

Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio

16 gennaio 2023 – prova scritta di Fisica 1

1) All'interno dello stadio del ghiaccio uno scivolo alto 3 m e di massa 100 kg è fermo sul ghiaccio. Un bambino di 15 kg sale sullo scivolo e ci si butta giù. Trascurando gli attriti tra scivolo e ghiaccio e tra bambino e scivolo, calcolare la velocità del bambino e la velocità dello scivolo nell'istante in cui si separano tra loro.

2) Sul cassone di un camion ($M=10000$ kg) viene caricato un baule ($m=100$ kg). La forza del motore accelera il camion e il baule: per quali valori dell'accelerazione il baule resterà fermo sul camion sempre nella stessa posizione? Se il camion venisse spinto da una forza motrice $F_m=15060$ N, dopo quanto tempo dalla partenza da fermo il baule cadrebbe giù dal camion se la sua distanza dal bordo fosse di 1,5 m? Il coefficienti di attrito statico e dinamico tra baule e cassone del camion sono rispettivamente $\mu_s=0.153$ e $\mu_d=0.140$.

3) Uno yo-yo è formato da un disco di legno di massa $M=0,3$ kg e raggio $R=10$ cm intorno al cui bordo è arrotolato un filo inestensibile di massa trascurabile. L'altro capo del filo è tenuto fermo, ancorato ad un soffitto. Ad un certo istante lo yo-yo viene lasciato libero di scendere per effetto del peso, partendo da fermo.

Determinare:

- la sua posizione nel tempo
- la sua velocità angolare nel tempo
- la velocità angolare (in giri al secondo) dopo essere sceso di 50 cm

4) In un contenitore adiabatico è posta una massa $m_A=180$ g di acqua (che corrisponde a 10 moli), alla temperatura di 18°C . Calcolare:

- la quantità minima di ghiaccio fondente necessaria per portare l'acqua alla temperatura di 0°C ;
- la variazione di entropia del ghiaccio.
- la variazione di entropia dell'acqua.

(calore latente di fusione del ghiaccio: $\lambda_G=333,5$ kJ/kg; calore specifico dell'acqua: 4186 J/kg K = $75,3$ J/mol K)

5) Una mole di gas monoatomico, che occupa inizialmente 1 litro alla pressione di 1 atm, compie un ciclo termodinamico espandendosi inizialmente isobaricamente fino a triplicare il proprio volume; quindi effettua una trasformazione isocora per ritornare infine allo stato iniziale mediante una trasformazione isoterma.

- Disegnare il ciclo termodinamico.
- Calcolare il lavoro totale del ciclo.
- Calcolare il rendimento del ciclo.

Ingegneria Civile e Ingegneria dell'Ambiente e del Territorio

16 gennaio 2023– Soluzioni dello scritto di Fisica 1

1) Poiché il processo avviene senza attriti ed è un sistema isolato, si conserva la quantità di moto e l'energia meccanica totali del sistema scivolo+bambino:

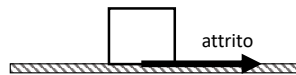
$$\begin{cases} 0 = m\vec{v} + M\vec{V} \\ mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}MV^2 \end{cases}$$

Risolvendo si ottiene:

$$V = \sqrt{\frac{m^2}{M(m+M)}2gh} = 0,9 \frac{m}{s}$$

$$v = \sqrt{\frac{M}{(m+M)}2gh} = 5,8 \frac{m}{s}$$

2a) Nel sistema di riferimento del camion, il baule è soggetto all'attrito statico che lo spinge insieme al camion:



Affinché il baule resti fermo l'attrito statico esercitato dev'essere inferiore al proprio valore massimo:

$$A_s \leq A_{s-MAX} = m \mu_s g = 150 \text{ N}$$

Un baule fermo viene visto come un semplice aumento di massa del camion. Quindi l'accelerazione del baule corrisponde all'accelerazione del camion

$$a_C = a_B = \frac{A_s}{m} \leq \mu_s g = 1,5 \frac{m}{s^2}$$

2b) Per calcolare la caduta del cassone dal camion dobbiamo calcolare le forze che agiscono sul camion e sul baule (già proiettate nella direzione del moto):

$$\begin{cases} Ma_C = F_m - A_d \\ ma_B = +A_d \end{cases}$$

dove

$$|A_d| = m \mu_d g$$

Affinché il baule caschi dal camion quest'ultimo deve percorrere nello stesso tempo t uno spazio x_C maggiore dello spazio x_B percorso dal baule; in particolare:

$$x_C = x_B + D$$

dove D è la distanza baule/bordo. Risolvendo:

$$\begin{cases} x_B = \frac{1}{2} a_B t^2 = \frac{1}{2} \frac{A_d}{m} t^2 \\ x_C = \frac{1}{2} a_C t^2 = \frac{1}{2} \frac{F_m - A_d}{M} t^2 = x_B + D \end{cases}$$

