SOLUZIONE LORENZO VITALE
SINTETICA

Università di Trieste A.A. 2023/2024 Lauree Triennali in Ingegneria Industriale e Navale **A**

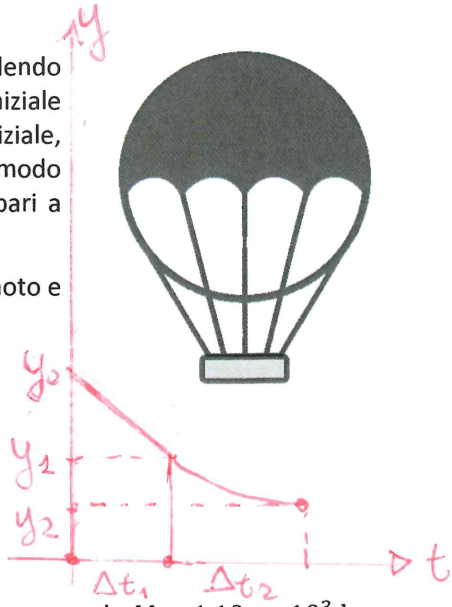
FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 18.06.2024

Cognome ____________________ **Nome** _________________ **CdS** _________ **Anno** _________

<u>Istruzioni:</u> Per ciascuna domanda rispondere fornendo (almeno) il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, ed il corrispondente risultato numerico se richiesto, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate. Fare attenzione ai segni nelle risposte numeriche.

7.5 m/s tema B

Problema 1. Un pallone aerostatico per uso metereologico contenente Elio sta scendendo verticalmente con una velocità costante di modulo $v = 9.5\ \mathrm{m/s}$. All'istante iniziale $t_0 = 0$ s si trova alla quota verticale $y_0 = 350$ m dal suolo. Dopo 15 s dall'istante iniziale, per evitare di collidere col suolo, viene sganciata una certa quantità di zavorra, in modo che dopo quell'istante il pallone deceleri con accelerazione costante in modulo pari a $a = 0.38\ \mathrm{m/s^2}$.



3 (a) Determinare dopo quanto tempo dall'istante iniziale il pallone inverte il suo moto e la quota y_2 dal suolo in quell'istante.

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = 15\ \mathrm{s} + \frac{v}{a} = 40\ \mathrm{s}\ [\mathbf{A}]\ \text{oppure}\ 35\ \mathrm{s}\ [\mathbf{B}]$$

$$y_2 = \underbrace{y_0 - v\,\Delta t_1}_{y_1} - v\,\Delta t_2 + \frac{1}{2} a\,\Delta t_2^2 = 89\ \mathrm{m}\ [\mathbf{A}]\ \text{oppure}\ 163\ \mathrm{m}\ [\mathbf{B}]$$

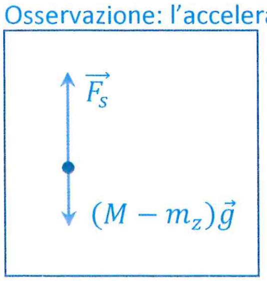
3 (b) Sapendo che la massa complessiva del pallone prima dello sgancio della zavorra vale $M = 1.10 \times 10^3$ kg, determinare il modulo della spinta di Archimede F_s e la massa m_z di zavorra sganciata nel punto (a).
<u>N.B.</u> La massa complessiva M comprende la struttura, l'equipaggiamento, la zavorra, l'involucro del pallone e il gas all'interno del pallone.

Prima dello sgancio: $\sum \vec{F} = 0 \quad \rightarrow F_s = Mg = 1.1 \times 10^4\ \mathrm{N}$

Dopo lo sgancio: $\sum \vec{F} = (M - m_z)\vec{a} \quad \rightarrow m_z = \dfrac{Ma}{g + a} = 41\ \mathrm{kg}$

3 (c) Disegnare il diagramma a corpo libero del pallone dopo lo sgancio della zavorra. Si assuma che la resistenza dell'aria sia trascurabile.

