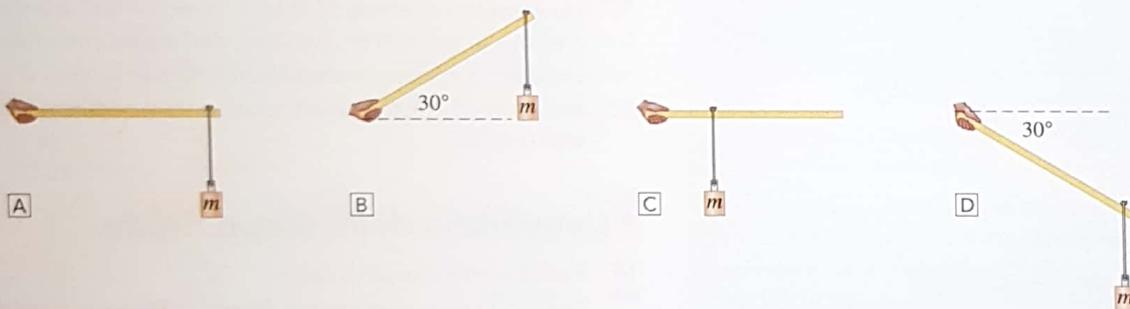




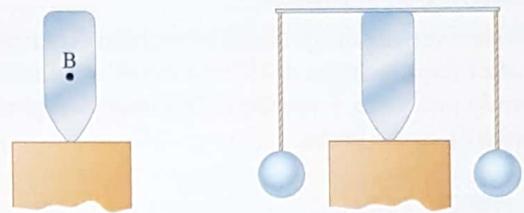
- Un pallone da calcio è un punto materiale o un corpo esteso?
- Fai alcuni esempi di vincoli presenti nella tua aula.
- Elena e Bianca spingono con forze opposte e di uguale intensità una scatola appoggiata su un tavolo. La scatola è in equilibrio?
- È vero che, premendo con forza su un tavolo, la forza vincolare del pavimento aumenta solo se la forza che esercitiamo sul tavolo è perpendicolare a esso?
- Due forze producono lo stesso momento torcente. Puoi dire che hanno la stessa intensità? Giustifica la risposta.
- Fai un esempio di un sistema nel quale il momento torcente risultante è nullo, ma la risultante delle forze è diversa da zero.
- Il punto di applicazione della risultante di due forze agenti su un corpo rigido è sempre interno al corpo?
- Una massa  $m$  è attaccata a un'asta che tu tieni in mano per un'estremità. Ordina i quattro casi illustrati in base alla difficoltà crescente di tenere in mano l'asta.



- Il coperchio a linguetta di una scatola di sardine è una leva vantaggiosa o svantaggiosa?



- L'oggetto a sinistra nella figura è in equilibrio stabile, instabile o indifferente? Che cosa succede se l'oggetto è collegato con un manubrio a due grosse masse, come mostrato nella figura a destra?



## Risolvi i PROBLEMI

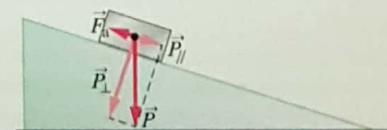
### ■ L'equilibrio di un punto materiale

- In aeroporto**  
Al check-in in aeroporto appoggi la tua valigia sulla bilancia per verificare che il peso sia al di sotto dei limiti imposti dalla compagnia aerea: se il peso risulta essere di 100 N, qual è l'intensità della forza vincolare che agisce su di essa? [100 N]
- Libro sul tavolo**  
Un libro di massa 1,2 kg è appoggiato su un tavolo. Se Nicolò preme sul libro con una forza di 25 N perpendicolare al tavolo, quanto vale la forza vincolare esercitata dal tavolo? [37 N]
- Bambino sul seggiolone**  
Un bambino di 9,3 kg è seduto su un seggiolone di massa 15,5 kg. Determina:  
a) la forza vincolare esercitata dal seggiolone sul bambino;  
b) la forza vincolare esercitata dal pavimento sul seggiolone. [a) 91 N; b) 243 N]

