



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

1. Un punto materiale di massa  $m = 0.1$  kg si muove con accelerazione tangenziale costante  $a_T = 0.2$  m/s<sup>2</sup> lungo una guida circolare di raggio  $R = 3.0$  m posta in un piano orizzontale e priva di attrito. All'istante iniziale  $t = 0$  la velocità del corpo è nulla. Determinare: **(a)** il tempo impiegato dal corpo a compiere 10 giri; **(b)** il valore della forza massima esercitata dalla guida sul corpo in tale intervallo di tempo.
2. Un proiettile ( $m_1 = 12$  g) viene sparato orizzontalmente su un blocco di legno ( $m_2 = 100$  g), fermo su una superficie orizzontale, in cui rimane conficcato. Dopo l'urto, il blocco scivola per un tratto  $L = 7.5$  m prima di fermarsi. Se il coefficiente di attrito tra il blocco e la superficie è  $\mu_d = 0.65$ , determinare la velocità del proiettile all'istante immediatamente precedente l'urto. Si consideri l'urto istantaneo e il proiettile assimilabile ad un punto materiale.
3. Una sfera omogenea, di volume  $V = 25$  litri e densità omogenea  $\rho$ , è trattenuta, completamente immersa nell'acqua contenuta in un grande recipiente, da una funicella ideale ancorata al fondo, soggetta ad una tensione  $T = 200$  N. A causa della rottura della funicella, la sfera emerge parzialmente raggiungendo una nuova posizione di equilibrio. Ad equilibrio raggiunto, si determini la frazione di sfera emergente.
4. Un gas ideale biatomico ( $n = 0.3$  moli) descrive il seguente ciclo: (1) dallo stato iniziale A ( $p_A = 10^5$  Pa,  $V_A = 8 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>) esegue una trasformazione adiabatica reversibile fino allo stato B ( $V_B = 4 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>,  $T_B = 424$  K); (2) dallo stato B esegue una trasformazione isoterma irreversibile fino allo stato C ( $V_C = 7 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>), durante la quale il gas assorbe il calore  $Q_1 = 550$  J; (3) dallo stato C allo stato iniziale A esegue una trasformazione reversibile in cui la pressione decresce linearmente col volume.  
**(a)** Disegnare il ciclo nel piano PV. **(b)** Calcolare il rendimento del ciclo.
5. Un gas perfetto è contenuto in un recipiente a pareti rigide munito di un pistone che può scorrere senza attrito, in equilibrio con l'ambiente esterno (da considerarsi una sorgente ideale) caratterizzato da pressione atmosferica e temperatura  $T = 27^\circ\text{C}$ . Nel recipiente è presente anche un disco omogeneo di massa  $m$  e raggio  $R$  che può ruotare liberamente attorno a un asse passante per il suo centro e perpendicolare al disco. Al disco viene applicato un momento  $M = 10$  Nm per  $N = 100$  giri mediante un motorino che poi viene spento, lasciando il disco libero di proseguire il suo moto fino a fermarsi per effetto dell'attrito col gas. Quando il sistema raggiungerà nuovamente l'equilibrio, determinare:  
**(a)** la variazione di entropia del gas e **(b)** la variazione di entropia dell'ambiente.

---

### Sezione TEORIA

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

**T1.** Ricavare il periodo di oscillazione di un pendolo semplice.

**T2.** Ricavare la disuguaglianza di Clausius.



**E1.** Per il moto del corpo con  $a_T$  costante, si ha  $\alpha = a_T/R$ . Per compiere 10 giri  $\vartheta = (2\pi 10)$ , partendo con  $\omega = 0$  rad/s si ottiene  $t = \sqrt{40\pi/\alpha} = 43.4$  s. La forza che deve esercitare la guida sarà quella necessaria a far curvare il moto del corpo e dunque  $F = ma_N$  con  $a_N = v^2/R$  e sarà massima alla fine del moto: per  $t = 43.4$  s, si ottiene  $F = 2.51$  N.

---

**E2.** L'urto è totalmente anelastico; si conserva la quantità di moto:  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2$

Nel processo di scivolamento la variazione di energia cinetica è uguale all'energia dissipata per

attrito percorrendo il tratto L:  $\frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_2^2 = \mu_d (m_1 + m_2) g L$

Risolvendo:  $v_2 = \sqrt{2\mu_d g L} = 9.77$  m/s

Dalla conservazione della quantità di moto si ottiene:  $v_1 = 91.2$  m/s

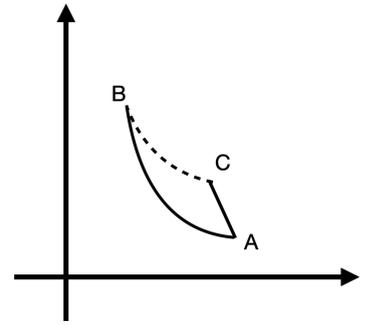
---

**E3.**  $T = \rho_{acqua} V g - \rho V g \Rightarrow \rho = 185$  kg/m<sup>3</sup>

All'emersione, detta  $V_{imm}$  la parte che rimane immersa:

$$\rho_{acqua} V_{imm} g = \rho V g \Rightarrow V_{imm} = \rho V / \rho_{acqua} \Rightarrow (V - V_{imm}) / V = 1 - \rho / \rho_{acqua} = 0.82$$

**E4.**  $T_A = PV/nR = 321$  K. Per l'isoterma irreversibile  $T_B = T_C = 424$  K e la pressione finale è  $p_C = nRT_C/V_C = 1.5 \cdot 10^5$  Pa.  $\eta = 1 + Q_{\text{ced}}/Q_{\text{ass}}$  con  $Q_{\text{ass}} = Q_1 = 550$  J e  $Q_{\text{ced}}$  dal primo principio della TD.  $L_{CA}$  e' pari a  $(p_A + p_C)(V_A - V_C)/2 = 125$  J, mentre  $\Delta U_{CA} = n c_v (T_A - T_C) = -642$  J da cui  $Q_{CA} = -517$  J. Sostituendo nell'espressione del rendimento si ottiene  $\eta = 0.06$ .



**E5.** Il motorino compie un lavoro  $L = MN2\pi$  che viene dissipato a causa dell'attrito diventando interamente calore  $Q$  ceduto al gas. Nella nuova condizione di equilibrio, essendo pressione e temperatura dell'ambiente invariate, il gas avrà lo stesso volume iniziale. Di conseguenza la variazione di entropia del gas è nulla. Il calore trasmesso al gas sarà interamente ceduto all'ambiente, con corrispondente variazione di entropia data da  $\Delta S_{\text{amb}} = Q/T = MN2\pi/T = 20.9$  J/K.