Osservazione: l'accelerazione è verso l'alto, quindi anche la risultante delle forze deve essere verso l'alto:

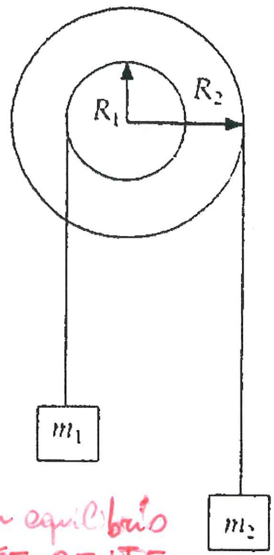


3 (d) Si calcolino il volume V del pallone e la massa M_{He} dell'Elio al suo interno. Si assuma che il volume dell'involucro del pallone, della struttura e dell'equipaggiamento siano trascurabili. Per le densità si usino i valori $\rho_{\mathrm{aria}} = 1.29\ \mathrm{kg/m^3}$ e $\rho_{\mathrm{He}} = 0.18\ \mathrm{kg/m^3}$.

$$V = \frac{F_s}{g\rho_{\mathrm{aria}}} = \frac{M}{\rho_{\mathrm{aria}}} = 853\ \mathrm{m^3}$$

$$M_{\mathrm{He}} = V\rho_{\mathrm{He}} = 153\ \mathrm{kg}$$

Problema 2. Due corpi di massa $m_1 = 24$ kg e m_2 sono appesi mediante fili inestensibili a due pulegge solidali tra loro e girevoli attorno ad un asse comune (vedi figura). Le pulegge possono essere trattate come due dischi omogenei di massa $M_1 = 2.5$ kg e $M_2 = 7.5$ kg, ed i raggi dei dischi sono rispettivamente $R_1 = 0.4$ m e $R_2 = 1.2$ m. I fili non slittano sulle pulegge.



2 (a) Si determini l'espressione algebrica del momento d'inerzia totale I_{tot} delle pulegge rispetto all'asse di rotazione.

$\boxed{I_{tot} = \frac{1}{2}(M_1 R_1^2 + M_2 R_2^2)}$ il valore numerico (non richiesto) vale $I_{tot} = 5.6 \text{ kg m}^2$

3 (b) Si determinino l'espressione algebrica e il valore della massa m_2 affinché li sistema sia fermo in equilibrio e il lavoro W che bisogna esercitare sul sistema per abbassare quasi staticamente (tirando lentamente i fili delle pulegge) m_1 di $\Delta y_1 = 0.25$ m.

$m_2 = \frac{m_1 R_1}{R_2} = 8$ kg Dall'equilibrio dei momenti

$W = \Delta K = 0$ J dato che $K_i = K_f = 0$ I due corpi (e le pulegge) sono in equilibrio INDIFFERENTE

4 (c) Assumendo un momento di inerzia totale $I_{tot} = 5.6 \text{ kg m}^2$, se m_2 è sostituita da $m_3 = 12$ kg il sistema si mette in moto. Determinare l'accelerazione angolare α del sistema e moduli delle tensioni T_1 e T_2 dei due fili. 15 Kg tema B

$$I_{tot}\,\alpha = T_1 R_1 - T_2 R_2 \;\rightarrow\; I_{tot}\alpha = m_1 R_1 (g - \alpha R_1) - m_3 R_2 (g + \alpha R_2) \quad [\text{prendo } \hat{k} \text{ uscente dal foglio}]$$

$$\alpha = \frac{m_1 g R_1 - m_3 g R_2}{I_{tot} + m_1 R_1^2 + m_3 R_2^2} = -1.76 \text{ rad/s}^2\ [\mathbf{A}] \text{ oppure } -2.65 \text{ rad/s}^2\ [\mathbf{B}] \quad [\text{prendo } \hat{\jmath} \text{ verso l'alto}]$$

$$T_1 = m_1(g - \alpha R_1) = 252 \text{ N } [\mathbf{A}] \text{ oppure } 261 \text{ N } [\mathbf{B}] \;;\; T_2 = m_3(g + \alpha R_2) = 92 \text{ N } [\mathbf{A}] \text{ oppure } 99 \text{ N } [\mathbf{B}]$$