- Forza di una vite**  
Un chiodo di massa trascurabile è fissato su una superficie. Sul chiodo è applicata una forza di intensità 35 N, la cui direzione forma un angolo di  $60^\circ$  rispetto alla superficie. Determina la forza vincolare esercitata dalla superficie sul chiodo. [30 N]

### 5 PROBLEMA SVOLTO

Un blocco di marmo che pesa 200 N è mantenuto in equilibrio dalla forza di attrito statico su un piano inclinato lungo 90,0 cm e alto 4,50 cm. Quanto vale la forza di attrito statico? E la forza vincolare del piano?



### SOLUZIONE

Sul blocco di marmo agisce la forza peso, diretta lungo la verticale.

La forza di attrito statico è la forza equilibrante che mantiene appunto in equilibrio il blocco di marmo. Essa è uguale e opposta alla componente della forza peso parallela al piano inclinato,  $P_{//}$ . Per calcolarne il valore applichiamo la relazione:

$$P_{//} = P \cdot \frac{h}{l} = 200 \text{ N} \cdot \frac{4,50 \text{ cm}}{90,0 \text{ cm}} = 10,0 \text{ N}$$

La forza vincolare è uguale e opposta alla forza premente, cioè alla componente della forza peso perpendicolare al piano inclinato, che possiamo calcolare applicando il teorema di Pitagora:

$$F_v = P_{\perp} = \sqrt{P^2 - P_{//}^2} = \sqrt{(200)^2 - (10)^2} \text{ N} = 200 \text{ N}$$

### 6 PROBLEMA SVOLTO

Valeria mantiene in equilibrio un carrello di massa 12,5 kg su una rampa inclinata di  $13^\circ$  rispetto all'orizzontale, esercitando una forza  $\vec{F}$  parallela alla rampa. Determina l'intensità di questa forza.

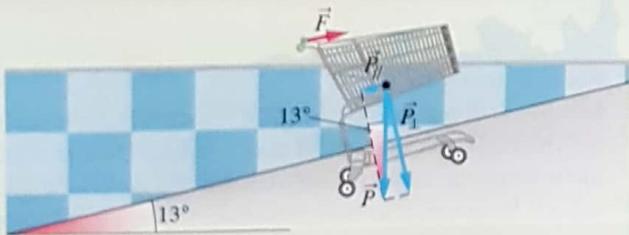


### SOLUZIONE

Calcola la forza peso del carrello:

$$P = mg = (12,5 \text{ kg})(9,81 \text{ N/kg}) = 123 \text{ N}$$

Scomponi la forza peso nelle sue componenti  $P_{//}$  e  $P_{\perp}$ , come mostrato in figura.



Calcola la componente della forza peso del carrello parallela alla rampa:

$$P_{//} = P \sin 13^\circ = (123 \text{ N})(0,22) = 28 \text{ N}$$

La forza equilibrante esercitata da Valeria ha intensità uguale a  $P_{//}$ , quindi 28 N, ed ha verso opposto.

### 7 Tapis-roulant

Una valigia è appoggiata su un tapis-roulant leggermente inclinato, che in una lunghezza di 3,00 m supera un dislivello di 40 cm. Qual è la forza vincolare del piano di appoggio, se la valigia ha una massa di 25 kg? [243 N]

### 8 Bancale sulla rampa

Un bancale carico di bottiglie d'acqua che pesa 1200 N è appoggiato su una rampa lunga 1,0 m e che raggiunge un'altezza di 0,30 m: quale forza bisogna esercitare affinché il bancale non scivoli verso la base della rampa? [366 N]

### 9 Carrozzina sulla rampa

Per tenere in equilibrio una carrozzina su una rampa in discesa è necessaria una forza di 80 N. Se la rampa è lunga 5,00 m e alta 50 cm, qual è la massa della carrozzina? [82 kg]

