






## ↑ IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
Apertura capitolo	<p> <b>ESPERIMENTI A CASA</b></p> <p><b>Dov'è l'equilibrio?</b> Usare una leva composta da matita e righello per dimostrare la condizione di equilibrio</p>	2
2. L'equilibrio del punto materiale	<p> <b>ANIMAZIONE</b></p> <p><b>I vincoli e l'equilibrio</b> Forze vincolari e loro ruolo nell'equilibrio statico dei corpi</p>	2
3. L'equilibrio su un piano inclinato	<p> <b>IN LABORATORIO</b></p> <p><b>Equilibrio su un piano inclinato</b> Con un carrello su un piano inclinato si dimostra la relazione tra la componente parallela della forza peso e l'inclinazione del piano</p>	2
4. L'effetto di più forze su un corpo rigido	<p> <b>ANIMAZIONE</b></p> <p><b>L'effetto di più forze su un corpo</b> Come si ricava il punto di applicazione della risultante di più forze su un corpo rigido?</p>	5
I concetti e le leggi	 <b>MAPPA INTERATTIVA</b>	
Esercizi	<p>20 TEST INTERATTIVI SU <b>ZTE</b> CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»</p>	

## ↑ VERSO IL CLIL

 FORMULAE IN ENGLISH		 AUDIO
Balancing force on an inclined plane	$F_E = F_p \frac{h}{l}$	The balancing force on an inclined plane equals the weight force multiplied by the ratio of the height to the length of the inclined plane.
Balancing force on an inclined plane – goniometric expression	$F_E = F_p \sin \alpha$	The balancing force on an inclined plane equals the weight force multiplied by the sine of the angle formed by the plane and the base.
Normal force to the plane	$F_{\perp} = F_p \cos \alpha$	The normal force equals the weight force multiplied by the cosine of the angle formed by the plane and the base.
Equilibrium for parallel forces	$\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}$	The distances from the point of application of parallel forces are inversely proportional to the magnitudes of the forces.
Sum of parallel forces	$F_{tot} = F_1 + F_2$	The magnitude of the sum of two concurrent parallel forces acting in the same direction equals the sum of the magnitudes of the individual forces.

<b>Sum of parallel and opposite forces</b>	$F_{tot} = F_1 - F_2$	The magnitude of the sum of two concurrent parallel forces acting in opposite directions equals the difference of the magnitudes of the individual forces.
<b>Moment of a force</b>	$M = Fb$	The moment of a force about a point equals the product of the magnitude of the force and the length of the moment arm.
<b>Moment of a couple</b>	$M = Fd$	The moment of a force couple equals the magnitude of one force multiplied by the distance between their directions.
<b>Equilibrium condition for a solid body</b>	$\begin{cases} \vec{F}_{tot} = 0 \\ \vec{M}_{tot} = 0 \end{cases}$	The equilibrium condition for a solid body is when the sum of the forces and the sum of the moments are both zero.
<b>Lever equilibrium condition</b>	$F_R b_R = F_M b_M$	The product of the resistance force and the length of the resistance arm equals the product of the motion force and the length of the motor arm.

 **QUESTIONS AND ANSWERS**

 **AUDIO**

- Explain why equilibrium and non-equilibrium can be described in terms of balanced and unbalanced forces. A book lying on a table is acted upon by two forces, gravity exerting a downward force and the upward force of the table on the book. The two forces are balanced and the book is not accelerating, it is at equilibrium. If the book is pushed across the table such that the force applied is greater than the opposing friction force then the horizontal forces acting on the book are unbalanced and the book accelerates from rest.

## PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

### 1 IL PUNTO MATERIALE E IL CORPO RIGIDO

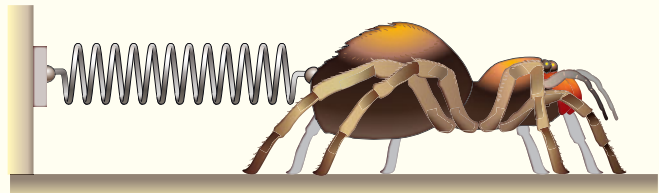
**3 PENSACI BENE** Il moto di un oggetto di grandi dimensioni può essere studiato con il modello del punto materiale?

**4 PENSACI BENE** Il modello del corpo rigido è adatto a descrivere solo oggetti che è impossibile deformare?

### 2 L'EQUILIBRIO DEL PUNTO MATERIALE

#### PROBLEMA MODELLO 1 UN RAGNO «A MOLLA»

Per spaventare sua sorella, Matteo attacca un grosso ragno di gomma di massa 150 g a una molla disposta orizzontalmente che ha una costante elastica di 25 N/m. L'altra estremità della molla è fissata alla parete, come nella figura. Il coefficiente di attrito radente statico tra il ragno e il pavimento vale 0,86.



Matteo comprime la molla di 4,4 cm e la lascia andare proprio mentre passa sua sorella.

- ▶ Calcola il valore della forza vincolare esercitata dal pavimento sul ragno.
- ▶ Quanto vale la forza esercitata dalla molla sul ragno di gomma?
- ▶ Qual è il massimo valore della forza di attrito statico tra il ragno di gomma e il pavimento?
- ▶ In queste condizioni, lo scherzo funzionerà, cioè il ragno si muoverà in avanti verso la sorella di Matteo?

