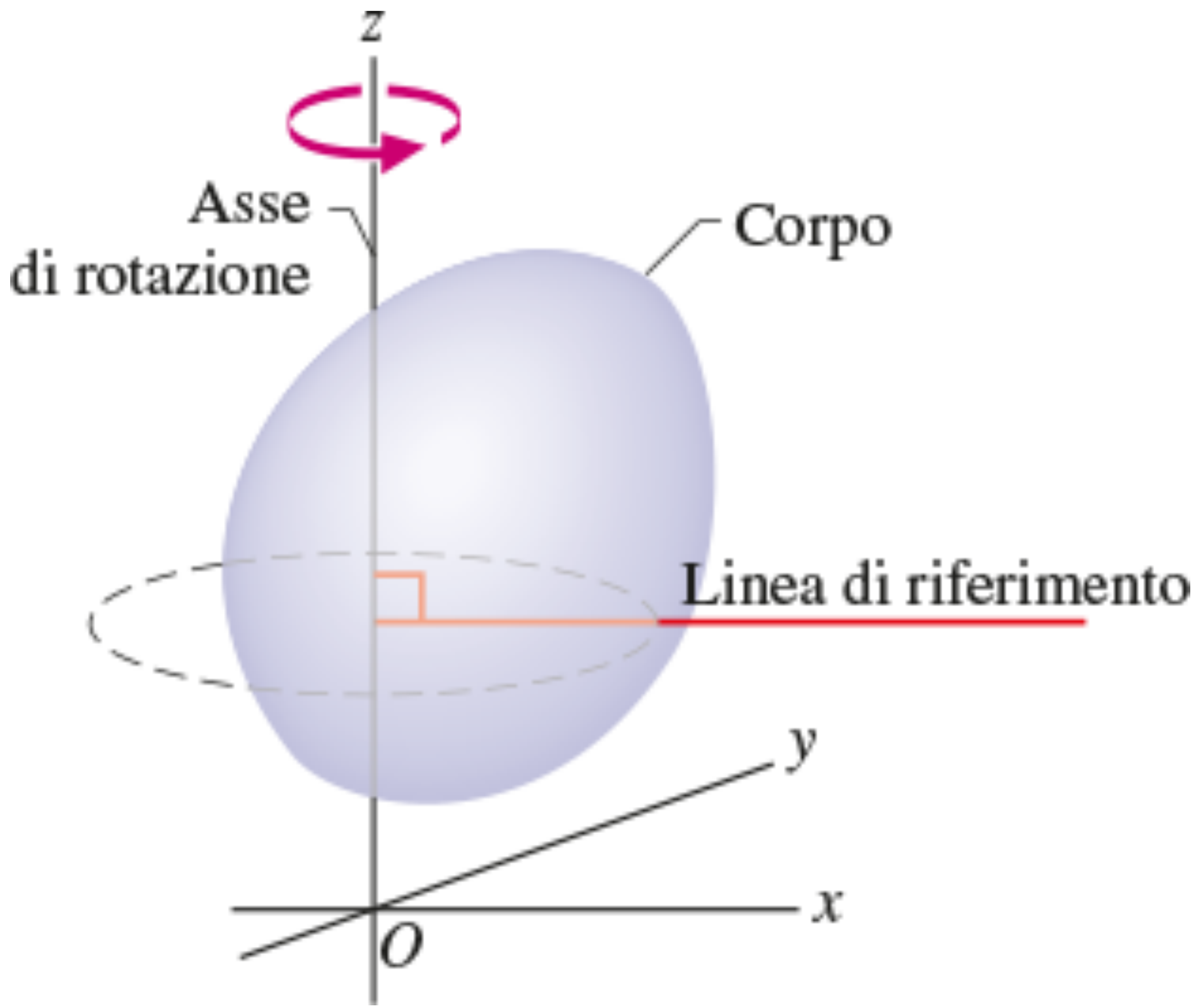
(*a*)

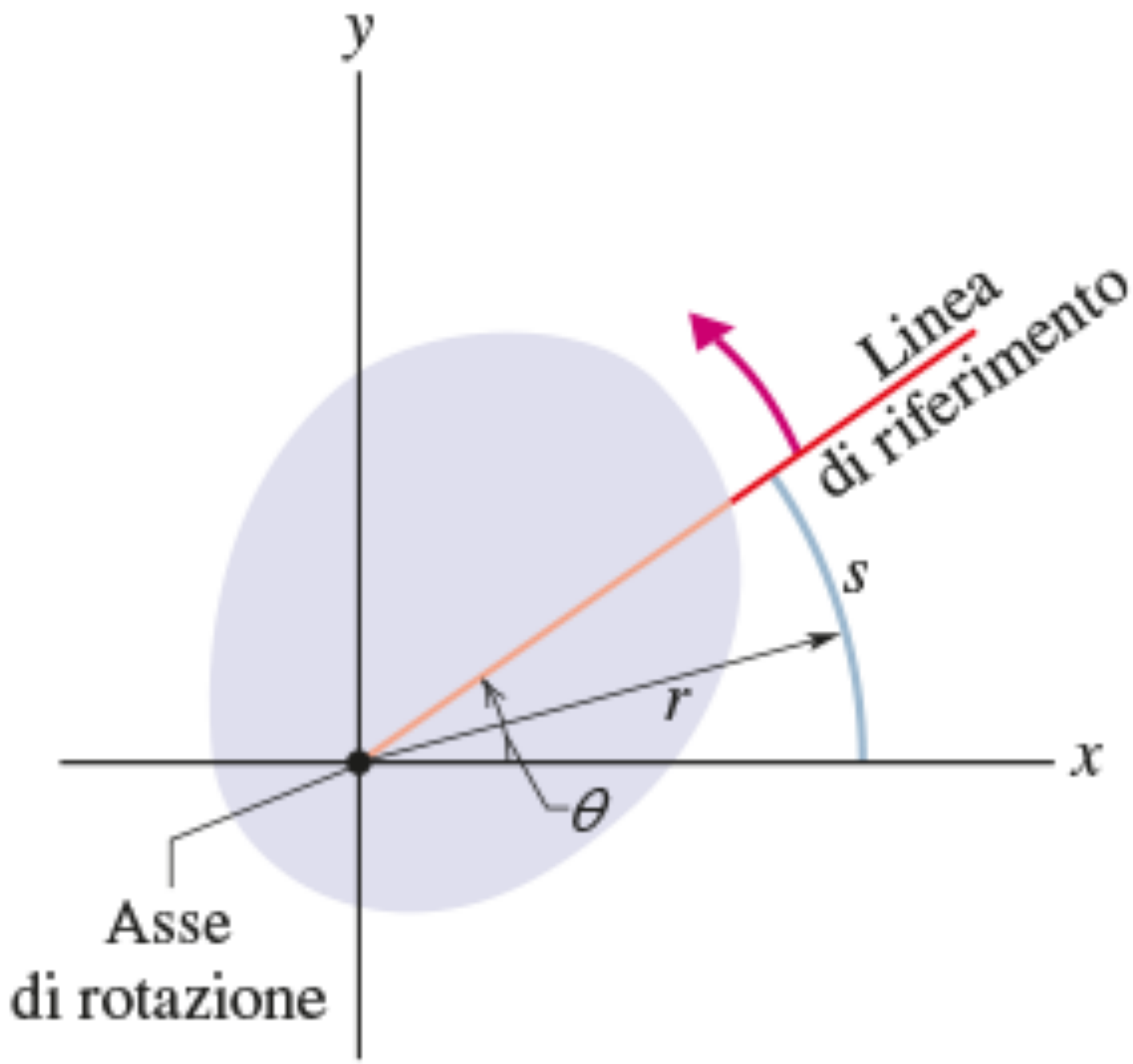
Mike Segar/Reuters/Landov LLC

(*b*)

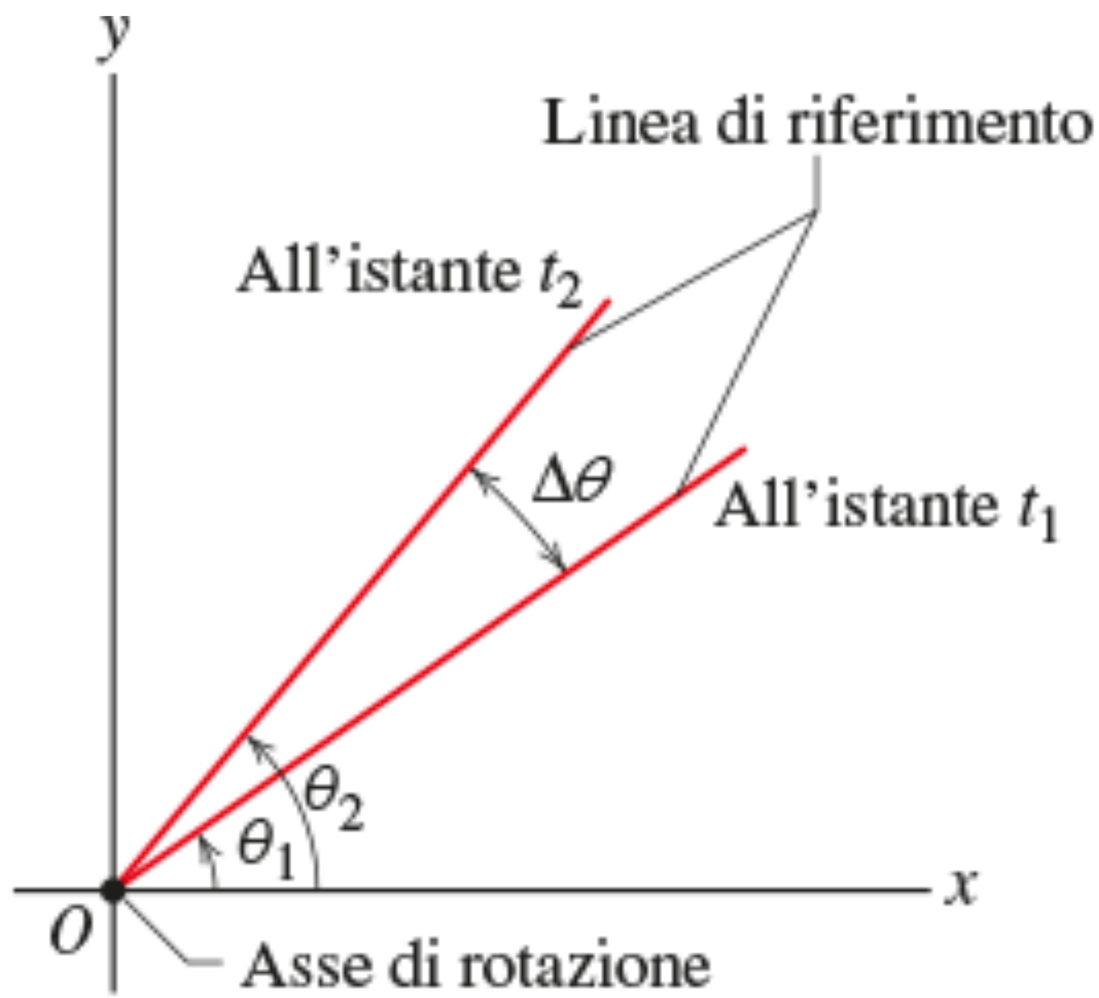
Elsa/Getty Images, Inc.


