

**Scritto corso di Fisica. Canale 1**  
**A.A. 2023-2024 27 Gennaio 2025 Esame Scritto**

**Corso di Laurea: Ingegneria Gestionale, Sapienza. Canale 1**

**Nome:**

**Cognome:**

**Matricola**

**Aula:**

**Canale:**

**Appello straordinario**

Riportare sul presente foglio i risultati numerici trovati per ciascun esercizio.

Nell'elaborato riportare le soluzioni in formato sia alfanumerico che numerico. Copiare in bella copia tutti i passaggi, disegni e conti che sono serviti alla risoluzione dell' esercizio. Motivare molto chiaramente le risposte, anche qualora non richiedano formule.

**Esercizio 1**

Una macchina (A) di massa 800 kg sta camminando alla velocità di 50 km/h quando urta un pulmino (B) di massa  $3 \cdot 10^3$  kg che si trovava fermo ad un semaforo. Dopo l'urto la macchina e il pulmino rimangono attaccati. Essi si trovano alla temperatura ambiente di  $25^\circ$  C. Si supponga che la loro temperatura resti costante (e uguale a quella dell' ambiente esterno) sia prima che durante e dopo l' urto. Determinare, in seguito all' urto, e supponendo macchina e pulmino puntiformi,

- a) la variazione della quantità di moto di A e di B.  $\Delta p_A = \underline{\hspace{2cm}}$  ,  $\Delta p_B = \underline{\hspace{2cm}}$   
b) la variazione di entropia dell' ambiente esterno, a seguito dell' urto fra A e B.  $\Delta S = \underline{\hspace{2cm}}$

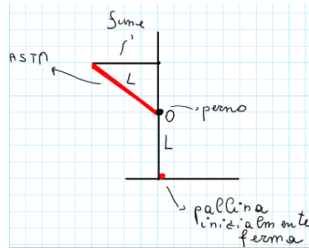
**Esercizio 2**

Una macchina termica si trova in contatto con due sorgenti che sono rispettivamente a temperatura  $T_A=500$  K e  $T_B=300$  K e con queste pertanto scambia calore. Il sistema è isolato dall' ambiente esterno. In un certo tempo  $\Delta t$  la macchina compie un lavoro pari a 0.1 kJ, con rendimento  $\eta$  pari a  $\eta = 0.5 \cdot \eta_C$ , dove  $\eta_C$  è il rendimento di una macchina ideale che lavori fra quelle due stesse temperature. Si determini, in questo tempo  $\Delta t$ , facendo attenzione ai segni:

- a) il calore totale scambiato dalla macchina con la sorgente a  $T_A$   $Q_A = \underline{\hspace{2cm}}$   
b) il calore totale scambiato dalla macchina con con la sorgente a  $T_B$   $Q_B = \underline{\hspace{2cm}}$

### Esercizio 3

Si analizzi il sistema indicato in figura: abbiamo un' asta sottile omogenea (disposta sul piano del foglio) di massa 2.3 kg e lunghezza pari ad  $L=0.7$  m. L' asta è vincolata a ruotare senza attrito intorno ad un asse ad essa verticale passante per il perno in  $O$ . L'asta è inizialmente vincolata al muro tramite una fune ideale inestensibile e di massa trascurabile disposta orizzontalmente e forma con essa un angolo pari a  $30^\circ$ .

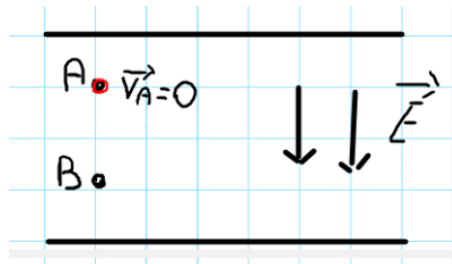


Al tempo iniziale la fune viene tagliata e l'asta ruota fino ad urtare in modo completamente anelastico una pallina puntiforme di massa 0.4 kg posta sul piano orizzontale ferma, come indicato nella figura. Notare che la distanza della pallina dal perno  $O$  è uguale alla lunghezza dell' asta ( $L$ ). Si ricorda che il momento d' inerzia di un' asta di massa  $M$  e lunghezza  $L$  rispetto ad un asse di rotazione passante per un suo estremo e ad essa verticale vale  $I_a = ML^2/3$ . Determinare:

- a) la velocità angolare dell' asta subito prima dell' urto  $\omega =$  \_\_\_\_\_  
 b) la velocità angolare del sistema asta e pallina subito dopo l' urto  $\omega_1 =$  \_\_\_\_\_

### Esercizio 4

Un protone si trova, al tempo  $t=0$ , fermo nel punto  $A$  di una regione di spazio sede di un campo elettrico uniforme, diretto come indicato in figura. e di valore pari a  $80$  kN/C. Sotto l' azione del campo elettrico il protone impiegherà un certo tempo per spostarsi da  $A$  a  $B$ , sempre come indicato in figura. La distanza fra  $B$  ed  $A$  vale  $50$  cm. Trascurare l' effetto della gravità sul protone e determinare, scegliendo ed indicando un opportuno sistema di riferimento (da utilizzare laddove serva per riportare il risultato):



