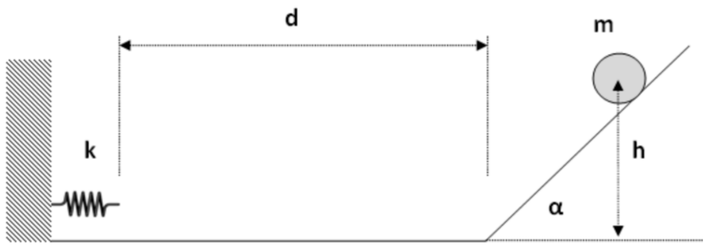
Università di Trieste A.A. 2023/2024 Lauree Triennali in Ingegneria Industriale e Navale
FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 08.01.2025 Soluzione Proff. Scazza e Vitale
Cognome ____________________ **Nome** __________________ **CdS** __________ **Anno** __________

<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 corpo puntiforme, inizialmente fermo, viene lasciato cadere da fermo lungo un piano liscio inclinato di un angolo $\alpha = 45°$, a partire da un'altezza $h = 0.60\ \mathrm{m}$. Dopo il piano inclinato il corpo percorre un tratto orizzontale liscio di lunghezza $d = 0.80\ \mathrm{m}$ prima di comprimere una molla di costante elastica $k = 50\ \mathrm{N/m}$ e massa trascurabile, inizialmente a riposo.



(a) Determinare la velocità v_0 del corpo alla fine del piano inclinato.

3 pt. Dalla conservazione dell'energia meccanica sul piano inclinato $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$:

$$v_0 = \sqrt{2gh} = 3.4\ \mathrm{m/s}$$

(b) Sapendo che il corpo ha massa $m = 0.40\ \mathrm{kg}$, calcolare la massima compressione Δx della molla.

3 pt. Analogamente al punto precedente, dalla conservazione dell'energia meccanica $mgh = \frac{1}{2}k\Delta x^2$:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{2mgh}{k}} = 0.31\ \mathrm{m}$$

(c) Determinare il tempo totale impiegato dal corpo per tornare nella sua posizione iniziale.

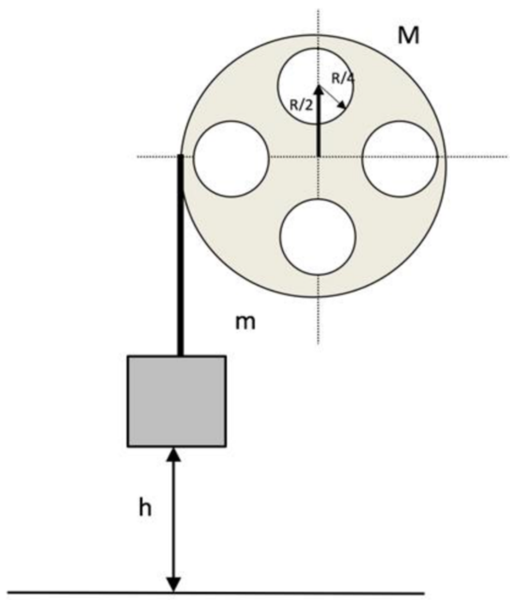
4 pt. Moto uniformemente accelerato lungo il piano inclinato: $\frac{h}{\sin\alpha} = \frac{1}{2}g\sin\alpha\ \Delta t_1^2 \rightarrow \Delta t_1 = \frac{1}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.49\ \mathrm{s}$

Moto rettilineo uniforme nel tratto orizzontale: $\Delta t_2 = \frac{d}{v_0} = 0.23\ \mathrm{s}$

Durante la compressione della molla, moto armonico con periodo $\mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0.56\ \mathrm{s}$, e si ha $\Delta t_3 = \mathrm{T}/4$.

$$\Rightarrow\ \Delta t_{\mathrm{tot}} = 2\Delta t_1 + 2\Delta t_2 + 2\Delta t_3 = 1.7\ \mathrm{s}$$

Problema 2. Una puleggia di massa $M = 2.0\ \mathrm{kg}$ ha la struttura indicata in figura ed è formata da un disco di raggio $R = 40\ \mathrm{cm}$ e da quattro aree vuote di forma circolare ciascuna di raggio $r = R/4$ il cui centro dista $d = R/2$ dal centro del disco. La puleggia può ruotare intorno ad un asse orizzontale fisso passante per il suo centro.