z
Asse
di rotazione
Corpo
Linea di riferimento
y
x
O

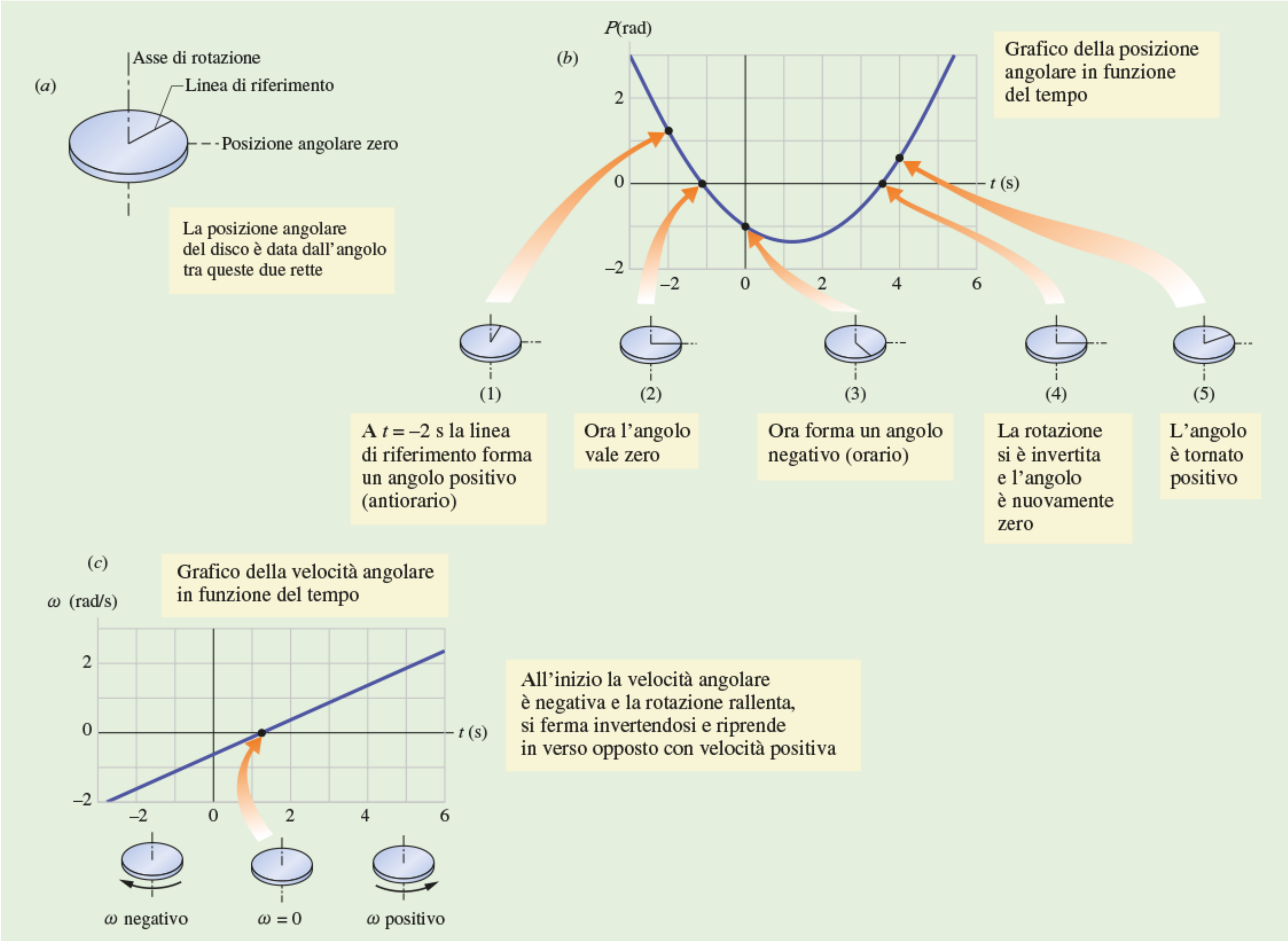
Il corpo ha girato in senso antiorario
di un angolo θ: senso positivo di rotazione