- a) la differenza di potenziale elettrico  $V_B - V_A$   $\Delta V =$  \_\_\_\_\_  
 b) il valore del vettore velocità del protone in  $B$   $\vec{v}_B =$  \_\_\_\_\_

Si ricorda che la carica del protone vale  $1.6 \cdot 10^{-19}$  C e la sua massa  $1.67 \cdot 10^{-27}$  kg

# Soluzioni Compito

## Soluzione Esercizio 1. Compito

Indichiamo con  $v_M$  la velocità della macchina prima dell'urto, dunque  $v_M = 50 \text{ km/h} = 13.9 \text{ m/s}$ . Il moto si svolgerà tutto su un asse, che indichiamo con  $x$ , preso con verso concorde a  $v_M$

a) Dalla conservazione della quantità di moto:

$$m_M v_M = (m_M + m_C) V \Rightarrow V = \frac{m_M}{m_M + m_C} v_M = \frac{800}{800 + 3000} \cdot 50 = 10.5 \text{ km/h} = 2.9 \text{ m/s. Ossia: } V = 2.9 \hat{x} \text{ m/s.}$$

La variazione di quantità di moto complessiva del sistema è nulla, pertanto  $\Delta p_A = -\Delta p_B$ .

$$\Delta p_A = m_M V - m_M v_M = 800 \times (2.9 - 13.9) = -8800 \text{ Kg m/s.}$$

$$\text{b) } \Delta E_c = \frac{1}{2}(m_M + m_C)V^2 - \frac{1}{2}m_M v_M^2 = \frac{1}{2}(800 + 3000) \cdot 2.9^2 - \frac{1}{2}800 \cdot 13.9^2 = -61.3 \text{ kJ}$$

L'energia persa nell'urto si trasforma in calore assorbito dall'universo. Il processo avviene a temperatura costante, per ipotesi. Pertanto:

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{61.3 \times 10^3}{25 + 273.15} = 0.21 \text{ kJ/K}$$

**Soluzione Esercizio 2** Il rendimento della macchina termica reversibile che lavora fra le due stesse temperature è dato da:  $\eta_C = 1 - \frac{T_B}{T_A} = 1 - \frac{300}{500} = 0.4$ . Dunque:

a)  $\eta = 0.5 \times \eta_C = 0.2$  Conosciamo il lavoro complessivo  $L$  svolto dalla macchina in un numero intero di cicli e il suo rendimento. Possiamo pertanto calcolare il calore assorbito dalla sorgente calda ( $Q_A$ ) e quello ceduto alla sorgente fredda ( $Q_B$ ):

$$Q_A = \frac{L}{\eta} = \frac{100}{0.2} = 500 \text{ J.}$$

$$\text{b) } Q_B = L - Q_A = 100 - 500 = -400 \text{ J.}$$

## Soluzione Esercizio 3

a) Prima dell'urto si conserva l'energia meccanica del sistema. Prendiamo lo zero dell'energia potenziale al livello della massa  $m$ .

$$E_{Pi} = MgL + Mg \frac{L}{2} \sin \alpha \text{ (en. potenziale iniziale del CM dell'asta).}$$

$$E_{Pf} = Mg \frac{L}{2} \text{ (en. potenziale finale del CM dell'asta).}$$

Energia cinetica iniziale = 0, finale vale  $\frac{1}{2} I_a \omega^2$ .

Si ha dunque:  $MgL + Mg \frac{L}{2} \sin \alpha = Mg \frac{L}{2} + \frac{1}{2} I_a \omega^2$ . E  $\omega = \sqrt{3g/L(1 + \sin \alpha)} = 7.9 \text{ rad/s}$

b) Nell'urto si conserva il momento angolare del sistema. Il momento di inerzia dell'asta con la massa  $m$  conficcata dentro, sempre rispetto all'estremo coincidente con O, dove si trova l'asse di rotazione, vale  $I_b = I_a + mL^2$ . Da cui si ha:  $I_a \omega = I_b \omega_1$ . Si trova  $\omega_1 = \frac{M}{M+3m} \omega = 5.19 \text{ rad/s}$

## Soluzione Esercizio 4. Compito

a) La d.d.p. non dipende dal moto del protone e può essere determinata semplicemente utilizzando la sua relazione con il campo elettrico. Essendo quest'ultimo uniforme si ha semplicemente:  $V_B - V_A = -E d = -40 \text{ kV}$ . Notare che  $V_B < V_A$ .

b) Il protone si muove sotto l'azione del campo elettrico e applicando la conservazione dell'energia meccanica (che in questo caso permette di rispondere alla domanda più velocemente che non con la cinematica) si ha:

$$K_A + U_A = K_B + U_B \text{ dove abbiamo indicato con K l'en. cinetica e con U quella potenziale.}$$

Prima di fare i conti notiamo che il protone accelera sotto l'azione del campo elettrico, la sua energia cinetica aumenta e la sua energia potenziale diminuisce. Si ha:

$$0 = \frac{1}{2} m v_B^2 - e E d, \text{ da cui } v_B = \sqrt{\frac{2eEd}{m}} = 2.8 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

Prendendo un riferimento con asse  $y$  che vada da A verso B e indicandone con  $\hat{y}$  il versore, si ha:  $\vec{v}_B = 2.8 \cdot 10^6 \hat{y} \text{ m/s.}$