Problema 3. Per raffreddare una bibita da 340 g inizialmente a temperatura ambiente $T_b = 25$ °C si usano due cubetti di ghiaccio. Si consideri che la bibita è costituita fondamentalmente da acqua e che i due cubetti di ghiaccio, di lato 2.5 cm, hanno una temperatura iniziale $T_c = -8$ °C.

4 (a) Trascurando le perdite di calore, determinare la temperatura minima T_{eq} assunta dal sistema quando tutto il ghiaccio si è sciolto e la miscela, adeguatamente mescolata, presenta una temperatura uniforme. Si usino i valori di densità e calore specifico del ghiaccio: $\rho_{ice} = 0.92 \text{ g/cm}^3$ e $c_{ice} = 2.03 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$. Inoltre, il calore latente di fusione del ghiaccio vale $L_f = 1436 \text{ cal mol}^{-1}$.

I due cubetti hanno una massa totale $m_c = 0.02874$ kg e assorbono calore (positivo) dalla bibita per 1) portarsi nello stato solido prima a 0°C, 2) sciogliersi 3) portarsi nello stato liquido alla temperatura di equilibrio. La bibita cede calore (negativo) per raffreddarsi.

$$Q_{H_2O \rightarrow ice} + Q_{ice \rightarrow H_2O} = 0 \;\leftrightarrow\; m_c c_{ice}(T_f - T_c) + m_c L_f + m_c c_{H_2O}(T_{eq} - T_f) + \underbrace{m_b c_{H_2O}(T_{eq} - T_b)}_{<0} = 0$$

$$T_{eq} = \frac{c_{H_2O}(m_c T_f + m_b T_b) - m_c c_{ice}(T_f - T_c) - m_c L_f}{(m_c + m_b)\, c_{H_2O}} \simeq 289.5 \text{ K} = 16 \text{ °C } [\text{usando } T_f = 0 \text{ °C}]$$

2 (b) Determinare l'espressione algebrica e il valore numerico della variazione dell'energia interna ΔU dei due cubetti di ghiaccio tra la loro temperatura iniziale e quella finale della miscela.

$$\Delta U_c = Q_{H_2O \rightarrow ice} = m_c c_{ice}(T_f - T_c) + m_c L_f + m_c c_{H_2O}(T_{eq} - T_f) = 1.2 \times 10^4 \text{ J } [\text{riscaldamento} \rightarrow \Delta U > 0]$$

Soluzione alternativa più rapida (o per verifica): $\Delta U_c = Q_{H_2O \rightarrow ice} = -Q_{ice \rightarrow H_2O} = -m_b c_{H_2O}(T_{eq} - T_b) = \dots$

2 (c) Calcolare la variazione di entropia ΔS dei due cubetti di ghiaccio corrispondente al solo processo di fusione.

$$\Delta S_c^f = \frac{Q_f}{T_f} = \frac{m_c L_f}{T_f} = 35 \text{ J/K} \quad [\text{fusione} \rightarrow \Delta S > 0]$$

2 (d) Se lo scioglimento del ghiaccio venisse accelerato agitando rapidamente la miscela in uno shaker, la variazione totale di energia interna dei cubetti di ghiaccio sarebbe differente? E la loro variazione di entropia totale? Si motivino le risposte.

ΔU sarebbe: ☐ maggiore ☐ minore ☒ uguale, perché l'energia interna è una funzione di stato.

ΔS sarebbe: ☐ maggiore ☐ minore ☒ uguale, perché l'entropia è una funzione di stato.