

Facoltà di Farmacia e Medicina - A.A. 2014-2015
09 giugno 2015 – Scritto di Fisica, Secondo Esonero

Corso di Laurea: Laurea Magistrale in FARMACIA

Nome:

Cognome:

Matricola

Aula:

Canale:

Docente:

Riportare sul presente foglio i risultati numerici trovati per ciascun esercizio.
Nell'elaborato riportare le soluzioni in formato sia alfanumerico che numerico.

Esercizio 1. Meccanica dei fluidi (statica) (5 punti)

Un blocco di materiale incognito galleggia in acqua e si osserva che il 33.3 % del suo volume resta al di sopra della superficie dell' acqua, mentre quando galleggia in olio solo il 10.0 % del volume resta al di sopra della superficie dell' olio. Determinare:

- a) la densità del materiale incognito
- b) la densità dell'olio

$\rho_X =$ _____
 $\rho_{olio} =$ _____

Se il blocco è un cubo di lato $L = 5$ cm, determinare:

- c) la lunghezza della frazione di lato immersa in acqua

$L_I =$ _____

Esercizio 2. Calorimetria (5 punti)

Un fornello elettrico riscalda un volume $V = 2.0$ l di acqua che passano in $t = 4.0$ min da $T_0 = 20^\circ\text{C}$ a $T_{fin} = 90^\circ\text{C}$. La d.d.p. ai capi del fornello è $\Delta V = 220$ V. Si consideri che 1 kWh di energia elettrica costi 0.18 euro. Calcolare, considerando il sistema fornello e acqua isolato:

- a) il calore complessivo ceduto dal fornello all' acqua
- b) la potenza consumata
- c) la resistenza del fornello
- d) il costo del riscaldamento, in euro

$Q =$ _____
 $W =$ _____
 $R =$ _____
 $C =$ _____

Esercizio 3. Meccanica dei Fluidi (dinamica) (5 punti)

Si immagini acqua che esce da un condotto orizzontale alla velocità di 15 m/s. Il condotto ha, in ingresso, una sezione di diametro 5 cm e in uscita una sezione di diametro 3 cm. Si calcoli:

- a) la portata del condotto
- b) il volume di acqua che esce dal condotto in 10 minuti
- c) la velocità di ingresso dell' acqua

$R =$ _____
 $V =$ _____
 $v_i =$ _____

Esercizio 4. Termodinamica (5 punti)

Due moli di gas perfetto monoatomico vengono portate dallo stato iniziale (stato A) $p_0 = 2$ atm e $V_0 = 5$ l, allo stato finale (stato C) in cui $p_1 = 2 p_0$ e $V_1 = 2 V_0$, con le seguenti due trasformazioni reversibili: prima si fa una espansione isoterma fino a $2 V_0$ (stato B) e poi si fa aumentare la pressione fino a $2 p_0$, mantenendo il volume costante. Si ricorda che $R = 8.315$ J/(mol K) = 0.082 (l atm)/(mol K) = 1.987 cal/(mol K). Calcolare:

- a) le temperature degli stati iniziale e finale
- b) la variazione complessiva di energia interna
- c) il lavoro complessivo svolto dal gas

$T_A, T_C =$ _____
 $\Delta U_{AC} =$ _____
 $L_{tot} =$ _____

Esercizio 5. Elettrostatica + recupero (6 punti)

Un positrone entra fra le armature di un condensatore piano, in prossimità dell'armatura positiva, con velocità iniziale $v_i = 2 \times 10^5$ m/s, parallela alle due armature. Fra le armature del condensatore c'è una d.d.p. $\Delta V = 3$ V. Il positrone impiega un tempo $t^* = 0.5$ ns per raggiungere l'armatura negativa. La carica del positrone è $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$ C e la sua massa $m_p = 9.1 \cdot 10^{-31}$ kg. Si trascurino gli effetti della gravità. Determinare:

- a) la distanza percorsa dal positrone nella direzione parallela alle due armature $x^* =$ _____
- b) il lavoro fatto dal campo elettrico sul positrone fra l'istante in cui entra nel condensatore e l'istante in cui raggiunge l'armatura negativa $L_E =$ _____
- c) l'energia cinetica del positrone quando raggiunge l'armatura negativa $K_{fin} =$ _____

