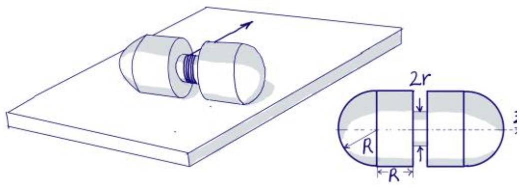
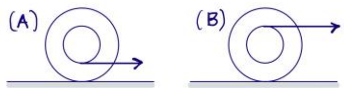
CORSO di FISICA GENERALE I – compito scritto – 31 agosto 2023

1. Uno yo-yo è realizzato da una coppia di semisfere e da cilindri, entrambi pieni, omogenei e costituiti dallo stesso materiale. Le semisfere e i cilindri hanno lo stesso raggio R che è anche la misura dell'altezza dei cilindri stessi. Le due parti sono collegate da un cilindretto di una data lunghezza e di raggio r minore di R. Questo cilindretto ha una massa trascurabile rispetto a quella delle due parti. La massa dello yo-yo è M. Sul cilindretto di collegamento è avvolta una funicella ideale (inestensibile, senza massa, perfettamente flessibile) in modo che essa non slitti quando viene tirata. Lo yo-yo è appoggiato su un piano orizzontale rispetto al quale può muoversi solo di moto di puro rotolamento grazie alla presenza di sufficiente attrito. Il tutto è collocato in un opportuno riferimento inerziale.

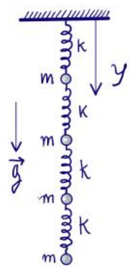


   a) Calcolare il raggio giratore K_O dello yo-yo relativo all'asse principale z che passa per i centri delle semisfere e dei cilindri, esprimendo il risultato in termini del raggio R (si ricorda che il raggio giratore definisce il momento di inerzia secondo l'espressione $I_O = MK_O^2$).
   b) Mantenendo l'ipotesi di puro rotolamento, si immagini che la funicella venga tirata con una forza costante F e che sia disposta nelle configurazioni riportate nel disegno: la funicella è parallela al piano di appoggio e passa sotto (caso A) o sopra (caso B) al cilindretto centrale. Si ottengano, per questi due casi, le espressioni per l'accelerazione del centro di massa dello yo-yo e per la forza di attrito agente nel punto di contatto. Queste relazioni devono essere scritte in funzione di F, M, r, R e K_O.



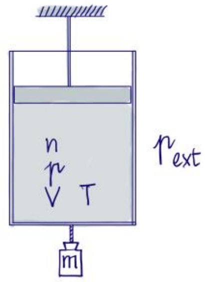
   c) Si studi come variano l'accelerazione e l'attrito nei casi (A) e (B) del punto precedente in funzione del raggio r del cilindretto centrale rappresentando i loro valori in forma di grafici utilizzando il raggio giratore ottenuto nel punto (a), espresso come funzione esplicita di R.
   d) Si stabilisca se esiste, nei due casi sopra studiati, un particolare valore di r per il quale il moto di puro rotolamento è assicurato anche in assenza di attrito nel punto di contatto, ovvero solamente sotto l'azione della forza F applicata. Si abbia cura poi di riportare su un disegno la corretta orientazione della forza di attrito nei due casi (ovviamente quando non è nulla).
   e) Supponendo che la forza F sia pari a 10 N, applicata nei casi (A) e (B) e che sia R=8 cm, si calcoli la variazione del momento angolare dello yo-yo attorno al suo asse di rotazione centrale in un intervallo temporale pari a 2 s quando r=R oppure r=R/2.

2. Una serie di 4 masse puntiformi m collegate da molle ideali di costante elastica k e con lunghezza a riposo nulla è appesa al soffitto (considerato inerziale) come in figura.



   a) Determinare la posizione di ciascuna massa rispetto al soffitto in condizioni di equilibrio statico.
   b) Supponendo di bloccare tre delle quattro masse nelle loro posizioni di equilibrio, determinare la frequenza di oscillazione per moti lungo l'asse verticale della massa rimasta libera.
   c) Scrivere un'espressione analitica per l'energia potenziale della n-esima massa e riportarla in un grafico in funzione della coordinata verticale y.
   d) Come cambierebbe il punto (a) se il soffitto a cui sono appese le masse si stesse muovendo orizzontalmente con velocità costante v?
   e) Cosa accadrebbe invece se il soffitto si muovesse con accelerazione orizzontale costante a?

3. Un contenitore cilindrico di massa trascurabile è perfettamente adiabatico ed è chiuso superiormente da un tappo a tenuta anch'esso adiabatico: fra di esso e il cilindro non vi è alcun attrito. Questo tappo, di area S=60 cm^2, è sospeso al soffitto con un gancio che lo mantiene in una posizione fissata. All'interno dal cilindro sono contenute 0.38 moli di gas ideale biatomico. All'esterno vi è aria alla pressione atmosferica p_{ext}=1.06 bar. All'inizio viene appesa al fondo del cilindro una massa m=4 kg e si osserva che il sistema è in equilibrio statico, con il tappo che si trova a una distanza h_i=1.5 m dal fondo del recipiente.



   a) Calcolare la pressione iniziale e la temperatura iniziale del gas.
   b) Si utilizza un piccolo elemento riscaldante immerso nel gas per variare in modo quasi-statico la sua temperatura. Quale tipo di trasformazione subisce in corrispondenza il gas?
   c) Sapendo che la temperatura del gas in seguito all'assorbimento di calore di cui al punto precedente aumenta di 45 °C, calcolare il calore immesso in questo processo.
   d) Si calcoli la variazione di entropia dell'elemento riscaldante.
   e) Si supponga ora, in una nuova situazione, di tornare alle condizioni di equilibrio statico di cui al punto a) e di appendere al contenitore una seconda massa di 8 kg che viene aggiunta a quella già presente fin dall'inizio, in modo che la massa totale appesa diventa istantaneamente M=12 kg. Spiegare quale tipo di trasformazione subisce il gas e ottenere il valore della pressione finale in questo processo, quando il sistema torna a uno stato di equilibrio.
   f) Passando attraverso la determinazione in formula del lavoro svolto dal gas in questa trasformazione si ottenga il valore numerico della sua temperatura finale.
   g) Si calcoli la variazione di entropia del gas e dell'universo nel processo.