### 10 Arrampicata

Francesca, che ha una massa di 50 kg, fa arrampicata su una parete inclinata di  $62^\circ$  rispetto all'orizzontale. Calcola l'intensità della componente della forza peso parallela alla parete. [0,43 kN]

### 11 Scatola su piano inclinato

Una scatola di cartone di massa 1,5 kg è in equilibrio su un piano inclinato di un angolo di  $18^\circ$ . Calcola la forza vincolare del piano e la forza di attrito statico sulla scatola. [ $F_v = 14 \text{ N}$ ;  $F_a = 4,5 \text{ N}$ ]

### 12 Caduta massi

Un masso si trova in equilibrio lungo un pendio di lunghezza 340 m e altezza 22 m. Calcola il minimo coefficiente di attrito statico che consente al masso di stare fermo. [0,065]

### 13 Lo scivolo

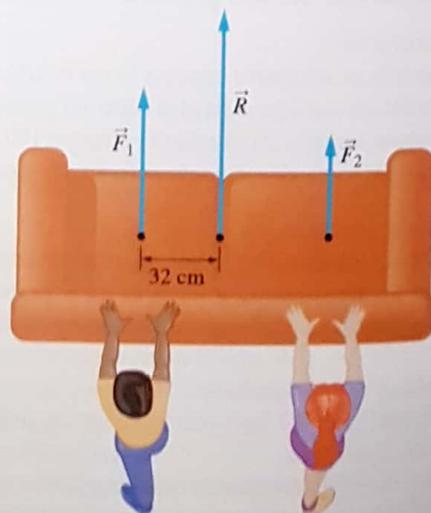
Un bambino di massa 35,0 kg è fermo su uno scivolo alto 1,80 m e lungo 3,70 m. Trascurando l'attrito con lo scivolo, con quale forza si sta tenendo fermo? Qual è la forza se consideri un coefficiente di attrito statico tra il bambino e lo scivolo di 0,780? [167 N; 0 N]

## ■ L'equilibrio di un corpo rigido

### 14 Spinte nello stesso verso

Radu e Ottavia spostano un divano applicando rispettivamente una forza  $\vec{F}_1$  di intensità 135 N e una forza  $\vec{F}_2$  di intensità 92 N, come mostrato in figura. Il punto di applicazione della risultante  $\vec{R}$  dista 0,32 m dal punto di applicazione di  $\vec{F}_1$ .

a) Qual è la distanza tra i punti di applicazione di  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$ ?  
b) Qual è l'intensità della risultante?



[a) 0,79 m; b) 0,23 kN]

### 15 Spinte in verso opposto

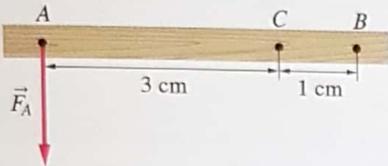
◆◆ Nel problema precedente, se la forza esercitata da Ottavia avesse verso opposto:

- quale sarebbe l'intensità della risultante?
- dove si troverebbe il suo punto di applicazione?

[a] 43 N; b) sull'asse longitudinale del divano, dalla parte di  $\vec{F}_1$ , a 1,68 m dal suo punto di applicazione]

### 16 Forze parallele e concordi

◆◆ Nei punti A e B del corpo rigido rappresentato in figura agiscono due forze parallele e concordi, bilanciate da una forza applicata nel punto C. Se l'intensità di  $\vec{F}_A$  è 4,2 N, qual è l'intensità delle forze  $\vec{F}_B$  e  $\vec{F}_C$  per mantenere il corpo in equilibrio?



