

# Prova scritta

# A / B

6 giugno 2024

## Cinematica e dinamica

Sostituisce provetta 1:

1. Un'auto di massa (**A**:1500 kg **B**:1310 kg) con marcia in folle raggiunge una velocità finale di (**A**:118 km/h **B**:110 km/h) dopo aver percorso una discesa con pendenza del 5.00 %. L'auto, che ha un'area frontale  $A = 2.60 \text{ m}^2$ , è frenata dalla forza di resistenza  $\frac{1}{2}\rho CAv^2$ .

- [2] (a) Qual è il modulo della forza frenante durante la discesa?

$$F_r = mg \sin \theta = (\mathbf{A}:734 \text{ N} \quad \mathbf{B}:636 \text{ N}), \text{ usando } \theta = \tan^{-1}(5\%)$$

- [2] (b) Qual è il coefficiente di resistenza  $C$  della macchina?

Isoliamo  $C$  dalla formula data nella domanda:

$$C = \frac{2F_r}{\rho Av^2} = 0.44$$

- [3] (c) Quale potenza deve essere fornita dal motore per guidare quest'auto a (**A**:80 km/h **B**:70 km/h) su una strada orizzontale?

Le potenza della forza motrice è  $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$ :

$$P = Fv = \frac{1}{2}\rho CAv^3 = (\mathbf{A}:7.5 \text{ kW} \quad \mathbf{B}:5.0 \text{ kW})$$

- [3] 2. Quale dei tre principi della dinamica supporta ciascuna delle seguenti affermazioni?

(a) Quando un cannone massiccio spara una palla di cannone, il cannone stesso arretra all'indietro.

terzo

(b) Una sonda spaziale lontano da pianeti continua il suo viaggio in linea dritta ed a velocità costante.

primo

(c) La stessa forza applicata a un carrello della spesa pieno causa un'accelerazione minore rispetto a un carrello vuoto.

secondo

## Energia, quantità di moto, oscillazioni

Sostituisce provetta 2:

- [2] 3. La quantità di moto di un sistema è conservata se

- La risultante delle forze interne è nulla     **La risultante delle forze esterne è nulla**  
 Non ci sono forze esterne     Non c'è dispersione di energia

- [2] 4. In un'attrazione da luna park, le persone siedono su un seggiolino che segue una traiettoria circolare di raggio  $R = (\mathbf{A}:5 \text{ m} \mathbf{B}:7 \text{ m})$  mantenendo una velocità di modulo costante. Sapendo che l'accelerazione massima tollerata dall'uomo per questo tipo di moto è pari a  $8g$ , calcola il massimo numero di giri al minuto che potrà effettuare la ruota.

L'accelerazione centripeta è  $a = R\omega^2$ :

$$\omega_{\max} = \sqrt{a_{\max}/R} = \sqrt{8g/R}$$

Il numero di giri al minuto è  $\frac{60 \text{ s min}^{-1}}{2\pi} \cdot \omega_{\max} = (\mathbf{A}:37.8 \text{ min}^{-1} \quad \mathbf{B}:32.0 \text{ min}^{-1})$

5. Una palla d'acciaio di massa  $0.80 \text{ kg}$  è allacciata a un filo di lunghezza  $70 \text{ cm}$  fissato all'altra estremità. La palla viene rilasciata quando il filo è orizzontale. Nel punto più basso della sua traiettoria, la palla colpisce un blocco d'acciaio di massa  $2.5 \text{ kg}$  inizialmente fermo su una superficie priva di attrito.

- [2] (a) Calcolare il modulo della velocità della palla subito prima l'urto.

Si usa la conservazione dell'energia per trovare la velocità della sfera prima l'urto:

$$v_0 = \sqrt{2gh} = 3.7 \text{ m/s.}$$

Le velocità, lungo l'orizzontale, della sfera e del blocco subito dopo l'urto sono misurate a  $-1.90 \text{ m/s}$  e  $1.80 \text{ m/s}$  rispettivamente.

- [2] (b) Verificare che l'urto è elastico (a due cifre significative)

$$K_{\text{iniziale}} = \frac{1}{2}m_s v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.80 \text{ kg} \cdot (3.7 \text{ m/s})^2 = 5.48 \text{ J}$$

$$K_{\text{finale}} = \frac{1}{2}m_s v_s^2 + \frac{1}{2}m_b v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.80 \text{ kg} \cdot (1.9 \text{ m/s})^2 + \frac{1}{2} \cdot 2.5 \text{ kg} \cdot (1.8 \text{ m/s})^2 = 5.49 \text{ J}$$

A questo livello di precisione, l'energia è conservata, e quindi l'urto è elastico.