#### ■ DATI

Massa del ragno di gomma:  $m = 150$  g  
 Costante elastica della molla:  $k = 25$  N/m  
 Coefficiente di attrito statico:  $\mu_s = 0,86$   
 Compressione della molla:  $x = 4,4$  cm

#### ■ INCOGNITE

Forza vincolare:  $F_V = ?$   
 Intensità della forza elastica della molla:  $F_{el} = ?$   
 Massimo valore della forza di attrito statico:  
 $F_s^{\max} = ?$

#### L'IDEA

- Il ragno di gomma è sottoposto a quattro forze: la sua forza-peso  $\vec{F}_p$  rivolta verso il basso, la forza vincolare  $\vec{F}_V$  esercitata verso l'alto dal pavimento, la forza elastica  $\vec{F}_{el}$  rivolta verso destra e la forza di attrito radente statico  $\vec{F}_s$  rivolta verso sinistra.
- $\vec{F}_V$  e  $\vec{F}_p$  hanno automaticamente la stessa direzione, versi opposti e moduli uguali; così la loro somma vettoriale è nulla e il ragno è sempre in equilibrio verticale (non tende a salire in alto, né a sprofondare nel pavimento).
- Se la forza elastica ha un valore minore della forza di attrito statico al distacco, il ragno rimarrà fermo; altrimenti si muoverà verso destra.

#### LA SOLUZIONE

##### Calcolo l'intensità della forza vincolare.

Dato che  $F_V = F_p$  ottengo:

$$F_V = mg = (0,150 \text{ kg}) \times (9,8 \text{ N/kg}) = 1,5 \text{ N}.$$

**Calcolo l'intensità della forza elastica della molla.**

Utilizzo la legge di Hooke da cui ricavo:

$$F_{el} = kx = (25 \text{ N/m}) \times (4,4 \times 10^{-2} \text{ m}) = 1,1 \text{ N}.$$

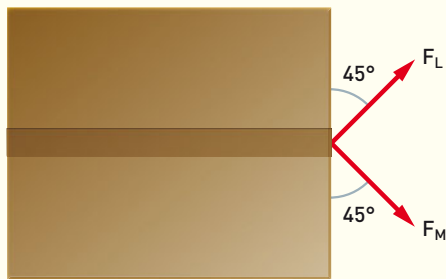
**Determino il massimo valore della forza di attrito statico.**

In questo caso la forza premente è  $\vec{F}_p$ , quindi trovo:

$$F_s^{\max} = \mu_s F_p = \mu_s F_V = 0,86 \times (1,5 \text{ N}) = 1,3 \text{ N}.$$

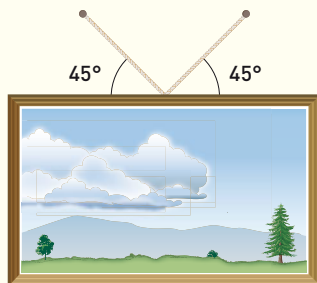
Dato che  $F_{el} < F_s^{\max}$  il ragno rimarrà fermo e lo scherzo di Matteo non funzionerà. Nella risoluzione del problema il ragno di gomma, pur essendo abbastanza grande, è stato considerato come un punto materiale perché può spostarsi verso destra e sinistra ma non ruotare.

- 11** ★★★ Mario e Lucia devono spostare uno scatolone di massa 30 kg appoggiato sul pavimento. Lo tirano da un lato come nella figura. L'intensità della forza esercitata da Mario è uguale a quella di Lucia ed è pari a 131 N. Il coefficiente di attrito statico tra la scatola e il pavimento è di 0,61.



- Mario e Lucia riescono a muovere lo scatolone?

- 12** ★★★ Un quadro di massa 4,0 kg è appeso al muro tramite due fili come in figura.



- Quanto vale l'intensità della tensione su ciascun filo? (La tensione è la forza vincolare esercitata dal filo.)

[28 N]

- 16** ★★★ Un imbianchino di 85,0 kg sale su uno sgabello di massa 5,0 kg e si sporge verso destra per raggiungere la parte più lontana della parete da dipingere. Così facendo spinge lo sgabello esercitando su di esso una forza di 60,0 N inclinata verso il basso che forma un angolo di 30° con la direzione orizzontale.

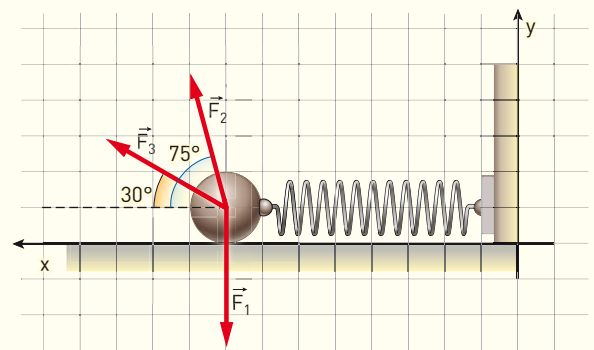
- Quanto vale l'intensità della forza vincolare esercitata dal pavimento?

Per sicurezza, un collega di lavoro assiste l'imbianchino tenendo fermo lo sgabello.

- Quale forza totale (di attrito ed esercitata dal collega) occorre applicare allo sgabello per mantenerlo fermo?

[ $9,1 \times 10^2 \text{ N}$ ; 52 N]

- 17** ★★★ Una palla di massa 1,2 kg è appesa a una molla fissata al muro. La molla è allungata di 16 cm. Il piano orizzontale è liscio e le tre forze visibili nella figura che agiscono sulla pallina hanno intensità:  $F_1 = 30 \text{ N}$ ,  $F_2 = 26 \text{ N}$ ,  $F_3 = 15 \text{ N}$ . Gli angoli che le forze  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_3$  formano con la direzione orizzontale sono indicati nella figura.



- Quale costante elastica deve avere la molla affinché la palla sia in equilibrio?