[ $F_B = 12,6 \text{ N}$ ;  $F_C = -16,8 \text{ N}$ ]

### 17 Meccanico al lavoro

◆◆ Per avvitare una candela di un'auto, le raccomandazioni tecniche indicano di applicare un momento torcente di  $15 \text{ N} \cdot \text{m}$ . Se un meccanico stringe la candela con una chiave lunga 25 cm, qual è la forza necessaria per produrre il momento torcente desiderato? [60 N]

### 18 Momento torcente sulla spalla

◆◆ Un uomo, tenendo il braccio teso, sostiene un'aspirapolvere di 8,00 kg a una distanza di 0,550 m dalla spalla. Qual è il momento torcente sull'articolazione della spalla se il braccio è orizzontale? [43,2 N·m]

### 19 Ruota della bicicletta

◆◆ La catena di una bicicletta applica un momento torcente di  $0,850 \text{ N} \cdot \text{m}$  alla ruota della bicicletta. Se la ruota ha un raggio di 33 cm, qual è la forza tangenziale che agisce sulla ruota? [2,6 N]

### 20 Trappola per granchi

◆◆ Una persona cala lentamente una trappola per granchi di 3,6 kg da una banchina, come mostrato nella figura. Quale momento torcente esercita la trappola rispetto alla spalla della persona? [25 N·m]



### 21 Momenti... di gloria

◆◆ Durante la premiazione di un torneo di calcio il vincitore tiene in mano il trofeo, di 1,61 kg, a una distanza di 0,605 m dall'articolazione della spalla. Indica quale momento torcente esercita il trofeo rispetto alla spalla se il braccio è orizzontale. [9,56 N·m]



### 22 Forza applicata al cerchione

◆◆ Una forza di 8,8 N è applicata al cerchione di una ruota di raggio 0,41 m. La direzione della forza forma un angolo di  $22^\circ$  rispetto alla direzione radiale. Qual è il momento torcente prodotto da questa forza? [1,4 N·m]

### 23 In quale verso ruota?

◆◆ In un giardino pubblico un bambino di 16 kg siede all'estremità destra di un'altalena formata da un lungo asse orizzontale, a 1,5 m dal fulcro. Un adulto spinge verso il basso l'estremità sinistra dell'altalena con una forza di 95 N. Stabilisci in quale verso ruota l'altalena se l'adulto applica la forza alla distanza dal fulcro di:

- 3,0 m
- 2,5 m
- 2,0 m

[a] antiorario, il bambino si muove verso l'alto;  
b) antiorario, il bambino si muove verso l'alto;  
c) orario, il bambino si muove verso il basso]

### 24 Coppia di forze su un barattolo

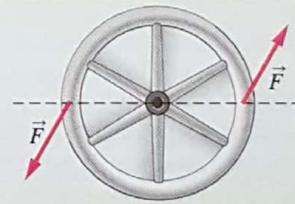
◆◆ Per aprire un barattolo si applica al coperchio una coppia di forze tangenziali di intensità 40 N. Se il raggio del coperchio è 4,0 cm, quanto vale il momento della coppia? [3,2 N·m]

### 25 Una sola forza sul barattolo

◆◆ Con riferimento al problema precedente, se si usa un apribarattoli manuale, quale forza bisogna applicare a una distanza di 12 cm dal centro del coperchio per svitarlo? [27 N]

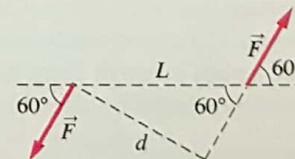
## 26 PROBLEMA SVOLTO

Sulla maniglia della porta di un caveau si applica una coppia di forze di intensità 50 N, inclinate di  $60^\circ$  rispetto all'orizzontale, come mostrato in figura. Se il diametro  $L$  della maniglia è 30 cm, quanto vale il momento della coppia?



### SOLUZIONE

Disegna lo schema delle forze indicando i dati del problema.



