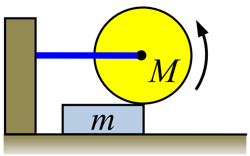
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica - Canale 1 (Prof. G. Naletto)
Prova scritta di Fisica Generale 1 - Padova, 29 agosto 2025

Cognome .... Nome .... Matricola ....

Problema 1



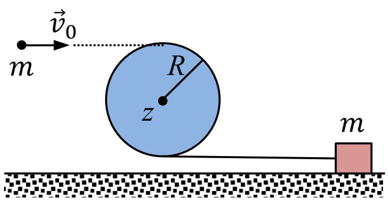
Un disco omogeneo di massa $M = 6$ kg ruota attorno al suo asse posto orizzontale (in verso antiorario in figura) grazie all'azione di un motore; l'asse di rotazione è attaccato all'estremo di una sbarretta rigida orizzontale di massa trascurabile vincolata all'altro estremo (vedi figura). Il disco è appoggiato sull'estremo di un blocchetto di sezione rettangolare di massa $m = 3.2$ kg e lunghezza $d = 0.45$ m; tra disco e blocchetto c'è attrito con coefficiente di attrito dinamico $\mu_{DB} = 0.15$. Il blocchetto giace su un piano orizzontale e tra blocchetto e piano c'è attrito, con coefficiente di attrito statico e dinamico uguali e pari a μ_{BP}. Inizialmente, con il disco in rotazione, il blocchetto è fermo sul piano. Determinare:

a) modulo e verso della tensione $\vec{T}$ applicata dalla sbarretta nel centro del disco;
b) il minimo valore $\mu_{BP,min}$ che deve avere il coefficiente di attrito statico tra blocchetto e piano affinché il blocchetto non si muova (NB la sbarretta non esercita alcuna forza verticale sul disco).

Nell'ipotesi che $\mu_{BP} = \frac{1}{2}\mu_{BP,min}$ e che il disco strisci sempre sul blocchetto (cioè non rotoli), determinare:

c) il modulo v della velocità del blocchetto nell'istante in cui, dopo essere stato trascinato verso destra, si stacca dal disco.

Problema 2



Un disco sottile omogeneo di massa M e raggio $R = 0.22$ m è vincolato a ruotare senza attrito attorno al suo asse fisso orizzontale z. Attorno al disco è avvolto un filo inestensibile di massa trascurabile collegato all'estremo libero ad un punto materiale di massa $m = M/2$ appoggiato su un piano orizzontale scabro. Inizialmente il filo è teso parallelo al piano, la tensione del filo è nulla e il disco è fermo. Ad un certo istante, il disco viene colpito nel suo estremo superiore da un punto materiale di massa $m = M/2$ che si muove con velocità orizzontale $\vec{v}_0$ nel piano del disco (vedi figura). Sapendo che il punto materiale si conficca nel disco, che il modulo della velocità angolare del sistema disco+proiettile subito dopo l'urto è $\omega = 5$ rad/s e che il sistema disco+proiettile compie $N = 1.5$ giri prima di fermarsi, determinare:

a) il modulo α dell'accelerazione angolare del sistema disco+proiettile subito dopo l'urto.
b) il coefficiente di attrito dinamico μ fra il piano e il punto materiale collegato al filo;
c) il modulo v_0 della velocità del proiettile immediatamente prima dell'urto;
d) l'energia E_{diss} dissipata nell'urto, sapendo che la massa del disco è $M = 1.3$ kg.

Problema 3

Un cilindro con pistone mobile ideale privo di attrito contiene $n = 5$ moli di un gas perfetto biatomico inizialmente all'equilibrio nello stato A in contatto termico con un serbatoio alla temperatura $T_A = 390$ K, che occupano il volume $V_A = 0.15$ m^3. Mantenendo il contatto termico con il serbatoio, il gas viene espanso in modo molto lento e graduale fino allo stato B, alla pressione $p_B = 8 \cdot 10^4$ Pa. Per mezzo di un opportuno sistema esterno agente sul pistone che mantiene costante la pressione del gas, questo viene poi compresso sempre in modo molto lento e graduale fino allo stato C alla temperatura T_C, e durante questa trasformazione il gas cede un calore $Q_{BC} = -1.8 \cdot 10^4$ J. Successivamente, messo in contatto termico con un serbatoio alla temperatura T_C, il gas viene nuovamente espanso in modo molto lento e graduale fino a raggiungere lo stato D, in cui occupa lo stesso volume che aveva nello stato A. Infine, il gas è messo in contatto termico con il serbatoio a temperatura T_A, e ritorna nello stato iniziale. Disegnare il ciclo nel piano di Clapeyron e determinare:

a) il volume V_C occupato dal gas nello stato C;
b) il lavoro W_{ciclo} fatto dal gas nel ciclo;
c) la variazione $\Delta S_{U,ciclo}$ di entropia dell'universo nel ciclo.

