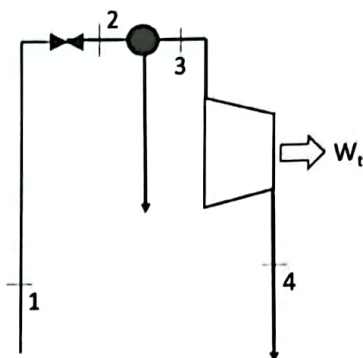


Esercizio n. 1

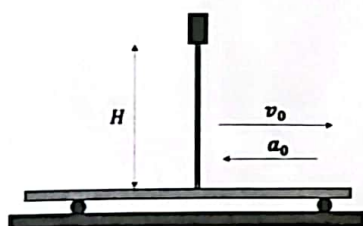
Una sorgente geotermica è costituita da un pozzo dal quale in regime stazionario fuoriescono 50 kg/s di liquido saturo a 20 bar di pressione (stato 1) rappresentabile con sufficiente approssimazione come acqua pura. Sapendo che tale fluido subisce un processo di laminazione fino alla pressione di 10 bar (stato 2) e che successivamente la componente vapore ottenuta (stato 3) subisce un processo di espansione in turbina a vapore fino alla pressione di 1 atm (stato 4), si chiede di:

1. individuare la potenza prodotta alla turbina conoscendo il rendimento isoentropico della turbina pari a 0,95, sapendo che il processo di espansione è adiabatico
2. individuare l'entropia specifica generata nel processo di espansione e nel processo di laminazione per irreversibilità



P	T	h_{ls}	h_{vs}	v_{ls}	v_{vs}	s_{ls}	s_{vs}	u_{ls}	u_{vs}
(bar)	(°C)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(m³/kg)	(m³/kg)	(kJ/kgK)	(kJ/kgK)	(kJ/kg)	(kJ/kg)
1,01325	100,00	419,1	2676,0	0,00104	1,6730	1,3069	7,3554	419,0	2506,5
10	179,88	762,6	2776,2	0,00113	0,1943	2,1382	6,5828	761,5	2581,9
20	212,37	908,6	2797,2	0,00118	0,0995	2,4468	6,3367	906,2	2598,1

Esercizio n. 2



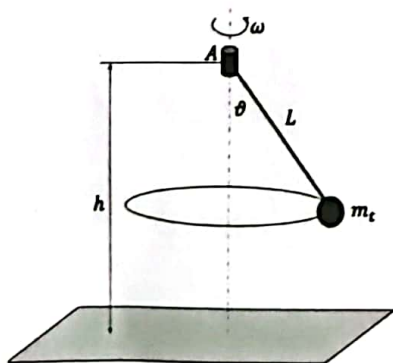
Un carrello che si muove con velocità v_0 orizzontale inizia al tempo $t = 0$ s a decelerare con accelerazione a_c diretta in verso opposto alla velocità. Nello stesso istante $t = 0$ s un corpo di massa m_c cade da un supporto sul carrello avente altezza H rispetto alla base del carrello. Determinare:

1. lo spazio percorso dal carrello durante il tempo di caduta del corpo;
2. la distanza a cui il corpo cade sul pavimento del carrello rispetto alla verticale del punto di distacco;
3. l'accelerazione (rispetto ad un sistema di riferimento solidale al carrello e rispetto a un sistema di riferimento esterno ad esso, approssimativamente inerziale) che agisce sul corpo quando esso si trova ad un'altezza h dal pavimento e subito prima del contatto con il pavimento del carrello.
4. la velocità del corpo (in modulo ed angolo rispetto alla verticale) rispetto al carrello al momento del contatto con il pavimento.

$$[v_0 = 50 \frac{km}{h}, a_c = 2.5 \frac{m}{s^2}, m_c = 120 g, H = 2 m, h = 1 m, g = 9.81 \frac{m}{s^2}]$$

Esercizio n. 3

Il regolatore di Watt, o tachimetro centrifugo è un dispositivo utilizzato in passato per misurare (e regolare) la velocità angolare ω di un albero rotante. Consideriamo il modello del tachimetro rappresentato dal sistema in figura, costituito da una massa m_t collegata ad una sbarretta di lunghezza L vincolata nel punto A all'albero rotante, che supponiamo verticale. La sbarretta può ruotare rispetto all'asse di rotazione. L'angolo θ tra la sbarretta e l'albero varia durante il moto al variare della velocità di rotazione dell'albero ω . Supponendo che l'angolo di apertura del tachimetro sia θ_0 :



- Quanto vale la velocità angolare dell'albero? Quanto vale il modulo della velocità della massa m_t ?
- Quanto vale la tensione T sulla sbarretta?
- Durante una rotazione dell'albero alla velocità calcolata nel primo punto, la massa si stacca e cade sul pavimento, posto a distanza h dal punto A. L'urto è perfettamente anelastico. Qual è l'impulso delle forze che la massa esercita sul pavimento nell'impatto?

