UNIVERSITÀ DI TRIESTE

Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Biologiche

A.A. 2016/2017 – Corso di Fisica

Prova Scritta – Sessione Autunnale - II Appello - 22.09.2017

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 $m = 20$ kg, inizialmente fermo, viene trainato da una persona su di un pavimento orizzontale scabro (ovvero che genera attrito), applicando una forza **F**, di intensità $F = 80$ N, secondo una direzione formante un angolo $\theta = 30°$ con l'orizzontale. Sapendo che il coefficiente di attrito dinamico tra la cassa ed il pavimento è $\mu_d = 0.35$, e che il blocco viene spostato di $\Delta x = 2.0$ m lungo la superficie, calcolare:

a) il lavoro L_F compiuto dalla forza **F**

i) $L_F = F \Delta x \cos\theta$ ii) $L_F = 140$ J

b) il lavoro L_{Fa} compiuto dalla forza d'attrito $\mathbf{F_a}$

i) $L_{Fa} = -\mu_d (mg - F\sin\theta)\Delta x$ ii) $L_{Fa} = -110$ J

c) la velocità v assunta dal blocco al termine dello spostamento.

i) $v = \sqrt{\frac{2(L_F + L_{Fa})}{m}}$ ii) $v = 1{,}7$ m/s

2) In un tubo orizzontale di diametro d scorre un fluido di densità $\rho = 1.1 \cdot$ g/cm^3 e viscosità trascurabile con moto laminare e stazionario e con una portata $Q = 3.2$ l/s. In corrispondenza di un restringimento del tubo ad un diametro pari al 75% di d, si osserva una diminuzione della pressione $\Delta p = 1.2 \cdot 10^4$ Pa. Si trovi d.

i) $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi}\frac{16}{9}\frac{1}{v_2}}$ ii) $d = 3.6$ cm

con $v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho\left(\frac{16^2 - 9^2}{16^2}\right)}}$

3) Una massa m = 1.2 kg di acqua, estratta allo stato solido da una cella frigorifera alla temperatura $T_F = -15$ °C, si riscalda fino a raggiungere l'equilibrio termico con l'ambiente esterno, alla temperatura $T_C = 20$ °C. Sapendo che il calore specifico ed il calore di fusione del ghiaccio sono rispettivamente $C_g = 2.3 \cdot 10^3$ J/(kg·°C) e $L_f = 3.3 \cdot 10^5$ J/kg, si calcoli:

a) il calore Q assorbito dall'acqua nell'intero processo

i) $Q = m C_g (T_0 - T_F) + m L_f + m C_a (T_C - T_0)$ ii) $Q =$ 540 kJ

b) la variazione ΔS di entropia dell'acqua tra lo stato iniziale e lo stato finale.

i) $\Delta S = m C_g \ln\left(\frac{T_0}{T_F}\right) + \frac{m L_f}{T_0} + m C_a \ln\left(\frac{T_C}{T_0}\right)$ ii) $\Delta S =$ 2050 J/K

4) Nel 1909 Ernest Rutherford ed i suoi collaboratori Hans Wilhelm Geiger e Ernest Marsden effettuarono un celebre esperimento al laboratorio di fisica dell'Università di Manchester per sondare la struttura dell'atomo. Nell'esperimento, sottili lamine d'oro venivano bombardate da particelle alfa (ovvero nuclei di atomi di elio prodotti da un certo decadimento radioattivo). L'esperimento mostrava che alcune particelle venivano deviate a grandi angoli o addirittura respinte all'indietro dagli atomi d'oro. Tali risultati condussero Rutherford ed i suoi collaboratori all'idea che la maggior parte della massa di un atomo si dovesse trovare in un nucleo estremamente piccolo, con gli elettroni orbitanti attorno ad esso (modello planetario dell'atomo). Citando lo stesso Rutherford:

> *"Fu l'evento più incredibile mai successomi in vita mia. Era quasi incredibile quanto lo sarebbe stato sparare un proiettile da 15 pollici a un foglio di carta velina e vederlo tornare indietro e colpirti. Pensandoci, ho capito che questa diffusione all'indietro doveva essere il risultato di una sola collisione e quando feci il calcolo vidi che era impossibile ottenere qualcosa di quell'ordine di grandezza a meno di considerare un sistema nel quale la maggior parte della massa dell'atomo fosse concentrata in un nucleo molto piccolo. Fu allora che ebbi l'idea di un atomo con un piccolissimo centro massiccio e carico."*