Soluzioni

Problema 1

a) Il disco è soggetto ad una forza di attrito dinamico, dovuta allo strisciamento sul blocchetto, che tende a spostarlo verso sinistra (e, per la terza legge di Newton, il blocchetto risente di una forza uguale e contraria verso destra). Orientando il verso positivo dell'asse orizzontale verso destra e considerando solo le forze orizzontali, si ottiene:

$\vec{T} + \vec{f}_{ad} = 0 \;\Rightarrow\; T - \mu_{DB}Mg \;\Rightarrow\; T = \mu_{DB}Mg = 8.83\ \text{N};$ positiva, quindi orientata verso destra

b) $f_{ad} - f_{as} = 0 \;\Rightarrow\; f_{as} = f_{ad} = \mu_{DB}Mg \le f_{as,max} = \mu_{BP}(m+M)g \;\Rightarrow\; \mu_{BP} \ge \dfrac{\mu_{DB}M}{m+M} = \mu_{BP,min} = 0.1$

c) $f_{ad,DB} - f_{ad,BP} = ma \;\Rightarrow\; a = \dfrac{1}{m}\left[\mu_{DB}Mg - \dfrac{1}{2}\mu_{BP,min}(m+M)g\right] = \dfrac{1}{2}\mu_{DB}\dfrac{M}{m}g = 1.38\ \text{m/s}^2;$

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2ad} = \sqrt{\frac{M}{m}\mu_{DB}gd} = 1.11\ \text{m/s}$$

Problema 2

a) $\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\Delta\theta \;\Rightarrow\; 0 = \omega^2 + 2\alpha \cdot 2\pi N \;\Rightarrow\; \alpha = -\dfrac{\omega^2}{4\pi N} \;\Rightarrow\; |\alpha| = \left|-\dfrac{\omega^2}{4\pi N}\right| = 1.33\ \text{rad/s}^2$

oppure $W_{disco} = \Delta E_{k,disco} \;\Rightarrow\; \displaystyle\int M_z d\theta = -E_{k,i} \;\Rightarrow\; I_z\alpha\Delta\theta = -\frac{1}{2}I'_z\omega^2 \;\Rightarrow\; \alpha = -\frac{\omega^2}{2\cdot 2\pi N}$

b) Posto come positivo il verso dell'asse orizzontale verso sinistra in figura:

$$\begin{cases} -RT = I'_z\alpha \\ T - \mu mg = ma = m\alpha R \end{cases} \;\Rightarrow\; -\mu mgR = I'_z\alpha + m\alpha R^2 \;\Rightarrow\; \mu = -\frac{I'_z + mR^2}{mgR}\alpha = \frac{3\omega^2 R}{4\pi N g} = 0.089$$

oppure $W_{nc} = \Delta E_m = \Delta E_k \;\Rightarrow\; -\mu mg \cdot 2\pi RN = 0 - \left(\dfrac{1}{2}I'_z\omega^2 + \dfrac{1}{2}mv'^2\right) \;\Rightarrow$

$$\Rightarrow\; -\mu\frac{M}{2}g \cdot 2\pi RN = -\left(\frac{1}{2}MR^2\omega^2 + \frac{1}{2}\frac{M}{2}(\omega R)^2\right) \;\Rightarrow\; \mu = \frac{3\omega^2 R}{4\pi N g}$$

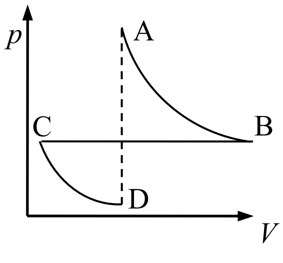
c) $L_z = \text{cost} \;\Rightarrow\; \vec{R} \times m\vec{v}_0 = I'_z\vec{\omega} + \vec{r} \times m\vec{v}' \;\Rightarrow\; Rmv_0 = \left(\dfrac{1}{2}MR^2 + mR^2\right)\omega + Rm(\omega R) \;\Rightarrow$

$$\Rightarrow\; v_0 = \frac{\omega\left[\left(\frac{1}{2}MR^2 + mR^2\right) + mR^2\right]}{mR} = 3\omega R = 3.3\ \text{m/s}$$

d) $E_{diss} = |E_{k,f} - E_{k,i}| = \left|\left(\dfrac{1}{2}I'_z\omega^2 + \dfrac{1}{2}mv'^2\right) - \dfrac{1}{2}mv_0^2\right| = \left|\left[\dfrac{1}{2}(MR^2)\omega^2 + \dfrac{1}{2}\dfrac{M}{2}(\omega R)^2\right] - \dfrac{1}{2}\dfrac{M}{2}9\omega^2R^2\right| =$

$$= \left|\frac{3}{4}M\omega^2R^2 - \frac{9}{4}M\omega^2R^2\right| = \frac{3}{2}M\omega^2R^2 = 2.2\ \text{J}$$

Problema 3



a) $Q_{BC} = nc_p(T_C - T_B) \;\Rightarrow\; T_C = T_A + \dfrac{Q_{BC}}{nc_p} = 266\ \text{K};\;\; V_C = \dfrac{nRT_C}{p_B} = 0.138\ \text{m}^3$

b) $V_B = \dfrac{nRT_A}{p_B} = 0.203\ \text{m}^3;\;\; W_{ciclo} = Q_{ciclo} = Q_{AB+BC+CD+DA} =$

$$= nRT_A \ln\frac{V_B}{V_A} + Q_{BC} + nRT_C \ln\frac{V_A}{V_C} + nc_V(T_A - T_D) = 628\ \text{J}$$

oppure $W_{ciclo} = W_{AB+BC+CD+DA} = nRT_A \ln\dfrac{V_B}{V_A} + nR(T_C - T_B) + nRT_C \ln\dfrac{V_D}{V_C}$

c) $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{U,DA} = \Delta S_{gas,DA} + \Delta S_{amb,DA} = nc_V \ln\dfrac{T_A}{T_C} + \dfrac{-Q_{DA}}{T_A} = 6.69\ \text{J/K}$

oppure $\Delta S_{U,ciclo} = \Delta S_{amb,ciclo} = \Delta S_{amb,AB+CD+DA} - \Delta S_{gas,BC} = -\dfrac{Q_{AB}}{T_A} - \dfrac{Q_{CD}}{T_C} - \dfrac{Q_{DA}}{T_A} - nc_p \ln\dfrac{T_C}{T_B}$