(a) Si determini l'espressione algebrica del momento d'inerzia della puleggia rispetto all'asse di rotazione in funzione di M ed R.

5 pt. Il momento d'inerzia della puleggia si può scrivere come differenza tra il momento d'inerzia di un disco pieno di raggio R e massa M_D, e quello dei quattro dischetti di raggio $r = R/4$ e massa m_d:

$$I_0 = I_R - 4\,I_r = \frac{M_D R^2}{2} - 4\left(\frac{m_d R^2}{32} + \frac{m_d R^2}{4}\right) = \frac{M_D R^2}{2} - 4\frac{9 m_d R^2}{32}$$

Dalle dimensioni date si ricava che $m_d = \frac{1}{12}M$ e $M_D = \frac{4}{3}M$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{55}{96}MR^2 \qquad [0.18\ \mathrm{kg\ m^2}]$$

$\rightarrow$ N.B. il valore è compreso fra $\frac{1}{2}MR^2$ (disco pieno omogeneo) e MR^2 (anello omogeneo)

Al disco è avvolta una fune inestensibile e di massa trascurabile, alla cui estremità è appeso un blocchetto di massa $m = 200\ \mathrm{g}$. Il valore numerico del momento di inerzia della puleggia è $I_0 = 0.18\ \mathrm{kg\ m^2}$. Al tempo $t = 0$ il blocchetto, inizialmente fermo, viene lasciato libero di muoversi.

(b) Si determini la tensione $\vec{T}$ della fune che agisce sul blocchetto (modulo, direzione e verso).

3 pt.

$\begin{cases} \tau = TR = I_0\alpha \\ mg - T = ma \end{cases}$ ed inoltre $a = \alpha R \quad \Rightarrow \quad T = \frac{mg}{1 + mR^2/I_0}, \; \alpha = \frac{mgR}{I_0 + mR^2}$

$\vec{T} = \frac{mg}{1 + mR^2/I_0}\,\hat{\jmath} = 1.7\ \mathrm{N}\,\hat{\jmath}$ (opposta alla gravità)

(c) Si determini la velocità angolare ω_f della puleggia quando il blocchetto è sceso della quota $h = 45\ \mathrm{cm}$ che lo separa dal suolo.

3 pt.

Il moto della puleggia è circolare uniformemente accelerato con accelerazione $\vec{\alpha}$, quindi $\omega(t) = \alpha t$.

Senza risolvere il moto, uso conservazione dell'energia meccanica:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_f^2 + \frac{1}{2}I_0\omega_f^2 = \frac{1}{2}m(\omega_f R)^2 + \frac{1}{2}I_0\omega_f^2$$

$$\Rightarrow \ \omega_f = \sqrt{\frac{2mgh}{I_0 + mR^2}} = 2.9\,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$$

In alternativa, si poteva risolvere cinematicamente: $\omega_f = v_f/R = at/R$ con $t = \sqrt{2h/a}$

Problema 3. Il "ghiaccio secco" è anidride carbonica (CO_2) allo stato solido, stato che viene raggiunto quando per temperature inferiori a $-78\ ^\circ\mathrm{C}$ (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 $0.80\ \mathrm{kg}$ di ghiaccio secco per abbassare la temperatura di un quintale d'uva ($100\ \mathrm{kg}$) di un grado centigrado. Viene chiamato "ghiaccio secco" perché a pressione atmosferica la CO_2 passa direttamente dallo stato solido a quello gassoso (processo di *sublimazione*). Il suo calore latente di sublimazione è di $571\ \mathrm{kJ/kg}$.

Considerando $1.60\ \mathrm{kg}$ di ghiaccio secco e $200\ \mathrm{kg}$ di uva:

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

3 pt.

$$Q_{\mathrm{uva}} = -M_g\, L_{\mathrm{sub}} = -914\ \mathrm{kJ}$$

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

2 pt.

$$\Delta S = \frac{|Q_{\mathrm{uva}}|}{T_g} = 4.68 \times 10^3\ \mathrm{J/K}$$

(c) Determinare il calore specifico dell'uva.

3 pt.

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

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

2 pt.

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