

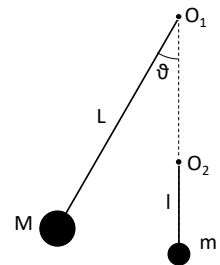


## Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio

### 12 settembre 2022 – prova scritta di Fisica 1

1) Un drone per telerilevamento deve muoversi con velocità costante dal punto A, di coordinate (1,2), al punto B, di coordinate (10,20), in 3 secondi. *Scrivere le equazioni del moto.* Un secondo drone, partendo contemporaneamente al primo dal punto C di coordinate (1, 10), dovrà raggiungere lo stesso punto B con 3 secondi di ritardo rispetto al primo. *Dare le equazioni del suo moto.*

2) Un pendolo semplice è costituito da una massa  $M = 2$  kg appesa nel punto  $O_1$  a un filo di massa trascurabile e lunghezza  $L = 50$  cm. Il pendolo viene spostato di un angolo  $\vartheta = 30^\circ$  rispetto alla direzione verticale e poi lasciato libero. Un secondo pendolo, costituito da una massa  $m = 1$  kg appesa nel punto  $O_2$  ad un filo di massa trascurabile e lunghezza  $l = 20$  cm; il punto  $O_2$  si trova sulla verticale passante per  $O_1$  e ad una distanza  $L-l$  dal punto  $O_1$ . Nel punto inferiore dell'oscillazione la massa  $M$  compie un urto anelastico, fermandosi, con la massa  $m$  inizialmente ferma. In tale urto viene dissipata energia in misura pari alla metà dell'energia cinetica che  $M$  possiede subito prima dell'urto. Determinare:



- l'impulso fornito dal primo al secondo pendolo;
- l'angolo massimo raggiunto dal secondo pendolo dopo l'urto.

3) Su un piano orizzontale privo di attrito sono posti due blocchi di masse  $M_1 = 2$  kg e  $M_2 = 3$  kg rispettivamente. Tra i due blocchi, inizialmente fermi è sistemata una molla, di massa trascurabile e costante elastica  $k = 4$  N/m, mantenuta compressa da un corto filo di collegamento tra i due blocchi. Ad un certo istante il filo viene tagliato e i due blocchi vengono messi in movimento dalla molla. Si osserva che la velocità acquistata dalla massa  $M_1$  è  $v_1 = 0.5$  m/s. Di quanto era compressa inizialmente la molla?

4) Un pezzo di ferro incandescente, di massa  $m = 2$  kg, alla temperatura  $T_{Fe} = 880$  K, viene gettato in un grande lago, la cui temperatura è  $T_{lago} = 280$  K. Assumendo che il lago sia così grande che il suo aumento di temperatura, dovuto al pezzo di ferro incandescente sia trascurabile, determinare la variazione di entropia del ferro e del lago. (Calore specifico del ferro  $c = 450$  J/kg·K).

5) 0,3 moli di un gas ideale biatomico eseguono una compressione adiabatica reversibile partendo dallo stato A ( $p_A = 1$  atm,  $V_A = 8 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>) fino allo stato B ( $V_B = 4 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>,  $T_B = 424$  K), per poi portarsi allo stato C ( $V_C = 7 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>) mediante una trasformazione isoterma irreversibile in cui scambia la quantità di calore  $Q_{BC}$  (550 J). Il gas ritorna quindi allo stato iniziale A mediante una trasformazione reversibile in cui la pressione decresce linearmente con il volume.

- Disegnare il ciclo nel piano PV
- Calcolare il rendimento del ciclo

## Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio

### 12 settembre 2022 – soluzioni scritto di Fisica 1

1) Scomponiamo il moto nella direzione X e nella direzione Y:

$$x_1 = x_{01} + v_{x1}t = x_A + \frac{x_B - x_A}{t_B}t = 1 + 3t$$

$$y_1 = y_{01} + v_{y1}t = y_A + \frac{y_B - y_A}{t_B}t = 2 + 6t$$

Per il secondo drone abbiamo le stesse equazioni ma il tempo deve essere aumentato di  $\delta t = 3s$ :

$$x_2 = x_{02} + v_{x2}t = x_C + \frac{x_B - x_C}{t_B + \delta t}t = 1 + \frac{3}{2}t$$

$$y_2 = y_{02} + v_{y2}t = y_C + \frac{y_B - y_C}{t_B + \delta t}t = 10 + \frac{5}{3}t$$

