancel{S}}\cdot \cancel{S}(L-l_i)} T_i =$$

$$= \frac{(l_0-l_f)(L-l_f)}{(l_0-l_i)(L-l_i)} T_i = \frac{10\,\cancel{cm}\cdot 70\,\cancel{cm}}{20\,\cancel{cm}\cdot 80\,\cancel{cm}} T_i = \frac{7}{16} T_i = 131 \text{ K}$$

d) Per un gas biatomico perfetto, $C_V = \frac{5}{2}R$ e

$$\Delta E_{int} = n C_V \Delta T = n\frac{5}{2}R(T_f - T_i) = 0{,}032\,\text{mol}\cdot\frac{5}{2}\,8{,}31\,\frac{\text{J}}{\text{mol K}}(-169\text{ K})$$

$$\overset{!}{=} -112\text{ J}$$

e) In generale, il lavoro è dato da $L = -\int_i^f p\,dV$

p non è costante ma vale $p = \frac{k(l_0-l)}{S}$ con l che varia da l_i a l_f.

Inoltre la variazione infinitesima di volume dV dovuta ad una variazione infinitesima della lunghezza della molla dl è data da $dV = -S\,dl$

(il segno "−" indica che V diminuisce al crescere di l)

Quindi

$$L = -\int_i^f p\,dV = -\int_{l_i}^{l_f} \frac{k(l_0-l)}{\cancel{S}}\cdot(-\cancel{S}\cdot dl) = \int_{l_i}^{l_f} k(l_0-l)\,dl$$

$$= k\left\{\int_{l_i}^{l_f} l_0\,dl - \int_{l_i}^{l_f} l\,dl\right\} = k\left\{l_0\left[l\right]_{l_i}^{l_f} - \frac{1}{2}\left[l^2\right]_{l_i}^{l_f}\right\}$$

$$= k\left\{l_0(l_f-l_i) - \frac{1}{2}(l_f^2-l_i^2)\right\} = k\left\{l_0(l_f-l_i) - \frac{1}{2}(l_f-l_i)(l_f+l_i)\right\}$$

$$= k(l_f-l_i)\left\{l_0 - \frac{1}{2}(l_f+l_i)\right\}$$

$$\overset{!}{=} 500\,\frac{\text{N}}{\cancel{\text{m}}}\,0{,}10\,\cancel{\text{m}}\left\{0{,}40\text{ m} - 0{,}25\text{ m}\right\} = 7{,}5\text{ J}$$

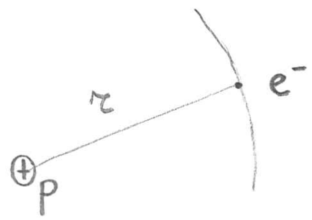
(positivo, quindi fatto dalla molla <u>sul</u> gas)

f) Dal I principio $Q = \Delta E_{int} - L$

$$\overset{!}{=} -112\text{ J} - 7{,}5\text{ J} = -119{,}5\text{ J}$$

(negativo, quindi <u>ceduto</u> dal gas)

Problema 4



$r = 0{,}053 \text{ nm} = 5{,}3 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

$e = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Come è noto, il protone ha carica e, e l'elettrone -e.

a) $$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e}{r}$$

$$= 9{,}0 \cdot 10^{9} \frac{N \cancel{m^2}}{C^2} \cdot \frac{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cancel{C}}{5{,}3 \cdot 10^{-11} \cancel{m}}$$

$$= \frac{9{,}0 \cdot 1{,}6}{5{,}3} \cdot 10^{(9-19+11)} \; V = 27 \text{ V}$$

b) L'energia potenziale elettrostatica è data da

$$U = -e \cdot V = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 27 \text{ V} = -4{,}3 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$