

## CORSO di FISICA GENERALE I – compito scritto – 16 gennaio 2023

1. Una ruota è realizzata con un cerchione sottile di massa  $M$  che è sostenuto da 9 raggi approssimati da sbarrette ciascuna di massa  $m$  e spessore trascurabile. Questa ruota viene appoggiata su un piano inclinato secondo un angolo  $\theta$ . Il piano è ruvido e si lascia andare la ruota da ferma.

- (a) Nell'ipotesi di un moto di puro rotolamento, si ottenga un'espressione per la forza di attrito nel punto di contatto fra la ruota e il piano inclinato esprimendo il risultato in funzione di  $g$ ,  $\theta$ ,  $m$ ,  $M$ ;
- (b) quale valore minimo deve avere il coefficiente di attrito  $\mu_s$  nel punto di contatto perché sia assicurata detta condizione di puro rotolamento? Si conoscono i valori numerici  $m=10$  g,  $M=1$  kg,  $\theta=30^\circ$ ;
- (c) ancora nell'ipotesi di puro rotolamento, si determini la velocità del centro geometrico della ruota e quella del suo punto di contatto con il piano dopo 2 secondi dall'inizio del moto;
- (d) a quanto ammonta il lavoro svolto dalla forza d'attrito nell'intervallo di tempo di cui al punto precedente?
- (e) Si immagini ora che la superficie del piano inclinato sia un nastro trasportatore (un “tapis roulant”) che procede con accelerazione costante  $a_T$  verso l'alto. Ottenere una formula per l'accelerazione della ruota nel riferimento  $O'x'y'$  solidale con il tappeto mobile e con l'asse  $x'$  parallelo a esso e orientato nel verso della salita, esprimendo il risultato in formula e in funzione di  $a_T$ ,  $g$ ,  $\theta$ ,  $m$ ,  $M$ , sempre assumendo la condizione di rotolamento ideale.
- (f) Determinare se c'è un limite superiore per il valore di  $a_T$  oltrepassato il quale il rotolamento puro non è più realizzabile e, in caso affermativo, calcolare il valore di questa accelerazione quando il coefficiente di attrito statico è pari a  $\mu_s=0.6$  (porre  $g=10$  m/s<sup>2</sup>);
- (g) stabilire se esiste un valore di accelerazione del tapis roulant in corrispondenza del quale la ruota lasciata andare rimane ferma nella posizione inizialmente occupata nel riferimento inerziale e solidale con il piano inclinato e, in caso affermativo, determinarne il valore numerico sempre nell'ipotesi dei valori già assegnati per  $\theta$ ,  $M$ ,  $m$  e  $g$ .

2. Una massa puntiforme  $m=100$  g è vincolata a muoversi senza attriti su una guida circolare di raggio  $R=15$  cm disposta in un piano verticale. La massa è attaccata a una estremità di una molla, di costante elastica  $k=20$  N/m e lunghezza a riposo  $l_0=\pi R$ , che ha l'altra estremità bloccata nel punto più in alto della guida. Anche la molla è vincolata a rimanere completamente all'interno della guida, quindi la sua lunghezza è comunque pari all'arco di circonferenza che descrive la posizione della massa. Per descrivere la posizione della massa sulla guida si utilizzi l'angolo  $\theta$ , con  $\theta=0$  in corrispondenza del punto in basso della guida.

- (a) Scrivere l'equazione del moto per la massa puntiforme;
- (b) scrivere l'energia potenziale in funzione di  $\theta$  e rappresentarla in grafico;
- (c) supponendo che la massa puntiforme parta da ferma a un angolo  $\theta=\pi/2$ , determinare, anche numericamente, la velocità massima che raggiunge durante il moto nella guida;
- (d) si dia una stima del periodo per piccole oscillazioni attorno alla posizione di equilibrio;
- (e) che tipo di moto compie la massa puntiforme nella guida, nell'ipotesi di piccoli spostamenti da una posizione di equilibrio, nel caso in cui la guida stessa venga accelerata verso il basso con accelerazione  $a_t=(g+kR/m)$ ?
- (f) Sempre nel caso della guida accelerata ad  $a_t$ , qual è il modulo massimo del momento angolare  $L_o(\theta_0)$  raggiunto dalla massa puntiforme rispetto al centro della guida, se la massa puntiforme parte da ferma a un angolo generico  $\theta_0$ ?

3. Si consideri un cilindro perfettamente conduttore chiuso da un lato con un tappo scorrevole privo di massa e senza attrito. Inizialmente il tappo è bloccato e il cilindro contiene 2 moli di gas monoatomico ideale alla pressione di 2.5 bar e in equilibrio termico con l'ambiente alla temperatura di 23 °C. Il pistone viene lasciato libero e il gas si espande spingendo il pistone mobile contro l'atmosfera esterna alla pressione di 1.05 bar fino a raggiungere un nuovo equilibrio termodinamico.

- (a) calcolare il volume finale corrispondentemente occupato dal gas;
- (b) determinare il lavoro svolto dal gas nel processo di espansione;
- (c) calcolare le variazioni di entropia del gas, dell'ambiente e dell'universo per questo processo;
- (d) determinare il lavoro ottenibile dal gas in caso di espansione reversibile.

4. In un recipiente sono contenuti 100 g di acqua alla temperatura di 10°C. Nell'acqua è immersa una molla ideale mantenuta in compressione da un gancio e con un'energia potenziale elastica pari a 2800 J. Il sistema costituito dall'acqua e della molla è in equilibrio termico. A un certo istante il gancio viene sbloccato e la molla si distende bruscamente. Si aspetta finché l'equilibrio termodinamico è ripristinato. Si sa che la capacità termica della molla è molto più piccola di quella dell'acqua, che ha un calore specifico di 4186 J/(kg K). Calcolare di quanto varia l'entropia dell'universo per il processo descritto quando:

- (a) il contenitore è a perfetta tenuta termica;
- (b) il contenitore è un perfetto conduttore termico e l'ambiente esterno è costituito da aria alla temperatura di 10°C.