

ESERCIZI

DOMANDE SUI CONCETTI

- 1 Perché una scatola che viene fatta scivolare sul pavimento di una stanza finisce per fermarsi? Questo fatto viola il principio di inerzia?
- 2 Osservi un autobus che si muove con velocità costante lungo una strada rettilinea. Puoi dire che la somma delle forze applicate su di esso è nulla?
- 3 Un sistema di riferimento S è accelerato uniformemente rispetto a un sistema di riferimento non inerziale S' . Puoi concludere che anche il sistema S allora è non inerziale?
- 4 Tommaso vuole scoprire se il suo zaino ha una massa di 2 kg. Ha a disposizione un carrello delle masse e alcuni pesi-campione identici da un kilogrammo. Dopo averci riflettuto, decide di misurare il tempo di oscillazione del suo zaino e quello di un peso-campione. Se il suo zaino ha massa 2 kg, pensa, il suo tempo di oscillazione sarà il doppio di quello di peso-campione. Pensi che abbia ragione? C'è un altro metodo per misurare la massa del suo zaino?
- 5 Forza, massa e accelerazione: quali coppie di queste grandezze sono direttamente proporzionali e quali inversamente proporzionali?
- 6 In base al secondo principio della dinamica, se la somma delle forze applicate a un corpo è nulla, esso non accelera e, viceversa, se il corpo non accelera la somma delle forze a esso applicate è nulla. Poiché questo è anche quanto affermato dal principio di inerzia, ciò significa che il prin-

cipio di inerzia è superfluo e potrebbe essere omesso?

- 7 Dopo avere studiato il terzo principio della dinamica, Giulia pensa: «Se un camion traina un rimorchio, la forza che il camion esercita sul rimorchio è uguale e contraria alla forza che il rimorchio esercita sul camion, perché si tratta di forze di azione e reazione. La somma di queste due forze è zero, per cui il rimorchio non può mettersi in movimento». Trova l'errore nel ragionamento di Giulia.

PROBLEMI

2 IL PRINCIPIO DI RELATIVITÀ GALILEIANA

- 1 Un'auto viaggia verso nord con una velocità di modulo 35 km/h. Un caravan viaggia verso ovest con una velocità di modulo 42 km/h.
► Qual è la velocità del caravan secondo il guidatore dell'auto?
[15 m/s, verso sud-ovest]
- 2 Dario sale i gradini di una scala mobile, che a sua volta sale alla velocità di 0,60 m/s. La scala mobile è lunga 18 m e Dario impiega 9,0 s a salire dal piano inferiore a quello superiore.
► Con quale velocità Dario sale lungo la scala mobile?
[1,4 m/s]

3 PROBLEMA SVOLTO

★★★

Una motocicletta, che viaggia su una strada rettilinea alla velocità costante di 45,1 km/h, sorpassa una bicicletta che procede nello stesso verso con una velocità costante di 21,3 km/h.

- Scrivi la legge del moto della motocicletta nel sistema di riferimento della strada, scegliendo come $t = 0$ s e $s = 0$ m, rispettivamente, l'istante di tempo e la posizione in corrispondenza dei quali avviene il sorpasso.
- Ricava la legge del moto della motocicletta anche nel sistema di riferimento della bicicletta (cioè quello in cui la bicicletta è ferma).





■ Strategia e soluzione

- Chiamiamo S il sistema di riferimento della strada e S' quello della bicicletta. La velocità della motocicletta in S è $v = 45,1 \text{ km/h} = 12,5 \text{ m/s}$. La velocità della bicicletta (cioè quella del riferimento S') rispetto a S è $V = 21,3 \text{ km/h} = 5,92 \text{ m/s}$.

- La legge del moto della motocicletta nel riferimento S è:

$$s = vt. \quad (*)$$

Abbiamo così risposto alla prima domanda del problema.

- Anche in S' scegliamo $t' = 0 \text{ s}$ e $s' = 0 \text{ m}$ in modo che corrispondano all'istante e alla posizione del sorpasso. Possiamo così usare le formule (2) con i soli moduli perché il moto è lungo una retta:

$$\begin{cases} s' = s - Vt \\ t' = t \end{cases}$$

- Sostituiamo al posto di s il valore dato dalla formula (*):

$$\begin{cases} s' = vt - Vt \\ t' = t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} s' = vt' - Vt' \\ t' = t \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} s' = (v - V)t' \\ t' = t \end{cases}$$

- La legge del moto della motocicletta nel riferimento S' è quindi data da $s' = (v - V)t' = (12,5 \text{ m/s} - 5,92 \text{ m/s})t' = (6,6 \text{ m/s})t'$.

