SAPIENZA Università di Roma
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Corso di Fisica I
Proff. Marco Rossi, Daniele Passeri e Alessio Sarti

TESTO della Prova di esame del 4 luglio 2024
II APPELLO – a.a. 2023-24

Risolvere gli esercizi seguenti formulando la loro soluzione prima analiticamente e poi numericamente.

1. Un treno che si muove con velocità v = 10 km/h orizzontale, inizia al tempo t = 0 s ad accelerare con $|\boldsymbol{a}_t|$ = 5.3 m/s^2 diretta parallelamente, equiversa, alla velocità. Allo stesso istante t = 0 s si stacca dal tetto di un vagone alto h = 2.7 m una lampadina di massa m. Determinare:
- la distanza a cui la lampadina cade sul pavimento del vagone rispetto alla verticale del punto di distacco
- il modulo dell'accelerazione tangenziale e normale (nel sistema di riferimento del vagone) del corpo ad un tempo pari a 0.35 s dopo il distacco

2. Un punto materiale, inizialmente fermo, è sottoposto a una forza costante F = 98 N in un sistema di riferimento inerziale e, conseguentemente, acquista una velocità v = 98 m/s dopo un tempo t = 10 s. Calcolare la massa m del punto materiale e il lavoro L compiuto dalla forza***.***

3. Un pianeta di raggio R = 2000 km ruota attorno al proprio asse in un tempo T = 6 giorni. Nello stesso tempo T un satellite, posto a distanza D = 18000 km dalla superficie del pianeta, ruota attorno al pianeta. Supponendo l'orbita circolare, determinare la massa del pianeta.

4. Una mole di gas perfetto biatomico, contenuto in un recipiente cilindrico dotato di pistone scorrevole senza attrito, compie il ciclo ABCA dove a) AB è un'espansione adiabatica reversibile in cui il gas raddoppia il proprio volume; b) BC è una compressione reversibile isoterma che riporta il cilindro al volume iniziale; c) nel tratto CA il cilindro viene messo in contatto termico con una sorgente alla temperatura T_A del punto A fino a raggiungere l'equilibrio; durante questa trasformazione il volume del cilindro rimane costante. Disegnare il ciclo nel piano PV e calcolarne il rendimento.

5. Una massa m = 100 g a temperatura T_1 = 300 K di un liquido avente calore specifico c = 0.8 cal/gK viene versata in un recipiente adiabatico contenente un'uguale quantità dello stesso tipo di liquido a temperatura T_2 = 400 K. Si determini la variazione di entropia subita dal sistema.

Rispondere facoltativamente, con essenzialità e correttezza, alle seguenti domande.

T1. Definire l'energia potenziale di una forza conservativa.

T2. Ricavare l'espressione di una trasformazione adiabatica reversibile di un gas perfetto e rappresentarla nel piano PV e nel piano TS.

SAPIENZA Università di Roma
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Corso di Fisica I

Proff. Marco Rossi, Daniele Passeri e Alessio Sarti

SOLUZIONI della prova di esame del luglio 2024
II APPELLO – a.a. 2023-24

E1. Le equazioni del moto possono essere dedotte a partire da $a' = (-a_t\ ,\ g)$; $v'_0 = (0,0)$; $x'_0 = (0, h)$. Il tempo di caduta è ***t* = √((2*h)/g) = 0.75 s**. La distanza lungo l'asse x a cui cade il corpo è calcolabile, nel sistema di riferimento del vagone, tramite $\Delta x' = 0.5*|a'_x|*t^2$ ed è pari **a 1.5 m**. Nel sistema di riferimento inerziale, invece, non vi è alcuna accelerazione lungo x e dunque il corpo procede a velocità costante v_{0x} = 10 km/h (2.8 m/s) e percorre in 0.75 s la distanza di **2.1 m**. Nel sistema di riferimento del vagone a ***g*** va sommata, vettorialmente, $\boldsymbol{-a_t}$. E quindi ***a'*** risulta uguale a **11.1 m/s^2**. Il modulo dell'accelerazione tangenziale $\boldsymbol{a'_T}$ si calcola come *dv(t)/dt* con *v(t)* $=\sqrt{[(a_t\, t)^2 + (g\, t)^2]}$ da cui $a'_T = 0.5*1/\sqrt{[(a_t\, t)^2 + (g\, t)^2]} * (2\,(a_t^2 + g^2)\, t) = a'$ = **11.1 m/s^2** (il moto è lineare). L'accelerazione normale $\boldsymbol{a'_N}$ è dunque nulla.

E2. Dal teorema dell'impulso:
$$\int \vec{F} dt = \Delta\vec{p} = m\,\Delta\vec{v} = m(\vec{v}_f - \vec{v}_i)$$

$$F\Delta t = m\, v_f \quad \Longrightarrow \quad m = \frac{F\Delta t}{v_f} = 10\ \mathrm{kg}$$

Dal teorema del lavoro e dell'energia cinetica:

$$L = \Delta T = \frac{1}{2} m\, v_f^2 \simeq 48\ \mathrm{kJ}$$

E3. Il satellite si trova su un'orbita geostazionaria, per la quale $F = ma$ ovvero

$GMm/(R + D)^2 = m\omega^2(R + D)$ da cui $M = (R + D)^3 4\pi^2/GT^2$ da cui si ottiene $M = 1.8\, x\, 10^{22}$ kg (dati più o meno liberamente ispirati a Plutone e al suo satellite Caronte…)

E4. Definito il rendimento come $\eta = 1 - |Qc|/Qa$, calcoliamo Qc e Qa. Nella trasformazione adiabatica non viene scambiato calore. Nell'isocora CA avremo $\Delta U = Qa = n\, cV\, (T_A - T_C)$ (assorbito in quanto positivo). Nell'isoterma avremo $\Delta U = 0$ e dunque $Q_c = L = nRT_B \ln (V_C/V_B)$. Per il calcolo del rapporto delle temperature tra A e B utilizziamo la relazione che collega A e B con una adiabatica: $T_A/T_B = (V_B/V_A)^{\gamma-1}$ e quindi $T_A/T_B = 2^{2/5} = 1.32$. Scrivendo il rendimento otteniamo: $\eta = 1 - nRT_B \ln (V_B/V_C) / nc_V (T_A - T_B) = 0.13$.

E5. Considerando che la temperatura di equilibrio T_E del liquido nel contenitore è data da:

$$mc(T_E - T_1) = mc(T_2 - T_E) \quad \Rightarrow \quad T_E = \frac{T_1 + T_2}{2} = 350\,\mathrm{K}$$

la variazione di entropia del sistema si ottiene da:

$$\Delta S_1 = \int_{T_1}^{T_E} \frac{đQ}{T} = mc \ln \frac{T_E}{T_1} = 12.33\,\mathrm{cal/K}; \qquad \Delta S_2 = \int_{T_E}^{T_2} \frac{đQ}{T} = mc \ln \frac{T_E}{T_2} = -10.68\,\mathrm{cal/K}$$

$$\Delta S_{\mathrm{Sist}} = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 1.65\,\mathrm{cal/K}$$