Il punto nero simboleggia l'asse
di rotazione uscente dal piano del disegno

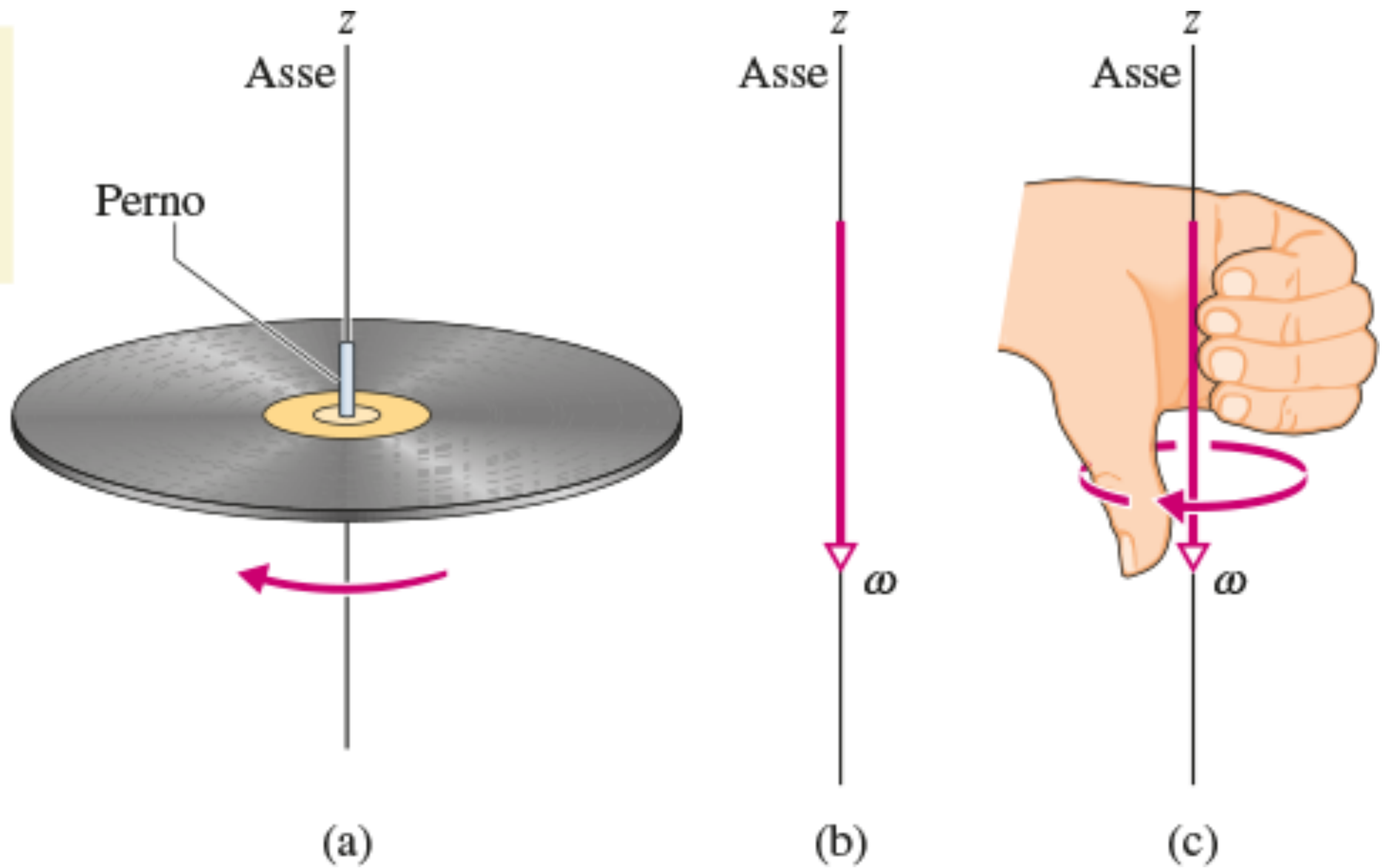


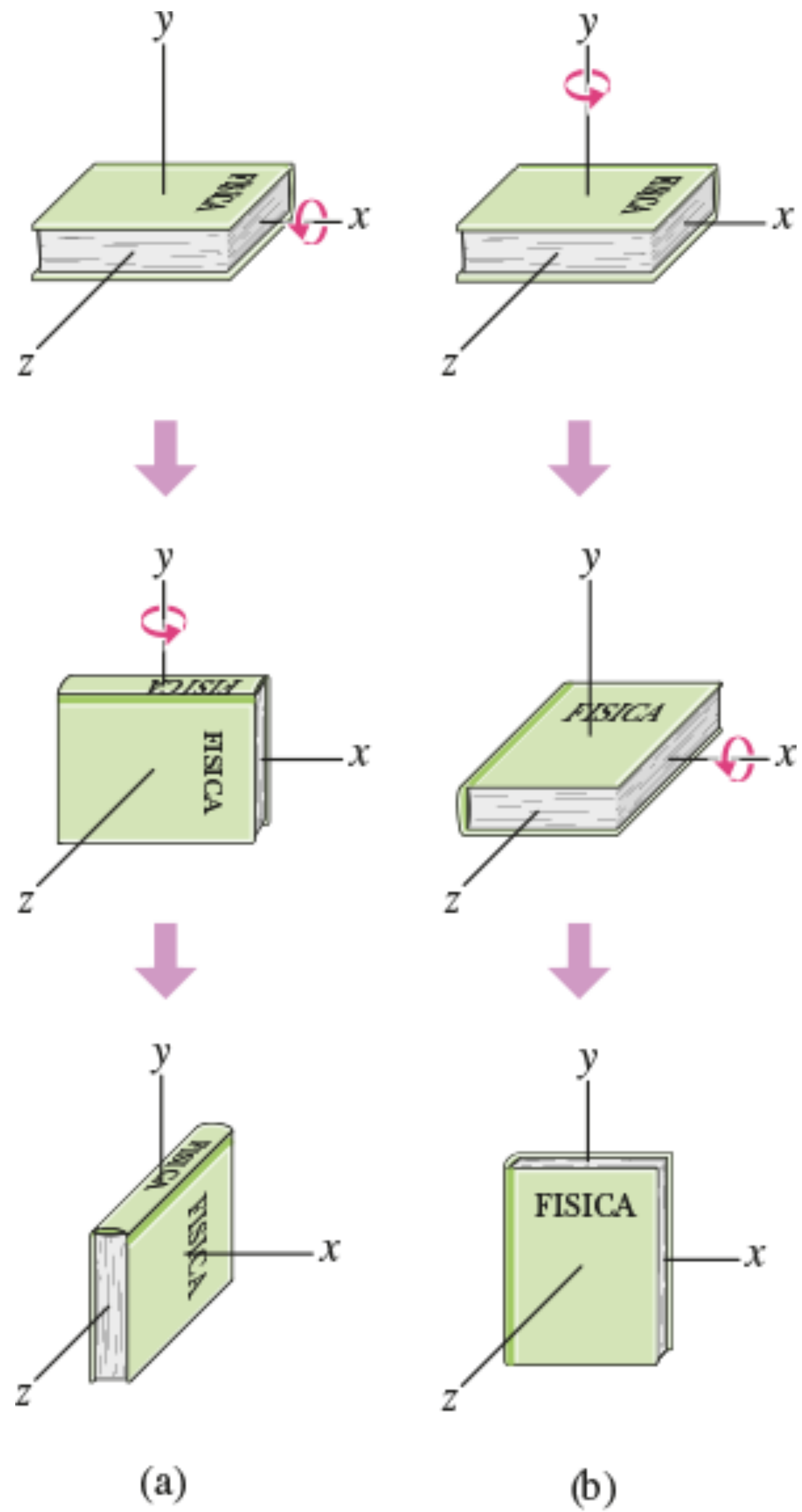
Questa variazione di angolo della linea di riferimento (solidale col corpo) è lo spostamento angolare del corpo durante quest'intervallo di tempo



(a)
Asse di rotazione
Linea di riferimento
Posizione angolare zero
La posizione angolare del disco è data dall'angolo tra queste due rette
(b)
P(rad)
2
0
–2
t (s)
–2
0
2
4
6
Grafico della posizione angolare in funzione del tempo
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
A t = –2 s la linea di riferimento forma un angolo positivo (antiorario)
Ora l'angolo vale zero
Ora forma un angolo negativo (orario)
La rotazione si è invertita e l'angolo è nuovamente zero
L'angolo è tornato positivo
(c)
ω (rad/s)
Grafico della velocità angolare in funzione del tempo
2
0
–2
t (s)
–2
0
2
4
6
All'inizio la velocità angolare è negativa e la rotazione rallenta, si ferma invertendosi e riprende in verso opposto con velocità positiva
ω negativo
ω = 0
ω positivo

Il verso del vettore
velocità angolare
è stabilito mediante
la regola della mano destra





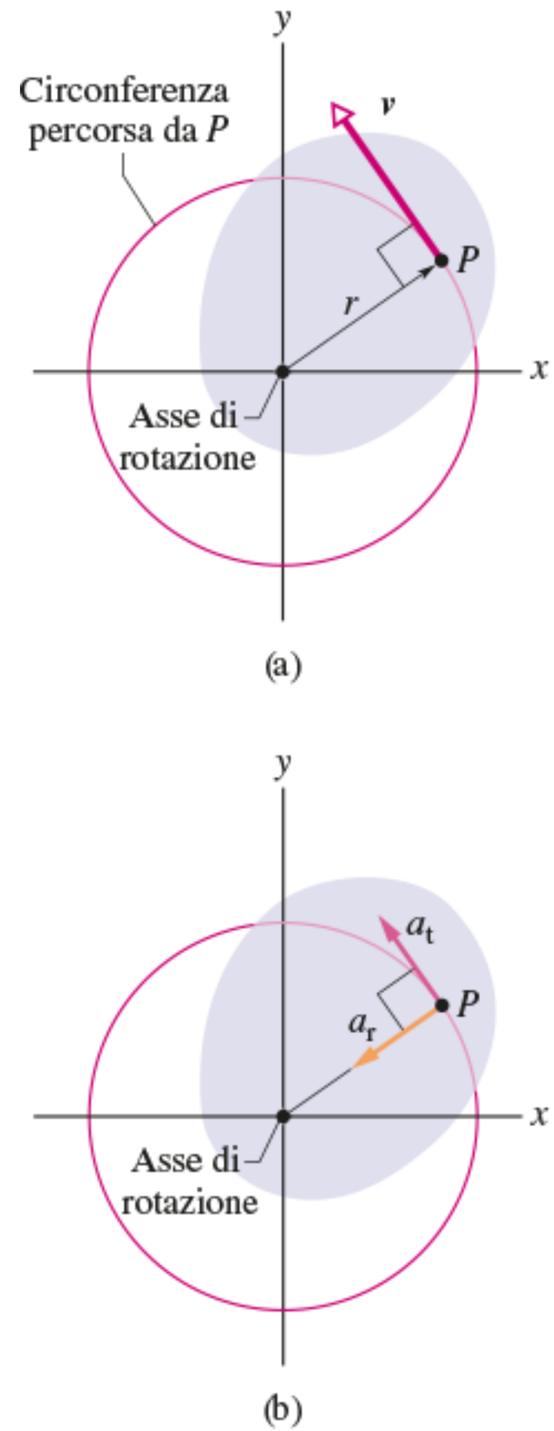
L'ordine di esecuzione delle rotazioni produce risultati diversi

TABELLA 10.1 Equazioni del moto per accelerazione costante (lineare e angolare)

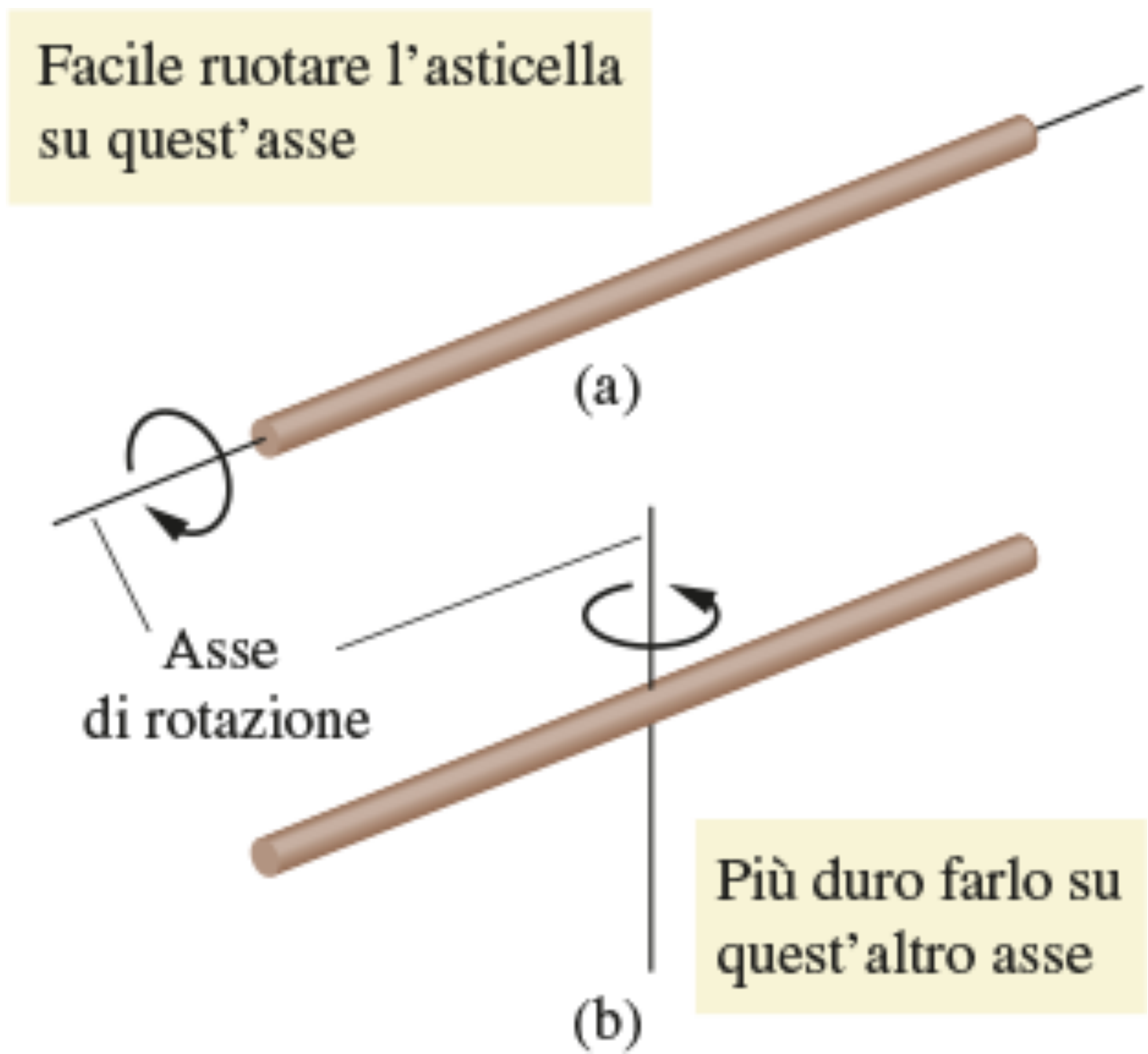
Numero dell'equazione	Moto lineare	Variabile mancante		Moto rotatorio	Numero dell'equazione
(2.11)	$v = v_0 + at$	$x - x_0$	$\theta - \theta_0$	$\omega = \omega_0 + \alpha t$	(10.12)
(2.15)	$x - x_0 = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	v	ω	$\theta - \theta_0 = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$	(10.13)
(2.16)	$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$	t	t	$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$	(10.14)
(2.17)	$x - x_0 = \frac{1}{2}(v_0 + v)t$	a	α	$\theta - \theta_0 = \frac{1}{2}(\omega_0 + \omega)t$	(10.15)
(2.18)	$x - x_0 = vt - \frac{1}{2}at^2$	v_0	ω_0	$\theta - \theta_0 = \omega t - \frac{1}{2}\alpha t^2$	(10.16)