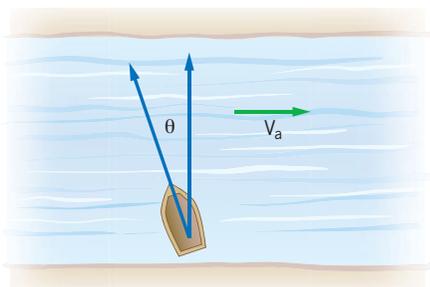
■ Discussione

Nel sistema di riferimento S' , in cui la bici è ferma, la motocicletta si muove di moto rettilineo uniforme con una velocità di modulo $v' = v - V = 6,6 \text{ m/s}$. A conferma della correttezza dei calcoli, questo è proprio il valore di velocità che si ottiene utilizzando la seconda delle formule (3).

- 4** ★★★ Una barca può muoversi a una velocità di 10 km/h rispetto all'acqua di un fiume che scorre a $5,0 \text{ km/h}$. Il barcaiolo vuole attraversare il fiume perpendicolarmente alle rive, come mostrato nella figura.

- ▶ Secondo quale angolo deve orientare la sua barca?
- ▶ Con quale velocità rispetto al terreno deve muoversi?

(Adattato dalle *Olimpiadi della fisica, gara nazionale di primo livello, 2000*)



[30° ; $2,4 \text{ m/s}$]

- 5** ★★★ Carla è seduta nello scompartimento di un treno che viaggia alla velocità di 68 km/h lungo un tratto

rettilineo. Guardando fuori dal finestrino vede delle gocce di pioggia, che scendono a velocità costante, con componenti $v_x = -16 \text{ m/s}$ e $v_y = 3,0 \text{ m/s}$.

- ▶ Quanto vale la velocità delle gocce di pioggia misurata da un osservatore che si trova a terra?

[$4,2 \text{ m/s}$]

- 6** ★★★ Un turista cammina alla velocità di $3,6 \text{ km/h}$, in direzione della prua, sul ponte di una nave da crociera che si muove alla velocità costante di 36 km/h . Nello stesso verso di marcia della nave, $5,0 \text{ km}$ più avanti, vede un peschereccio che naviga alla velocità costante di 18 km/h .

- ▶ Scrivi la legge del moto del peschereccio nel sistema di riferimento del turista che cammina sul ponte della nave.

[$s = 5,0 \times 10^3 \text{ m} - 6,0 \text{ m/s} \cdot t$]

- 7** ★★★ Luca sta nuotando lentamente in piscina mentre vede Federica venirci incontro, nella corsia accanto, alla velocità di $1,8 \text{ m/s}$. Quando Federica raggiunge il bordo della piscina, inverte il suo

moto mantenendo il modulo della velocità costante e poi sorpassa Luca, che la vede passare alla velocità di 0,80 m/s. Durante tutto questo tempo Luca ha mantenuto la sua velocità costante.

► Quali sono, in modulo, le velocità di Luca e Federica?

[0,50 m/s; 1,3 m/s]

4 IL SECONDO E IL TERZO PRINCIPIO DELLA DINAMICA

8

★★★

PROBLEMA SVOLTO

Un lampadario a molla di 4,4 kg viene montato al soffitto. La molla ha costante elastica 480 N/m e lunghezza a riposo di 18 cm. Dopo essere stato montato, il lampadario viene lasciato scendere gradualmente.

► A che distanza dal soffitto si trova il lampadario?

■ Strategia e soluzione

- Dopo che il lampadario è stato montato e lasciato scendere, esso è fermo, ma sottoposto a due forze: una è la forza-peso \vec{F}_p , diretta verso il basso, e la seconda è la forza elastica $\vec{F}_e = -k\Delta\vec{x}$ della molla, diretta verso l'alto. Nell'espressione della forza elastica k è la costante elastica e Δx è l'allungamento della molla. In virtù del secondo principio della dinamica la somma vettoriale di queste due forze è nulla,

$$F_e - F_p = ma = 0$$

- Da questa relazione ricaviamo l'intensità della forza elastica esercitata dalla molla

$$F_e = F_p = mg = (4,4 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ m/s}^2) = 43 \text{ N}$$

per cui l'allungamento della molla è

$$\Delta x = \frac{F_e}{k} = \frac{43 \text{ N}}{480 \text{ N/m}} = 0,090 \text{ m} = 9,0 \text{ cm}$$

Quindi la distanza del lampadario dal soffitto è

$$L = L_0 + \Delta x = 18 \text{ cm} + 9,0 \text{ cm} = 27 \text{ cm}$$

■ Discussione

Ogni molla ha una sua lunghezza *a riposo* L_0 , quando non è sottoposta ad alcuna forza, mentre ha lunghezza variabile L quando è sottoposta a forze. L'intensità della forza elastica che la molla esercita non è proporzionale né a L_0 né a L , ma a $\Delta r = |L - L_0|$.

