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

FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 09.07.2024 **Soluzione (Prof. Scazza, Prof. Vitale)**

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.

Problema 1. Un ascensore si trova al 10° piano di un edificio a quota $h_0 = 32\ \mathrm{m}$ rispetto a terra, e parte da fermo verso il basso raggiungendo la velocità massima di $4.0\ \mathrm{m/s}$ in 3.0 s (fase 1). Continua poi mantenendo costante questa velocità per i successivi 2.5 s (fase 2) e infine decelera fino a fermarsi dopo altri 1.5 s (fase 3). Si supponga che nelle fasi 1 e 3 l'accelerazione sia costante. *Suggerimento*: Fissare l'asse y verticale verso il basso con l'origine al 10° piano.

(a) Determinare l'altezza h raggiunta dall'ascensore rispetto al terreno alla fine del moto.

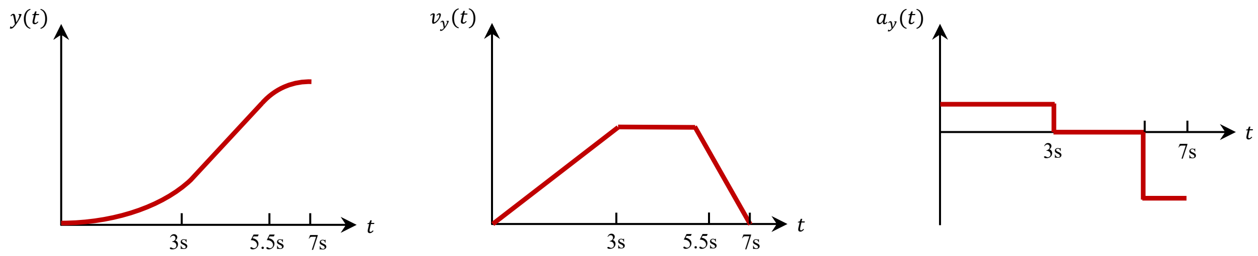
$$h = h_0 - \Delta y = 32\ \mathrm{m} - 19\ \mathrm{m} = 13\ \mathrm{m}\ (\mathrm{A}) \longleftarrow \Delta y = \frac{1}{2}a_1\Delta t_1^2 + v\Delta t_2 + v\Delta t_3 + \frac{1}{2}a_3\Delta t_3^2 = (6 + 10 + 3)\ \mathrm{m}\ (\mathrm{A})$$

$$h = h_0 - \Delta y = 32\ \mathrm{m} - 25\ \mathrm{m} = 7\ \mathrm{m}\ (\mathrm{B}) \longleftarrow \Delta y = \frac{1}{2}a_1\Delta t_1^2 + v\Delta t_2 + v\Delta t_3 + \frac{1}{2}a_3\Delta t_3^2 = (6 + 16 + 3)\ \mathrm{m}\ (\mathrm{B})$$

(b) Determinare la velocità media $\langle v_y \rangle$ e l'accelerazione media $\langle a_y \rangle$ dell'ascensore nell'intervallo di tempo fra la partenza e la fermata.

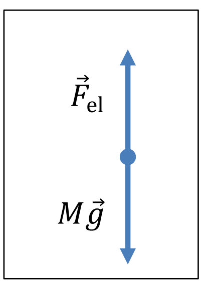
$$\langle v_y \rangle = \Delta y/\Delta t = 2.7\ \mathrm{m/s}\ (\mathrm{A})\ [2.9\ \mathrm{s}\ (\mathrm{B})]; \qquad \langle a_y \rangle = \Delta v/\Delta t = 0$$

(c) Si grafichino le leggi orarie $y(t)$, $v_y(t)$ ed $a_y(t)$.

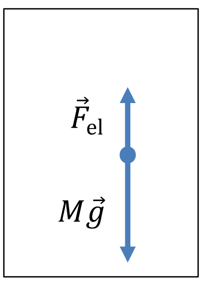


(d) Un blocchetto di massa $M = 5\ \mathrm{kg}$ è appeso al soffitto dell'ascensore mediante un dinamometro a molla. Il dinamometro esercita sul blocchetto la forza $\vec{F}_{\mathrm{el}}$. Sul blocchetto, a seconda del sistema di riferimento scelto, può agire anche la forza apparente $\vec{F}_{\mathrm{app}}$. Quale dei seguenti diagrammi a corpo libero descrive il blocchetto nel sistema <u>inerziale</u> di un osservatore fermo al piano terra durante la fase 1?

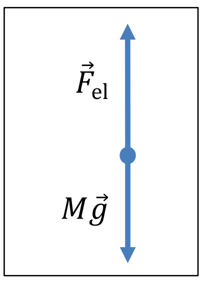
(i)



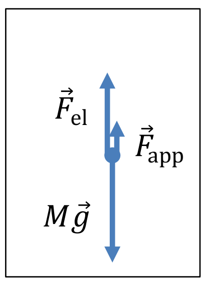
~~(ii)~~



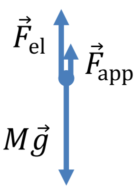
(iii)



(iv)



(e) Scrivere la seconda legge di Newton per il blocchetto di massa M nel sistema non inerziale dell'ascensore durante la fase 1 e disegnare il diagramma a corpo libero del blocchetto nel sistema <u>non inerziale</u> dell'ascensore durante la fase 1.

