

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

### Problema 1

Un facchino trasporta una massa  $M = 50$  kg su un portacarichi schematizzato come in figura, costituito da un'asse omogenea AO di massa  $m = 5$  kg e lunghezza  $\ell = 1.6$  m e da una ruota schematizzabile come un disco omogeneo di centro O, asse di rotazione orizzontale passante per O, massa  $m_R = 3$  kg e raggio  $R = 0.2$  m (si trascurino le masse degli altri elementi del portacarichi).

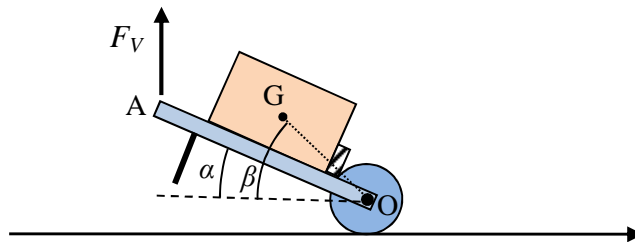
Il facchino inizialmente mantiene fermo e sollevato il portacarichi agendo in A con una forza verticale di modulo  $F_V$ , in modo che l'asse AO formi un angolo  $\alpha = 30^\circ$  con il piano orizzontale. In questa posizione, il centro di massa G del carico  $M$  si trova a distanza  $|OG| = h = 0.9$  m dall'asse della ruota, ed il segmento OG forma un angolo  $\beta = 50^\circ$  con l'orizzontale. Determinare:

a) i moduli  $F_V$  della forza esercitata dal facchino e della reazione vincolare  $\Phi$  esercitata dal pavimento sulla ruota.

Ad un certo istante, il facchino imprime anche una forza orizzontale costante  $F_O$  al portacarichi, mettendolo in moto con un'accelerazione di modulo  $a = 0.5$  m/s<sup>2</sup>. Nell'ipotesi che la ruota compia un moto di puro rotolamento, determinare:

b) i moduli  $F_{att}$  della forza di attrito che si sviluppa sul punto di contatto della ruota e  $F_O$  della forza orizzontale impressa dal facchino

c) la potenza media  $P_m$  sviluppata dal facchino nella fase di accelerazione fino a portare il portacarichi alla velocità di regime  $v = 2.5$  m/s:



### Problema 2

Una macchina frigorifera di efficienza  $\xi = 0.8$  lavora tra un serbatoio caldo contenente una miscela di acqua e vapor acqueo saturo ( $\lambda_V = 2.26 \cdot 10^6$  J/kg) alla temperatura di evaporazione dell'acqua  $T_V = 373.15$  K, e un serbatoio freddo contenente una miscela di acqua e ghiaccio ( $\lambda_G = 3.3 \cdot 10^5$  J/kg) alla temperatura di fusione del ghiaccio  $T_G = 273.15$  K. Ad ogni ciclo solidifica una massa  $m_G = 0.01$  kg di ghiaccio nel serbatoio freddo ed evapora una massa  $m_V$  di acqua nel serbatoio caldo. Determinare:

a) la massa  $m_V$  di acqua che evapora ad ogni ciclo della macchina;

b) la variazione di entropia  $\Delta S_U$  dell'universo dopo che la macchina ha compiuto  $N = 500$  cicli.

Dopo questi  $N$  cicli, la macchina frigorifera viene sostituita con una macchina termica reversibile che ad ogni ciclo fa condensare la stessa massa  $m_V$  di vapore. Quando la macchina termica reversibile ha compiuto lo stesso numero  $N$  di cicli, determinare:

c) il lavoro totale  $W_F$  subito dalla macchina frigorifera e il lavoro  $W_{ext}$  complessivamente compiuto dall'ambiente sulle macchine;

d) la differenza  $\Delta M_{G,serb} = M_{G,serb,fin} - M_{G,serb,in}$  di massa di ghiaccio presente nel serbatoio freddo rispetto alla situazione iniziale.

## Soluzioni

### Problema 1

a)  $F_V \ell \cos \alpha - mg(\ell/2) \cos \alpha - Mgh \cos \beta = 0 \Rightarrow F_V = 229.1 \text{ N}$

$$F_V + \Phi - (M + m + m_R)g = 0 \Rightarrow \Phi = 339.3 \text{ N}$$

b) Si studia il moto di puro rotolamento (della sola ruota)

$$f_{\text{att}} = I \alpha / r \quad \text{con } I = m_R R^2 / 2 = 0.06 \text{ kg m}^2 \quad \alpha = a / R = 2.5 \text{ rad/s}^2 \Rightarrow f_{\text{att}} = 0.75 \text{ N}$$

$$F_O - f_{\text{att}} = (M + m + m_R) a \Rightarrow F_O = 29.75 \text{ N}$$

c)  $v = at \Rightarrow t = 5 \text{ s}, \quad s = at^2/2 = 6.25 \text{ m} \Rightarrow \text{lavoro: } W = F_O s = 185.9 \text{ J}$

$$\text{oppure } W = \Delta E_k = (M + m + m_R) v^2 / 2 + I (v/R)^2 / 2$$

$$\Rightarrow \langle P \rangle = W/t = 37.2 \text{ W}$$

### Problema 2

a)  $\xi = \frac{Q_G}{|W_F|} = -\frac{Q_G}{W_F} = -\frac{Q_G}{Q_G + Q_V} = -\frac{m_G \lambda_G}{m_G \lambda_G - m_V \lambda_V} \Rightarrow m_V = \frac{m_G \lambda_G}{\lambda_V} \frac{1 + \xi}{\xi} = 3.29 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

b)  $\Delta S_{U, \text{ciclo}} = \Delta S_{\text{amb}} = \Delta S_G + \Delta S_V = -\frac{m_G \lambda_G}{T_G} + \frac{m_V \lambda_V}{T_V} = 7.82 \text{ J/K}; \quad \Delta S_{UN} = N \Delta S_{\text{ciclo}} = 3908 \text{ J/K}$

c)  $W_F = N W_{F, \text{ciclo}} = -N \frac{Q_G}{\xi} = -N \frac{m_G \lambda_G}{\xi} = -2.06 \cdot 10^6 \text{ J}; \quad W_T = N W_{T, \text{ciclo}} = N \eta Q_{\text{ASS}} = N \eta m_V \lambda_V$

$$\eta = 1 - \frac{T_G}{T_V} = 0.268 \Rightarrow W_{\text{ext}} = -(W_F + W_T) = N \left( \frac{m_G \lambda_G}{\xi} - \eta m_V \lambda_V \right) = 1.07 \cdot 10^6 \text{ J}$$

d)  $\frac{Q_{G,T}}{T_G} + \frac{Q_{V,T}}{T_V} = 0 \Rightarrow \frac{-m_{G,T} \lambda_G}{T_G} + \frac{m_V \lambda_V}{T_V} = 0 \Rightarrow m_{G,T} = \frac{m_V \lambda_V}{\lambda_G} \frac{T_G}{T_V} = 0.0165 \text{ kg}$

$$\Rightarrow \Delta M_{G, \text{serb}} = N \Delta M_{G, \text{serb, ciclo}} = -N (m_{G,T} - m_G) = -3.24 \text{ kg}$$