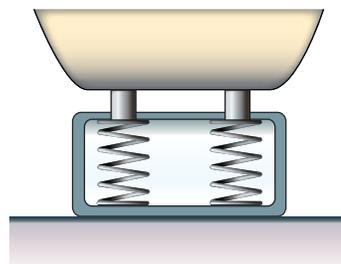
9

★★★

Una bilancia da cucina ha al suo interno due molle parallele, di costante elastica 250 N/m. La ditta che la produce vuole sostituire le due molle con un'unica molla, della stessa lunghezza, in modo tale che la bilancia funzioni allo stesso modo.

► Quanto deve valere la costante elastica della nuova molla?

[500 N/m]



10 ★★★ Una forza di 40 N applicata a un tavolo vuoto posto su un pavimento privo di attrito produce un'accelerazione di $3,4 \text{ m/s}^2$. Sul tavolo vengono posti 10 libri, e il tavolo su cui agisce la stessa forza acquista ora un'accelerazione di $2,4 \text{ m/s}^2$.

► Determina la massa totale dei libri.

[4,9 kg]

11 ★★★ Uno studio di ingegneria specializzato in locomotive deve verificare le caratteristiche di una motrice di massa $m_1 = 3,6 \times 10^4 \text{ kg}$, che può trainare tre vagoni passeggeri, ciascuno di massa m_p , pari a un terzo di m_1 , con accelerazione costante di $0,1 \text{ m/s}^2$. L'azienda ferroviaria intende utilizzarla per trainare vagoni merci di massa m_m pari alla metà di m_1 con la stessa accelerazione.

► Calcola quanti vagoni merci può trainare il motore della locomotiva.

[2]

12 ★★★ Uno scatolone di 5,6 kg ha ricevuto una spinta e ora striscia sul pavimento finché va a urtare contro un'estremità di una molla orizzontale, di massa trascurabile e costante elastica 320 N/m . L'altro capo della molla è fissato al muro. Tra lo scatolone e il pavimento è presente attrito, con coefficiente di attrito dinamico 0,10.

► Qual è l'accelerazione dello scatolone quando ha compresso la molla di 2,0 cm?

► Quanto vale in quell'istante la forza che lo scatolone esercita sulla molla?

[2,1 m/s^2 ; 6,4 N]

13 ★★★ Su un montacarichi di massa 16 kg si trova una bilancia da cucina di massa 3,0 kg. Sul suo piatto viene appoggiato un pacco di zucchero da 1,0 kg. Il montacarichi viene tirato verso l'alto con una forza di 220 N. Trascura l'effetto dell'aria.

► Che valore indica la bilancia?

[1,1 kg]

14 ★★★ Un ascensore di massa 450 kg è tirato verso l'alto da una forza di intensità 6000 N. Un uomo di 75,0 kg si trova all'interno dell'ascensore.

► Qual è l'intensità della forza che l'ascensore esercita sull'uomo?

► E quella della forza che l'uomo esercita sull'ascensore?

[$8,6 \times 10^2 \text{ N}$; $8,6 \times 10^2 \text{ N}$]

PROBLEMI GENERALI

1 ★★★ Su un treno che si muove lungo un binario rettilineo alla velocità di 48 km/h, un bambino in fondo a un vagone dà un calcio a un pallone verso la testa del vagone alla velocità di 2,0 m/s. Il vagone è lungo 16 m.

► Rispetto a un osservatore a terra, quanto vale la distanza percorsa dalla palla quando arriva alla testa del vagone?

[1,2 $\times 10^2 \text{ m}$]

2 ★★★ Martina nuota in un fiume seguendo il verso della corrente, che scorre alla velocità di 1,8 m/s. Così facendo, Martina impiega 16 s a percorrere la distanza di 96 m che separa un ponte da un altro. Raggiunto il secondo ponte, Martina si volta e risale il fiume nuotando con la stessa velocità.

