

## Prova scritta di Fisica per Scienze Biologiche – 6 Luglio 2016

I risultati saranno pubblicati sul sito di e-learning del corso di Fisica dei prof. Betti, Maoli e Piacentini

(N00070) Fisica (vecchio ordinamento quadriennale e quinquennale)	Esercizi 1, 2, 3	(3 ore)
(N19018) Fisica I (ordinamento triennale non riformato - 4 CFU)	Esercizio 1	(1 ora)
(N19019) Fisica II (ordinamento triennale non riformato - 3 CFU)	Esercizio 3	(1 ora)
(N19002) Fisica I + Fisica II (ordinamento triennale non riformato - 7 CFU)	Esercizi 1, 3	(2 ore)
(1011790) Fisica (ordinamento triennale riformato - 9 CFU)	Esercizi 1, 2, 3	(3 ore)
<b>Per chi ha passato solo il primo esonero</b>	Esercizi 2,3	(2 ore)

### Esercizio 1

Un camion di massa  $M = 6.5$  tonnellate sta viaggiando alla velocità costante  $v_0 = 82$  km/h su una strada pianeggiante. Il conducente vede un ostacolo alla distanza  $D = 60$  m.

Dopo un tempo di reazione  $\Delta t = 1.3$  secondi, frena bruscamente. Considerando un coefficiente di attrito tra pneumatici e asfalto pari a  $\mu = 0.75$ , e trascurando l'attrito dell'aria:

- stabilire se il camion investe l'ostacolo, e nel caso con quale velocità;
- calcolare qual è il lavoro compiuto dai freni del mezzo;
- calcolare il valore minimo che dovrebbe avere il coefficiente di attrito affinché il camion si fermi prima dell'ostacolo;
- rappresentare con tre grafici le curve in funzione del tempo di: accelerazione, velocità, e spazio percorso, nel caso in cui il coefficiente di attrito sia quello calcolato al punto (c).

### Esercizio 2

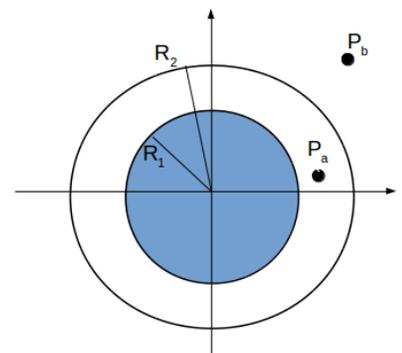
Una gas perfetto biatomico composto da  $n = 0.40$  moli, si trova in un contenitore, inizialmente nello stato A:  $V_A = 2.0$  litri e  $p_A = 3.0$  atm. Esso subisce una trasformazione ciclica reversibile costituita da: una espansione isobara (da A a B) fino ad un volume  $V_B = 2 V_A$ ; un raffreddamento a volume costante (da B a C) fino a  $T_C = T_A$ ; ed infine una trasformazione isoterma per tornare allo stato iniziale, da C ad A. Si chiede di:

- disegnare il ciclo ABCA;
- calcolare i parametri termodinamici (temperatura, pressione e volume) dei tre stati A, B, C;
- calcolare il lavoro fatto in un ciclo;
- calcolare il rendimento di questo ciclo, cioè il rapporto tra il lavoro compiuto dal sistema e la quantità di calore fornita al sistema (assorbita).

### Esercizio 3

Un sistema è composto da una sfera conduttrice, di raggio  $R_1 = 5.0$  cm, racchiusa in un guscio sferico conduttore di raggio  $R_2 = 8.0$  cm. Sulla sfera di raggio  $R_1$  viene depositata una carica  $Q_1 = 3.0$  nC, mentre sul guscio viene depositata una carica  $Q_2 = -3.0$  nC. Si determini:

- il valore del campo elettrico in un punto  $P_a$  a distanza  $d_a = 6.0$  cm dal centro del sistema, e in un punto  $P_b$  a distanza  $d_b = 10.0$  cm dal centro del sistema;
- la differenza di potenziale tra i due conduttori, sapendo che la capacità del condensatore sferico vale  $C = 4\pi\epsilon_0 R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$ ;
- nel caso in cui un elettrone si stacchi dal guscio esterno, indicare con quale velocità esso colpisce la sfera interna ( $e = -1.6 \cdot 10^{-19}$  C,  $m_e = 9.1 \cdot 10^{-31}$  Kg).



Prova scritta di Fisica per Scienze Biologiche – 6 Luglio 2016  
Soluzioni

Esercizio 1

a) La distanza percorsa prima di iniziare la frenata vale

$$s_0 = v_0 \cdot \Delta t = 82/3.6 \cdot 1.3 = 29.6 \text{ m}$$

Durante la frenata, la forza di attrito è  $F_a = -\mu N$ , dove la reazione vincolare è  $N = Mg$ . Quindi l'accelerazione vale:

$$a = F_a/M = -\mu g = -7.35 \text{ m/s}^2$$

In assenza di ostacolo, la velocità diminuisce come

$$v = v_0 - |a|t$$

quindi il camion si fermerebbe ( $v=0$ ) al tempo  $t = v_0/|a|$

lo spazio percorso in frenata sarebbe:

$$s_1 = v_0 t - \frac{1}{2} |a| t^2 = \frac{v^2}{|a|} - \frac{1}{2} v^2/|a| = \frac{1}{2} v^2/|a| = 35.3 \text{ m}$$

quindi lo spazio totale sarebbe

$$s = s_0 + s_1 = 64.9 \text{ m}$$

Essendo  $s > D$ , il camion colpisce l'ostacolo.