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

## 3 L'EQUILIBRIO SU UN PIANO INCLINATO

**20** Una valigia senza ruote è appoggiata su un piano inclinato. La forza d'attrito tiene in equilibrio la valigia.

- ▶ Da cosa dipende il valore massimo della forza d'attrito statico?
- ▶ Aumentando la pendenza del piano come varia la forza d'attrito?
- ▶ Fino a quando la valigia rimane in equilibrio?

**21** Su una lunga pista che ha un'inclinazione di  $12^\circ$  poggiano tre mattoni identici. Le altezze dal suolo a cui si trovano i tre mattoni sono ognuna il doppio della precedente.

- ▶ In che rapporto stanno le forze equilibranti che li tengono fermi sulla pista?

**29** **★★★** Un secchiello pieno d'acqua è appoggiato su uno scoglio inclinato di  $15^\circ$ . La forza vincolare dello scoglio sul secchiello vale 13,3 N.

- ▶ Qual è la massa del secchiello?

[1,4 kg]

**30** **★★★** Un carro attrezzi solleva una macchina usando il gancio sul retro per poterla caricare. Quando la parte posteriore è sollevata di 1,2 m rispetto al suolo, un gadget che si trova a terra sul tappetino all'interno della macchina inizia a scivolare. Il coefficiente di attrito tra la superficie del tappetino e l'oggetto vale 0,32.

- ▶ Quanto è lunga la macchina?

[3,9 m]

**31** **★★★** Nella stiva di una nave una cassa contenente materiale fragile è fissata alla parete tramite un laccio di costante elastica 1300 N/m. La massa della cassa è 240 kg e il coefficiente di attrito statico tra la cassa e il pavimento vale 0,42. Durante il viaggio la nave si inclina di  $30^\circ$  a causa di un'onda.

- ▶ Qual è il valore massimo della forza di attrito statico quando la nave è inclinata?
- ▶ Di quanto si allunga il laccio per non far scivolare via la cassa?

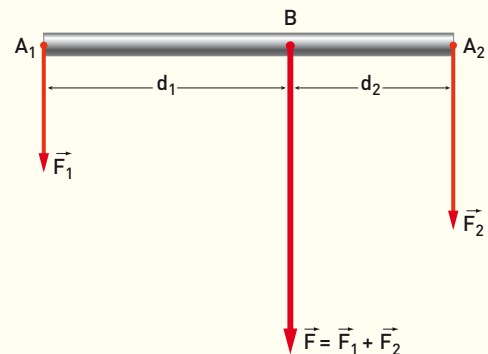
[ $8,6 \times 10^2$  N; 25 cm]

## 4 L'EFFETTO DI PIÙ FORZE SU UN CORPO RIGIDO

### PROBLEMA MODELLO 3 SPINGERE UN TAPPETO ARROTOLATO

Due addetti stanno spingendo un tappeto che è stato arrotolato su sé stesso e avvolto in una guaina di cellophane. Esercitano due forze parallele e concordi  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  entrambe perpendicolari all'oggetto e applicate rispettivamente nei punti  $A_1$  e  $A_2$ , mentre la forza risultante è applicata nel punto  $B$ . I moduli delle due forze sono  $F_1 = 40$  N e  $F_2 = 60$  N e la distanza tra  $A_1$  e  $B$  è  $d_1 = \overline{A_1B} = 1,8$  m.

- ▶ Determina la distanza  $d_2$  tra  $B$  e  $A_2$ .
- ▶ Quanto è largo il tappeto?



#### ■ DATI

Modulo della prima forza:  $F_1 = 40$  N  
 Modulo della seconda forza:  $F_2 = 60$  N  
 Distanza tra  $A_1$  e  $B$ :  $d_1 = 1,8$  m

#### ■ INCOGNITE

Distanza tra  $B$  e  $A_2$ :  $d_2 = ?$   
 Larghezza del tappeto:  $L = ?$

### L'IDEA

- Le due forze sono parallele e concordi, quindi le distanze  $d_1$  e  $d_2$  sono legate dalla relazione:  $\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}$ .
- La larghezza del tappeto è data dalla somma  $d_1 + d_2$ .

### LA SOLUZIONE

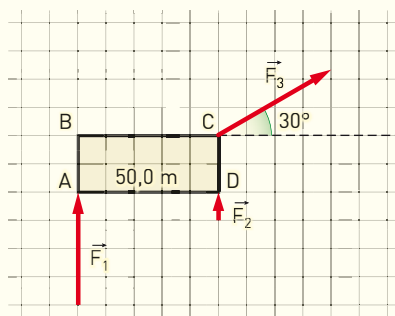
Ricavo la distanza tra i punti B e A<sub>2</sub>.

$$d_2 = d_1 \frac{F_1}{F_2} = (1,8 \text{ m}) \times \frac{40 \text{ N}}{60 \text{ N}} = 1,2 \text{ m}.$$

Calcolo la larghezza del tappeto.

$$L = d_1 + d_2 = 1,8 \text{ m} + 1,2 \text{ m} = 3,0 \text{ m}.$$

**39** **\*\*\*** Su un corpo rigido agiscono tre forze come mostrato nella figura. Le intensità valgono:  $F_1 = 80 \text{ N}$ ,  $F_2 = (1/4)F_1$ ,  $F_3 = \sqrt{3}F_1$ .



- ▶ Quanto vale la forza risultante di  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$ ?
- ▶ Quanto dista il suo punto di applicazione da quello di  $\vec{F}_1$ ?
- ▶ Determina la forza risultante totale.

[100 N; 10,0 m;  $2,1 \times 10^2 \text{ N}$ ]

**40** **\*\*\*** Per spostare un armadio Paolo e Fabio spingono alle due estremità del mobile perpendicolarmente a esso. Paolo esercita una forza di 170 N, Fabio di 88 N. La distanza tra i punti di applicazione delle forze è 125 cm.