Calcola la distanza  $d$  tra le rette di azione delle due forze:

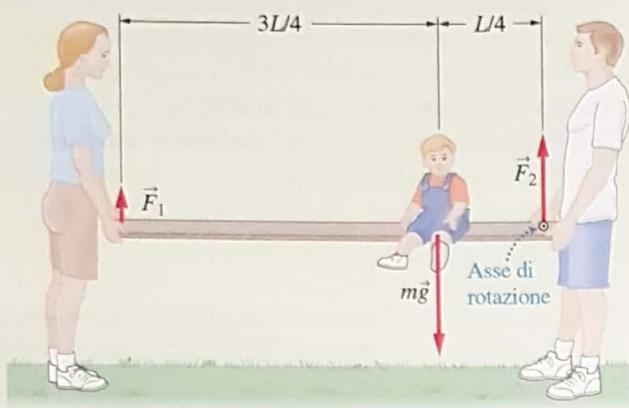
$$d = L \sin 60^\circ = (30 \text{ cm}) (0,866) = 26 \text{ cm}$$

Calcola il momento della coppia:

$$M_c = dF = (0,26 \text{ m}) (50 \text{ N}) = 13 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## 27 PROBLEMA SVOLTO

Un bambino di massa  $22,0 \text{ kg}$  è seduto su una tavola di legno di lunghezza  $L = 2,0 \text{ m}$  e di peso trascurabile, sostenuta dai suoi genitori, che esercitano le forze  $\vec{F}_1$  ed  $\vec{F}_2$ , come indicato in figura. Determina le forze necessarie per mantenere la tavola in equilibrio statico. Scegli l'estremo di destra della tavola come asse di rotazione.



### SOLUZIONE

Poni la prima condizione di equilibrio, cioè forza risultante esercitata sulla tavola uguale a zero:

$$R = 0 \rightarrow F_1 + F_2 - mg = 0$$

Poni la seconda condizione di equilibrio, cioè momento torcente totale esercitato sulla tavola uguale a zero:

$$M_{\text{tot}} = 0 \rightarrow -F_1 \cdot L + mg \cdot \frac{1}{4}L = 0$$

Nella condizione sui momenti compare solo una delle due ignote,  $F_1$ . Utilizza questa condizione per determinare  $F_1$ :

$$F_1 = \frac{1}{4}mg = \frac{1}{4}(22,0 \text{ kg})(9,81 \text{ N/kg}) = 54 \text{ N}$$

Sostituisci  $F_1$  nella condizione delle forze per determinare  $F_2$ :

$$F_2 = mg - \frac{1}{4}mg = \frac{3}{4}mg = \frac{3}{4}(22,0 \text{ kg})(9,81 \text{ N/kg}) = 162 \text{ N}$$

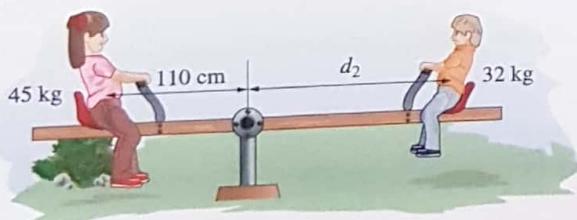
### 28 Se cambia l'asse di rotazione...

Considera il sistema del problema precedente, assumendo che l'asse di rotazione sia ora nella posizione in cui si trova il bambino. Scrivi le due condizioni: forza risultante uguale a zero e momento torcente totale uguale a zero e determina  $F_1$  e  $F_2$ . Che cosa cambia rispetto al problema precedente?

$$[F_1 = 54 \text{ N}; F_2 = 162 \text{ N}]$$

29 Claudia e Alessandro sono sull'altalena. Claudia ha una massa di  $45 \text{ kg}$  e si trova a  $110 \text{ cm}$  dal centro di rotazione dell'altalena, Alessandro ha una massa di  $32 \text{ kg}$ . A quale distanza dal centro si deve sedere Alessandro affinché l'altalena rimanga in equilibrio?

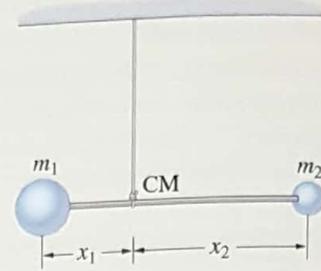
$$[d_2 = 1,5 \text{ m}]$$



## ■ Baricentro ed equilibrio

### 30 PROBLEMA SVOLTO

Un bilanciere asimmetrico è formato da un'asta leggera e da due masse  $m_1$  ed  $m_2$ . In quale punto dobbiamo appendere l'asta in modo che il bilanciere sia in equilibrio?



