

Lo studente dia la soluzione di un congruo numero dei seguenti problemi e/o quesiti a sua scelta; la prova scritta viene superata conseguendo una votazione  $\geq 15/30$ . Gli studenti che hanno superato la prova scritta con un voto  $\geq 21/30$  potranno chiedere di essere esonerati dal sostenere la prova orale, confermando il voto ottenuto nello scritto, se hanno svolto in modo accettabile almeno qualcuna delle domande relative ad ognuno dei tre gruppi M, T ed E, all'inizio di ognuno dei quali è riportato il relativo punteggio totale.

M (23/30) Un treno, composto da un locomotore di massa  $M_L = 100$  tonnellate e da 5 carrozze di massa  $M_C = 20$  tonnellate ognuna, procede lungo un binario rettilineo e orizzontale. Inizialmente il treno si muove con moto uniforme a velocità  $v_0 = 126$  km/h e ad un certo istante comincia a frenare con una accelerazione costante in modulo pari ad  $a = 1.25$  m/s<sup>2</sup> fino a fermarsi.

- Determinare il tempo che impiega il treno a fermarsi e la distanza percorsa prima dell'arresto;
- Determinare l'energia meccanica totale dissipata durante la frenatura del treno fino all'arresto;
- Determinare la forza totale di attrito che agisce sul treno durante la frenatura;
- Se i freni delle ultime due carrozze sono completamente guasti, quale forza esercita il gancio che unisce la penultima carrozza al resto del treno, e quale quello che unisce l'ultima carrozza alla penultima?
- Se il treno non riesce a fermarsi completamente, ma va ad urtare alla velocità  $v_f = 3$  km/h contro la testa del binario con i due respingenti, ognuno dei quali costituito da una molla di costante elastica  $k = 5000$  kN/m, determinare la massima forza che si esercita sulla testa del binario (si supponga che i freni non agiscano più quando il treno urta la testa del binario).
- Se nelle stesse condizioni del quesito e) il treno urta invece che contro la testa del binario contro una carrozza, uguale a quelle che compongono il treno, inizialmente ferma sul binario e sfrenata, determinare la velocità del treno e della carrozza dopo l'urto se questo è elastico.

In una delle carrozze del treno un viaggiatore osserva il comportamento di un oggetto di massa  $m = 1.5$  kg appeso al soffitto del vagone con una funicella ideale di lunghezza  $l = 1$  m prima, durante e dopo la frenatura.

- Prima dell'inizio della frenatura, quando il treno si muove di moto uniforme, con quale angolo  $\alpha_0$  rispetto alla verticale si deve disporre il filo che regge l'oggetto perché non si abbiano oscillazioni? Quanto vale in tal caso la tensione  $T_0$  del filo?
- Durante la frenatura invece con quale angolo  $\alpha_1$  si deve disporre il filo che regge l'oggetto rispetto alla verticale perché non si abbiano oscillazioni? Quanto vale in tal caso la tensione  $T_1$  del filo?

Se durante la frenatura l'oggetto appeso al filo era fermo rispetto alla carrozza con il filo inclinato di  $\alpha_1$  rispetto alla verticale, dopo che il treno si è fermato comincia ad oscillare:

- Dopo quanto tempo dall'arresto del treno il filo riassume per la prima volta la direzione verticale?
- Che velocità ha l'oggetto quando transita sulla verticale del punto di sospensione?
- Quanto vale la tensione della funicella quando l'oggetto passa sulla verticale del punto di sospensione?
- Se, dopo aver frenato per il tempo opportuno, invece di fermarsi il treno riprende poi a muoversi di moto uniforme a velocità  $v_1 = 36$  km/h, cosa fa l'oggetto appeso al filo sempre supponendo che durante la frenatura fosse in equilibrio rispetto al vagone?