- ▶ Calcola l'intensità della forza risultante.
- ▶ A che distanza si trova il punto di applicazione della risultante dai punti di applicazione delle forze esercitate da Paolo e da Fabio?

[258 N; 0,43 m, 0,82 m]

**41** **\*\*\*** Due operai devono trasportare una cassa del peso di 1000 N, appoggiata su un'asse lunga 2,0 m e di peso trascurabile. La cassa dista 80 cm da uno dei due operai.

- ▶ Quanto valgono le intensità delle forze che devono applicare gli operai per poterla sostenere?
- ▶ Quale dei due operai deve applicare la forza di intensità maggiore?

[400 N; 600 N]

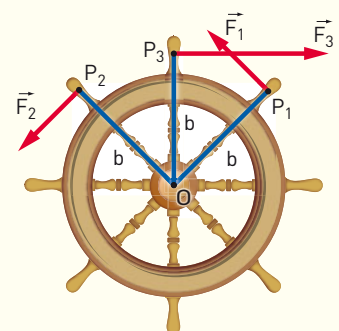
## 5 IL MOMENTO DI UNA FORZA

### PROBLEMA MODELLO 4 AL TIMONE DELLA NAVE

Il comandante di un veliero lascia temporaneamente il timone a un giovane marinaio per poter bere un caffè. Dopo pochi minuti il marinaio effettua una manovra per virare a sinistra. Il marinaio agisce sulle caviglie del timone con due forze contemporanee, che spingono in modo da ruotare il timone in senso antiorario (come nella figura). Le due forze hanno lo stesso modulo  $F_1 = F_2 = 180 \text{ N}$  e sono disposte in direzione perpendicolare alle caviglie. La distanza tra le mani del timoniere e il centro O di rotazione del timone è  $b = 73 \text{ cm}$ .

Il comandante si accorge che in quella direzione c'è uno scoglio che il marinaio non ha notato e interviene afferrando una caviglia e tirando forte verso destra come mostra la figura con una forza  $F_3 = 370 \text{ N}$ , anch'essa perpendicolare alla caviglia.

- ▶ Determina il momento totale M, calcolato rispetto al polo O, che il marinaio esercita sulla ruota del timone.
- ▶ Il comandante riuscirà a correggere la manovra del marinaio evitando che la nave giri a sinistra?



## ■ DATI

Forze esercitate dal marinaio:  $F_1 = F_2 = 180 \text{ N}$   
 Distanza tra le mani e il punto  $O$ :  $b = 73 \text{ cm}$   
 Forza esercitata dal comandante:  $F_3 = 370 \text{ N}$

## ■ INCOGNITE

Momento totale rispetto al punto  $O$ :  $M_{tot} = ?$   
 La nave gira a sinistra?

## L'IDEA

- Le forze  $F_1$ ,  $F_2$  e  $F_3$  sono perpendicolari rispettivamente ai segmenti  $OP_1$ ,  $OP_2$  e  $OP_3$ . Quindi i bracci delle forze sono tutti uguali a  $b$ .
- Utilizzo la formula  $M = Fb$  per calcolare i moduli dei momenti rispetto al punto  $O$ .
- I momenti  $M_1$  e  $M_2$  delle forze esercitate dal marinaio sono positivi perché tendono a generare rotazioni in senso antiorario, mentre il momento  $M_3$  della forza applicata dal comandante è negativo.
- Controllo se il momento totale rispetto al punto  $O$  è negativo o positivo per determinare se la nave girerà a sinistra.

## LA SOLUZIONE

### Calcolo il momento totale esercitato dal marinaio.

Dato che  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  hanno modulo uguale e braccio uguale rispetto a  $O$ , anche i momenti hanno lo stesso valore:

$$M_1 = M_2 = (180 \text{ N}) \times (0,73 \text{ m}) = 1,3 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Quindi il modulo del momento totale vale:

$$M = M_1 + M_2 = 2 \times (1,3 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}) = 2,6 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

### Calcolo il momento esercitato dal comandante.

$$M_3 = -F_3 b_3 = -(370 \text{ N}) \times (0,73 \text{ m}) = -2,7 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

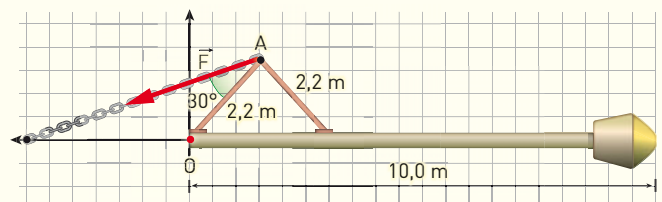
### Stabilisco se la nave girerà a sinistra

Il momento totale rispetto al punto  $O$  è dato da:

$$M_{tot} = M_3 + M = (-2,7 \times 10^2 + 2,6 \times 10^2) \text{ N} \cdot \text{m} = -1 \times 10^1 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Poiché il momento totale è negativo, il timone girerà in senso orario, quindi la nave non virerà a sinistra.

**55** ★★★ Bob deve issare il palo centrale che dovrà sostenere un grosso tendone da circo. Il palo è fissato nel punto  $O$  ma può ruotare intorno a esso. Così Bob fissa sul palo due aste uguali lunghe  $2,2 \text{ m}$  e posizionate come nella figura e aggancia una catena nel punto  $A$ . Il pomo sulla punta del palo ha una massa di  $14 \text{ kg}$ , mentre le masse del palo e delle aste sono trascurabili. Con un macchinario esercita una forza  $\vec{F}$  di intensità  $2460 \text{ N}$  diretta come nella figura.



