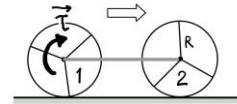


Dipartimento di Fisica – Corso di Fisica Generale I – compito 15 luglio 2024

1. Su un piano orizzontale ruvido sono appoggiate due ruote che possono ruotare liberamente attorno ai loro centri. Le ruote sono collegate con un'asta rigida senza massa che non ne ostacola la rotazione. Entrambe le ruote sono composte da un cerchione esterno di spessore trascurabile e di raggio R sostenuto da 3 raggi da considerare come sbarrette sottili di lunghezza R . La massa di ogni raggio è pari a $1/3$ della massa del cerchione esterno. Le due ruote hanno masse totali pari a m_1 e m_2 . C'è attrito tra i cerchioni delle due ruote e il pavimento di appoggio che viene descritto da un coefficiente di attrito statico μ_s e da uno dinamico μ_d . La ruota di sinistra è collegata a un motore che le fornisce un momento orario di intensità costante τ . Il convoglio parte da fermo e procede nella direzione indicata nel disegno.

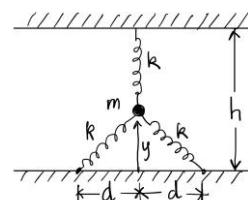
Dopo avere determinato il momento di inerzia delle due ruote, ipotizzando che il loro moto sia di puro rotolamento, ottenere, in funzione di τ , R , m_1 e m_2 , le espressioni per



- a) l'accelerazione del convoglio;
- b) le forze di attrito sulle due ruote (indicandone la corretta orientazione su un disegno);
- c) la tensione agente sulla sbarretta di collegamento (specificando se si tratta di compressione o trazione).
- d) Ottenere la condizione alla quale deve soddisfare τ affinché la richiesta di puro rotolamento sia effettivamente soddisfatta, esprimendo il risultato in funzione di μ_s , g , R , m_1 e m_2 .
- e) Calcolare i valori numerici delle forze di attrito e della tensione della sbarretta quando $\tau/R=60$ N e $m_2=2m_1$ e quello dell'accelerazione del convoglio se si sa inoltre che $m_1=10$ kg (e quindi $m_2=20$ kg).
- f) Si ipotizzi ora che τ sia tale da produrre lo slittamento della ruota 1 ma non quello della ruota 2. Determinare in questo caso l'accelerazione del convoglio, le forze di attrito e la tensione della sbarretta di collegamento esprimendo i risultati in funzione di μ_d , g , m_1 e m_2 .
- g) Calcolare i valori numerici della accelerazione del convoglio e dell'accelerazione angolare della ruota di destra se $\mu_d=0.5$, $R=50$ cm, mantenendo come nel punto (e) l'ipotesi che sia $m_2=2m_1$.
- h) Calcolare il valore numerico dell'accelerazione angolare della ruota di sinistra sapendo, oltre ai dati riportati nel punto precedente, che $\tau/R=120$ N e $m_1=10$ kg.

2. Un punto materiale di massa m è sospeso verticalmente al soffitto tramite una molla ideale di costante elastica k e lunghezza a riposo nulla. Il punto viene anche collegato al pavimento, che dista h dal soffitto, tramite due molle identiche a quella appesa al soffitto: le due molle sono bloccate al pavimento a una distanza d sui lati opposti della proiezione verticale del punto. Si indichi con y l'altezza generica del punto misurata dal pavimento.

- a) Determinare a quale altezza y_0 si trova la massa in condizioni di equilibrio, esprimendo il risultato in funzione di h , m e k .
- b) Immaginando che la massa venga portata sul pavimento a metà strada tra le due molle laterali e da questa posizione venga lasciata libera con velocità nulla, si determini, in funzione di y_0 calcolato al punto precedente, la quota massima che raggiunge prima di fermarsi.
- c) Se la massa è libera di muoversi unicamente nella direzione verticale, si determini la natura del moto e si calcoli numericamente la sua frequenza di oscillazione sapendo che $m=15$ kg e $k=5$ N/m.
- d) Si supponga poi che la massa possa muoversi seguendo una guida orizzontale liscia che la lascia libera solamente nella direzione parallela al pavimento. Supponendo di spostare dalla verticale il punto verso destra di una quantità x si determini la natura del moto e la sua frequenza di oscillazione ancora con i valori numerici del punto precedente.



3. Una macchina termica opera a contatto con 3 termostati le cui temperature sono, rispettivamente, $T_1=T$, $T_2=3T/4$, $T_3=T/4$. Durante un ciclo di funzionamento la macchina produce il lavoro $W=5Q_1/3$, dove Q_1 è il calore estratto dal termostato 1 e immesso nella macchina. Si sa anche che in un ciclo l'entropia dell'universo aumenta di un valore pari a $3Q_1/(2T)$.

- a) Ottenere, in funzione di Q_1 , i calori scambiati con i termostati 2 e 3.
- b) Determinare il rendimento della macchina.
- c) Discutere la diseguaglianza di Clausius applicata alla macchina.
- d) Supponendo poi che vi sia una seconda macchina che opera reversibilmente a contatto con gli stessi termostati qui considerati e che essa scambi con i primi due gli stessi calori Q_1 e Q_2 di cui ai punti precedenti, determinarne il rendimento e stabilire se il risultato è in accordo con il teorema di Carnot.

4. Un cilindro con pistone mobile contiene del gas ideale monoatomico con coordinate termodinamiche iniziali pari a 5.0 l, 2.0 atm e 300 K. Il gas viene isotermicamente portato a una nuova pressione di 1.0 atm. Raggiunto il nuovo equilibrio, il cilindro viene staccato dal termostato utilizzato nell'espansione e posto a contatto diatermico con un materiale alla temperatura iniziale pari a 200 K. Il materiale ha una capacità termica che risponde all'espressione $C(T)=a+bT$ con $a=25 \text{ J/K}$ e $b=0.1 \text{ J/K}^2$. Il pistone è bloccato nella posizione raggiunta nell'espansione isoterma precedente e si assiste a uno scambio termico tra il gas e il solido.

- a) Calcolare il volume del gas al termine dell'espansione isoterma e il lavoro svolto durante questo processo.
- b) Calcolare la variazione di entropia del gas, del termostato e dell'universo nell'espansione isoterma.
- c) Calcolare la temperatura finale di equilibrio del gas e del solido.
- d) Calcolare la variazione di entalpia del gas durante lo scambio termico con il solido.
- e) Calcolare la variazione di entropia del gas, del solido e dell'universo in corrispondenza dello scambio termico tra il gas e il solido.