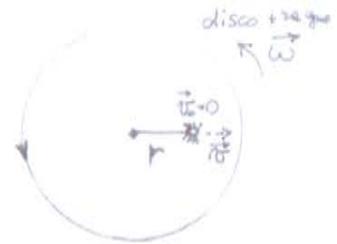


Cognome COGNOME Nome NOME CdS: Anno

Istruzioni:

Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e poi il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate. Fare attenzione ai segni nelle risposte numeriche.

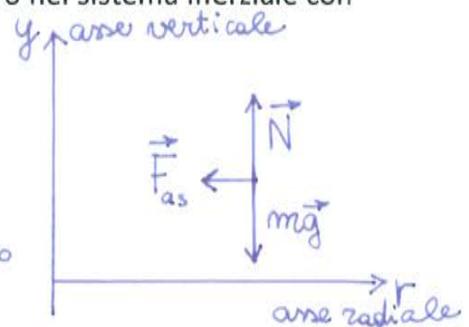
Problema 1. Un disco orizzontale ruota alla velocità angolare $\omega=4.2 \text{ rad/s}$ rispetto ad un osservatore esterno inerziale. Un ragno, alla distanza $r = 1.5 \text{ cm}$ dal centro del disco, è inizialmente fermo rispetto al disco come mostrato in Figura. Il coefficiente di attrito statico fra il ragno e il disco è $\mu_s = 0.080$.



(a) Descrivere il moto del ragno e disegnare il diagramma a corpo libero nel sistema inerziale con breve descrizione dei simboli usati per le forze.

3 Risposta: il ragno si muove con moto circolare uniforme
 il modulo della sua velocità vale ... $\omega r = 0.063 \text{ m/s}$
 il modulo della sua accelerazione vale ... $\omega^2 r = 0.26 \text{ m/s}^2$

NOTA: Dato che il moto è circolare uniforme, la forza risultante è centripeta.
 $|\vec{F}_{as}| = m\omega^2 r < F_{as,max} = \mu_s N$
 mg forze peso del ragno
 N reazione normale del disco
 \vec{F}_{as} forze di attrito statico



(b) Scrivere la legge di Newton per il ragno 1) nel sistema inerziale e 2) nel sistema non inerziale del disco in rotazione.

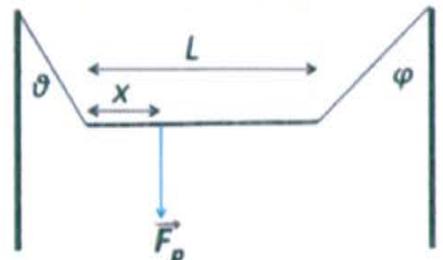
3 1) Sistema inerziale
 $m\vec{a} = \sum \vec{F} = \vec{F}_{as}$
 $m\vec{a}_c = \vec{F}_{as} \quad a_c = -\omega^2 r \hat{r}$
 acc. centripeta

2) Sistema non inerziale
 $m\vec{a}' = \sum \vec{F} + \sum \vec{F}_{app}$
 $\downarrow = 0 \quad \vec{F}_{as}$
 tutte le forze inerziali qui solo $-m\vec{a}$ forza centrifuga

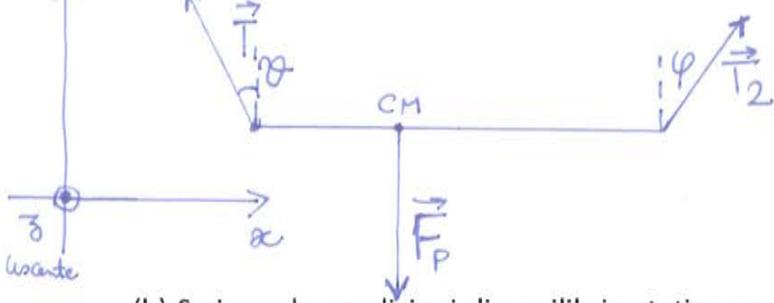
(c) Ad un certo istante il ragno inizia a muoversi in direzione radiale rispetto al disco, verso l'esterno, con velocità relativa $v = 3.0 \text{ cm/s}$. A quale distanza dal centro del disco il ragno inizierà a slittare? Suggestivo, in questo caso conviene mettersi nel sistema non inerziale del disco e usare le due forze non inerziali centrifuga $-m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r})$ e di Coriolis $-2m\vec{\omega} \times \vec{v}$.