- Calcola il momento della forza  $\vec{F}$  rispetto al punto  $O$ .
- Il momento della forza  $\vec{F}$  è sufficiente per sollevare il palo?

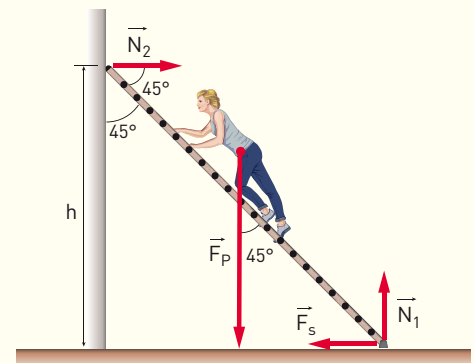
[ $2,7 \times 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}$ ; sì]

## 6 L'EQUILIBRIO DI UN CORPO RIGIDO

### PROBLEMA MODELLO 5 IN EQUILIBRIO SULLA SCALA

Emma è in equilibrio a metà di una scala lunga 2,60 m come nella figura. Non c'è attrito tra la scala e la parete mentre c'è attrito tra la scala e il pavimento. La scala forma con il pavimento un angolo di 45°. Emma pesa 490 N, la scala invece ha un peso trascurabile.

- Calcola l'intensità della forza d'attrito.



#### ■ DATI

Valore del peso di Emma:  $F_p = 490 \text{ N}$   
 Angolo tra la scala e il pavimento:  $\alpha = 45^\circ$   
 Lunghezza scala:  $L = 260 \text{ m}$

#### ■ INCOGNITE

Forza d'attrito:  $F_s = ?$

### L'IDEA

- La condizione di equilibrio ci dice che la somma delle forze e la somma dei momenti sono nulle.
- Le forze in gioco sono quattro: due con direzione parallela al pavimento (la forza d'attrito  $\vec{F}_s$  e la reazione vincolare della parete  $\vec{N}_2$ ), due perpendicolari al pavimento (la forza-peso  $\vec{F}_p$  e la reazione vincolare del pavimento  $\vec{N}_1$ ). Dalla condizione di equilibrio delle forze ricaviamo:  $F_p = N_1$  e  $F_s = N_2$ .
- Calcoliamo i momenti delle forze rispetto al punto in cui la scala tocca il pavimento. Osserviamo che i momenti della forza d'attrito e della reazione vincolare del pavimento sono nulli.
- Poniamo uguale a zero la somma dei momenti delle forze che restano, cioè:  $N_2 h - F_p \sin \alpha (L/2) = 0$ , dove  $\alpha = 45^\circ$  e  $h = L \sin \alpha$ .
- Dalla condizione di equilibrio per i momenti delle forze, ricaviamo il valore dell'unica incognita  $N_2$ .
- La forza d'attrito ha la stessa intensità di  $N_2$ , come abbiamo ricavato dall'equilibrio delle forze.

### LA SOLUZIONE

Scrivo l'equazione per l'equilibrio dei momenti.

$$M_p = M_{N_2} \rightarrow \frac{L}{2} F_p \sin \alpha = L N_2 \sin \alpha.$$

Ricavo  $N_2$  dall'equazione e sostituisco i valori numerici.

$$N_2 = \frac{L F_p \sin \alpha}{2 L \sin \alpha} = \frac{F_p}{2} = \frac{490 \text{ N}}{2} = 2,5 \times 10^2 \text{ N}.$$

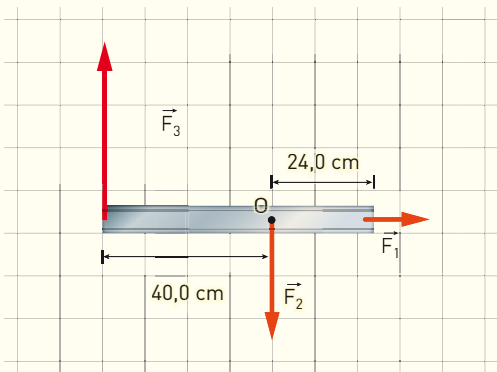
Posso concludere che:

$$F_s = N_2 = 2,5 \times 10^2 \text{ N}.$$

Se aumenta l'angolo di inclinazione della scala rispetto al pavimento, a parità di altre condizioni, il valore della forza di attrito fra la scala e il pavimento diminuisce.

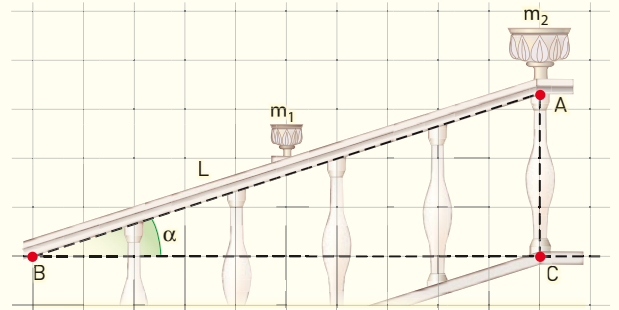


**62** ★★★ Un'asta di alluminio è sottoposta alle forze rappresentate nella figura che hanno intensità:  $F_1 = 8,0 \text{ N}$ ,  $F_2 = 16,0 \text{ N}$ ,  $F_3 = 24,0 \text{ N}$ . Considera i momenti calcolati rispetto al punto  $O$ .



► Determina, se possibile, quale singola forza  $\vec{F}$  si deve esercitare sull'asta in modo che sia in equilibrio.