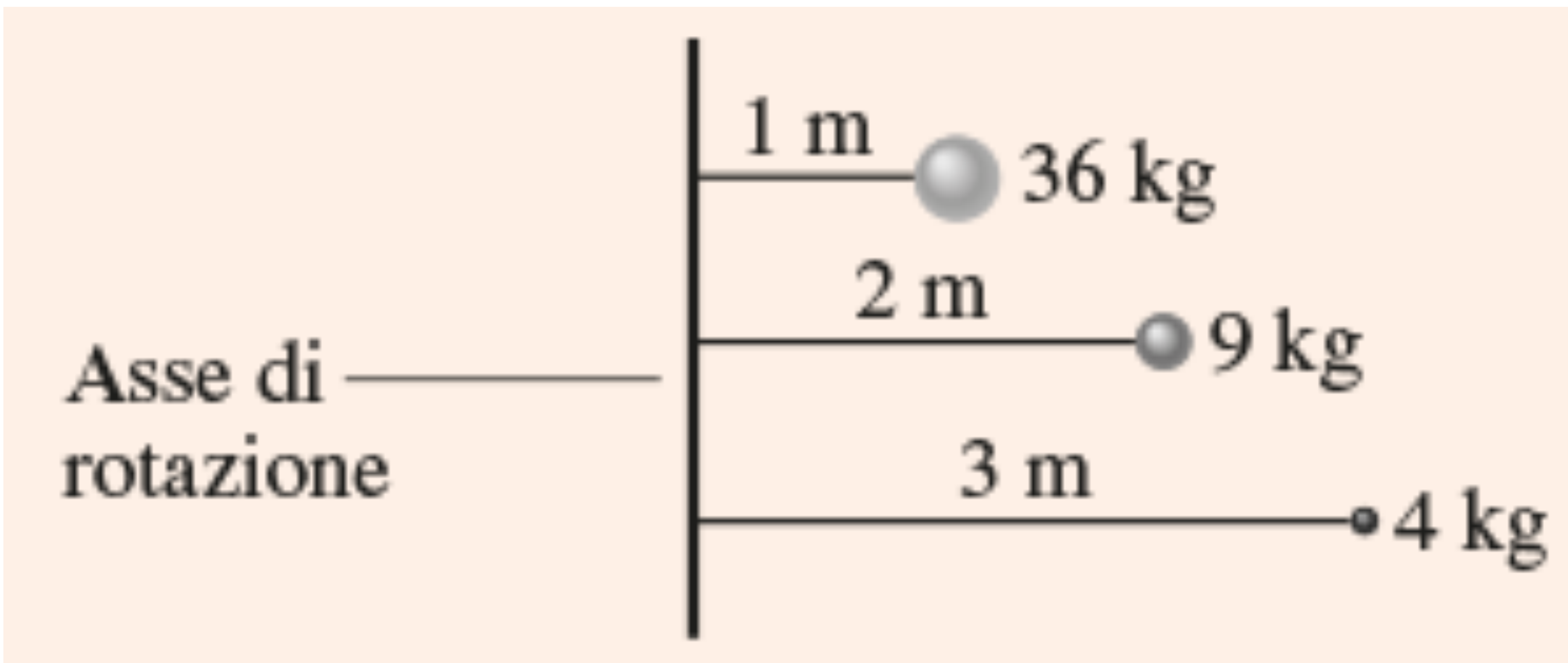

Si misura la rotazione rispetto a questa linea di riferimento.
Orario → negativa;
antiorario → positiva
Asse di rotazione
Posizione angolare zero
Linea di riferimento

Il vettore velocità è sempre tangente alla circonferenza attorno all'asse di rotazione



L'accelerazione ha sempre una componente radiale (centripeta) e una componente tangenziale che può essere anche nulla


Facile ruotare l'asticella su quest'asse
(a)
Asse di rotazione
Più duro farlo su quest'altro asse
(b)


1 m
36 kg
2 m
9 kg
Asse di rotazione
3 m
4 kg

Il momento d'inerzia rispetto
all'asse passante per P va messo
in relazione con quello passante per il cdm

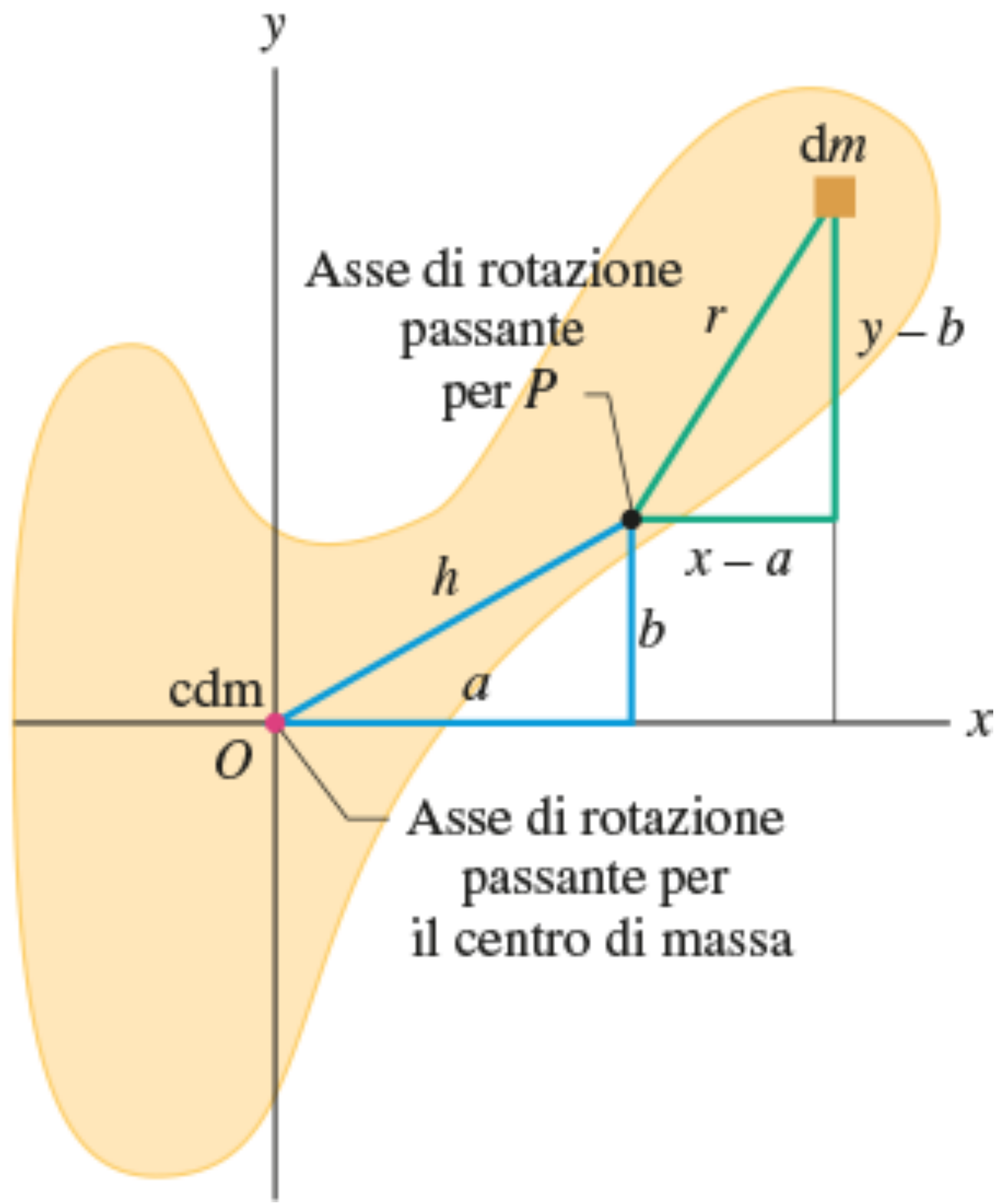
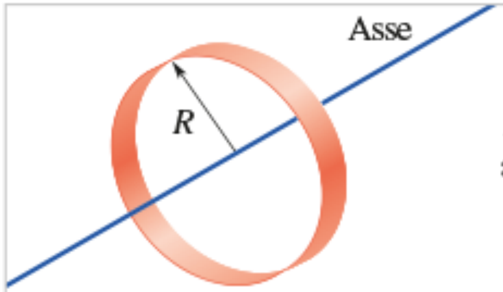