2a) Applichiamo la conservazione dell'energia meccanica alla discesa del primo pendolo:

$$MgL(1 - \cos \vartheta) = \frac{1}{2}MV^2$$

Da qui possiamo calcolare l'energia cinetica della seconda massa dopo l'urto:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{4}MV^2$$

Possiamo quindi calcolare l'impulso ricevuto:

$$I = \Delta p = mv = \sqrt{m \cdot mv^2} = \sqrt{m \cdot \frac{1}{2}MV^2} = \sqrt{m \cdot MgL(1 - \cos \vartheta)} = 1,146 \text{ Ns} \cong 1,15 \text{ Ns}$$

2b) Applichiamo ancora la conservazione dell'energia meccanica alla salita del secondo pendolo:

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgl(1 - \cos \psi)$$

da cui

$$\cos \psi = 1 - \frac{\frac{1}{2}mv^2}{mgl} = 1 - \frac{\frac{1}{2}ML(1 - \cos \vartheta)}{ml} = 0,665$$

$$\psi \cong 48,3^\circ$$

3) Il sistema è soggetto solo a forze interne quindi si conserva la quantità di moto:

$$0 = M_1\vec{v}_1 + M_2\vec{v}_2$$

Da cui

$$v_2 = v_1 \frac{M_1}{M_2}$$

essendo il moto unidimensionale. Applicando la conservazione dell'energia meccanica:

$$\frac{1}{2}k\Delta x^2 = \frac{1}{2}M_1v_1^2 + \frac{1}{2}M_2v_2^2$$

da cui:

$$\Delta x = \sqrt{\frac{M_1v_1^2 + M_2v_2^2}{k}} = v_1 \sqrt{\frac{M_1M_2 + M_1^2}{kM_2}} = 0,46 \text{ m}$$

4) La variazione di entropia del ferro si calcola dalla relazione:

$$\Delta S_{Fe} = \int_{T_{Fe}}^{T_{lago}} \frac{dQ}{T} = \int_{T_{Fe}}^{T_{lago}} \frac{mcdT}{T} = mc \ln \frac{T_{Fe}}{T_{lago}} = -mc \ln \frac{T_{Fe}}{T_{lago}} = -1030 \frac{J}{K}$$

Il lago invece, avendo una massa molto più grande del blocco di ferro, può essere considerato una sorgente termica la cui temperatura non varia. Il calore scambiato è uguale a quello scambiato dal ferro ma con il segno opposto. Pertanto la sua variazione di entropia vale:

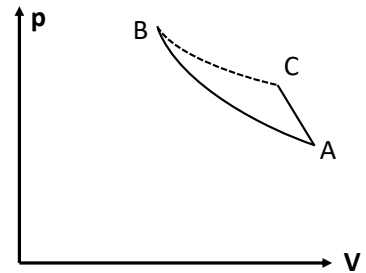
$$\Delta S_{lago} = \frac{-Q_{Fe}}{T_{lago}} = \frac{mc(T_{Fe} - T_{lago})}{T_{lago}} = 1930 \frac{J}{K}$$

5) I 3 stati termodinamici sono identificati dai seguenti parametri:

$$A: \begin{cases} V_A = 8 \cdot 10^{-3} m^3 \\ p_A = 1 \text{ atm} \\ T_A = 321 \text{ K} \end{cases}$$

$$B: \begin{cases} V_B = 4 \cdot 10^{-3} m^3 \\ p_B = 2 \text{ atm} \\ T_B = 424 \text{ K} \end{cases}$$

$$C: \begin{cases} V_C = 7 \cdot 10^{-3} m^3 \\ p_C = 1,5 \text{ atm} \\ T_C = 424 \text{ K} \end{cases}$$



Il rendimento del ciclo vale:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{ced}|}{Q_{ass}} = 1 - \frac{|Q_{CA}|}{Q_{BC}}$$

Il calore CA può essere calcolato sfruttando il 1° Principio della TD:

$$Q_{CA} = L_{CA} + \Delta U_{CA} = \left[ \frac{(p_A - p_C)(V_A - V_C)}{2} + p_A(V_A - V_C) \right] + nC_V(T_A - T_C) = 125 \text{ J} + 101 - 642 \text{ J} = -416 \text{ J}$$

Da cui

$$\eta = 1 - \frac{|Q_{CA}|}{Q_{BC}} = 0,244 = 24,4\%$$