Esercizio 6. Campo nei conduttori (5 punti)

Una sfera conduttrice di raggio $R = 3.0$ cm viene caricata uniformemente con densità di carica $\sigma = 2$ nC/cm². Determinare:

- a) la carica complessiva della sfera $Q =$ _____
- b) il campo elettrico, in modulo direzione e verso, che la sfera genera nel punto A a distanza 50 cm dal suo centro $\vec{E}(A) =$ _____
- c) il campo elettrico, in modulo direzione e verso, che la sfera genera nel punto B a distanza 2.0 cm dal suo centro $\vec{E}(B) =$ _____

Esercizio 7. Moto in campo magnetico + recupero (6 punti)

Un protone (carica $q_P = 1.60 \cdot 10^{-19}$ C e massa $m_P = 1.67 \cdot 10^{-27}$ kg) si muove con velocità costante orizzontale quando entra in una regione di spazio dove è presente un campo magnetico uniforme verticale di modulo $B = 0.5$ T diretto verso l'alto. Una volta entrato nella regione con il campo magnetico il protone inizia a muoversi lungo una traiettoria circolare di raggio $R = 5.0$ cm. Determinare, trascurando gli effetti della gravità:

- a) Il modulo della velocità iniziale del protone. $v_P =$ _____
- b) il modulo dell'accelerazione centripeta alla quale è soggetto il protone $a_c =$ _____
- c) il lavoro fatto dalla forza di Lorentz quando il protone ha percorso un quarto di traiettoria circolare $L_{Fl} =$ _____
- d) Il valore in modulo, direzione e verso di un campo elettrico da applicare affinché il protone si muova di moto rettilineo uniforme. $\vec{E} =$ _____

Esercizio 8. Entropia (5 punti)

Un'auto di massa $m = 1800$ kg si schianta contro un muro alla velocità di 80 km/h. La temperatura dell'aria (con cui la macchina è in equilibrio) è 27 °C. Determinare:

- a) l'energia dissipata nell'urto $E_d =$ _____
- b) la variazione di entropia dell'universo dopo l'urto $\Delta S =$ _____

Soluzione Esercizio 1

In acqua, il 33.3 % del volume totale emerge e pertanto il volume immerso è il 66.7 % del totale. In olio il 90 % del volume totale è immerso. Pertanto: in acqua abbiamo: $mg - \rho_{acqua} 0.667Vg = 0$ e in olio: $mg - \rho_{olio} 0.90Vg = 0$

dove con m indichiamo la massa del blocchetto e con V il suo volume totale.

a), b) Mettendo insieme le due equazioni otteniamo:

$$\rho_{olio} 0.90 Vg = \rho_{acqua} 0.667 Vg, \text{ da cui: } \rho_{olio} = \rho_{acqua} \frac{0.667}{0.9} = 741 \text{ kg/m}^3$$

Esplicitiamo $m = \rho_X Vg$ e prendiamo la prima equazione:

$$\rho_X Vg = \rho_{acqua} 0.667 Vg, \text{ da cui } \rho_X = \rho_{acqua} 0.667 = 667 \text{ kg/m}^3.$$

$$c) \text{ Se } L=5 \text{ cm applicando ancora Archimede in acqua, abbiamo: } L_I = L \frac{\rho_X}{\rho_{acqua}} = 3.3 \text{ cm}$$

Soluzione Esercizio 2

a) Il calore assorbito dall'acqua è pari a $Q = c_{H_2O} m_{H_2O} (T_{fin} - T_0) = 5.86 \cdot 10^5 \text{ joule}$, dove $m_{H_2O} = \rho_{H_2O} V = 2 \text{ kg}$ è la massa dell'acqua e $c_{H_2O} = 4186 \text{ J/(kg } ^\circ\text{C)}$ è il suo calore specifico.

b) La potenza dissipata dal fornello è dunque pari a $P = Q/t = c_{H_2O} m_{H_2O} (T_{eboll} - T_0)/t = 2.44 \text{ kW}$.

