SAPIENZA Università di Roma
Corso di laurea in Ing. Meccanica

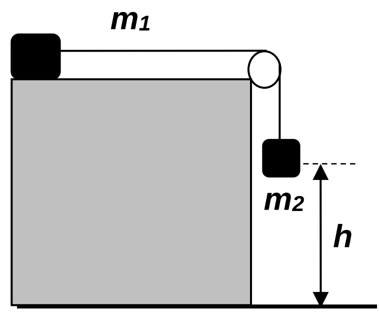
Corso di Fisica I
Proff. Marco Rossi e Alessio Sarti

Prova di esame del 16 marzo 2018 – Appello Straordinario

Risolvere, prima analiticamente e poi numericamente, gli esercizi seguenti.

1. Il tempo totale di arresto richiesto per fermare un'auto in movimento è la somma del tempo di reazione t_r per dare inizio all'azione di frenata e del tempo di frenata t fino all'arresto. A parità sia di decelerazione costante durante la frenata che di tempo di reazione, partendo da una velocità v_1=80 km/h la macchina si ferma dopo aver percorso una distanza d_1= 57m, mentre ad una velocità v_2=52 km/h lo spazio di arresto sarà d_2= 25m
Determinare: ***a)*** La decelerazione; ***b)*** il tempo di reazione del guidatore

2. Una massa m_1=3 kg giacente su un piano orizzontale è collegata tramite una fune (filo ideale) e una carrucola (priva di massa) ad una seconda massa m_2=5 kg che si trova ad un'altezza h=2 m dal suolo. Il coefficiente di attrito dinamico tra m_1 e il piano è μ_d=0,3. I blocchi vengono lasciati partire da fermi. Calcolare, supponendo entrambe le masse assimilabili a punti materiali:
a) la tensione T della fune;
b) la spazio totale percorso dalla massa m_1 sul piano (nell'ipotesi che lo spazio prima della carrucola sia sufficiente per garantire l'arresto).



3. Si definisca L_1 il lavoro necessario per portare un satellite dalla superficie terrestre (sfera di raggio R) fino ad una quota h al di sopra di essa e si definisca L_2 il lavoro addizionale per mettere lo stesso satellite in orbita intorno alla terra alla medesima quota h. Dimostrare che se $h = R/2$ allora il rapporto tra L_1 ed L_2 vale esattamente 1 (L_1/L_2 = 1).

4. Disegnare nel piano PV e determinare il rendimento di un ciclo termodinamico reversibile eseguito da un gas perfetto biatomico e costituito dalle seguenti trasformazioni (non scritte nell'ordine in cui vengono eseguite): due trasformazioni isobare $p = p_0$ e $p = 2\ p_0$, una trasformazione isocora, a $V = V_0$ ed una isoterma a $T = 4\ T_0$ **.** p_0, V_0 e T_0 si riferiscono tutte al medesimo stato termodinamico iniziale.

5. Un recipiente adiabatico contiene al suo interno un pistone diatermico. Inizialmente il pistone è bloccato in maniera tale da dividere il recipiente in due parti A e B di ugual volume (V_A=V_B=1dm^3), contenenti lo stesso tipo di gas perfetto alla temperatura T=300K. Inizialmente la pressione del gas nelle due parti è differente e pari a p_A=1.5 atm e p_B=2.5 atm, rispettivamente. Se si sblocca il pistone (da considerare idealmente privo di massa), il sistema raggiunge un nuovo stato di equilibrio. Determinare i valori finali di temperatura e pressione e la variazione di entropia del sistema.

Sezione TEORIA

Rispondete facoltativamente alle seguenti domande.

T1. Dimostrare che la variazione di energia meccanica di un sistema isolato coincide con il lavoro delle forze non conservative.

T2. Dimostrare che l'Entropia di un sistema isolato non può diminuire.