4 Per l'osservatore inerziale il moto è a spirale.
 Per l'osservatore sul disco il moto è rettilineo uniforme con velocità \vec{v} radiale verso l'esterno fintanto che \vec{F}_{as} riesce a bilanciare le due forze \perp centrif. e Coriolis.
 $|\vec{F}_{app}| = \sqrt{m^2 \omega^4 r^2 + 4m^2 \omega^2 v^2} < \mu_s mg$
 $\Rightarrow r_{max} = \sqrt{\frac{\mu_s^2 g^2 - 4\omega^2 v^2}{\omega^4}} = 4.2 \text{ cm}$

Problema 2. Un'asta NON OMOGENEA di lunghezza $L=101 \text{ cm}$ e forza peso $F_p=2.0 \text{ N}$, in quiete e in posizione orizzontale, è sospesa a due fili di massa trascurabile, come illustrato in figura. I due fili formano con la verticale gli angoli $\vartheta=30^\circ$ e $\varphi=45^\circ$.



3
 (a) Disegnare il diagramma a corpo libero delle forze applicate all'asta.



Eq. vettoriali di eq. statico

$$\begin{cases} \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{F}_P = 0 \\ \vec{\tau}_{T_1} + \vec{\tau}_{T_2} + \vec{\tau}_{F_P} = 0 \end{cases}$$

(b) Scrivere le condizioni di equilibrio statico per l'asta in questo caso specifico e determinare i moduli di tutte le forze applicate all'asta.

3
 proiezioni cartesiane

$$\begin{aligned} x \quad T_1 x + T_2 x &= 0 & \begin{cases} -T_1 \sin \theta + T_2 \sin \varphi = 0 \\ T_1 \cos \theta + T_2 \cos \varphi - F_P = 0 \end{cases} & T_1 = \frac{F_P}{\frac{\sin \theta}{\tan \varphi} + \cos \theta} \\ y \quad T_1 y + T_2 y + F_{Py} &= 0 & & T_2 = \frac{F_P}{\frac{\sin \varphi}{\tan \theta} + \cos \varphi} \\ z \quad \tau_{T_1 z} + \tau_{T_2 z} &= 0 \text{ Polo CM} & -x T_1 \cos \theta + (L-x) T_2 \cos \varphi = 0 & T_1 = 1.46 \text{ N} \\ & & & T_2 = 1.04 \text{ N} \end{aligned}$$

(Oppure $\tau_{F_P z} + \tau_{T_2 z} = 0$ Polo esterno asintotico ecc)

(c) Determinare la distanza x tra il centro di massa dell'asta e la sua estremità a sinistra.

4

$$x = \frac{T_2 L \cos \varphi}{T_1 \cos \theta + T_2 \cos \varphi} = L \frac{\cos \varphi}{\frac{\sin \varphi}{\tan \theta} + \cos \varphi} = 0.37 \text{ m}$$

Problema 3 Si consideri il sistema formato da acqua divisa in due parti: 0.30 kg inizialmente alla temperatura di 90°C e 0.60 kg inizialmente alla temperatura di 10°C. Supponiamo che le due quantità di acqua vengano mescolate in un recipiente isolato e raggiungano l'equilibrio.

Esempio 19.12 Gettys Entropia di mescolamento

(a) Quanto vale la temperatura di equilibrio finale T_{eq} del sistema?

3

$$Q(\text{cedute acqua calda}) = Q(\text{assorbite acqua fredda})$$

$$(0.30 \text{ kg}) c_p (90^\circ - T_{eq}) = (0.60 \text{ kg}) c_p (T_{eq} - 10^\circ)$$

$$T_{eq} = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = 37^\circ \text{C}$$

(b) Il processo è reversibile o irreversibile?

2
 Irreversibile [si può tornare allo stato iniziale solo spendendo lavoro.] 310 K

(c) Calcolare la variazione di entropia del sistema. Suggestimento: l'entropia è una grandezza additiva.

5

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S_1 = \int_i^F \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_{1i}}^{T_F} m_1 c_p \frac{dT}{T} = m_1 c_p \ln \frac{T_{eq}}{T_{1i}} = -200 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_2 = \int_i^F \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_{2i}}^{T_F} m_2 c_p \frac{dT}{T} = m_2 c_p \ln \frac{T_{eq}}{T_{2i}} = +227 \text{ J/K}$$

$$\Delta S = +27 \text{ J/K} \text{ positiva (l'entropia aumenta!)}$$