Si assuma che una particella alfa, di carica $2e$ e massa $m = 6.64 \cdot 10^{-27}$ kg, inizialmente molto lontana dal nucleo dell'atomo d'oro, sia sparata con una velocità $v = 2.00 \cdot 10^7$ m/s direttamente verso il nucleo (carica $79e$, $e = 1.602 \cdot 10^{-19}$ C). Assumendo che il nucleo rimanga fermo, si calcoli:

a) la distanza minima d alla quale arriverà la particella prima di fermarsi e tornare indietro.

i) $d = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{2 \cdot 79\, e^2}{m v^2}$ ii) $d =$ $2{,}74 \cdot 10^{-14}$ m

b) l'intesità F_e della repulsione elettrostatica che agisce sulla particella alfa in quel punto.

i) $F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{2 \cdot 79\, e^2}{d^2}$ ii) $F_e =$ 48,4 N

c) l'accelerazione a a cui è soggetta la particella alfa in quel punto.

i) $a = \frac{F_e}{m}$ ii) $a =$ $7{,}29 \cdot 10^{27}$ m/s²

PROBLEMA # 1

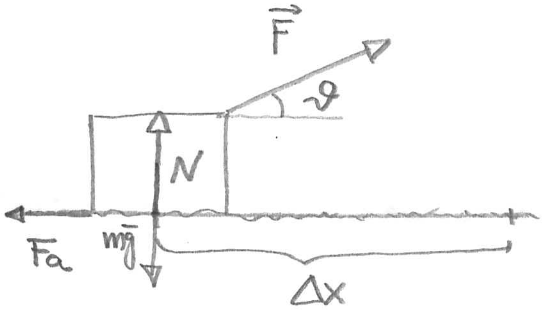
$m = 20\ kg$

$F = 80\ N$

$\vartheta = 30°$

$\mu d = 0{,}35$

$\Delta x = 2{,}0\ m$



a) $\mathcal{L}_F = \vec{F} \cdot \vec{\Delta x} = F \Delta x \cos\vartheta = 80N \cdot 2{,}0\,m \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 80\sqrt{3}\ J = 139\ J$

b) $\mathcal{L}_{Fa} = \vec{F_a} \cdot \vec{\Delta x} = Fa\,\Delta x \cos\pi = -Fa\,\Delta x$

Per valutare il modulo di Fa, si ricordi $Fa = \mu d N$

A sua volta N può essere ricavata imponendo che ci sia equilibrio tra le forze verticali:

$$mg = N + F\sin\vartheta$$

$$N = mg - F\sin\vartheta = 20\ kg \cdot 9{,}8\ \frac{m}{s^2} - 80N \cdot \frac{1}{2} = 156\ N$$

Quindi $Fa = \mu d\, N = 0{,}35 \cdot 156\ N = 54{,}6\ J$

$\mathcal{L}_{Fa} = -\ Fa \cdot \Delta x = -54.6\ J \cdot 2{,}0\ m = -109\ J$

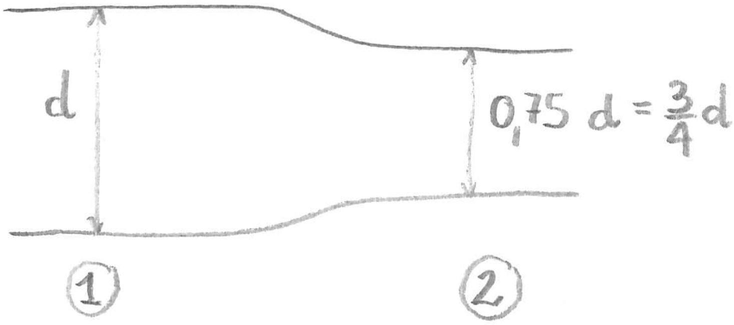
c) Per il teorema dell'energia cinetica $\mathcal{L} = \Delta K$, ove $\mathcal{L}$ è il lavoro della forza risultante, ovvero la somma dei lavori delle singole forze. In questo caso a compiere lavoro sono solo F e Fa:

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_F + \mathcal{L}_{Fa} = (139 - 109)\ J = 29{,}4\ J$$

$$\Delta K = K_{fin} = \frac{1}{2} m v^2 = \mathcal{L}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\mathcal{L}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 29{,}4\ \cancel{kg}\ \frac{m^2}{s^2}}{20\ \cancel{kg}}} = 1{,}71\ \frac{m}{s}$$