SOLUZIONI
della prova di esame del 16 marzo 2018

Esercizio 1

Essendo nel caso generale: $d = vt_r + vt - \frac{1}{2}at^2$

sostituendo nell'equazione del moto i dati del problema, si ottiene il sistema:

$$d_1 = v_1 t_r + v_1 t_1 - \frac{1}{2}a t_1^2 = v_1 t_r + \frac{v_1^2}{2a}$$
$$d_2 = v_2 t_r + v_1 t_2 - \frac{1}{2}a t_2^2 = v_2 t_r + \frac{v_2^2}{2a}$$

a) $a = \frac{1}{2}\frac{v_1^2 - v_1 v_2}{v_2 d_1 - v_1 d_2} = 4.66\ m/s^2$ ***b)*** $t_r = \frac{d_2}{v_2} - \frac{1}{2}\frac{v_2}{a} = 0.18\ s$

Esercizio 2

Essendo $a = \frac{(m_2 - \mu_d m_1) g}{(m_2 + m_1)} = 5.0\ m/s^2$

$a)$ $T = \mu_d m_1 g + m_1 a = 23.9\ N$

Al momento dell'impatto al suolo di *m_2* la velocità di *m_1* sarà: $v = \sqrt{2ah} = 4.5\ m/s$

Essendo $\frac{1}{2} m_1 v^2 = \mu_d m_1 g\ \Delta s$

$b)$ $\Delta s = \frac{v^2}{2\mu_d g} = 3.4m \quad \Rightarrow \quad s = \Delta s + h = 5.4m$

Esercizio 3

Il lavoro da fornire *L_1* è pari all'aumento di energia potenziale del satellite:
$\Delta U = U_f - U_i$ = - GMm/(1.5 R) + GMm / (R) = GMm / (3R).
Il lavoro *L_2* è pari a *$L_2 = \Delta E_k = \frac{1}{2} m v_0^2$* dove v_0 è pari alla velocità necessaria affinchè il satellite abbia una traiettoria circolare intorno alla terra (F = ma_N da cui v_0^2 = GM/(r+h)). Sostituendo si ottiene:
L_2 = GMm / (3R) e si ottiene $L_1 = L_2$.

Esercizio 4

$\eta = 1 - Q_{ced}/Q_{ass}$. Nell'isocora AB abbiamo $Q_{AB} = nc_V(T_B-T_A)$, nell'isobara BC avremo $Q_{BC} = nc_p(T_C-T_B)$, entrambi positivi e quindi calori assorbiti. Nell'isoterma avremo che $Q_{CD} = nRT_C \ln (V_D/V_C)$, positivo, ed infine nell'ultima isobara avremo Q_{DA}, negativo $= nc_p(T_A-T_D)$. Si ottiene: $Q_{ass} = (5/2 + 7 + 4\ln2)\, nRT_0$ e $Q_{ced} = 21/2\, nRT_0$, da cui il rendimento del ciclo pari al 14.4%.

Esercizio 5 - La trasformazione è adiabatica ed irreversibile

$$Q = 0 \quad L = 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta U = 0 \quad T_f = T_i = T$$

$$p_A V_A = n_A RT \qquad 2V_A = V \quad \Rightarrow n_A = \frac{p_A V}{2RT}$$

$$p_B V_B = n_B RT \qquad 2V_B = V \quad \Rightarrow n_B = \frac{p_B V}{2RT}$$

$$\left.\begin{aligned} p_f V_A' = n_A RT = \frac{p_A V}{2} \\ p_f V_B' = n_B RT = \frac{p_B V}{2} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \quad p_f = \frac{p_A + p_B}{2} = 2 \ atm$$

$$\Delta S = \Delta S_A + \Delta S_B = \frac{p_A V}{2T} \ln \frac{V_A'}{V_A} + \frac{p_B V}{2T} \ln \frac{V_B'}{V_B} =$$

$$= \frac{V}{2T}\left(p_A \ln \frac{p_A}{p_f} + p_B \ln \frac{p_B}{p_f} \right) = 4.3 \cdot 10^{-2} \ J/K$$