- [2] (c) Calcolare l'altezza massima raggiunta dalla sfera dopo il suo rimbalzo con il blocco, e quindi l'angolo massimo del filo con la verticale.

$$\text{Conservazione dell'energia di nuovo: } m_s g h' = \frac{1}{2}m_s v_s^2 \quad \rightarrow \quad h' = 18.4 \text{ cm.}$$

$$\text{L'angolo è } \theta' = \cos^{-1}(1 - h'/h) = 42.5^\circ.$$

**Fluidi e termodinamica**Sostituisce provetta 3: 

6. Una mongolfiera è un sistema termodinamico aperto in cui entrambi volume  $V$  e pressione  $P$  sono costanti. La quantità d'aria nella mongolfiera decresce a misura che la temperatura aumenta. Una mongolfiera pronta a decollare ha un volume  $V = (\mathbf{A}:2.10 \times 10^3 \text{ m}^3 \mathbf{B}:2.50 \times 10^3 \text{ m}^3)$ . Il calore specifico dell'aria è  $\frac{5}{2}R$ .

[1] (a) Quali sono il numero di moli  $n$  e la massa totale  $m$  di aria a  $T = 120^\circ\text{C}$  nella mongolfiera?

$$n = \frac{PV}{RT} = (\mathbf{A}:6.51 \times 10^4 \text{ mol} \quad \mathbf{B}:7.75 \times 10^4 \text{ mol})$$

$$m = M_{\text{aria}}n = (\mathbf{A}:1.89 \times 10^3 \text{ kg} \quad \mathbf{B}:2.25 \times 10^3 \text{ kg})$$

[1] (b) Quali sono il numero di moli  $n_0$  e la massa totale  $m_0$  di aria in un volume uguale a temperatura  $T = 20^\circ\text{C}$ ?

$$n_0 = \frac{PV}{RT} = (\mathbf{A}:8.73 \times 10^4 \text{ mol} \quad \mathbf{B}:1.04 \times 10^5 \text{ mol})$$

$$m_0 = M_{\text{aria}}n_0 = (\mathbf{A}:2.53 \times 10^3 \text{ kg} \quad \mathbf{B}:3.01 \times 10^3 \text{ kg})$$

[2] (c) Calcolare quindi la forza di spinta dall'atmosfera sulla mongolfiera.

La spinta di Archimede è uguale al peso del fluido spostato

$$F_s = m_0g = (\mathbf{A}:2.48 \times 10^4 \text{ N} \quad \mathbf{B}:2.96 \times 10^4 \text{ N})$$

Possiamo sottrarre la forza peso per ottenere la forza risultante verso l'alto:

$$F_r = m_0g - mg = (\mathbf{A}:6.31 \times 10^3 \text{ N} \quad \mathbf{B}:7.52 \times 10^3 \text{ N})$$

[1] (d) Quanto calore è necessario per scaldare l'aria della mongolfiera da  $20^\circ\text{C}$  a  $120^\circ\text{C}$ ?

Al minimo,  $Q = nc_V\Delta T$  di calore è necessario:

$$Q = (\mathbf{A}:1.35 \times 10^8 \text{ J} \quad \mathbf{B}:1.61 \times 10^8 \text{ J})$$

In realtà, una parte dell'aria già parzialmente riscaldata esce dalla mongolfiera durante lo scaldamento. Forse  $Q = \int \delta Q = c_V \int n dT = \frac{c_V PV}{R} \int dT/T$  è un modo più preciso di calcolare il calore totale.

7. Una macchina di Carnot ha una potenza d'uscita di 260 kW. La macchina lavora fra due serbatoi a  $20^\circ\text{C}$  e  $(\mathbf{A}:350^\circ\text{C} \mathbf{B}:450^\circ\text{C})$ .

- [1] (a) Qual è il rendimento di questa macchina?

$$\eta = \eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_f}{T_c} = (\mathbf{A:53\%} \quad \mathbf{B:59\%})$$

- [1] (b) Quanto calore viene assorbito all'ora?

$$\eta = W/Q_c \rightarrow Q_c = W/\eta = (\mathbf{A:1.8 \times 10^9 \text{ J ora}^{-1}} \quad \mathbf{B:1.6 \times 10^9 \text{ J ora}^{-1}})$$

- [1] (c) Quanto calore viene ceduto all'ora al serbatoio freddo?

$$Q_f = Q_c - W = W \frac{1-\eta}{\eta} = (\mathbf{A:8.3 \times 10^8 \text{ J ora}^{-1}} \quad \mathbf{B:6.4 \times 10^8 \text{ J ora}^{-1}})$$

- [2] 8. Qual è il primo principio della termodinamica? Se si usa un'espressione matematica, definire ogni termine.

Il primo principio della termodinamica esprime la conservazione dell'energia. La variazione dell'energia interna  $\Delta U$  di un sistema è uguale alla somma dei trasferimenti di energia sotto forma di calore  $Q$  e di lavoro  $W$ :  $\Delta U = Q + W$ .

### Dati e costanti

$$g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$$

$$k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$$

$$R = 8.31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$0 \text{ K} = -273.15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ kPa}$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

$$M_{\text{aria}} = 29 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\rho_{\text{aria}} = 1.21 \text{ kg m}^{-3}$$

$$c_{\text{acqua}} = 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$c_{\text{ghiaccio}} = 2093 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$L_{f \text{ ghiaccio}} = 333 \text{ kJ kg}^{-1}$$