- T (16/30)
- 1 Due macchine termiche A e B lavorano scambiando calore con le stesse due sorgenti, la prima è costituita dall'ambiente esterno a temperatura  $t_C = 30\text{ }^\circ\text{C}$ , la seconda da una miscela di acqua e ghiaccio. La macchina A compie un ciclo al secondo e scambia con le due sorgenti le quantità di calore  $Q_{AC} = 2.5\text{ KJ}$  e  $Q_{AF} = 2.3\text{ KJ}$ , la seconda compie due cicli al secondo e scambia con le due sorgenti, in ciascun ciclo, le quantità di calore  $Q_{BC} = 2\text{ KJ}$  e  $Q_{BF} = 1.88\text{ KJ}$ .
    - a) Determinare quanto ghiaccio si scioglie ogni minuto se le due macchine funzionano contemporaneamente (calore latente di fusione del ghiaccio:  $\lambda = 3.33 \cdot 10^5\text{ J/kg}$ );
    - b) Determinare quale fra le due macchine fornisce la potenza maggiore e quale ha il rendimento maggiore;
    - c) Nel caso in cui temperatura dell'ambiente si abbassi a  $20\text{ }^\circ\text{C}$  dire se le due macchine possono ancora funzionare continuando a scambiare con le sorgenti le stesse quantità di calore;
    - d) Volendo aumentare la potenza della macchina A viene proposto 1) di ridurre del 20% la durata di un ciclo oppure 2) di modificare il ciclo diminuendo il calore ceduto al valore  $Q_{AF} = 2.1\text{ KJ}$ , lasciando inalterati  $Q_{AC}$  e durata. Stabilire quale delle due proposte, se praticabile, è più vantaggiosa;
  - 2 Un calorimetro è costituito da un recipiente contenente acqua, isolato termicamente dall'ambiente esterno e riscaldato da una resistenza elettrica che fornisce una potenza  $P = 45\text{ W}$ . Il tempo necessario a portare il calorimetro, nel suo complesso, dalla temperatura ambiente  $t_a = 20\text{ }^\circ\text{C}$  alla temperatura  $t_b = 50\text{ }^\circ\text{C}$  è pari a  $\tau_c = 20$  minuti. Successivamente viene posta nel calorimetro una massa  $m = 90\text{ g}$  di una sostanza di calore specifico incognito e misurando il tempo di riscaldamento da  $20$  a  $50$  gradi centigradi si trova che esso è pari a  $\tau = 1250\text{ s}$ .
    - a) Calcolare la capacità termica del calorimetro;
    - b) Calcolare il calore specifico incognito della sostanza;
    - c) Calcolare (trascurando la dilatazione termica dei materiali) la variazione di energia interna del sistema (calorimetro + sostanza) e della sostanza nel processo di riscaldamento;
    - d) Calcolare la variazione di energia interna della sostanza supponendo invece che essa subisca una dilatazione pari al 2% del suo volume nell'ipotesi di lavorare a pressione atmosferica standard e sapendo che la densità della sostanza è  $\rho = 1.25\text{ kg/dm}^3$  a  $20\text{ }^\circ\text{C}$ .
- E (14/30)
- 1 Sono date due lamine quadrate, parallele e orizzontali di lato  $L = 10\text{ m}$  e distanti  $d = 10\text{ cm}$  fra loro. Sulla lamina inferiore è depositata uniformemente una carica  $Q = 10\text{ }\mu\text{C}$ , mentre su quella superiore c'è una carica  $-Q$ , sempre distribuita uniformemente. Noto il valore numerico  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$ :
    - a) Si calcoli il campo elettrico  $\mathbf{E}$  fra le due lamine, lontano dai bordi;
    - b) Si calcoli la forza che le due lamine esercitano su di una pallina di carica  $q = 2\text{ }\mu\text{C}$  che si trova fra di esse, lontano dai bordi;
    - c) Se la pallina è sospesa ad un filo ideale di lunghezza  $\ell = 4\text{ cm}$ , il cui altro estremo è ancorato nel centro del volume di spazio interno alle due lamine, in modo da formare un pendolo, si determini il periodo delle piccole oscillazioni di quest'ultimo in funzione della sua massa  $m$ : se ne calcoli il valore numerico per  $m = 1\text{ g}$ ;
    - d) Se si scambiano le cariche fra la lamina superiore e quella inferiore, cosa succede al pendolo? Motivare la risposta.
  - 2 Si consideri un piano riferito ad un sistema di assi cartesiano ortogonale  $Oxy$ . Nel punto  $N$ , di coordinate  $(0, 1)$ , si trova una carica positiva  $q$ ; nel punto  $E$ , di coordinate  $(1, 0)$ , si trova una carica  $2q$ ; nel punto  $S$ , di coordinate  $(0, -1)$ , si trova una carica  $3q$ ; nel punto  $W$ , di coordinate  $(-1, 0)$ , si trova una carica  $4q$ .
    - a) Determinare la direzione ed il verso del campo elettrico prodotto dalle quattro cariche nell'origine delle coordinate;
    - b) Determinare la direzione ed il verso del campo elettrico prodotto dalle quattro cariche nell'origine delle coordinate nel caso che tutte e quattro le cariche vengano cambiate di segno;
    - c) Ricordando che  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$ , supponendo che le coordinate dei punti siano misurate in metri, e supponendo che  $q = 1\text{ nC}$ , calcolare il modulo del campo nei casi a) e b) precedenti;
    - d) Determinare il potenziale elettrostatico (posto uguale a 0 all'infinito) nell'origine delle coordinate nei casi a) e b) precedenti.