

# SOLUZIONE LORENZO VITALE SINTETICA

10+10+10 = 30/30

Università di Trieste A.A. 2020/2021 Lauree Triennali in Ingegneria **A**

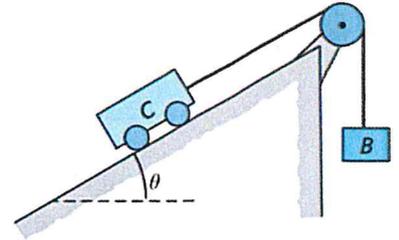
## FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 01.09.2021

Cognome ..... Nome ..... CdS: .....

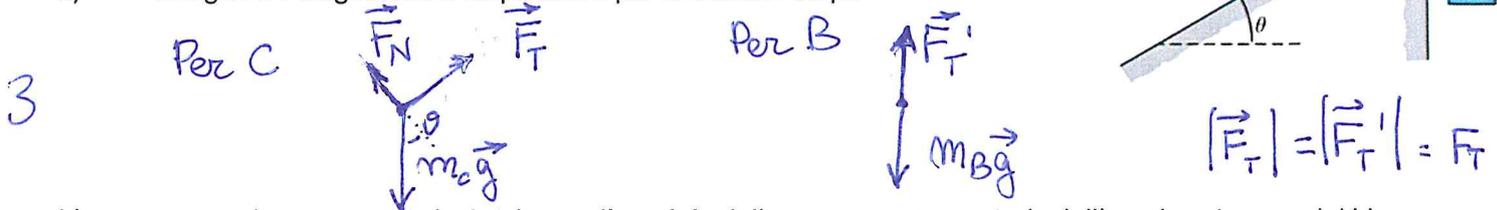
Istruzioni:

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** Nel sistema carrello-blocco illustrato, il carrello ha massa  $m_C$  e il blocco ha massa  $m_B$ . Si ammetta che le ruote del carrello siano piccole e abbiano supporti ben lubrificati. Si trascurino la massa e l'attrito delle pulegge, nonché la massa della corda.



a) Disegnare il diagramma a corpo libero per entrambi i corpi.



b) Trovare le espressioni algebriche per il **modulo** della componente verticale dell'accelerazione  $a_B$  del blocco, della tensione della corda  $F_T$ , della forza normale  $F_N$  esercitata dalla superficie sul carrello.

4

$$a_B = g \left( \frac{m_B - m_C \sin \theta}{m_B + m_C} \right)$$

$$F_T = m_B (a_B + g)$$

$$F_N = m_C g \cos \theta$$

Per C

- // piano  $F_T - m_C g \sin \theta = m_C a$
- ⊥ piano  $F_N - m_C g \cos \theta = 0$

Per B

$$m_B g - F_T = m_B a$$

$a$  è la stessa per B e C  $|\vec{a}_C| = |\vec{a}_B|$

c) Usando  $m_C = 3\text{kg}$ ,  $m_B = 2\text{kg}$  e  $\theta = 30^\circ$ , e supponendo che il sistema sia inizialmente a riposo, quanto tempo ci mette il blocco per cadere di 50cm? 200 cm

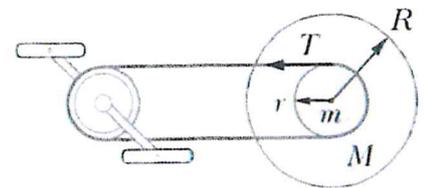
3

$$t = \sqrt{\frac{2y}{a_B}} = 1\text{s} \quad \sim 2\text{s}$$

$$a_B = g \frac{(2\text{kg} - \frac{1}{2} \cdot 3\text{kg})}{2 + 3\text{kg}} \approx \frac{g}{10}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.5\text{m}}{\frac{9.8\text{m/s}^2}{10}}}$$

**Problema 2.** Il volano di una cyclette è composto da un disco omogeneo di raggio  $R = 0.50\text{ m}$  avente massa  $M = 7.0\text{ kg}$ . Il volano è solidale, concentrico e coassiale con una ruota dentata di raggio  $r = 0.10\text{ m}$  e di massa trascurabile rispetto alla massa del volano. La ruota dentata è collegata ai pedali per mezzo di una catena come in figura. Sapendo che il ciclista è in grado di sviluppare sui pedali una forza tale da generare una tensione costante sulla parte superiore della catena pari a  $T = 70\text{ N}$ , si calcolino:



(a) il modulo dell'accelerazione angolare  $\alpha$  del volano;

3

$$\alpha = \frac{2T\tau}{MR^2} = 8.0 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$\left\{ \begin{aligned} \frac{dL}{dt} = \tau_{\text{tot}} & \quad I\alpha_3 = \tau_3 & \quad \frac{1}{2}MR^2\alpha_3 = T\tau & \quad \alpha_3 = \frac{2T\tau}{MR^2} & \quad \alpha = \alpha_3 \end{aligned} \right.$   
 una giro:  $\tau$  proiettato su  $z$  ⊥ uscente dal foglio

(b) l'intervallo tempo  $\Delta t$  necessario affinché sul display della cyclette compaia una velocità equivalente (riferita cioè all'estremità del volano) pari a  $v_f = 40\text{ km/h}$ ; 30 km/h