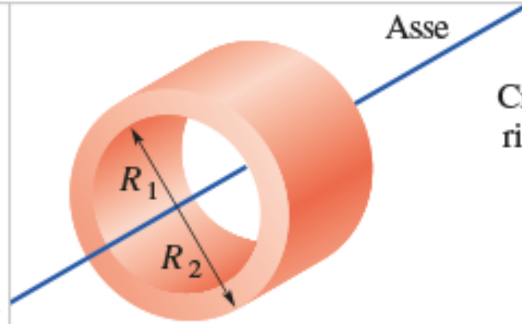
TABELLA 10.2 Momenti d'inerzia



Anello rispetto all'asse centrale

$I = MR^2$

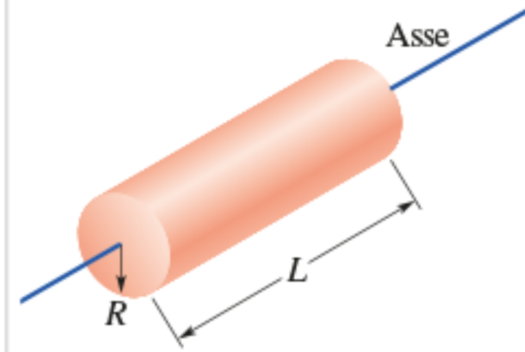
(a)



Cilindro anulare rispetto all'asse centrale

$I = \frac{1}{2}M(R_1^2 + R_2^2)$

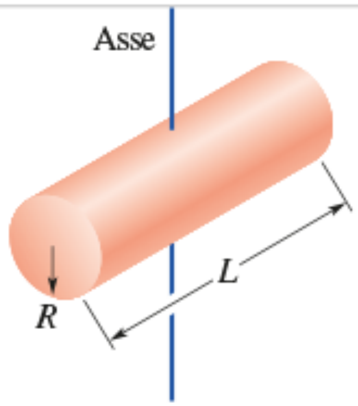
(b)



Cilindro pieno (o disco) rispetto all'asse centrale

$I = \frac{1}{2}MR^2$

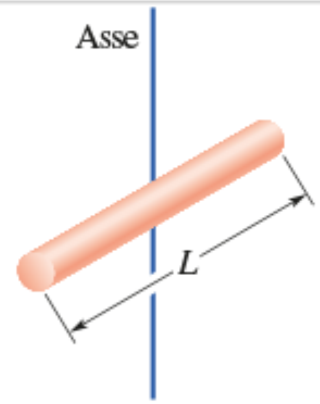
(c)



Cilindro pieno (o disco) rispetto a un diametro passante per il centro

$I = \frac{1}{4}MR^2 + \frac{1}{12}ML^2$

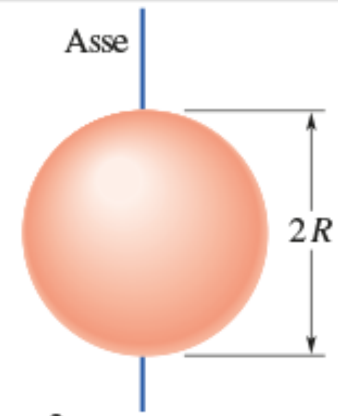
(d)



Barra sottile rispetto a un asse passante per il centro e perpendicolare alla lunghezza

$I = \frac{1}{12}ML^2$

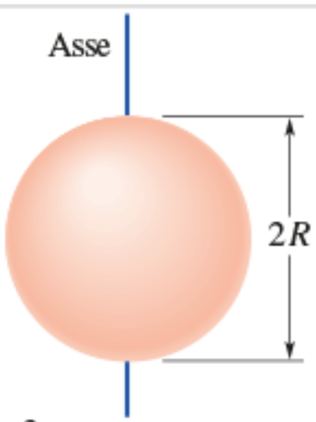
(e)



Sfera piena rispetto a un diametro

$I = \frac{2}{5}MR^2$

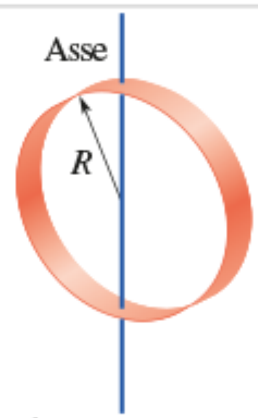
(f)



Sfera cava (o guscio) sottile, rispetto a un diametro

$I = \frac{2}{3}MR^2$

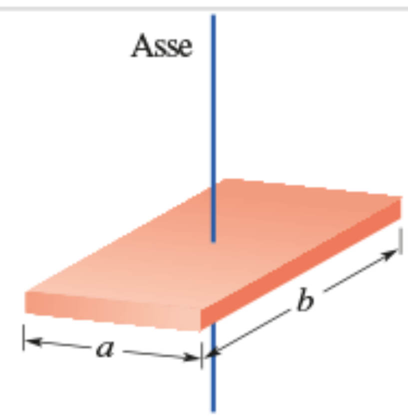
(g)



Anello rispetto a un diametro

$I = \frac{1}{2}MR^2$

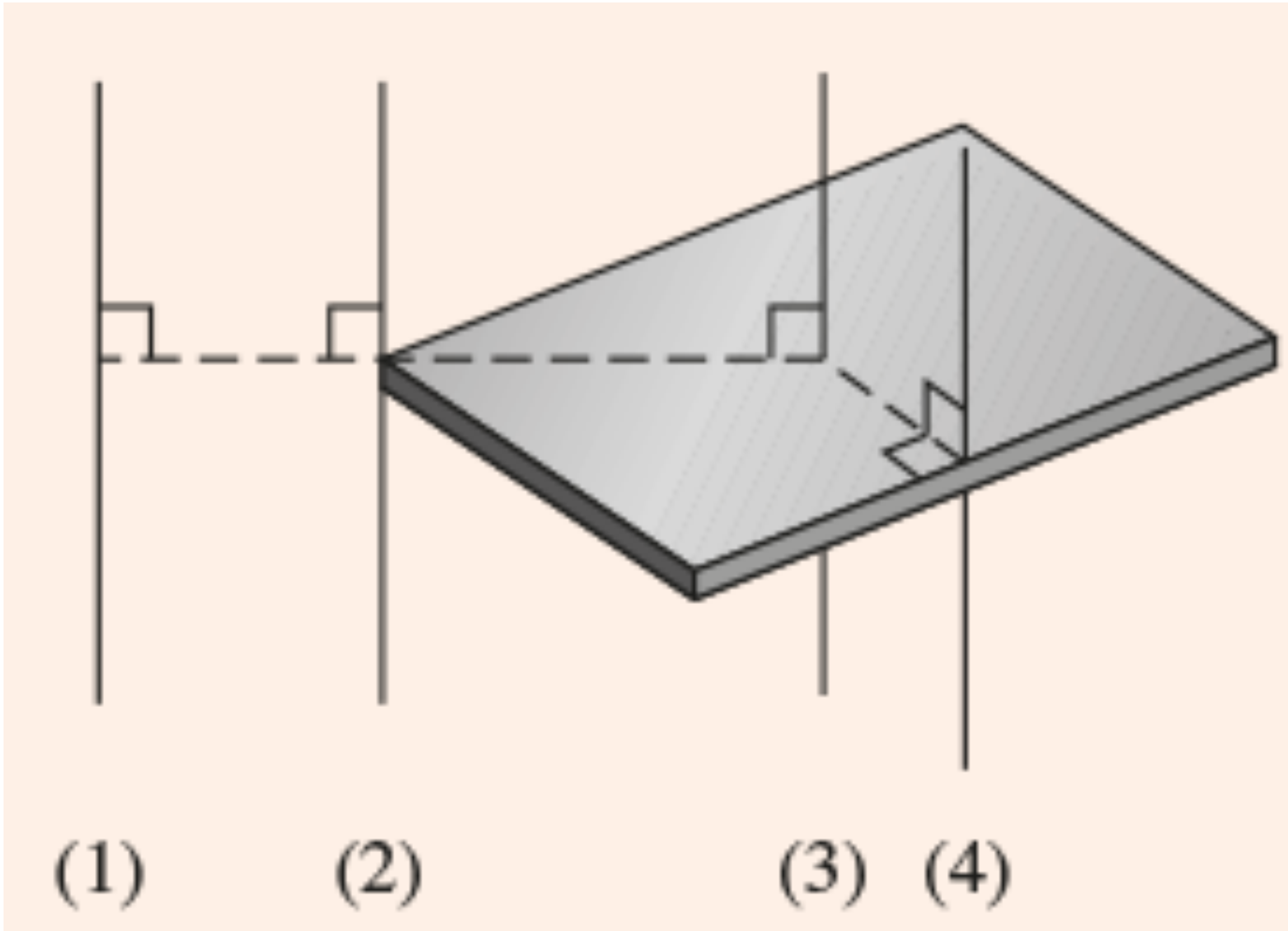
(h)



