CORSO di FISICA GENERALE I

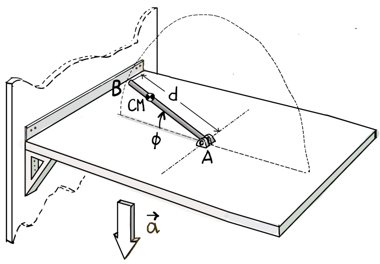
Compito scritto – 15 luglio 2025

1) Un cilindro di sezione S=100 cm^2 e a tenuta termica perfetta è chiuso superiormente da un pistone liberamente scorrevole di massa M = 3 kg. Il cilindro è immerso in aria a pressione atmosferica (10^5 Pa) e contiene del gas monoatomico in equilibrio alla temperatura T_A=300 K, con volume V_A=10 litri in uno stato termodinamico A. Sul tappo, esternamente a esso, vengono appoggiati 30 kg di sabbia con estrema lentezza, un granello alla volta, fino a raggiungere un nuovo stato di equilibrio termodinamico B. A questo punto a una parete del cilindro viene rimosso l'isolamento termico ed è istantaneamente messa in contatto perfetto con un termostato alla temperatura T_S=400 K, lasciando che il sistema raggiunga un altro stato di equilibrio termodinamico C. Poi, a partire da questo stato, mantenendo ancora il gas in contatto termico con il termostato T_S, si toglie bruscamente dal tappo del cilindro la sabbia che era stata collocata precedentemente e, ancora una volta, si attende il raggiungimento di un altro nuovo stato di equilibrio D.
   a) Quante moli di gas contiene il cilindro?
   b) A che temperatura si porta il gas nello stato B?
   c) Calcolare il calore scambiato, il lavoro svolto e la variazione di energia interna in tutte trasformazioni, specificando la natura di ciascuna di esse.
   d) Calcolare la variazione di entropia del gas, dell'ambiente e dell'universo in tutte le trasformazioni.
   e) Rappresentare la sequenza delle trasformazioni in diagrammi PV e TS.

2) Durante una freddissima e ventosa giornata invernale si osserva la crescita dello strato di ghiaccio di un laghetto. Il fenomeno viene modellizzato assumendo che l'aria esterna sia un termostato freddo a temperatura T_A che, tramite convezione molto rapida, sottrae calore dalla superficie ghiacciata del lago. Lo strato di ghiaccio già formato è trattato come uno spessore conduttivo omogeneo che connette termicamente l'acqua liquida sottostante con l'aria esterna che, come già detto, è sempre mantenuta alla temperatura del termostato freddo grazie alla veloce convezione. L'acqua del lago è a una temperatura maggiore di quella di congelamento, ma a contatto con il ghiaccio formato si può immaginare che ci sia uno strato sottile di acqua che è pressoché a T_F=0°C. Quindi i termostati esterni allo strato di ghiaccio si possono pensare ben definiti alle temperature fissate T_A e T_F.
   a) Scrivere esplicitamente il bilancio energetico tra flusso conduttivo (legge di Fourier stazionaria) e calore latente estratto dall'acqua che attraversa lo strato ghiacciato; indicato con $y(t)$ lo spessore del ghiaccio al tempo t che ha il valore iniziale non nullo $y_0 = y(t{=}0)$, si ottenga l'espressione esplicita della legge oraria $y\ (t)$, in funzione dei parametri ρ (densità del ghiaccio), λ(calore latente di congelamento del ghiaccio), k (conducibilità termica del ghiaccio), della differenza $T_A - T_F$ e, ovviamente, di y_0 e di t.
   b) Si conoscono questi dati: la temperatura dell'aria è T_A= −15°C, l'acqua sottostante a contatto con il ghiaccio è, come già detto, a T_F=0 °C; ρ=917 kg/m^3, λ=3.34×10^5 J/kg, k=2.2 W/(K·m) e nell'istante iniziale il ghiaccio ha uno spessore y_0=15 cm. Calcolare l'ispessimento del ghiaccio dopo 6 h, 12 h e 24 h (non considerando o trascurando variazioni di temperatura esterna o di altre condizioni meteorologiche).
   c) Che massa di ghiaccio si forma in una giornata (24h) se la superficie del laghetto è di 350 m^2?
   d) Riportare in grafico l'andamento quantitativo della velocità di formazione del ghiaccio durante l'intera giornata.