### SOLUZIONE

Il bilanciere è in equilibrio se lo sospendiamo nel suo baricentro. Se il bilanciere è in equilibrio la somma dei momenti torcenti che agiscono su di esso deve essere nulla. Scegliendo l'asse di rotazione nel punto in cui il bilanciere è sospeso, possiamo scrivere:

$$m_1gx_1 - m_2gx_2 = 0$$

semplificando per  $g$ :

$$m_1x_1 - m_2x_2 = 0$$

da cui ricaviamo la posizione del baricentro:

$$x_1 = \frac{m_2}{m_1}x_2$$

Se le masse sono uguali allora il baricentro si trova a metà dell'asta.

### 31 Baricentro del manubrio

Un manubrio da ginnastica asimmetrico è costituito da un'asta di massa trascurabile alle cui estremità sono collocate due masse  $m_1$  ed  $m_2 = 2m_1$ . Se il manubrio è lungo  $1,20 \text{ m}$ , dove si trova il suo baricentro? [a  $0,40 \text{ m}$  dalla massa più grande]

### 32 Cestino in equilibrio

Un cestino per la spesa lungo  $62,0 \text{ cm}$  contiene una confezione di succo di frutta di  $1,81 \text{ kg}$  a un'estremità e una confezione di cereali di  $0,722 \text{ kg}$  all'altra. Dove dovrebbe essere posta una lattina di olio di  $1,80 \text{ kg}$  perché il cestino sia in equilibrio nel suo centro? [a  $18,7 \text{ cm}$  dal centro]

### 33 Al supermercato

Supponi di essere al supermercato e di reggere un cestino lungo  $0,71 \text{ m}$  contenente due scatole di cereali da  $0,56 \text{ kg}$  poste a un'estremità. A quale distanza da questa estremità dovresti porre un cartone di succo di frutta di  $1,8 \text{ kg}$  perché il baricentro dei due cibi sia al centro del cestino? [0,58 m]

### 34 Baricentro Terra-Luna

La Terra ha una massa di  $5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ , la Luna ha una massa di  $7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$  e la loro distanza da centro a centro è  $3,85 \cdot 10^8 \text{ m}$ . A quale distanza dal centro della Terra si trova il baricentro Terra-Luna? È al di sopra o al di sotto della superficie della Terra? A quale distanza?

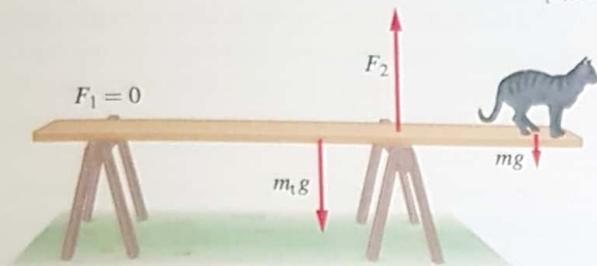
$$[4,67 \cdot 10^6 \text{ m}; 1,70 \cdot 10^6 \text{ m sotto la superficie terrestre}]$$

### 35 Il gatto equilibrista

Un gatto cammina lungo una tavola uniforme, che è lunga 4,00 m e ha una massa  $m_t = 7,00$  kg. La tavola è sostenuta da due cavalletti, uno posto a 0,440 m dall'estremità sinistra della tavola e l'altro a 1,50 m dall'estremità destra. Quando il gatto raggiunge l'estremità destra, la tavola comincia a sollevarsi. Qual è la massa del gatto?

Nota che, non appena l'estremità della tavola comincia a sollevarsi, non c'è alcun peso sul cavalletto di sinistra, dunque:  $F_1 = 0$ .

[2,33 kg]



36 Se il gatto del problema precedente ha una massa di 2,8 kg, a quale distanza dall'estremità destra della tavola può arrivare prima che la tavola cominci a ribaltarsi?