**63** ★★★ La ringhiera di una scalinata di lunghezza  $L$  ha una pendenza  $\alpha$  rispetto al suolo. A metà e sulla cima della ringhiera sono posizionati due capitelli di gesso di massa  $1,6 \text{ kg}$  e  $5,0 \text{ kg}$  rispettivamente, su cui si possono poggiare dei vasi da fiori. La situazione è schematizzata nella figura, dove sono indicati i punti  $B$  e  $C$  di appoggio della ringhiera. Trascura la massa della ringhiera rispetto a quella dei capitelli; trascura l'attrito.



► Calcola le intensità delle forze vincolari nei punti di appoggio  $B$  e  $C$ .

**Suggerimento:** il sistema è in equilibrio; calcola i momenti rispetto al punto  $A$  della ringhiera.

[7,8 N; 57 N]

## 7 LE LEVE

**67** **APPLICA I CONCETTI** Giacomo deve sollevare un oggetto molto pesante.

► Quale genere di leva gli conviene utilizzare?

**68** **APPLICA I CONCETTI** Nel canottaggio, o voga all'inglese, il remo è una leva.

► Sai dire dov'è il fulcro, e dove vengono applicate la forza resistente e motrice?

► Di che genere è?

**69** **PENSACI BENE** Il coperchio di alluminio di una scatola di tonno sott'olio che si apre arrotolandolo dalla linguetta è una leva svantaggiosa o vantaggiosa?

**79** ★★★ Per rompere il guscio di una noce Sofia usa uno schiaccianoci. La noce dista dal fulcro  $2,5 \text{ cm}$ . Sofia vorrebbe esercitare una forza inferiore del 70% alla resistenza massima.

► A che distanza dal fulcro dovrebbe impugnare lo schiaccianoci?

[8,3 cm]

**80** ★★★ Per trasportare una valigia Antonio usa un carretto inclinato come mostra la figura. Solleva il carretto esercitando una forza di  $68 \text{ N}$  e afferrando il manico del carretto a  $1,70 \text{ m}$  dalle ruote. La valigia si trova a  $40 \text{ cm}$  dalle ruote.

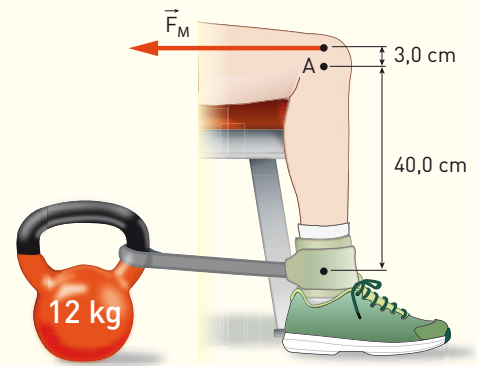


► Quanto pesa la valigia?

**Suggerimento:** il fulcro della leva rappresentata dal carretto si trova in corrispondenza delle ruote.

[ $1,7 \times 10^2 \text{ N}$ ]

**81** ★★★ In palestra Giovanni, per rinforzare il muscolo quadricipite della gamba, si siede su uno sgabello e allaccia alla caviglia una cinghia collegata a un peso di massa 12 kg. Il muscolo esercita la sua forza in un punto a una distanza di 3,0 cm dall'articolazione del ginocchio (punto A nella figura, considerato come fulcro) e la cinghia dista 40,0 cm dallo stesso punto.



- ▶ Di che tipo di leva si tratta? È vantaggiosa?
- ▶ Calcola l'intensità della forza esercitata dal muscolo per sollevare il peso.

[1,6 × 10<sup>3</sup> N]

## 8 IL BARICENTRO

**84** **APPLICA I CONCETTI** Prendi due bottiglie di plastica vuote identiche e versa dell'acqua in una delle due.

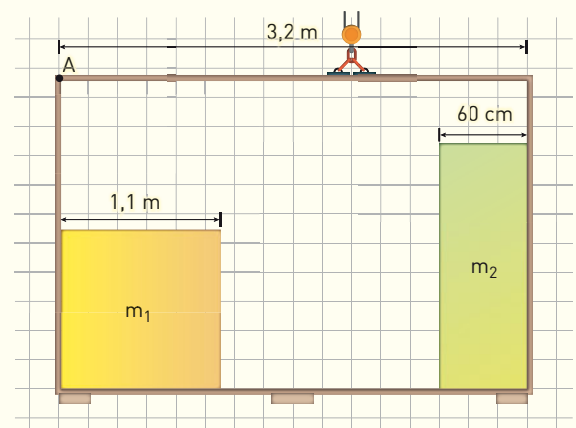
- ▶ Dove si trova approssimativamente il baricentro nelle due bottiglie?

**85** **PENSACI BENE** La sagoma di una moto di cartone è appesa al muro con una puntina.

- ▶ Su quale retta si trova il baricentro?
- ▶ Come si può fare per trovare il baricentro in modo preciso?

**Suggerimento:** Cosa succede se sposti la puntina?

**90** ★★★ Una grossa cassa di massa 80 kg contiene all'interno due scatole piene di bicchieri di cristallo di massa  $m_1 = 45$  kg e  $m_2 = 110$  kg, come si vede nella figura. Un magazzinoere deve sollevare la cassa in verticale con una gru. È importante che la cassa non si inclini verso destra o verso sinistra. L'uomo decide quindi di agganciare la fune della gru alla distanza di 2,0 m dal punto A.



- ▶ Quanto distano rispetto al punto A le rette su cui si trovano i baricentri della cassa e delle scatole?
- ▶ Stabilisci se la cassa si inclinerà.

[1,6 m; 55 cm; 2,9 m]

## PROBLEMI GENERALI

**7** ★★★ Nella scena di un film un malvivente cerca di bloccare una porta semiaperta, per impedire al poliziotto di aprirla. Il malvivente preme sulla porta a 62 cm dai cardini, con una forza di intensità 740 N. Il poliziotto spinge dall'altra parte, a 78 cm dai cardini, con una forza di 620 N.