Lastra rispetto a un asse perpendicolare passante per il centro

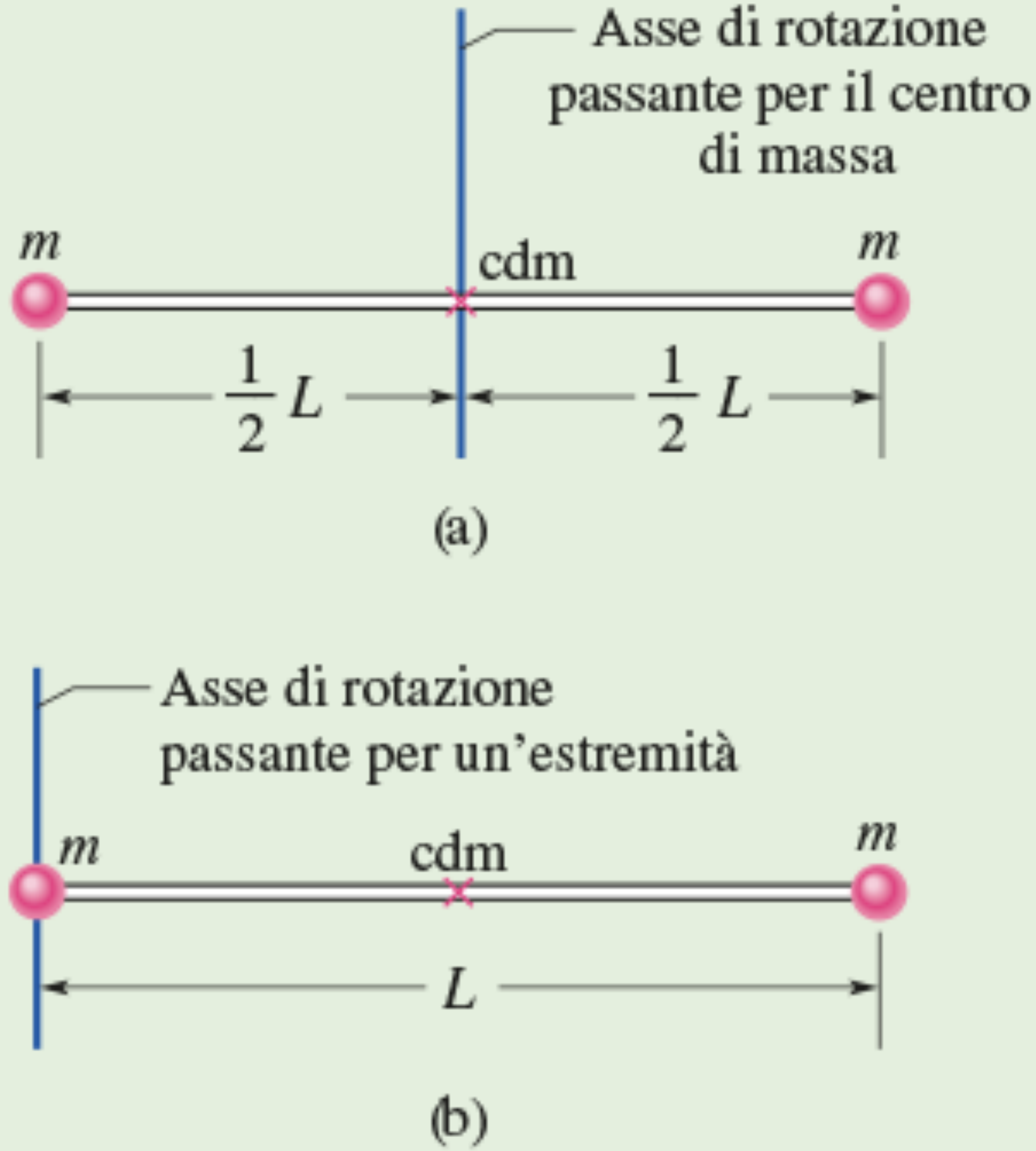
$I = \frac{1}{12}M(a^2 + b^2)$

(i)

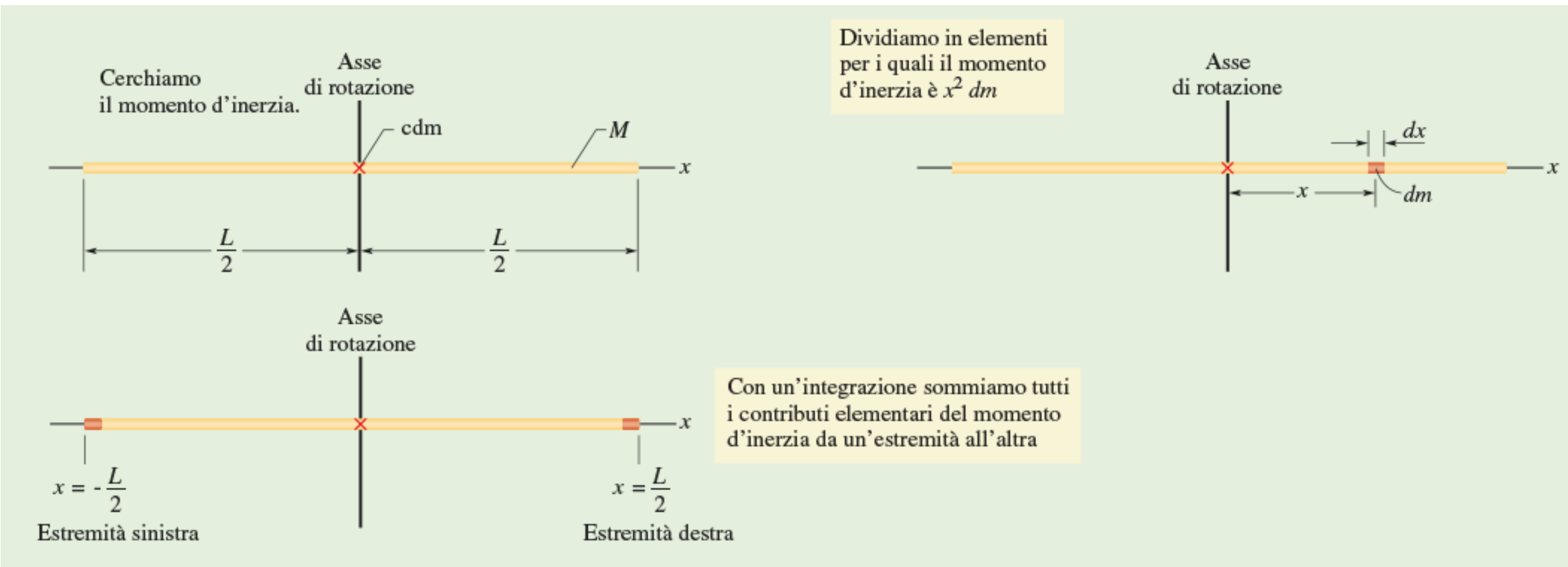


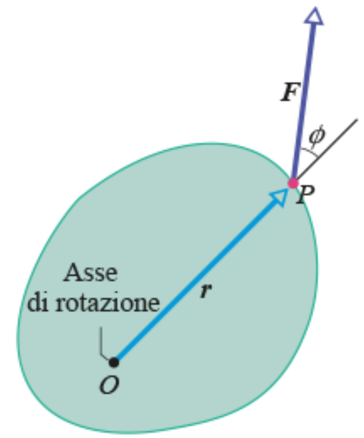
(1)
(2)
(3)
(4)

L’asse di rotazione passa dal cdm



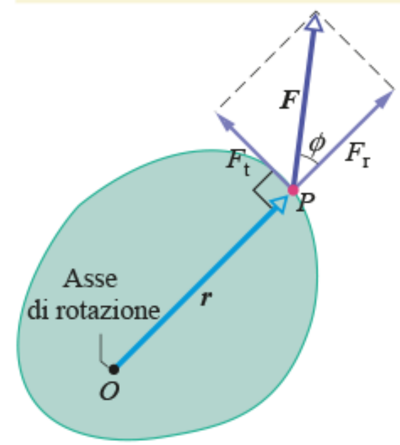
Qui si trova traslato rispetto al precedente
senza cambiarne l’orientamento.
Vale il teorema degli assi paralleli


Cerchiamo
il momento d'inerzia.
Asse
di rotazione
cdm
M
x
L/2
L/2
Dividiamo in elementi
per i quali il momento
d'inerzia è $x^2\,dm$
Asse
di rotazione
dx
x
dm
x
Asse
di rotazione
x
$x = -\frac{L}{2}$
Estremità sinistra
$x = \frac{L}{2}$
Estremità destra
Con un'integrazione sommiamo tutti
i contributi elementari del momento
d'inerzia da un'estremità all'altra



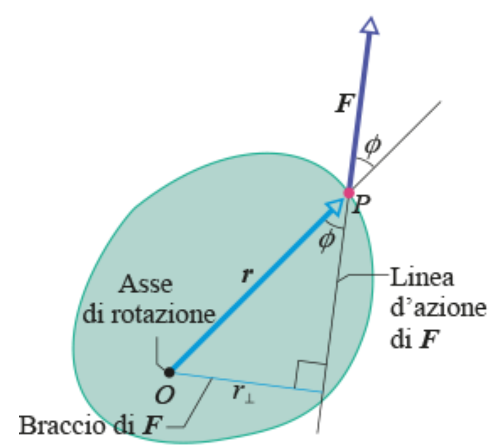
(a)

Il momento torcente dovuto a questa forza provoca rotazione attorno a quest’asse (uscente dal piano del foglio)