La velocità può essere calcolata tenendo conto che, durante la frenata, con accelerazione costante, vale la formula

$$v_f^2 = v_0^2 - 2|a|x \quad (1)$$

$$\text{con } x = D - s_0$$

Quindi  $v_f = 8.5 \text{ m/s}$ , pari a  $30 \text{ km/h}$

b) La forza che rallenta il veicolo può essere ricavata dalla accelerazione:

$$|F| = m |a| = \mu M g$$

il lavoro vale quindi (considerando che forza e spostamento sono opposti)

$$L = -F s_1 = -1.43 \cdot 10^6 \text{ J}$$

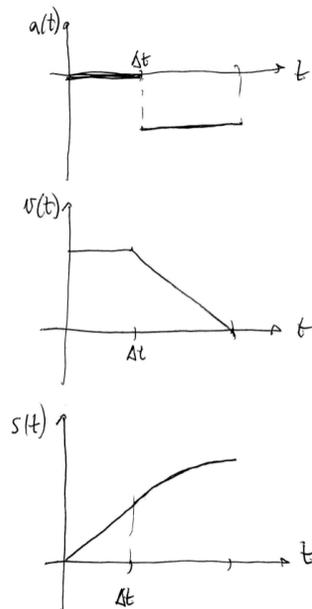
c) dalla formula (1), la accelerazione che permette di arrivare sull'ostacolo con velocità nulla è pari a:

$$|a_1| = v_0^2 / (2x) = 8.5 \text{ m/s}^2$$

quindi il valore del coefficiente di attrito deve essere:

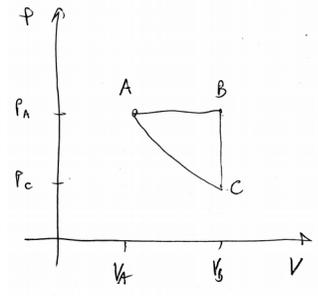
$$\mu_1 = |a_1|/g = 0.87$$

d) grafici leggi orarie:



## ESERCIZIO 2

a)



b) in A:

$$V_A = 2.0 \text{ litri,}$$

$$P_A = 3.0 \text{ atm;}$$

$$T_A = P_A V_A / (nR) = 183 \text{ K}$$

in B:

$$V_B = 2 \cdot V_A = 4.0 \text{ litri;}$$

$$P_B = P_A = 3.0 \text{ atm;}$$

$$T_B = T_A (V_B / V_A) = 2 \cdot T_A = 366 \text{ K}$$

in C:

la temperatura deve essere pari a  $T_A$ , quindi

$$T_C = T_A = 183 \text{ K;}$$

$$V_C = V_B = 4.0 \text{ litri;}$$

a volume costante la pressione è legata alla temperatura dalla legge  $P/T = \text{cost}$ , quindi

$$P_C = P_B \cdot (T_C / T_B) = P_B / 2 = 1.5 \text{ atm}$$

c) Il lavoro nel tratto BC è nullo, quindi:

$$L = L_{AB} + L_{CA} = P_A (V_B - V_A) + P_A V_A \ln(V_A / V_C) = 608 \text{ J} - 421 \text{ J} = 187 \text{ J}$$

d) dobbiamo calcolare il calore scambiato in ogni trasformazione e vedere se è positivo o negativo.

Solo il calore positivo è assorbito dal sistema, e quindi valido per il calcolo del rendimento.

$$Q_{AB} = n c_p (T_B - T_A) = 2100 \text{ J} > 0 \text{ (assorbito)}$$

$$Q_{BC} = n c_v (T_C - T_B) = -1500 \text{ J} < 0 \text{ (ceduto)}$$

Nell'isoterma CA, il calore è pari al lavoro

$$Q_{CA} = L_{CA} = -421 \text{ J} < 0 \text{ (ceduto)}$$

$$h = L / Q_{AB} = 0.088$$

in percentuale  $h = 8.8 \%$

### ESERCIZIO 3

a) Utilizzando il teorema di Gauss in caso di simmetria sferica, per una superficie sferica di raggio  $r$  vale  $4\pi r^2 E(r) = Q_{int}/\epsilon_0$  da cui  $E(r) = Q_{int}/(4\pi\epsilon_0 r^2)$

Per  $d_a$ , intermedio tra  $R_1$  e  $R_2$ , abbiamo:

$$E(d_a) = Q_1/(4\pi\epsilon_0 d_a^2) = 7.5 \text{ kV/m}$$

Per  $d_b$ , esterno al  $R_2$ , la carica interna è nulla, quindi  $E(d_b) = 0$

b) Il sistema è un condensatore sferico. La capacità del condensatore sferico vale  $C = 4\pi\epsilon_0 R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$

$$\Delta V = Q_1/C = Q_1/(4\pi\epsilon_0) (R_1 - R_2)/(R_1 R_2) = 202 \text{ V}$$

c) dalla conservazione dell'energia meccanica, per l'elettrone vale,

$$E_{iniziale} = U_{iniziale} + K_{iniziale} = e V(R_2) + 0 = E_{finale} = U_{finale} + K_{finale} = e V(R_1) + \frac{1}{2} m v^2$$

Da cui ricaviamo:

$$\frac{1}{2} m v^2 = e (V(R_2) - V(R_1)) = -e \Delta V = |e| \Delta V$$

$$v = (2 q \Delta V/m)^{1/2} = 8.4 \cdot 10^6 \text{ m/s}$$