3) Attorno alla Luna orbita dal 2009 la sonda LRO (*Lunar Reconnaissance Orbiter*) che continua a scattare fotografie del suolo a elevata risoluzione. La traiettoria è circolare ed è situata a una quota dalla superficie di 50.0 km; il periodo di rotazione orbitale della sonda è pari a 113 minuti.
   a) Utilizzando solamente questi dati della sonda e sapendo inoltre che il raggio della Luna è 1740 km si calcoli il valore dell'accelerazione sul suolo lunare. Non si conosce la costante di gravitazione universale, G.
   b) Nel febbraio del 1971 Alan Shepard, comandante della missione Apollo 14, che ci si creda o no, ha giocato a golf durante l'esplorazione del suolo lunare: si supponga che l'astronauta, per abitudine, abbia tirato la pallina con lo stesso angolo di elevazione rispetto il suolo che avrebbe usato a Terra. Sapendo anche che la velocità iniziale della pallina sia stata la stessa che gli aveva fatto raggiungere, sulla Terra, una gittata di 120 m, calcolare a che distanza dall'astronauta è arrivata la pallina da golf sulla Luna (usare g=9.8 m/s^2).
   c) In che rapporto stanno i tempi del volo della pallina sulla Luna e sulla Terra?
   d) Si immagini ora di conoscere anche la densità media della Luna, 3350 kg/m^3. Avendo questa ulteriore informazione si ottenga il valore della costante di gravitazione universale, G.

4) Su un pianale rigido e orizzontale è imperniata un'asticella sottile non omogenea di lunghezza d e massa M. Un estremo dell'asta è vincolato nel punto A da una cerniera liscia che ne permette rotazioni in un piano perpendicolare al pianale. L'angolo ϕ che l'asta può assumere è compreso tra 0° e 180°. Inizialmente l'asta è appoggiata al pavimento e tutto è immobile in un opportuno riferimento inerziale. A un dato istante, il pianale inizia a scendere verticalmente con un'accelerazione costante di modulo a, rivolta verso il basso.



   Ci si ponga in un riferimento non inerziale solidale con il pianale durante il suo moto e si risponda alle seguenti domande:
   a) Sapendo che i momenti di inerzia dell'asticella per rotazioni attorno agli assi passanti per gli estremi A e B sono noti e pari a I_A e I_B, rispettivamente, ottenere un'espressione della distanza del centro di massa dell'asta dall'estremo A in funzione di M, d e di I_A e I_B.
   b) Utilizzando come coordinata l'angolo ϕ, con condizione iniziale ϕ=0, si dica qual è l'inclinazione di equilibrio dell'asta a seconda che il modulo dell'accelerazione a sia minore, uguale o maggiore dell'accelerazione di gravità al suolo g.
   c) A partire dalla condizione iniziale (asta immobile orizzontale, $\phi = 0$) si ottenga la sua velocità angolare massima attorno all'asse A esprimendo il risultato in funzione di M, d, a, g, I_A, I_B e tracciare il grafico che rappresenta l'andamento della velocità angolare massima in funzione dell'accelerazione del pianale.
   d) Calcolare il periodo di oscillazione dell'asta attorno alla sua posizione di equilibrio (sempre durante il moto accelerato di discesa) nell'approssimazione di piccoli angoli.
   e) Se, durante questo moto di piccole oscillazioni, nell'istante in cui l'asticella attraversa la posizione di equilibrio il pianale smette improvvisamente di accelerare e continua a scendere con la velocità raggiunta, si descriva il moto che compie l'asta a partire da questo istante e si ottenga un'espressione della sua velocità di rotazione quando essa dovesse urtare il pavimento.
   f) Si ottengano i valori numerici delle riposte ai punti (a), (d), (e) sapendo che M=500 g, d=20cm, I_A=10 m^{2}g, I_B=1.0 m^{2}g e a=12 m/s^2.