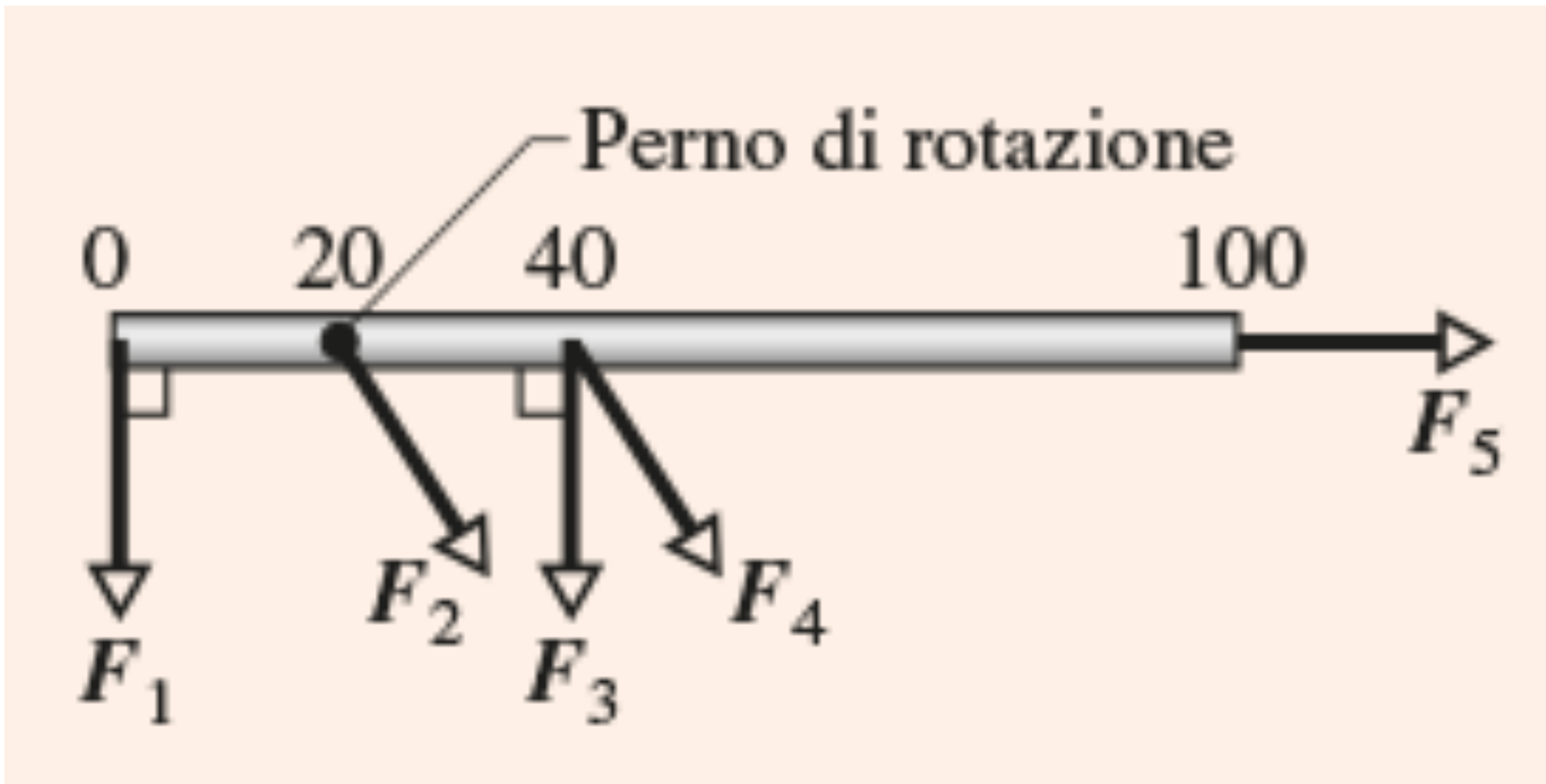
(b)

Solo la componente *tangenziale* della forza agisce sulla rotazione

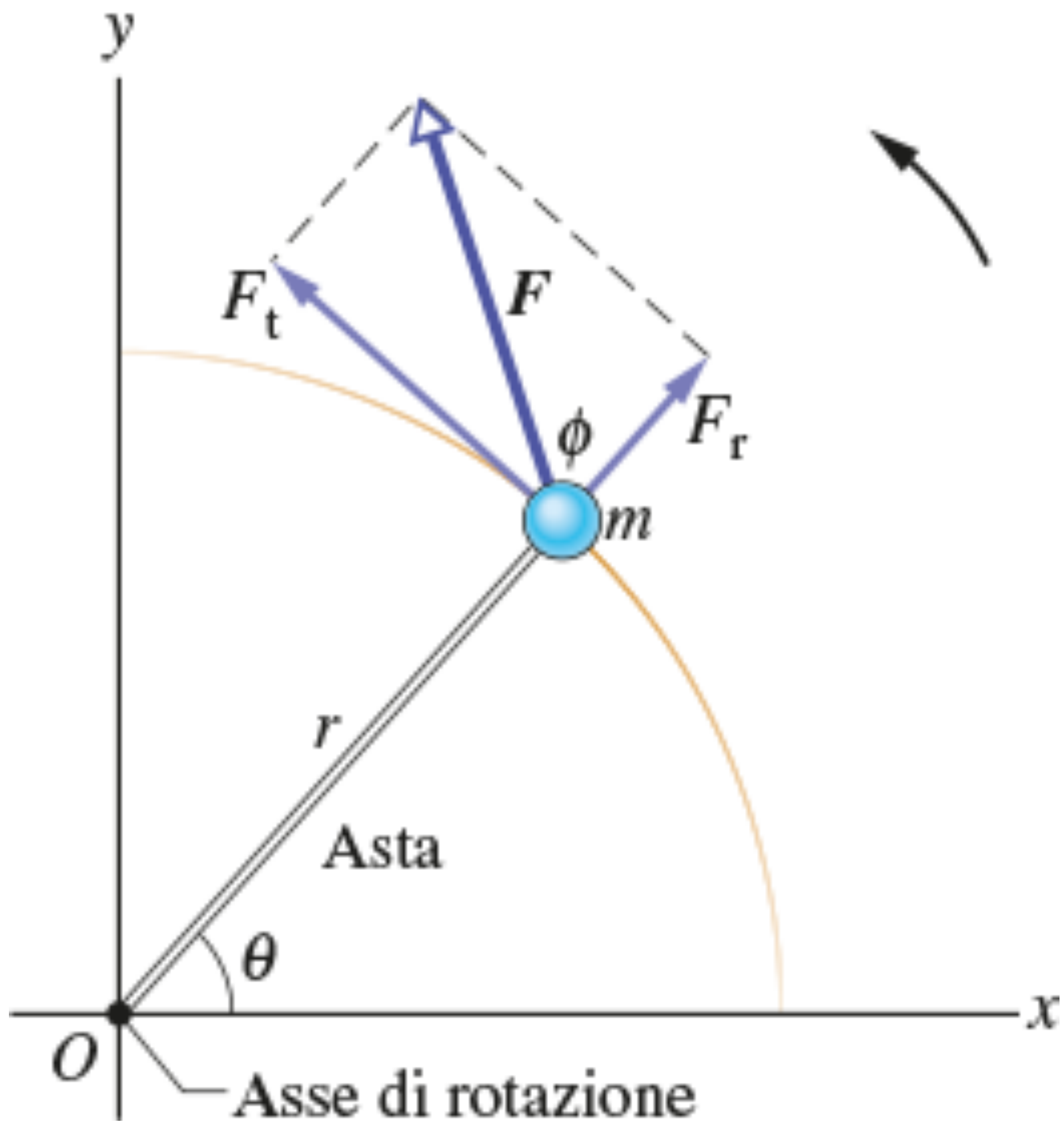


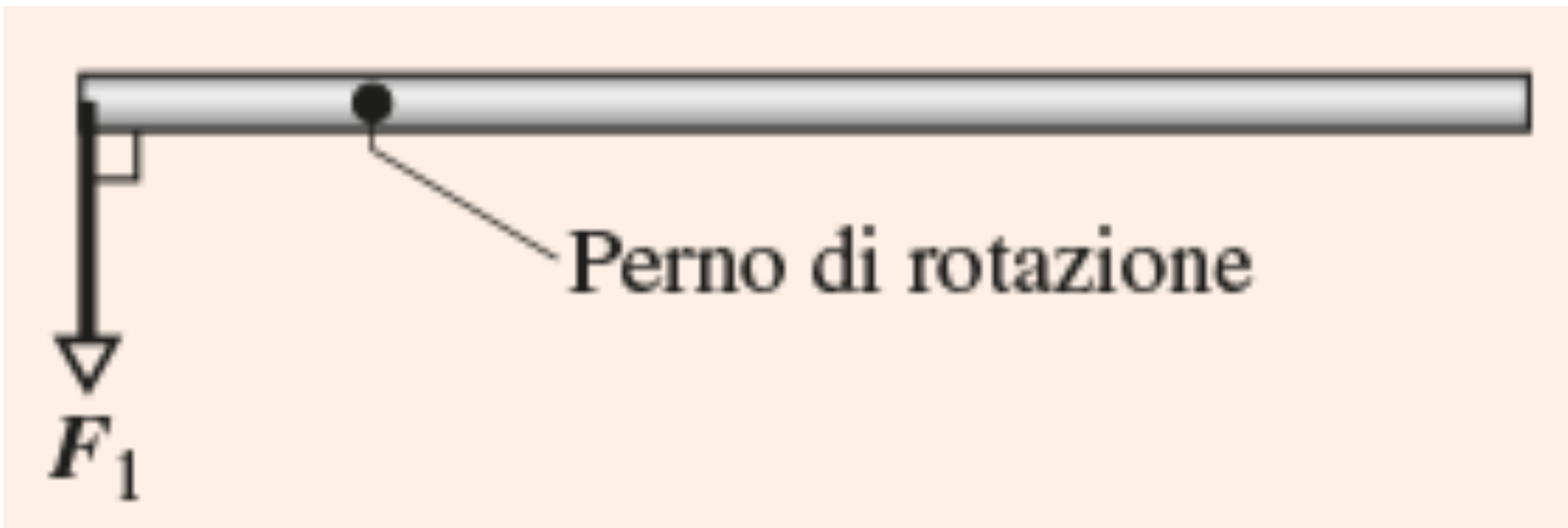
(c)