[a 0,25 m dall'estremità destra]

## Le leve

### 37 Apribottiglie

Un apribottiglie lungo 12 cm viene usato per stappare un bottiglia di aranciata. Se il punto in cui l'apribottiglie si incastra

nel tappo a corona dista 3,0 cm dal fulcro e il tappo esercita una forza resistente di 150 N, quale forza motrice va applicata all'estremità dell'apribottiglie? [38 N]

### 38 Altalena

Un'altalena è costruita con un lungo asse appoggiato su un fulcro. Un bambino di 15,0 kg è seduto a 1,50 m dal fulcro.

- Qual forza, applicata a 0,300 m dalla parte opposta del fulcro è necessaria per sollevare il bambino da terra?
- Qual è la minima distanza, dalla parte opposta del fulcro, alla quale deve essere applicata una forza di 220 N per sollevare il bambino da terra? [a) 736 N; b) 1,00 m]

### 39 Leva vantaggiosa

Per sollevare un grosso sacco di massa 200 kg viene usata una leva di primo genere lunga 3,0 m. La forza massima che un operaio è in grado di esercitare a un'estremità della leva è 0,20 kN. A quale distanza dal sacco bisogna porre il fulcro?

[0,28 m]

## 40 IN ENGLISH

A 0,34 kg meterstick balances at its center. If a necklace is suspended from one end of the stick, the balance point moves 9,5 cm toward that end.

- Is the mass of the necklace more than, less than, or the same as that of the meterstick? Explain.
- Find the mass of the necklace.

[a) less than the meterstick's; b) 0,080 kg]

## RISOLVI i PROBLEMI di RIEPILOGO

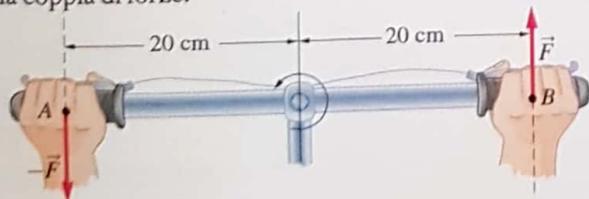
### 41 Il cambio della ruota

Per svitare il bullone di una ruota un automobilista utilizza una chiave lunga 20 cm. Determina qual è il momento della forza:

- se esercita una forza di 80 N in direzione perpendicolare alla chiave;
- se esercita una forza di 80 N in direzione  $30^\circ$  rispetto alla chiave. [a)  $16 \text{ N} \cdot \text{m}$ ; b)  $8 \text{ N} \cdot \text{m}$ ]

### 42 Forze sul manubrio

Francesca esercita due forze uguali e opposte di intensità 8,0 N sul manubrio della sua bicicletta, a distanza di 20 cm dal centro e perpendicolarmente al manubrio. Calcola il momento della coppia di forze. [3,2 N · m]



### 43 Blocco con molla

Un blocco di massa 3,0 kg è fermo su un piano inclinato di  $30^\circ$  rispetto all'orizzontale. Al blocco viene impedito di scivolare da una molla, di costante elastica  $k = 120 \text{ N/m}$ , parallela al piano e agganciata all'estremo superiore del piano. Di quanto si allunga la molla? [12 cm]

### 44 La stadera

La stadera è una bilancia costituita da una leva a bracci disuguali e da un fulcro fisso. Sul braccio più lungo scorre un peso, detto romano; su quello più corto può esservi o un piatto o un gancio con l'oggetto o la merce da pesare. Facendo scorrere il romano lungo la scala si raggiunge una posizione di equilibrio nella quale il braccio graduato si porta in posizione orizzontale. Dalla posizione del romano sulla scala si legge il peso cercato. Considera una stadera lunga 120 cm, di massa 3,20 kg, in cui il piatto, comprese le catene che lo reggono, ha una massa di 450 g, la massa del romano è di 250 g e il fulcro si trova a 15,0 cm dal piatto. Se all'equilibrio il romano dista 84,0 cm dal fulcro, qual è la massa della merce pesata? [11 kg]