c) La resistenza R del fornello è legata alla potenza dissipata e alla differenza di potenziale secondo la formula $P = \Delta V^2/R$, dunque: $R = \Delta V^2/P = 19.8 \Omega$.

d) Ricordando che $1 \text{ kWh} = 3.6 \cdot 10^6 \text{ Joule}$, l'energia spesa in questo processo è pari a $Q = 0.16 \text{ kWh}$, da cui segue che il costo è $C = 0.18 \times Q[\text{kWh}] = 0.029 \text{ euro}$

Soluzione Esercizio 3

a) La sezione del condotto in ingresso vale $S_i = \pi(r)^2$, con $r = \frac{\text{diametro}}{2} = 2.5 \text{ cm}$. Dunque: $S_i = \pi(2.5 \times 10^{-2})^2 = 19.63 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 19.63 \text{ cm}^2$. La sezione del condotto in uscita invece vale: $S_u = \pi(1.5 \times 10^{-2})^2 = 7.07 \times 10^{-4} \text{ m}^2$.

La portata dunque vale: $R = S_u \times v_u = 7.07 \times 10^{-4} \times 15 = 106.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

b) Il volume d' acqua che esce nel tempo t si calcola dalla portata: $V = R \times t = 106.0 \times 10^{-4} \times 10 \times 60 = 6.36 \text{ m}^3$.

c) Dalla equazione di conservazione della portata abbiamo: $S_i \times v_i = R$, con Dunque $v_i = \frac{R}{S_i} = \frac{106.0}{19.63} = 5.4 \text{ m/s}$ (che è semplicemente $v_u(\frac{r_u}{r_i})^2$).

Soluzione Esercizio 4 Termodinamica

Sia, come nel testo, A lo stato iniziale ($p_A = p_0$, $V_A = V_0$, T_A), B lo stato raggiunto dopo l' isoterma (p_B , $V_B = 2V_A$, $T_B = T_A$) e C lo stato finale, dopo l' isocora ($p_C = 2p_A$, $V_B = V_C$, T_C).

a) Temperature in A e C:

$$T_A = T_B = (p_0 V_0)/(nR) = 2 \cdot 5/(0.082)/2 = 60.98 \text{ K}.$$

$$T_C = (p_C V_C)/(nR) = (2p_0 2V_0)/(nR) = 4 T_A = 243.92 \text{ K}$$

b) Variazione di energia interna: la variazione di energia interna lungo l' isoterma (A-B) è nulla. Lungo l' isocora: $\Delta U = Q_{BC} - L_{BC} = Q_{BC}$. $Q_{BC} = nc_v(T_C - T_B)$, con $T_B = T_A = 60.98 \text{ K}$.

$$T_C = 4T_A$$

$$\text{Da cui } \Delta U = Q_{BC} = 2 \frac{3}{2} R 3 T_A = 2 \frac{3}{2} \times 8.31 \times 3 \times 60.98 = 4.56 \text{ kJ} = 45.1 \text{ l atm}$$

. Essendo una grandezza di stato, potevamo anche vederla direttamente come: $\Delta U = nc_v(T_C - T_A)$, che è ovviamente identico.

c) Il lavoro complessivo svolto viene dal solo lavoro lungo l' isoterma:

$$L_{tot} = nRT_A \int_{V_A}^{V_B} \frac{dV}{V} = nRT_A \ln \frac{V_B}{V_A} = 2 \times 8.31 \times 60.98 \times \ln 2 = 702.5 \text{ J} = 6.96 \text{ l atm}.$$

Soluzione Esercizio 5 Elettrostatica

a) Sull' asse x il moto del positrone è uniforme, non essendo presenti forze. Pertanto, nel tempo t^* lo spostamento su x vale $x^* = v_i t^* = 2 \times 10^5 \times 0.5 \times 10^{-9} = 10^{-4} \text{ m}$.

b) Il lavoro, dato che il campo elettrico è uniforme e parallelo all' asse y , ortogonale alle armature, è sem-

plicemente $L_E = eED = e\Delta V$ (D =distanza fra le armature, non nota). Dunque $L_E = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 = 4.8 \times 10^{-19}$ joule = 3 eV. Positivo, in quanto forze e spostamento sono paralleli.

