

## Prova scritta di Fisica per Scienze biologiche – 22 giugno 2015

### Soluzioni degli esercizi

#### Esercizio 1

(a) Dopo il lancio al tempo  $t = 0$ , il siluro è soggetto a due forze verticali (peso ed  $A$ , spinta di Archimede), ed una forza orizzontale ( $F$ , il motore). Su un asse  $y$  verticale con origine nel punto del lancio, diretto verso l'alto, il moto è uniformemente accelerato:

$y = (1/2) a_y t^2$ , con  $a_y = A/m - g$ , ed  $A = \rho V g$ , con  $\rho$  densità dell'acqua. Questo moto è disaccoppiato da quello lungo l'asse orizzontale. Ponendo  $y = h$ , si ottiene  $h = (1/2) a_y t_e^2$ , da cui  $t_e = (2h/a_y)^{1/2}$ .

$$A = 1.03 \cdot 10^3 \cdot 0.623 \cdot 9.80 = 6.29 \cdot 10^3 \text{ N}; a_y = 6.29 \cdot 10^3 / 304 - 9.80 = 10.9 \text{ m/s}^2;$$

$$t_e = (2 \cdot 162 / 10.9)^{1/2} = 5.45 \text{ s}.$$

(b) Anche la componente orizzontale  $x$  del moto è uniformemente accelerata, ed al tempo  $t_e$  lo spazio percorso vale  $D = v_0 t_e + (1/2) (F/m) t_e^2 = 10.5 \cdot 5.45 + 0.5 \cdot (786/304) \cdot 5.45^2 = 95.6 \text{ m}$ .

(c) Applicando il teorema dell'energia cinetica si ottiene:  $\Delta K = (A - mg) h + FD = (6.29 \cdot 10^3 - 304 \cdot 9.80) \cdot 162 + 786 \cdot 95.6 = 6.11 \cdot 10^5 \text{ J}$ .

#### Esercizio 2

Il volume iniziale del vapore è  $V_1 = nRT_1/p_0 = 12.5 \cdot 8.31 \cdot 508 / 1.01 \cdot 10^5 = 0.522 \text{ m}^3 = 522 \text{ litri}$ .

La massa iniziale del vapor acqueo è  $m = nM = 12.5 \cdot 18 = 225 \text{ g}$ .

La quantità di calore che bisogna estrarre per raffreddare il vapor acqueo da  $T_1$  alla temperatura di ebollizione  $T_e = 373 \text{ K}$  è  $Q_1 = 4Rn (T_1 - T_e) = 4 \cdot 8.31 \cdot 12.5 (508 - 373) = 5.61 \cdot 10^4 \text{ J} = 13.4 \text{ Kcal}$ , dove  $C_p = 4R$  è il calore molare a pressione costante per un gas triatomico.

Il resto del calore estratto  $Q_2 = Q - Q_1 = 75.6 - 13.4 = 62.2 \text{ Kcal}$  fa condensare una frazione del vapor acqueo pari a moli  $n' = (Q_2/\lambda) / M = (62.2 \cdot 10^3 / 544) / 18 = 6.35$ .

(a) Il volume del vapor acqueo a  $T_e$  dopo l'estrazione di  $Q$  è:

$$V_e = (n - n') R T_e / p_0 = (12.5 - 6.35) 8.31 \cdot 373 / 1.01 \cdot 10^5 = 0.189 \text{ m}^3 = 189 \text{ litri}.$$

L'acqua condensata ha una massa  $n'M = 6.35 \cdot 18 = 114 \text{ g}$ , ed occupa un volume di 0.114 litri, trascurabile rispetto a  $V_e$ . Il lavoro fatto sul vapore durante l'estrazione di  $Q$  è quindi:

$$L = p_0 \Delta V = p_0 (V_1 - V_e) = 1.01 \cdot 10^5 (0.522 - 0.189) = 3.36 \cdot 10^4 \text{ J}.$$

(b)  $\Delta U = C_v [(n - n') T_e - nT_1] = 3 \cdot 8.31 [(12.5 - 6.35) 373 - 12.5 \cdot 508] = - 1.01 \cdot 10^5 \text{ J}$ , dove  $C_v = 3R$  è il calore molare a volume costante per un gas triatomico.

(c) Restituendo  $Q$  al sistema (vapore + acqua), tutta l'acqua evapora alla temperatura  $T_e$ , essendo  $Q > Q_2$ . Poi il vapore si scalda, mantenendo il volume  $V_e$ , e raggiungendo la temperatura  $T_2$ :  $n C_v (T_2 - T_e) = Q_1$ , da cui  $T_2 = Q_1/nC_v + T_e = 13.4 \cdot 10^3 \cdot 4.18 / (12.5 \cdot 3 \cdot 8.31) + 373 = 553 \text{ K}$ . Quindi  $p_2 = nRT_2 / V_e = 12.5 \cdot 8.31 \cdot 553 / 0.189 = 3.04 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

### Esercizio 3

(a) Data la direzione ed il verso di  $\mathbf{B}$ , ed il verso di percorrenza dell'orbita circolare, il segno di  $q$  è negativo. Il suo valore si trova eguagliando la forza centripeta corrispondente all'orbita circolare e la forza di Lorentz:  $Mv^2/r = |q|vB$ , da cui

$$q = -Mv/rB = - (6.62 \cdot 10^{-24} \cdot 1.21 \cdot 10^4) / (3.45 \cdot 10^{-2} \cdot 7.26) = - 3.20 \cdot 10^{-19} \text{ C.}$$

(b) Dato che l'orbita della particella rimane sospesa fra i due piani, la forza verticale esercitata dal campo elettrico deve bilanciare la forza gravitazionale agente sulla stessa. Essendo  $q$  negativa ne deriva che anche  $\sigma$  deve essere negativa. Per il campo elettrico vale  $E = |5\sigma/2\epsilon_0 + 3\sigma/2\epsilon_0| = |4\sigma/\epsilon_0|$ , e da  $|q|E = Mg$  si ricava

$$\sigma = \epsilon_0 Mg / 4q = - 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 6.62 \cdot 10^{-24} \cdot 9.80 / 4 \cdot 3.20 \cdot 10^{-19} = - 4.49 \cdot 10^{-16} \text{ C/m}^2 .$$

$$E = 4 \cdot 4.49 \cdot 10^{-16} / 8.85 \cdot 10^{-12} = 2.03 \cdot 10^{-4} \text{ V/m.}$$

$$V_D - V_C = - Ed = - 2.03 \cdot 10^{-4} \cdot 3.28 = - 6.66 \cdot 10^{-4} \text{ V.}$$