- Disegnare i grafici della tensione T e dell'angolo di apertura θ al variare della velocità angolare ω .

$$[\text{Valori numerici: } m = 1.5 \text{ kg}, L = 0.4 \text{ m}, \theta_0 = 43^\circ, h = 2.4 \text{ m}, g = 9.81 \text{ m/s}^2]$$

ESERCIZIO n° 2

1

- ① - Il corpo cade con moto unif. accelerato (acc. g) e velocità iniziale v_0 orizzontale rispetto a un sistema inerziale. Quindi:

$$t_c = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 0.638 \text{ s} \quad \text{è il tempo che impiega il corpo a cadere sul pavimento del cervello}$$

Il cervello si muove in direzione x con velocità iniziale v_0 e accelerazione a_c . Nel tempo t_c il suo spostamento sarà

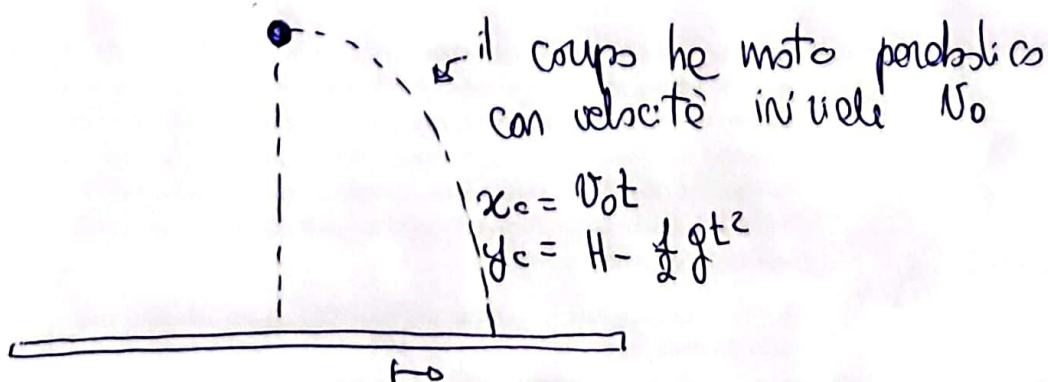
$$x_0 = v_0 t_c - \frac{1}{2} a_c t_c^2 = 8.35 \text{ m}$$

- ② Nel tempo t_c , il corpo si sposta in direzione x di una quantità

$$x_c = v_0 t_c = 8.87 \text{ m}$$

Rispetto al pavimento del cervello, il corpo cade a una distanza

$$x' = x_c - x_0 = \frac{1}{2} a_c t_c^2 = 0.510 \text{ m}$$



il cervello si muove di moto unif. accelerato lungo x

$$x_0 = v_0 t - \frac{1}{2} a_c t^2$$

③ Il corpo cade (moto caduta libera), rispetto al sistema di riferimento esterno al carrello

(2)

risulta $\underline{a} = \underline{g}$ (l'accelerazione del corpo è pari all'accelerazione di gravità)

Il carrello ha accelerazione nota $\underline{a}_c$, orizzontale

L'accelerazione del corpo rispetto al carrello

senza

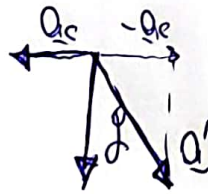
$$\underline{a}' = \underline{g} - \underline{a}_c$$

In componenti cartesiane

$$a'_x = a_c = 2.5 \text{ m/s}^2$$

$$a'_y = -g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$|a'| = 10.12 \text{ m/s}^2$$



(è costante durante tutte le cadute quindi anche quando il corpo si trova in una direzione di movimento)

④ Al momento della caduta la velocità del corpo è (in componenti cartesiane)

$$\begin{cases} v_{cx} = v_0 \\ v_{cy} = -gt_c \end{cases}$$

mentre il carrello

$$v_{0x} = v_0 - a_c t_c$$

$$v_{0y} = 0$$

la velocità del corpo rispetto al carrello è

$$\underline{v}' = \underline{v}_c - \underline{v}_0$$

in componenti cartesiane

$$\begin{cases} v'_x = +a_c t_c \\ v'_y = -g t_c \end{cases}$$

Il modulo è

3

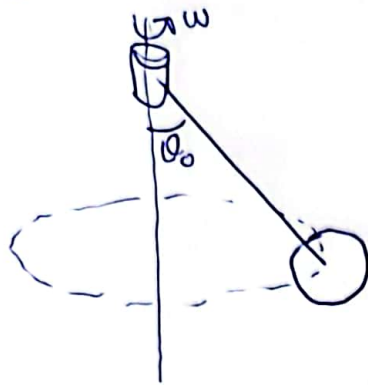
$$|v| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 6.46 \text{ m/s}$$

e l'angolo rispetto alla verticale

$$\theta = \arctan\left(\frac{v_x}{v_y}\right) = 0.24 \text{ rad} = 14.3^\circ$$

Es. n° 3

(L)

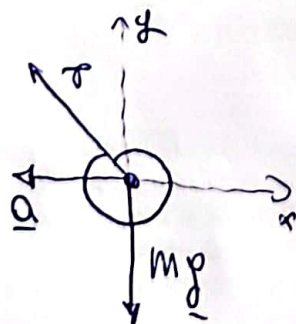


① Possiamo risolvere il problema applicando il 2° principio della dinamica o con considerazioni sull'energia cinetica.