► Qual è la velocità di Martina rispetto al fiume?

► Quanto tempo impiega per tornare al primo ponte?

[4,2 m/s; 40 s]

3 ★★★ Andrea e Beatrice si trovano sul ponte di una nave che viaggia alla velocità di 11 m/s, a distanza di 6 m l'uno dall'altra, e si lanciano una palla che impiega 3 s per percorrere la distanza che li separa. Giovanni si trova su una seconda nave che viaggia parallelamente alla prima, e osserva che la palla si sposta di 12 m quando Andrea, che si trova a poppa, lancia la palla a Beatrice che si trova a prua.

► Con quale velocità si muove la nave su cui viaggia Giovanni?

► Qual è la velocità della palla secondo Giovanni quando Beatrice la lancia ad Andrea?

[9 m/s; 0 m/s]

4 ★★★ Una slitta di 160 kg viene trainata da una muta di cani, che esercitano una forza $F(t)$ variabile nel tempo, come riportato nel grafico sottostante. Tra la slitta e il terreno innevato è presente attrito, con coefficiente di attrito dinamico $\mu = 0,051$.

ESERCIZI

La slitta è inizialmente già in movimento.

- In quale intervallo di tempo l'accelerazione della slitta è positiva? In quale negativa?
- Calcola le accelerazioni della slitta negli intervalli di tempo in cui essa è costante.



[Nei primi 5 s; da 5 s a 10 s; $0,13 \text{ m/s}^2$; $-0,13 \text{ m/s}^2$]

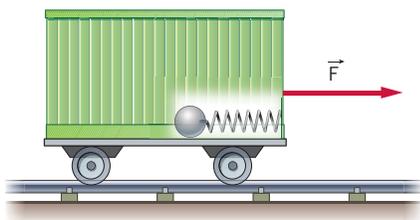
- 5** ★★★ Un uomo, di massa 75 kg, si trova sopra una bilancia pesapersona all'interno di un ascensore, che scende con un'accelerazione di $0,39 \text{ m/s}^2$.

- Quanti kilogrammi indica la bilancia?

[72 kg]

- 6** ★★★ Un carrello di massa 24 kg è posto su una superficie priva di attrito ed è tirato da una forza orizzontale di 200 N. All'estremità anteriore del carrello è collegata una molla di massa trascurabile, di costante elastica 150 N/m e lunghezza a riposo di 20 cm. All'altro capo della molla è collegata una palla, di massa 2,0 kg, come mostrato nella figura. La palla è ferma, in posizione di equilibrio.

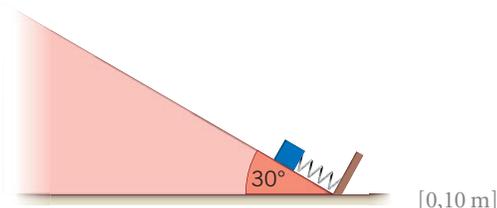
- La molla è dilatata o compressa? Di quanto?



[La molla è dilatata di 10 cm]

- 7** ★★★ Un cubo di massa 340 g si trova su un piano inclinato all'estremità di una molla di costante elastica 140 N/m e lunghezza a riposo 12 cm. La seconda estremità della molla è fissata a un supporto al termine del piano inclinato, come mostrato nella figura. Il piano è inclinato di 30° e il suo attrito con il cubo è trascurabile.

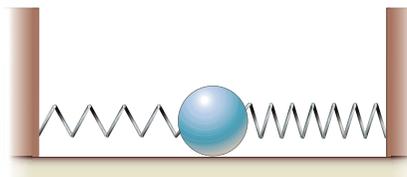
- Quanto deve essere lunga la molla affinché, una volta rilasciata, il cubo parta con accelerazione $3,2 \text{ m/s}^2$?



[0,10 m]

- 8** ★★★ Una palla di massa 2 kg e raggio 5 cm è collegata a due molle, di costanti elastiche rispettivamente 200 N/m e 400 N/m, come mostrato nella figura. La lunghezza a riposo della molla di sinistra è 30 cm, quella della molla di destra è 40 cm. La distanza tra i due estremi delle molle ancorati a sostegni fissi è 1 m. La palla viene posta a metà strada tra i due sostegni fissi e lasciata libera.

- In quale direzione inizierà a muoversi e con quale accelerazione?



