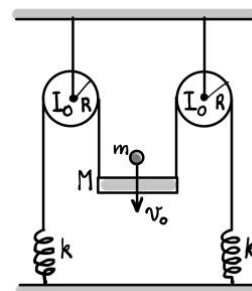


CORSO di FISICA GENERALE I – compito scritto 11 giugno 2026

- 1) Due carrucole identiche possono ruotare liberamente attorno ad assi orizzontali fissi e centrali. Sono entrambe di raggio R e momento di inerzia I_O attorno all'asse di rotazione. Su ciascuna carrucola passa una fune ideale, flessibile, inestensibile e priva di massa; le funi non slittano sulle carrucole. Due capi delle funi sono collegati ai due estremi di un'asta rigida di massa M disposta orizzontalmente e vincolata a muoversi solamente lungo la direzione verticale, senza ruotare. Gli altri estremi delle due funi sono collegati a due molle ideali identiche verticali, di costante elastica k e lunghezza a riposo l_0 , fissate inferiormente al pavimento come disegnato. Inizialmente il sistema è immobile e in equilibrio. Si trascurino attriti e resistenza dell'aria. Facendo uso appropriato di diagrammi di forze e di un riferimento opportuno si risponda alle domande seguenti.



- a) Assumendo noti M , k e g , determinare l'allungamento di ciascuna molla rispetto alla lunghezza a riposo nella configurazione di equilibrio.
- b) Indicando con $y(t)$ lo spostamento verticale verso il basso dell'asta rispetto alla posizione di equilibrio e assumendo noti M , k , I_O e R determinare il periodo T delle oscillazioni dimostrando che il moto è di natura armonica.
- c) Il sistema viene portato nella configurazione nella quale le molle hanno lunghezza di riposo e viene lasciato libero da fermo. Determinare la legge oraria della coordinata $y(t)$ e dell'energia cinetica del sistema e determinare se il valore massimo di quest'ultima dipende dall'inerzia delle carrucole, spiegando il risultato.
- d) Conoscendo i valori $M=2.0$ kg, $k=80$ N/m, $R=0.10$ m, $I_O=2.0 \times 10^{-2}$ kg m², calcolare numericamente la frequenza delle oscillazioni al punto (b).
- e) Una massa puntiforme m in caduta verticale urta il centro dell'asta con velocità v_0 in modo perfettamente anelastico quando il sistema è fermo e in equilibrio. Si vede che la quantità di moto del sottosistema composto da massa puntiforme e asta non è conservata, in quanto durante l'urto le tensioni nei rami delle corde collegati all'asta diventano impulsive. In ugual modo, però, anche il momento angolare di ciascuna carrucola rispetto al proprio centro non è conservato a causa di queste tensioni. Tenendo conto di ciò, si scrivano la variazione della quantità di moto del sottosistema massa-asta e la variazione del momento angolare delle carrucole e si pongano in relazione queste due grandezze. Determinare dal sistema ottenuto la velocità V' dell'asta immediatamente dopo l'urto, il nuovo periodo T' delle oscillazioni e la loro ampiezza.
- f) Discutere, qualitativamente, gli effetti che una massa m molto grande rispetto M avrebbe sul comportamento del sistema.

- 2) Un contenitore con pareti conduttrici, di capacità termica trascurabile e massa totale M , chiuso da un leggero pistone mobile senza attrito, contiene una mole di gas ideale biatomico a temperatura iniziale T_G . Il contenitore viene lanciato con velocità v_i (energia cinetica K_i) lungo un piano orizzontale ruvido, immerso in aria a temperatura $T_A < T_G$. Il piano e l'aria (ovvero l'ambiente) sono serbatoi termici ideali in equilibrio tra di essi; l'aria esercita sul pistone una pressione atmosferica costante. A causa di forze di attrito radente con il piano e di attrito viscoso con l'aria il contenitore si ferma e raggiunge, raffreddandosi, l'equilibrio termico con l'ambiente. Si considerano ben definiti lo stato iniziale e quello finale di equilibrio del sistema.
- Riconoscendo che il raffreddamento del gas non è quasi-statico, scrivere le variazioni di energia interna ed entalpia del gas e il lavoro di volume fatto dal gas sull'ambiente in funzione di R , di T_A e T_G . Determinare anche l'energia totale ricevuta dall'ambiente in funzione di K_i e della variazione di entalpia del gas.
 - Scrivere la variazione di entropia dell'universo $\Delta S_{\text{univ}} = \Delta S_{\text{term}} + \Delta S_{\text{mecc}}$ in funzione delle temperature T_A e T_G , di R e di K_i separando i contributi dovuti all'irreversibilità termica (ΔS_{term}) e meccanica (ΔS_{mecc}). Dimostrare matematicamente, inoltre, che entrambi i contributi sono positivi.
 - Sapendo che $\Delta S_{\text{term}} = k \Delta S_{\text{mecc}}$ ($k > 0$), ricavare un'espressione per K_i in funzione delle temperature T_A e T_G e di k e R .
 - Esprimere la variazione di energia libera di Gibbs riferita all'ambiente (definita con la solita relazione $G = H - T_A S$) in funzione di ΔS_{term} e T_A . Cosa misura, in termini di lavoro recuperabile o perso, questa quantità?
 - A partire dalla soluzione del punto (d), determinare il lavoro complessivamente non recuperato a causa delle dissipazioni meccaniche e termiche esprimendo il risultato in funzione di ΔS_{univ} e T_A .
 - Descrivere qualitativamente come cambierebbe la soluzione se il pistone fosse bloccato: indicare quale lavoro di volume si dovrebbe considerare, quale capacità termica usare nei bilanci di energia ed entropia e quale potenziale termodinamico dovrebbe essere utilizzato al posto dell'energia libera di Gibbs.
 - Dati $M = 0.20$ kg, $R = 8.31$ J/(mole K), $T_G = 57^\circ\text{C}$, $T_A = 27^\circ\text{C}$ e $k = 2$, calcolare numericamente la variazione di entalpia e di energia interna del gas, ΔS_{term} , ΔS_{mecc} , ΔS_{univ} , v_i , il lavoro perso e stimare la probabilità di invertire il processo secondo l'interpretazione statistica di Boltzmann.