- Applicando il 2° principio

$$m \underline{a} = \underbrace{mg + T}$$

le forze che agiscono sul corpo sono la forza peso e la tensione della sbarretta



l'accelerazione sarà centripeta (la massa si muove di moto circolare)

e il suo modulo sarà

$$a = \frac{v^2}{\underbrace{L \sin \theta}}$$

↑ raggio della circonferenza

~~Considerando~~ Consideriamo l'equazione di moto nelle componenti orizzontale (x) e verticale (y)

$$\begin{cases} mg = T \cos \theta_0 \\ ma = T \sin \theta_0 \end{cases}$$

(5)

Ricerchiamo T dalle prime

$$T = \frac{mg}{\cos \theta_0} \quad (\text{serve per il punto 2})$$

Sostituendo nella seconda

$$a = \frac{g \sin \theta_0}{\cos \theta_0}$$

ricordando che $a = \frac{v^2}{L \sin \theta_0}$

$$\frac{v^2}{L \sin \theta_0} = \frac{g \sin \theta_0}{\cos \theta_0}$$

$$v^2 = \sqrt{gL \frac{\sin^2 \theta_0}{\cos \theta_0}} = 1.58 \text{ m/s}$$

velocità angolare

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{v}{L \sin \theta_0} = \sqrt{\frac{gL \sin^3 \theta_0}{L \sin \theta_0 \cos \theta_0}} = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta_0}} = 5.79 \text{ rad/s}$$

② Riprendendo l'espressione θ del punto precedente troviamo facilmente

$$T = \frac{mg}{\cos \theta_0} = 20.12 \text{ N}$$

③ Al momento del distacco la massa ha una velocità ⑥
 $v = 1.58 \text{ m/s}$ orizzontale

Il moto è in caduta libera, per un'altezza pari a

$$H = h - L \cos \theta_0 = 2.10 \text{ m}$$

Conservazione energia meccanica

$$\frac{1}{2} m v^2 + m g H = \frac{1}{2} m v_c^2$$

$$\rightarrow v_c = \sqrt{v^2 + 2 g H} = 10.16 \text{ m/s}$$

componenti

$$v_{cx} = v = 1.58 \text{ m/s}$$

$$v_{cy} = -\sqrt{v_c^2 - v^2} = -\sqrt{2 g H} = 6.43 \text{ m/s}^2$$

Impulso

$$\underline{J}_c = \Delta \underline{p} = -m \underline{v}_c \quad \# \text{ impulso che il pavimento esercita sulle masse}$$

$$\underline{J}_p = -\underline{J}_c = m \underline{v}_c \quad \# \rightarrow \text{impulso che le masse esercite sul pavimento (principio d'azione e reazione)}$$

In modulo

$$|\underline{J}_p| = 15.2 \text{ Ns}$$

④ Riprendiamo l'espressione di T e di ω trovate nel punto 1, consideriamo un angolo θ generico

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

⑦

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos \theta}}$$

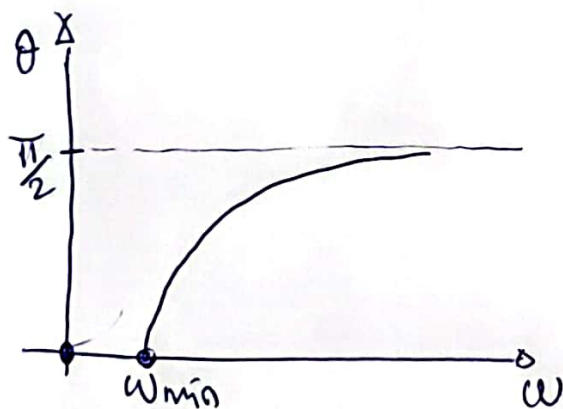
ricorriamo θ dalle seconde

$$\omega^2 = \frac{g}{L \cos \theta}$$

$$L \cos \theta = \frac{g}{\omega^2}$$

$$\cos \theta = \frac{g}{L \omega^2}$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{g}{L \omega^2}\right)$$



$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

↑
per valori di $\omega < \omega_{\min}$
l'argomento del
coseno è > 1

Sostituendo nell'espressione di T le

$$T = \frac{mg}{\frac{g}{L \omega^2}} = mL \omega^2$$

T aumenta al variare
di ω con legge parabolica