Sostituendo x_B nella relazione x_C si ottiene:

$$t = \sqrt{\frac{2MD}{F_m - (m+M)\mu_d g}} = 5,0s$$

3a) La prima e la seconda equazione cardinale applicate al sistema sono:

$$\begin{cases} ma = P - T \\ I\Omega = TR \end{cases}$$

dove $I = \frac{1}{2}mR^2$ e $a = \Omega R$. Risolvendo si ottiene:

$$a = \Omega R = \frac{2}{3}g$$

da cui la legge oraria è:

$$y(t) = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{3}gt^2$$

3b) La legge oraria per la velocità angolare è:

$$\omega(t) = \Omega t = \frac{2g}{3R}t$$

3c) Per calcolare il valore della velocità angolare dopo aver percorso una distanza h, calcoliamo dopo quanto tempo raggiunge questa quota:

$$h = \frac{1}{3}gt^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{3h}{g}}$$

da cui:

$$\omega(t) = \frac{2g}{3R}t = \frac{2g}{3R}\sqrt{\frac{3h}{g}} = \frac{2}{R}\sqrt{\frac{gh}{3}} = 25,6 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \frac{25,6 \text{ giri}}{2\pi \text{ s}} = 4,1 \frac{\text{giri}}{\text{s}}$$

4a) Per calcolare la quantità di ghiaccio necessario scriviamo il bilancio energetico:

$$m_a c_{sa} \Delta T_{a-\circ C} + m_g \lambda_g = 0 \rightarrow m_g = -\frac{m_a c_{sa} \Delta T_{a-\circ C}}{\lambda_g} = 0,041 \text{ kg} = 41 \text{ gr}$$

4b) Poiché la fusione del ghiaccio avviene a temperatura costante, la variazione di entropia può essere calcolata come rapporto tra il calore scambiato e la temperatura di fusione:

$$\Delta S_g = \frac{m_g \lambda_g}{273 \text{ K}} = 50 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

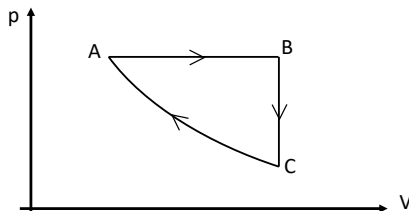
4c) Possiamo considerare la trasformazione dell'acqua a volume costante. Pertanto il calore scambiato vale:

$$\delta Q = dU = n c_v dT$$

e la variazione di entropia:

$$\Delta S_a = \int_{T_i}^{T_f} \frac{n c_v dT}{T} = n c_{a-mol} \ln \frac{T_f}{T_i} = -48,1 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

5a)



punto A: p_A, V_A, T_A

punto B: $p_B = p_A, V_B = 3V_A, T_B = 3T_A$

punto C: $p_C = 1/3 p_A, V_C = V_B = 3V_A, T_C = T_A$

5b)

$$L_{TOT} = L_{AB} + L_{CA} = p_A(V_B - V_A) + nRT_A \ln \frac{V_A}{V_C} = p_A(V_B - V_A) + p_A V_A \ln \frac{V_A}{V_C} = p_A V_A (2 - \ln 3) = 91 \text{ J}$$

5c) Conoscendo il lavoro, possiamo applicare la definizione di rendimento:

$$\eta = \frac{L_{TOT}}{Q_{ASS}}$$

Nella trasformazione AB il calore è positivo poiché il gas aumenta di temperatura; nella trasformazione BC il calore deve essere negativo poiché il gas si raffredda; anche nella trasformazione CA il calore deve necessariamente essere negativo poiché adiabaticamente aumenterebbe di temperatura, pertanto il sistema deve perdere calore per mantenere la T costante. Quindi l'unica trasformazione in cui il gas assorbe calore è la trasformazione AB, isobara:

$$Q_{AB} = nc_p(T_B - T_A) = nc_p 2T_A = n \frac{5}{2} R 2T_A = 5p_A V_A$$
$$\eta = \frac{L_{TOT}}{Q_{ASS}} = \frac{p_A V_A (2 - \ln 3)}{5p_A V_A} = \frac{2 - \ln 3}{5} = 0,18 = 18\%$$