c) Da: $L_E = K_{finale} - K_{iniziale}$, segue: $K_{finale} = L_E + K_{iniziale}$.

$$K_{iniziale} = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}9.1 \cdot 10^{-31}4 \times 10^{10} = 1.82 \times 10^{-20} \text{ joule}.$$

O, in eV, $K_{iniziale} = 0.11$ eV. Da cui si ha: $K_{finale} = (48 + 1.82) \times 10^{-20} = 49.82 \times 10^{-20}$ joule . Oppure, facendo il conto direttamente in eV: $K_{finale} = (3 + 0.11)$ eV = 3.11 eV.

Soluzione Esercizio 6. Campo nei conduttori

a) La carica complessiva Q è data da: $Q = \sigma 4\pi R^2 = 2.0 \cdot 4\pi \cdot 3^2 \text{ nC} = 226.2 \text{ nC}$ (essendo σ in C/cm² possiamo lasciare R^2 in cm² nel conto numerico). b) Prendiamo il sistema di riferimento (asse x) con l'origine nel centro della sfera numero e diretto verso il punto A. Il campo elettrico generato dalla sfera è uscente rispetto alla posizione della distribuzione di carica (positiva). Con il riferimento scelto, avremo in A (esterno alla sfera) a distanza $D = 0.5$ m dal centro della sfera:

$$\vec{E}_1 = k_0 \frac{Q}{D^2} \hat{x} = 9 \times 10^9 \frac{(226.2) \times 10^{-9}}{0.5^2} \hat{x} \text{ V/m} = -\frac{9 \times 226.2}{0.025} \hat{x} \text{ V/m} = 8143.2 \hat{x} \text{ V/m}.$$

c) Il campo in B (interno alla sfera) è nullo.

Soluzione Esercizio 7. Moto nel campo magnetico

Scegliamo un sistema di riferimento cartesiano $\hat{x}\hat{y}\hat{z}$ tale per cui $\vec{B} = B\hat{z}$ e la velocità iniziale del protone è $\vec{v}_P = v_P\hat{y}$.

a) Una volta entrato nella regione con il campo magnetico il protone è soggetto alla forza di Lorentz $\vec{F} = q_P \vec{v}_P \wedge \vec{B} = q_P v_P B \hat{x}$. Essendo questa perpendicolare alla velocità iniziale, il protone compie un moto circolare uniforme con accelerazione centripeta $v_P^2/R = F/m_P = q_P v_P B/m_P$. Segue $v_P = q_P B R/m_P = 2.4 \cdot 10^6$ m/s.

b) Il modulo dell' accelerazione centripeta vale: $a_c = v_P^2/R = \frac{(2.4 \times 10^6)^2}{5 \times 10^{-2}} = 1.15 \times 10^{14}$ m/s².

c) La forza di Lorentz è sempre ortogonale alla traiettoria e pertanto il lavoro compiuto nullo.

d) La forza elettrostatica deve opporsi a quella di Lorentz: $0 = \vec{F} = q_P \vec{E} + q_P \vec{v}_P \wedge \vec{B}$. Il campo elettrico da applicare è dunque $\vec{E} = -(\vec{v}_P \wedge \vec{B}) = -(v_P \times B)\hat{x}$, il cui modulo vale $|\vec{E}| = v_P B = 1.2 \cdot 10^6$ V/m.

Soluzione Esercizio 8. Entropia

a) In seguito all' urto la macchina si ferma e la sua energia cinetica si trasforma in calore, assorbito dall' universo (ambiente e la macchina stessa). La velocità della macchina, in m/s, vale $v_m = \frac{80}{3.6} = 22.2$ m/s. Dunque $|E_d| = Q$. $E_d = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{1}{2} \times 1800 \times (22.2)^2 = 443.6 \text{ kJ} = 105.9 \text{ kcal}$.

b) La variazione di entropia in questo processo, in cui la temperatura resta costante, è data da:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{443.6}{27+273.15} \text{ kJ/K} = 1.48 \text{ kJ/K}.$$