PROBLEMA # 2



$\rho = 1{,}1 \ g\,cm^{-3} = 1{,}1 \cdot 10^3 \ kg\,m^{-3}$

$Q = 3{,}2 \ l/s = 3{,}2 \cdot 10^{-3} \ m^3 s^{-1}$

$\Delta p = 1{,}2 \cdot 10^4 \ Pa$

Per il teorema di Bernoulli, con riferimento ai punti 1 e 2 in figura, si ha

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \cancel{\rho g h_1} = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \cancel{\rho g h_2}$$

tubo orizzontale
$h_1 = h_2$

Inoltre v_1 e v_2 sono legati tra loro dall'equazione di continuità

$$Q = v_1 S_1 = v_2 S_2 \qquad v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1}$$

con $S_1 = \pi \frac{d^2}{4}$

$S_2 = \frac{\pi}{4}\left(\frac{3}{4} d\right)^2$

$$= v_2 \frac{\cancel{\frac{\pi}{4}}\left(\frac{3}{4} d\right)^2}{\cancel{\frac{\pi}{4}} d^2} = \frac{9}{16} v_2$$

Tornando a Bernoulli:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho\left(v_2^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{2}\rho\left[1 - \left(\frac{9}{16}\right)^2\right] v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho\left[\frac{16^2 - 9^2}{16^2}\right]}} = 16 \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}2 \cdot 10^4 \ \frac{kg\,m}{s^2 \cdot m^2}}{1{,}1 \cdot 10^3 \ kg\ m^{-3}\ (16^2 - 9^2)}}$$

$$= 16 \ \frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{2{,}4 \cdot 10^4}{192{,}5 \cdot 10^3}} = 5{,}65 \ m/s$$

Infine trovo d da Q:

$$Q = v_2 S_2 = v_2 \frac{\pi}{4} \frac{9}{16} d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi} \frac{16}{9} \frac{1}{v_2}} = 2 \cdot \frac{4}{3} \sqrt{\frac{3{,}2 \cdot 10^{-3} \ m^3 s^{-1}}{\pi \cdot 5{,}65 \ m/s}} = 3{,}6 \ cm$$

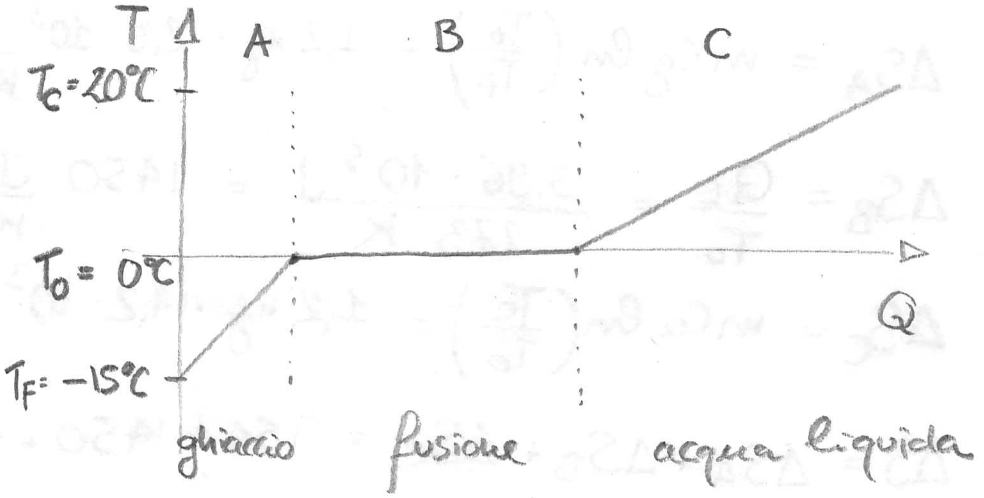
PROBLEMA # 3

$m = 1{,}2$ kg H_2O

$C_g = 2{,}3 \cdot 10^3 \ \frac{J}{Kg\ °C}$

$C_a = 4{,}2 \cdot 10^3 \ \frac{J}{Kg\ °C}$

$L_f = 3{,}3 \cdot 10^5$ J/Kg



Il processo descritto può essere considerato la successione di 3 processi elementari (vedi figura).

A - il ghiaccio si riscalda da −15 °C a 0 °C

B - il ghiaccio fonde a 0°C e diventa acqua (liquida)

C - l'acqua si riscalda da 0 °C a 20°C

a) Il calore assorbito dal campione di H_2O nell'intero processo è $Q = Q_A + Q_B + Q_C$, con

$$Q_A = m C_g (T_0 - T_F) = 1{,}2 \cancel{kg} \cdot 2{,}3 \cdot 10^3 \frac{J}{\cancel{Kg\ °C}} \ 15 \cancel{°C} = 41{,}4 \cdot 10^3 J$$

$$Q_B = m L_F = 1{,}2 \cancel{kg} \cdot 3{,}3 \cdot 10^5 \frac{J}{\cancel{Kg}} = 3{,}96 \cdot 10^5 J$$

$$Q_C = m C_a (T_C - T_0) = 1{,}2 \cancel{kg} \cdot 4{,}2 \cdot 10^3 \frac{J}{\cancel{kg\ °C}} \cdot 20 \cancel{°C} = 100{,}8 \cdot 10^3 J$$