[5 m/s^2 , verso sinistra]

- 9** ★★★ Una molla di massa trascurabile, costante elastica 130 N/m e lunghezza a riposo di 16 cm è posta verticalmente su un tavolo. Sopra di essa è appoggiato un cubetto di piombo di massa 200 g, che spinge in basso la molla fino a una lunghezza di 10 cm.

- Quanto vale l'accelerazione iniziale del cubetto lasciato libero?
- Quanto vale la forza che la molla esercita sul cubetto prima della partenza del cubetto?

[29 m/s^2 ; 7,8 N]

QUESITI PER L'ESAME DI STATO

Rispondi ai quesiti in un massimo di 10 righe.

- 1** Esponi i concetti di sistema di riferimento inerziale e di sistema di riferimento non inerziale aiutandoti con degli esempi.

2 Enuncia il primo principio della dinamica e illustra una sua possibile verifica sperimentale.

3 Enuncia il secondo principio della dinamica e illustra una sua possibile verifica sperimentale.

4 Enuncia il terzo principio della dinamica e illustra una sua possibile verifica sperimentale.

TEST PER L'UNIVERSITÀ

1 Un astronauta si pesa sulla Terra e la bilancia segna circa 800 N. L'esperienza viene ripetuta sulla Luna e in questo caso la bilancia segna circa 130 N. A quale delle seguenti ragioni è dovuta tale differenza?

A L'accelerazione di gravità sulla Luna è inferiore a quella sulla Terra.

B La massa dell'uomo sulla Luna è inferiore a quella sulla Terra.

C La bilancia si è rotta durante il viaggio. Il peso dell'astronauta non cambia.

D La Luna ruota intorno al proprio asse con velocità angolare inferiore rispetto a quella della Terra.

E Sulla Luna non c'è l'atmosfera e dunque la pressione è nulla.

(Prova di ammissione al corso di laurea in Scienze Motorie, 2009/2010)

2 Il Titanic aveva una massa di 6×10^7 chilogrammi. Quale forza applicata era necessaria per imprimere un'accelerazione di 0,1 metri al secondo per secondo (senza tener conto degli attriti a cui poteva essere sottoposto)?

A $6 \times 10^7 \times 0,1 = 6 \times 10^6$ newton

B $6 \times 10^7 / 0,1 = 6 \times 10^8$ newton

C $6 \times 10^7 \times 9,8 = 5,9 \times 10^8$ newton

D $6 \times 10^7 \times 9,8 \times 0,1 = 5,9 \times 10^7$ newton

E Una forza pari al suo peso.

(Prova di ammissione al corso di laurea in Medicina Veterinaria, 2008/2009)

PROVE D'ESAME ALL'UNIVERSITÀ

1 Il motore di un modellino d'aereo di 2 kg esercita sull'aereo una forza di 10 N. Se l'aereo accelera a 3 m/s^2 , qual è il modulo della forza della resistenza dell'aria che agisce sull'aereo?

A $F = 4 \text{ N}$

D $F = 12 \text{ N}$

B $F = 6 \text{ N}$

E $F = 16 \text{ N}$

C $F = 8 \text{ N}$

(Esame di Fisica, Corso di laurea in CTF, Università La Sapienza di Roma, 2003/2004)

2 Una stessa forza F agisce dapprima sul corpo m_1 e poi sul corpo m_2 . Si nota che l'accelerazione del primo corpo è esattamente il doppio di quella del secondo corpo. In questo caso quale sarà il rapporto tra le masse dei due corpi definito come $R = m_2 / m_1$?

A $R = 2$

C $R = 4$

E $R = 1$

B $R = 1/2$

D $R = 1/4$

(Esame di Fisica, Corso di laurea in Tossicologia, Università La Sapienza di Roma, 2002/2003)

STUDY ABROAD

1 **STATEMENT 1:** For an observer looking out through the window of a fast moving train, the nearby objects appear to move in the opposite direction to the train, while the distant objects appear to be stationary.

STATEMENT 2: If the observer and the object are moving at velocities \vec{V}_1 and \vec{V}_2 respectively with reference to a laboratory frame, the velocity of the object with respect to the observer is $\vec{V}_2 - \vec{V}_1$.

A Statement 1 is true, Statement 2 is true; Statement 2 is a correct explanation for Statement 1.

B Statement 1 is true, Statement 2 is true; Statement 2 is NOT a correct explanation for Statement 1.

C Statement 1 is true, Statement 2 is false.

D Statement 1 is false, Statement 2 is true.

(Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE), India, 2008/2009)