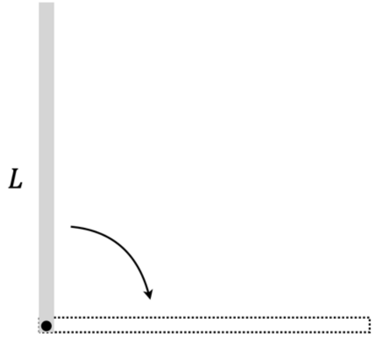


$$\sum \vec{F}_{\mathrm{reali}} + \sum \vec{F}_{\mathrm{app}} = 0 \;\rightarrow\; \vec{F}_{el} + M\vec{g} - M\vec{a}_1 = 0$$

(f) Quali sono i tre valori del modulo della forza misurata dal dinamometro in ciascuna delle tre fasi? Si supponga che l'equilibrio sulla scala del dinamometro venga raggiunto in tempi molto inferiori al secondo.

$$F_{\mathrm{el},1} = M(g + a_1') = 61\ \mathrm{N}\ (\mathrm{A})\ [42.4\ \mathrm{N}\ (\mathrm{B})]$$
$$F_{\mathrm{el},2} = Mg = 70.6\ \mathrm{N}\ (\mathrm{A})\ [50\ \mathrm{N}\ (\mathrm{B})]$$
$$F_{\mathrm{el},3} = M(g + a_3') = 89.9\ \mathrm{N}\ (\mathrm{A})\ [62.4\ \mathrm{N}\ (\mathrm{B})]$$

Problema 2. Un'asta sottile omogenea di lunghezza $L = 4.0$ m e massa $M = 4.0$ kg è incernierata al suo estremo inferiore senza attriti. L'asta si trova inizialmente in posizione verticale, ed inizia a cadere liberamente. Dopo che l'asta ha compiuto 1/4 di giro, essa passa dalla posizione orizzontale; in questo istante:



(a) Calcolare il modulo della velocità angolare e il momento angolare dell'asta.

Applico la conservazione l'energia meccanica, dato che non c'è attrito e la forza esterna di reazione vincolare sul perno non fa lavoro. Non si conservano invece $\vec{p}$ e $\vec{L}$.

$$\omega_z = \sqrt{\frac{MgL}{I_0}} = \sqrt{\frac{3g}{L}} = 2.7 \text{ rad/s}$$

$$\vec{L} = I_0\, \vec{\omega} = \tfrac{1}{3} ML^2 \omega_z\, \hat{k} = 58 \text{ kg m}^2/\text{s (A) [43 kg m}^2/\text{s (B)]}$$

(b) Determinare il vettore velocità del centro di massa.

$$\vec{v}_{\text{cm}} = -\tfrac{\omega L}{2}\, \hat{\jmath} = -5.4 \text{ m/s}\, \hat{\jmath}$$

(c) Calcolare il modulo dell'accelerazione angolare dell'asta.

$$\alpha_z = \frac{\text{MgL}}{2I_0} = \frac{3g}{2L} = 3.7 \text{ rad/s}^2$$

(d) Calcolare le componenti orizzontali e verticali dell'accelerazione del centro di massa dell'asta, considerando che quest'ultimo si muove di moto circolare.

$$a_{\text{cm},x} = \omega_z^2 \tfrac{L}{2} = \tfrac{3g}{2} = 14.7 \text{ m/s}^2 \quad \text{[accelerazione centripeta]}$$

$$a_{\text{cm},y} = \alpha_z \frac{L}{2} = \frac{3g}{4} = 7.3 \text{ m/s}^2 \quad \text{[accelerazione tangenziale]}$$

Problema 3. Il "ghiaccio secco" è in realtà anidride carbonica allo stato solido, raggiunto quando la sua temperatura è inferiore a -78 °C (a pressione atmosferica). Il ghiaccio secco ha numerose applicazioni soprattutto in campo medico e per la conservazione delle sostanze deperibili. Ad esempio, nella produzione del vino, vengono mediamente utilizzati 0.80 kg di ghiaccio secco per abbassare la temperatura di un quintale d'uva (100 kg) di un grado centigrado. Viene chiamato "secco" perché in condizioni di pressione standard passa direttamente dallo stato solido a quello gassoso (processo di *sublimazione*). Il suo calore latente di sublimazione è di 571 kJ/kg.
Considerando 0.80 kg di ghiaccio secco e 100 kg di uva:

(a) Calcolare il calore Q_{uva} ceduto dall'uva al ghiaccio secco inizialmente a $T_g = -78$ °C, corrispondente al processo di sublimazione del ghiaccio secco. Si assuma che gli unici scambi di calore siano quelli fra uva e ghiaccio.

$$Q_{\text{uva}} = -M_g\, L_{\text{sub}} = -457 \text{ kJ (A) [}-4.57 \text{ MJ (B)]}$$

(b) Calcolare la variazione di entropia ΔS del ghiaccio secco corrispondente al solo processo di sublimazione.

$$\Delta S = \tfrac{|Q_{\text{uva}}|}{T_g} = 2.34 \times 10^3 \text{ J/K (A) [}23.4 \times 10^3 \text{ J/K (B)]}$$

(c) Determinare il calore specifico dell'uva.

$$c_{\text{uva}} = \frac{|Q_{uva}|}{M_{\text{uva}}\, \Delta T} = 4.57 \text{ kJ/(kg K)}$$

(d) Considerando il principio di equipartizione dell'energia per un gas ideale, quanto vale approssimativamente la capacità termica molare a volume costante della CO_2 gassosa?

$$C_V = \frac{n_l}{2} R = 3R \text{ [molecola triatomica} \rightarrow n_l = 6 \text{ gradi di libertà]}$$