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C = 41{,}4 \text{ kJ} + 396 \text{ kJ} + 100{,}8 \text{ kJ} = 538 \text{ kJ}$$

b) Anche in questo caso $\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B + \Delta S_C$, con:

$$\Delta S_A = \int_{T_F}^{T_0} \frac{dQ}{T} = \int_{T_F}^{T_0} \frac{m C_g\, dT}{T} = m C_g \int_{T_F}^{T_0} \frac{dT}{T} = m C_g \ln\left(\frac{T_0}{T_F}\right),$$

ove T_0 e T_F vanno espresse in K (temperature assolute)

$$\Delta S_B = \frac{Q_B}{T_0}$$

$$\Delta S_C = \int_{T_0}^{T_C} \frac{dQ}{T} = \ldots \left[\text{analogamente a quanto visto per } \Delta S_A\right] \ldots = m C_a \ln\left(\frac{T_C}{T_0}\right)$$

Quindi

$$\Delta S_A = m c_g \ln\left(\frac{T_0}{T_F}\right) = 1{,}2\,\cancel{kg} \cdot 2{,}3 \cdot 10^3 \frac{J}{\cancel{kg}\,K} \cdot \ln\left(\frac{273}{258}\right) = 156 \frac{J}{K}$$

$$\Delta S_B = \frac{Q_B}{T_0} = \frac{3{,}96 \cdot 10^5\,J}{273\;K} = 1450 \frac{J}{K}$$

$$\Delta S_C = m c_a \ln\left(\frac{T_C}{T_0}\right) = 1{,}2\,kg \cdot 4{,}2 \cdot 10^3 \frac{J}{kg\,K} \cdot \ln\left(\frac{298}{273}\right) = 442 \frac{J}{K}$$

$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B + \Delta S_C = (156 + 1450 + 442)\frac{J}{K} = 2050 \frac{J}{K}$$

PROBLEMA # 4

$m = 6,64 \cdot 10^{-27}$ Kg

$v = 2,00 \cdot 10^{7}$ m/s

a) La particella α si fermerà quando la sua energia cinetica iniziale $K_i = \frac{1}{2}mv^2$ sarà stata interamente convertita in energia potenziale elettrostatica

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{d}$$

Quindi $U = K_i$

$$\frac{1}{2\,4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{d} = \cancel{\frac{1}{2}}mv^2$$

$$d = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{mv^2} = \frac{1}{\cancel{2}\pi\varepsilon_0}\frac{\cancel{2}e\cdot 79e}{6.64\cdot 10^{-27}\,\mathrm{Kg}\cdot\left(2,00\cdot 10^{7}\,\frac{m}{s}\right)^2}$$

$$= \frac{79\,(1,6\cdot 10^{-19}\,\cancel{C})^2}{\pi\cdot 8,85\cdot 10^{-12}\,\frac{\cancel{C^2}}{m^2 \cancel{N}}\;6.64\cdot 10^{-27}\,\cancel{Kg}\;4,00\cdot 10^{14}\,\frac{\cancel{m^2}}{\cancel{s^2}}}$$

$$= \frac{2,022\cdot 10^{-36}}{7,385\cdot 10^{-23}}\,m = 2,74\cdot 10^{-14}\,m$$

b) $$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{d^2} = \frac{1}{\cancel{4}\pi\varepsilon_0}\frac{\cancel{qQ}}{(qQ)^{\cancel{2}}}\left(\cancel{2}\pi\varepsilon_0\, mv^2\right)^2$$

$$= \pi\varepsilon_0\frac{m^2v^4}{qQ} = \pi\; 8,85\cdot 10^{-12}\,\frac{\cancel{C^2}}{m^2 N}\;\frac{\left(6,64\cdot 10^{-27}\,\mathrm{Kg}\right)^2\left(2,00\cdot 10^{7}\,\frac{m}{s}\right)^4}{2\cdot 79\,\left(1,602\cdot 10^{-19}\right)^2\,\cancel{C^2}}$$

$$= \pi\cdot\frac{8,85\cdot 6,64^2\cdot 16\cdot 10^{-12}\cdot 10^{-54}\cdot 10^{28}}{2\cdot 79\cdot 1,602^2\cdot 10^{-38}}\;\mathrm{kg}^2\frac{\cancel{m^4}}{s^4}\,\frac{1}{\cancel{m^2}}\cdot\frac{1}{\cancel{N}}$$

$$= 4,84\cdot 10^{1}\,N = 48,4\,N$$

c) $a = \frac{F_e}{m} = \frac{48,4 \text{ N}}{6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} = 7,29 \cdot 10^{27} \frac{m}{s^2}$