- ▶ Quanto vale, rispetto ai cardini, il momento della forza esercitata dal malvivente?
- ▶ Quanto vale, rispetto ai cardini, il momento della forza esercitata dal poliziotto?
- ▶ Da che parte gira la porta?

[ $4,6 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ;  $4,8 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ]

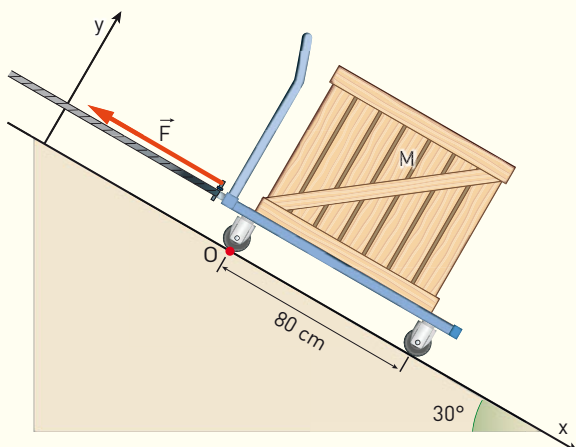
**8** ★★★ La pedana stabilometrica è un dispositivo che permette di analizzare la postura di una persona. In caso di postura perfetta il peso dovrebbe essere distribuito in parti uguali sui due piedi. Il soggetto viene fatto salire sulla pedana in modo che i suoi piedi poggino su due sostegni in due punti stabiliti. Misurando le forze vincolari sviluppate in corrispondenza dei punti di appoggio dei piedi si risale al peso del soggetto e alla posizione del suo baricentro.

Antonio sale su una semplice pedana di questo tipo in cui la distanza tra i punti di appoggio dei piedi vale 22,0 cm e legge i valori delle forze esercitate dal sostegno di sinistra e da quello di destra:  $F_S = 347 \text{ N}$  e  $F_D = 353 \text{ N}$ .

- ▶ Calcola la massa di Antonio.
- ▶ Trova la posizione del baricentro del suo corpo rispetto al piede sinistro.
- ▶ La postura di Antonio è perfetta?

[71 kg; 11,1 cm]

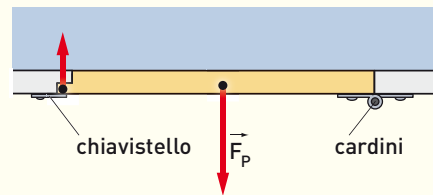
**16** ★★★ Un carrello trasporta una cassa di massa  $M = 250 \text{ kg}$  e alta 70 cm che poggia a metà tra le due ruote. La distanza tra gli assi delle ruote del carrello è  $l = 80 \text{ cm}$  e il diametro delle ruote è  $d = 10 \text{ cm}$ . Il carrello è tenuto fermo da un cavo sopra una rampa liscia che ha un'inclinazione di  $30^\circ$ . Utilizza il sistema di assi cartesiani disegnato nella figura. Trascura la massa del carrello.



- ▶ Quanto vale il modulo della forza  $\vec{F}$  esercitata dal cavo per tenere in equilibrio il carrello?
- ▶ Calcola i moduli delle forze vincolari sulle ruote del carrello.

**Suggerimento:** calcola i momenti delle forze rispetto al punto O.  
 [ $1,2 \times 10^3 \text{ N}$ ,  $1,6 \times 10^3 \text{ N}$ ;  $0,5 \times 10^3 \text{ N}$ ]

**17** ★★★ Una botola orizzontale ha una porta larga 80 cm, con una massa di 31 kg. La porta si apre verso il basso ma, sul lato opposto a quello dei cardini, un chiavistello la tiene in equilibrio.



- ▶ Calcola il momento della forza-peso rispetto ai cardini.
- ▶ Quale dev'essere l'intensità della forza verticale del chiavistello?
- ▶ Di quale genere è la leva realizzata in questo modo?

[ $1,2 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ;  $1,5 \times 10^2 \text{ N}$ ]

**18** ★★★ Un facchino sta tenendo ferma una valigia di 33,5 kg, appoggiata su una passerella inclinata alta 2,40 m e lunga 10,0 m.

- ▶ Qual è il valore della forza equilibrante necessaria a tenere la valigia in equilibrio? (Usa  $g = 9,80 \text{ N/kg}$ .)
- ▶ Quali sono i moduli della forza premente sul piano inclinato (in direzione perpendicolare a esso) e della forza di reazione vincolare del piano?

[78,8 N; 319 N, 319 N]

**19** ★★★ Riconsidera i dati dell'esercizio precedente. Il coefficiente di attrito statico tra la valigia e la passerella è 0,150.

- ▶ Quali sono la direzione e il verso della forza di attrito statico? Disegna uno schema delle forze che agiscono sulla valigia.
- ▶ Determina il modulo della forza di attrito statico.
- ▶ Calcola la forza che deve essere esercitata dal facchino per tenere la valigia in equilibrio.

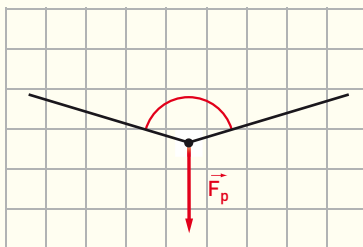
[47,9 N; 30,9 N]

**20** ★★★ Un agricoltore appende un pesante sacco a una fune tesa tra due alberi, come è mostrato nella fotografia.



Massimiliano Trevisan

Schematizzando il peso del sacco con un vettore rivolto verso il basso, esaminiamo questa situazione.