3

$$\Delta t = \frac{v_f MR}{2T\tau} = 2.8\text{s} \quad \alpha = \frac{a}{R} \quad a = \frac{2T\tau}{MR} \quad v_f = a \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{v_f}{a} = v_f \cdot \frac{MR}{2T\tau}$$

oppure

$$\Delta t = \frac{\Delta \omega}{\alpha} = \frac{v_f / R}{\alpha} \quad \Delta \omega = \alpha \Delta t \quad \Delta \omega = \omega_f - \omega_i = \frac{v_f}{R}$$

4 (c) l'energia cinetica  $K_f$  del volano quando è stata raggiunta tale velocità e la potenza media  $\langle P \rangle$  erogata dal ciclista in  $\Delta t$  assumendo che la potenza venga interamente trasferita al volano.

$$K_f = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} M R^2 \right) \left( \frac{v_f}{R} \right)^2 = \frac{1}{4} M v_f^2 = 216 \text{ J} = 2,2 \cdot 10^2 \text{ J}$$

$$\langle P \rangle = \frac{K_f}{\Delta t} = 77 \text{ W} \quad \text{58 W}$$

$$122 \text{ J} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ J}$$

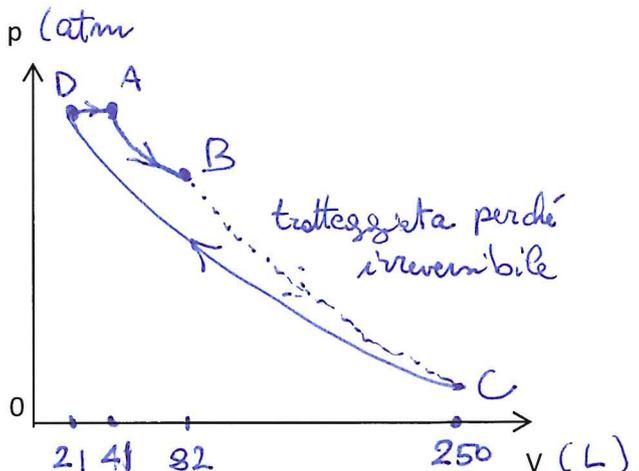
**Problema 3.** Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente alla pressione  $p_A = 1.0 \text{ atm}$  (N.B.  $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ ) e temperatura  $T_A = 500 \text{ K}$  subisce le seguenti trasformazioni:

- i. isoterma reversibile dallo stato iniziale A allo stato B
- ii. adiabatica irreversibile dallo stato B allo stato C
- iii. isoterma reversibile fino ad un certo stato D
- iv. isobara reversibile dallo stato D allo stato A

a) Si completi la tabella con i valori di pressione, volume e temperatura per gli stati A, B, C, D e si rappresenti la trasformazione in un diagramma p-V.

3

	p	v	T
A	1.0 atm	41	500 K
B	0.50 atm	82 L	500 K
C	0.082 atm	250 L	250 K
D	1.0 atm	21 L	250 K



b) Si trovino i lavori eseguiti dal gas nelle quattro trasformazioni e le corrispondenti quantità di calore scambiate dal gas.

3

$$\Delta U_{AB} = 0 \quad W_{AB} = nRT_A \ln V_B/V_A = 2.9 \cdot 10^3 \text{ J} \quad Q_{AB} = W_{AB} > 0$$

$$Q_{BC} = 0 \quad W_{BC} = -\Delta U = nC_v \Delta T = 3.1 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta U_{CD} = 0 \quad W_{CD} = nRT_C \ln V_D/V_C = -5.2 \cdot 10^3 \text{ J} \quad Q_{CD} = W_{CD} < 0$$

$$W_{DA} = p_A(V_A - V_D) = 2.0 \cdot 10^3 \text{ J} \quad \Delta U_{DA} = -\Delta U_{AB} - \Delta U_{BC} - \Delta U_{CD} = 3.1 \cdot 10^3 \text{ J} \quad Q_{DA} = \dots$$

c) Si calcoli il rendimento del ciclo. Si confronti il rendimento con quello di una macchina reversibile che lavora con le sorgenti alle temperature delle due isoterme.

2

$$\eta = \frac{W}{Q_C} = \frac{\sum_i W_i}{Q_{AB} + Q_{DA}} = 0.36$$

$$\eta_{REV} = 1 - \frac{T_C}{T_A} = 0.50 > \eta$$

$Q_{DA} = \Delta U + W = 5.2 \cdot 10^3 \text{ J}$   
o anche  $nC_p \Delta T$

d) Sebbene la trasformazione ii. sia adiabatica ( $Q = 0$ ), la variazione di entropia del gas  $\Delta S$  tra gli stati B e C risulta essere diversa da zero. Spiegare sinteticamente come si può calcolare  $\Delta S$  in questa situazione.

2

Per definizione  $\Delta S = \int_A^B \left( \frac{\delta Q}{T} \right)_{rev}$

Dato che la trasformazione ii. è irreversibile, non è possibile calcolare  $\Delta S$  direttamente su questa trasformazione, ma bisogna scegliere una qualsiasi trasformazione REVERSIBILE tra gli stessi stati B  $\rightarrow$  C e calcolare  $\Delta S$  in questo caso.  $\Delta S \neq 0$