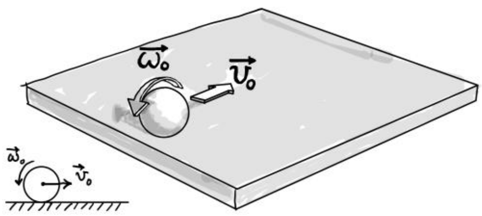
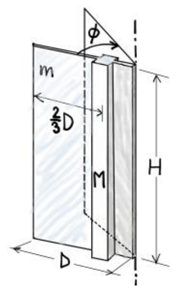
CORSO di FISICA GENERALE I – prova scritta di esame – 18 gennaio 2024

1. Una pallina da ping-pong è appoggiata sul tavolo da gioco (un piano orizzontale ruvido in un riferimento inerziale). Inizialmente viene “pizzicata” in modo da imprimerle una velocità orizzontale pari a v_0 “in avanti” ma anche una velocità di rotazione antioraria ω_0 “all’indietro”. L’interazione tra la pallina e il tavolo genera un attrito costante misurato da un coefficiente cinetico μ. La pallina può essere considerata come un guscio sferico sottile di raggio R per cui possiede un raggio giratore riferito a un asse centrale che si dimostra essere $K=\sqrt{2/3}\,R$. Si osserva che, se la velocità v_0 è molto minore del valore $\omega_0 R$, la pallina a un certo punto invertirà la sua direzione di marcia e tornerà indietro mantenendo lo stesso senso di rotazione fino ad assumere un moto di puro rotolamento. Se, al contrario, $\omega_0 R$ è molto minore di v_0, allora a un certo punto la pallina inverte il senso di rotazione pur mantenendo la direzione di marcia “in avanti”, anche in questo caso fino a raggiungere la condizione di rotolamento puro.



a. Determinare le leggi orarie per la velocità di traslazione del centro di massa della pallina e per quella della sua velocità angolare a partire dall’istante iniziale e le si rappresentino in forma grafica.
b. Si ottenga quale particolare valore del rapporto $\omega_0 R/v_0$ segna la divisione tra i due casi sopra citati e si spieghi cosa fa la pallina in questa particolare condizione.
c. Con quale velocità procede la pallina dopo avere raggiunto la condizione di puro rotolamento nei due casi sopra citati? Esprimere i risultati in funzione di v_0, ω_0 e R.
d. Sapendo che v_0=60 cm/s, ω_0=3 giri/s, μ=0.4 e R=20 mm, calcolare numericamente il tempo richiesto alla pallina per portarsi nelle condizioni di moto di puro rotolamento finale a partire dall’istante iniziale.
e. Sempre con i valori di cui al punto precedente, sapendo inoltre che la massa della pallina è 2.7 g, si calcoli numericamente il lavoro complessivamente svolto dalla forza di attrito tra l’istante iniziale e quello di puro rotolamento finale.

2. Anche se discutibile come elemento architettonico, la porta d’ingresso del Dipartimento di Ingegneria CAM di Mesiano è schematizzatile come un corpo rigido formato da una lamina sottile omogenea e una colonna verticale molto sottile rispetto alle dimensioni della porta in questo esercizio, solidali una all’altra e incernierate su un lato lungo della lamina.
Si consideri la lamina di altezza H=2.5 m, larghezza D=1.0 m e massa m=6 kg e la colonna di massa M=9 kg, collocata a D/3 dall’asse di incernieramento. Se la porta viene aperta, un sistema di molle fa sì che venga applicato un momento torcente elastico che la richiama verso la posizione iniziale (chiusa). Come costante di torsione elastica della molla si consideri C=4 kg m^2/s^2 e si trascuri ogni forma di attrito.



a. Si determini il momento d’inerzia della porta rispetto all’asse d’incernieramento.
b. Quando la porta è chiusa, una persona applica una forza impulsiva F per un tempo brevissimo in corrispondenza della colonna e a essa perpendicolare, tale da trasmettere un impulso $J=\int F\,dt = 3\,\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m/s}$. Qual è il momento angolare trasferito alla porta?
c. Scrivere l’equazione del moto della porta a seguito dell’urto.
d. Scrivere la legge oraria della porta e riportarla in grafico.
e. Determinare l’angolo massimo raggiunto dalla porta e il tempo che impiega a richiudersi a partire dall’istante iniziale dell’urto.
f. Determinare l’angolo a cui l’energia potenziale associata al momento di richiamo elastico uguaglia l’energia cinetica.

3. In un contenitore ci sono n=3 moli di gas ideale biatomico alla pressione di 1.5 atm e alla temperatura di 7°C. Il gas, a partire da questa configurazione di equilibrio iniziale, subisce una sequenza di tre processi quasi statici e senza attriti. Anzitutto il volume a disposizione viene triplicato grazie a un pistone mobile mentre il contenitore è a contatto con un termostato esterno alla stessa temperatura di quella iniziale. Al termine di questa trasformazione il gas viene poi tramite una valvola lentamente decompresso a volume costante portando la sua pressione a 1/5 di quella che possedeva all'inizio di questo secondo processo. Infine il gas è riportato alle condizioni iniziali di equilibrio termodinamico grazie a una trasformazione politropica del tipo PV^k = costante.

a. Ottenere i valori del volume iniziale occupato dal gas, della sua pressione alla fine della prima trasformazione e della sua temperatura al termine della seconda.
b. Determinare il valore dell'esponente k del processo politropico.
c. Calcolare la variazione di entropia del gas, dell'ambiente e dell'universo in corrispondenza del processo politropico.
d. Calcolare, sempre in corrispondenza di questa stessa trasformazione, il calore specifico del gas.
e. Disegnare il più precisamente possibile i diagrammi del ciclo di trasformazioni in un piano di Clapeyron e in uno di Gibbs.
f. Calcolare il lavoro complessivo compiuto dal gas nel ciclo.
g. Calcolare il calore complessivamente scambiato dal gas nel ciclo.
h. Determinare la prestazione termodinamica di una macchina che operi secondo questo ciclo e la si confronti con quella di una macchina di Carnot che opera tra le stesse temperature estreme del ciclo qui considerato. Cosa si può osservare?