- ▶ Copia la figura precedente su un foglio a quadretti. Disegna la forza risultante  $\vec{F}$  che i due tratti di fune, a destra e a sinistra del sacco, devono esercitare su di esso perché il tutto sia in equilibrio.
- ▶ Scomponi  $\vec{F}$  lungo le direzioni dei due tratti di fune che sostengono il sacco. Le intensità dei due vettori forza che si esercitano lungo la fune, a destra e a sinistra del sacco, sono maggiori o minori del peso del sacco?

La fune a cui è appeso il sacco potrebbe rompersi, oppure potrebbe staccarsi dagli alberi a cui è legata.

- ▶ Ritieni che tale situazione sia la più sicura possibile? Potresti suggerire come ridurre (se possibile) il rischio di una rottura della fune o degli ancoraggi agli alberi?

## TEST

**6** Per mantenere in equilibrio su uno scivolo un bambino sul quale agisce una forza-peso di 200 N, occorre esercitare una forza:

- A** minore di 200 N.
- B** maggiore di 200 N.
- C** sempre uguale a 200 N.
- D** maggiore o minore di 200 N a seconda dell'altezza dello scivolo.

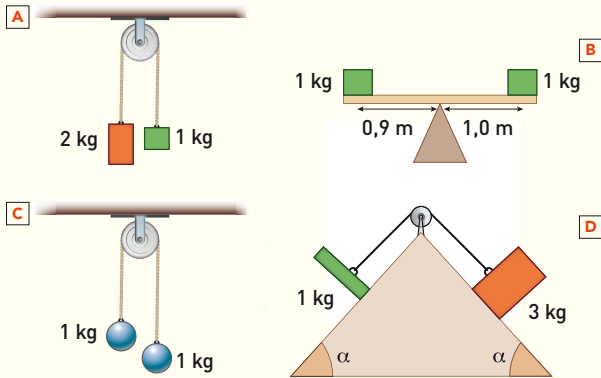
**7** Una coppia di forze è formata da:

- A** due forze perpendicolari, uguali e opposte, applicate in punti diversi dell'oggetto.
- B** due forze perpendicolari, di intensità diverse, applicate in punti diversi dell'oggetto.
- C** due forze parallele, uguali e opposte, applicate in punti diversi dell'oggetto.
- D** due forze parallele, di intensità diverse, applicate nello stesso punto dell'oggetto.

**8** Due forze parallele e concordi, una doppia dell'altra, sono applicate alle due estremità di un'asta rigida. La risultante delle forze è applicata in un punto  $P$ :

- A** posto a metà dell'asta.
- B** posto su un estremo dell'asta.
- C** posto a un terzo della lunghezza dell'asta, dalla parte della forza minore.
- D** posto a un terzo della lunghezza dell'asta, dalla parte della forza maggiore.

**9** Nei dispositivi rappresentati le funi hanno massa trascurabile rispetto ai carichi, gli attriti sono trascurabili e l'asse di appoggio è omogenea. Quale di essi è in equilibrio?

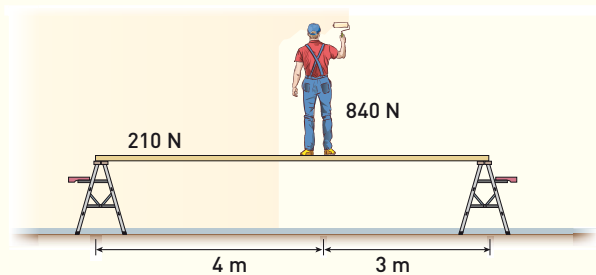


(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, 2010)

**10** Quale di queste è una leva di secondo genere?

- A** Piede di porco.
- B** Pinze del camino.
- C** Canna da pesca.
- D** Trolley.

**11** Un tale, per dipingere una parete, è salito su di un'asse appoggiata su due cavalletti, come si può vedere nella figura. L'asse, omogenea, è lunga 7 m e pesa 210 N mentre l'uomo pesa 840 N.

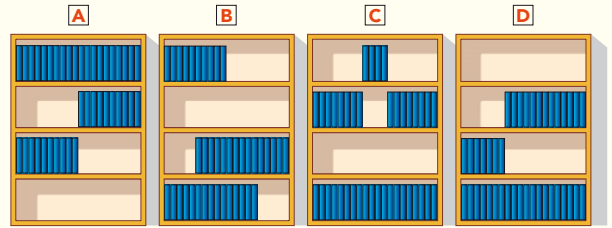


► Quanto vale la forza che preme sul cavalletto che si vede a sinistra nella figura quando l'uomo sta a 4 m da esso?

- A** 350 N
- B** 465 N
- C** 585 N
- D** 1050 N

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, 2008)

**12** Nelle figure si vede la disposizione dei libri in quattro librerie identiche. Quale libreria è facile che si rovesci se viene ruotata un poco in avanti?



(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, 2001)

**13** Il baricentro di un corpo rigido è il punto dove:

- A** si trova tutta la massa del corpo.
- B** si può considerare applicato il peso del corpo.
- C** la densità del corpo è nulla.
- D** si applicano i momenti di tutte le forze agenti sul corpo.

**14** Nella figura è rappresentata un'auto da corsa.



Khafizov Ivan Harisovich/Shutterstock

► Dove viene situato il suo baricentro da chi progetta l'automobile, e perché?

	DOVE?	PERCHÉ?
<b>A</b>	Più in alto possibile	Per dare all'auto maggiore accelerazione
<b>B</b>	Più in alto possibile	Per dare all'auto maggiore stabilità
<b>C</b>	Più in basso possibile	Per dare all'auto maggiore accelerazione
<b>D</b>	Più in basso possibile	Per dare all'auto maggiore stabilità

(Tratto dai *Giocchi di Anacleto*, 2003)