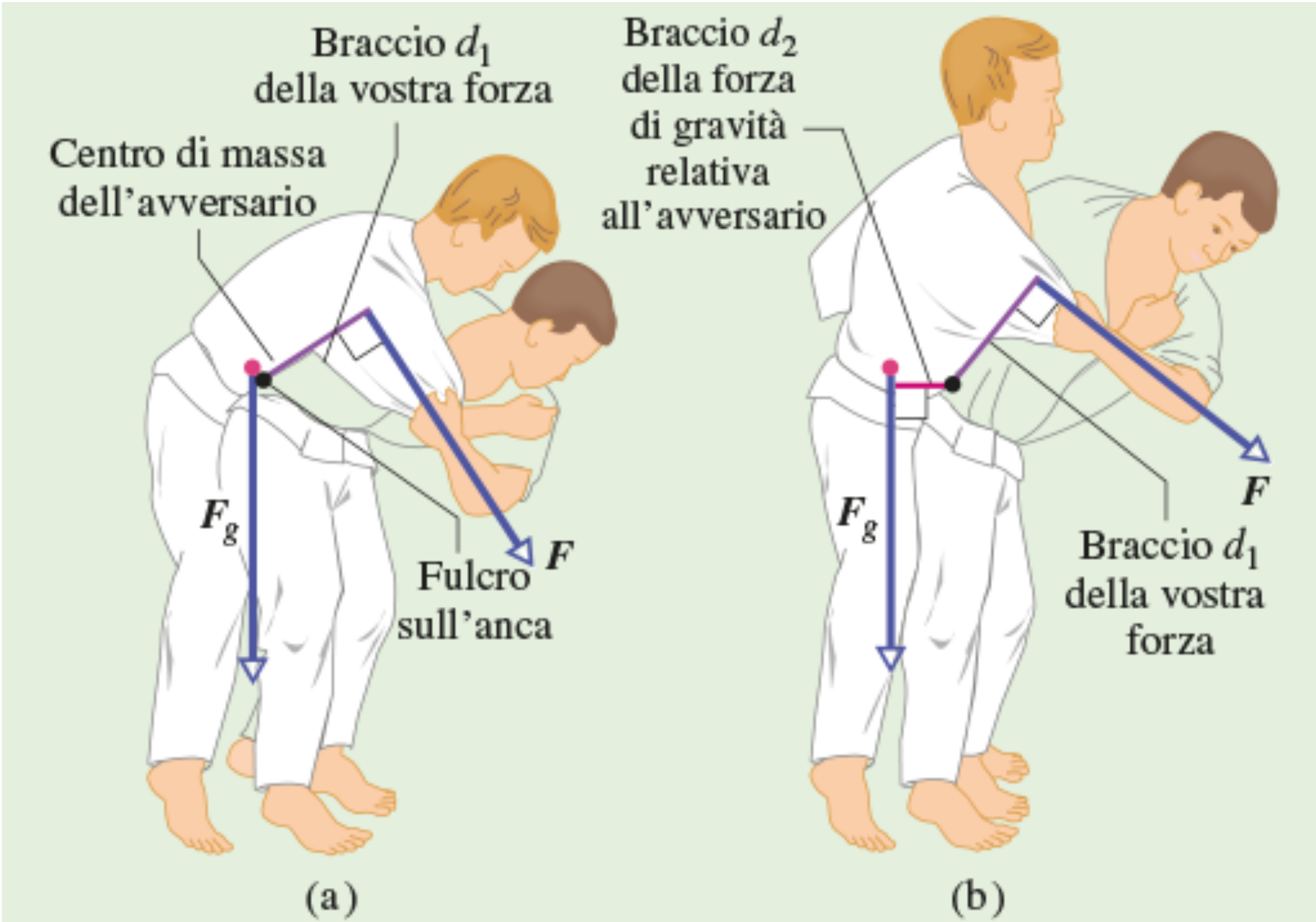
Il momento torcente si può calcolare anche moltiplicando i moduli della forza e del braccio


Perno di rotazione
0
20
40
100
F_1
F_2
F_3
F_4
F_5

Il momento torcente provoca un'accelerazione angolare attorno all'asse di rotazione




Perno di rotazione
F_1



Braccio d_1
della vostra forza
Centro di massa
dell'avversario
F_g
Fulcro
sull'anca
F
(a)
Braccio d_2
della forza
di gravità
relativa
all'avversario
F_g
F
Braccio d_1
della vostra
forza
(b)

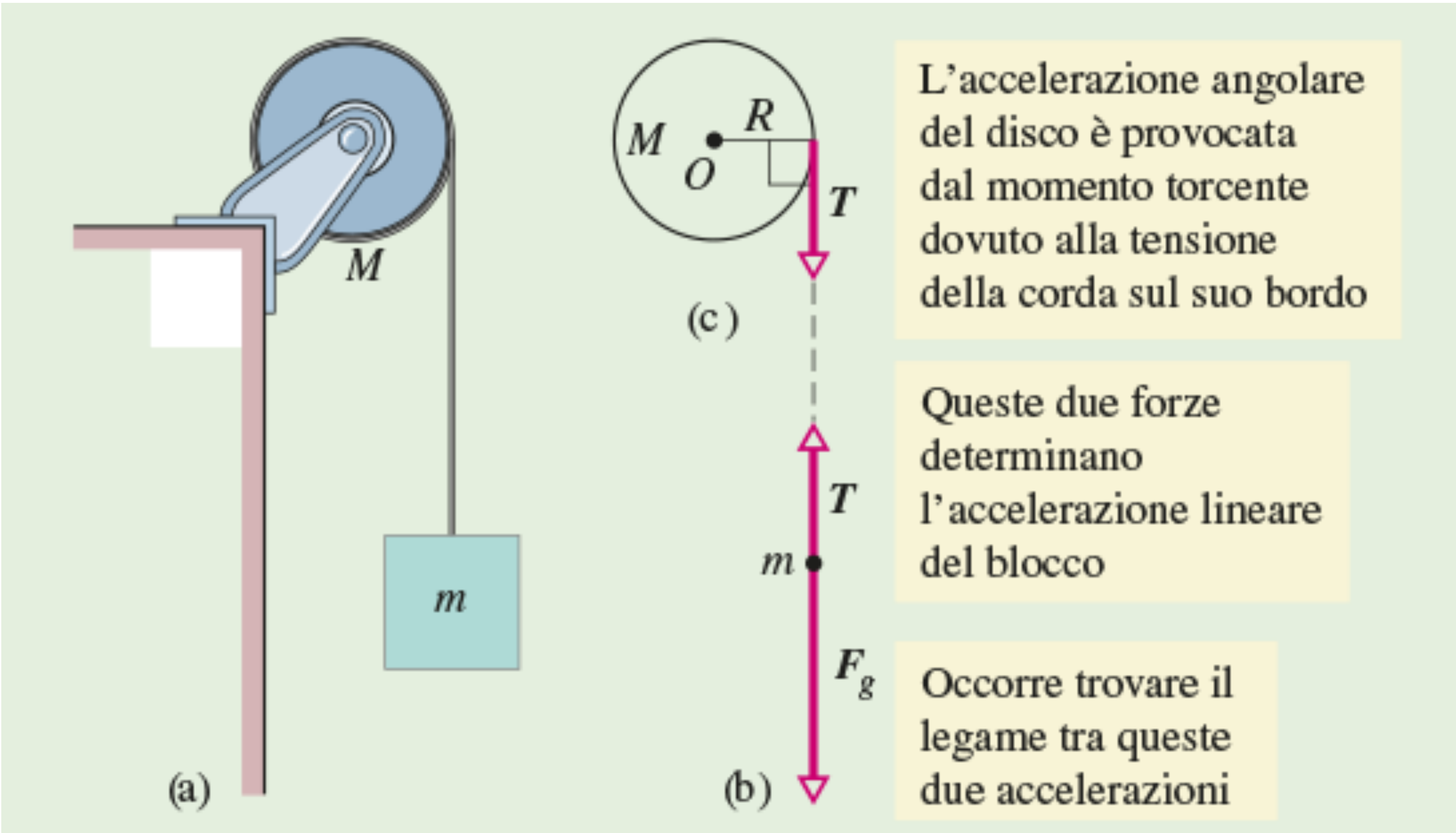
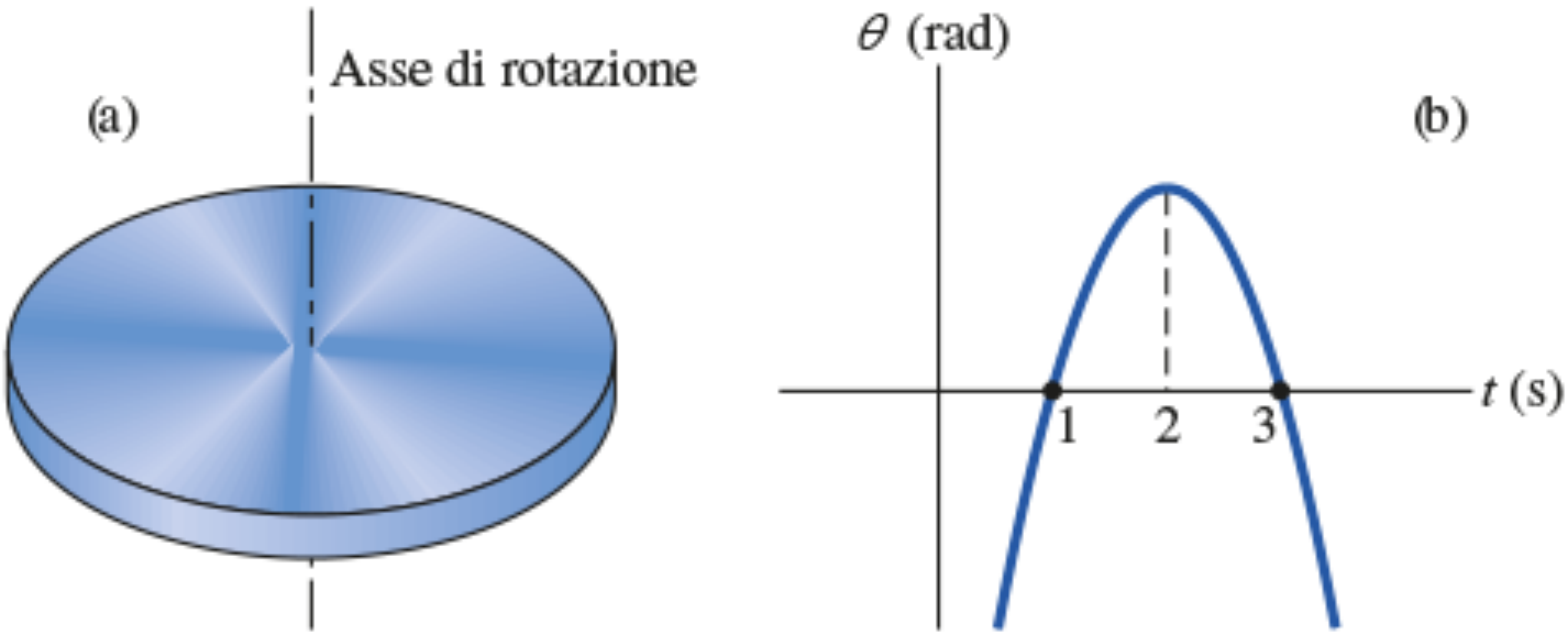
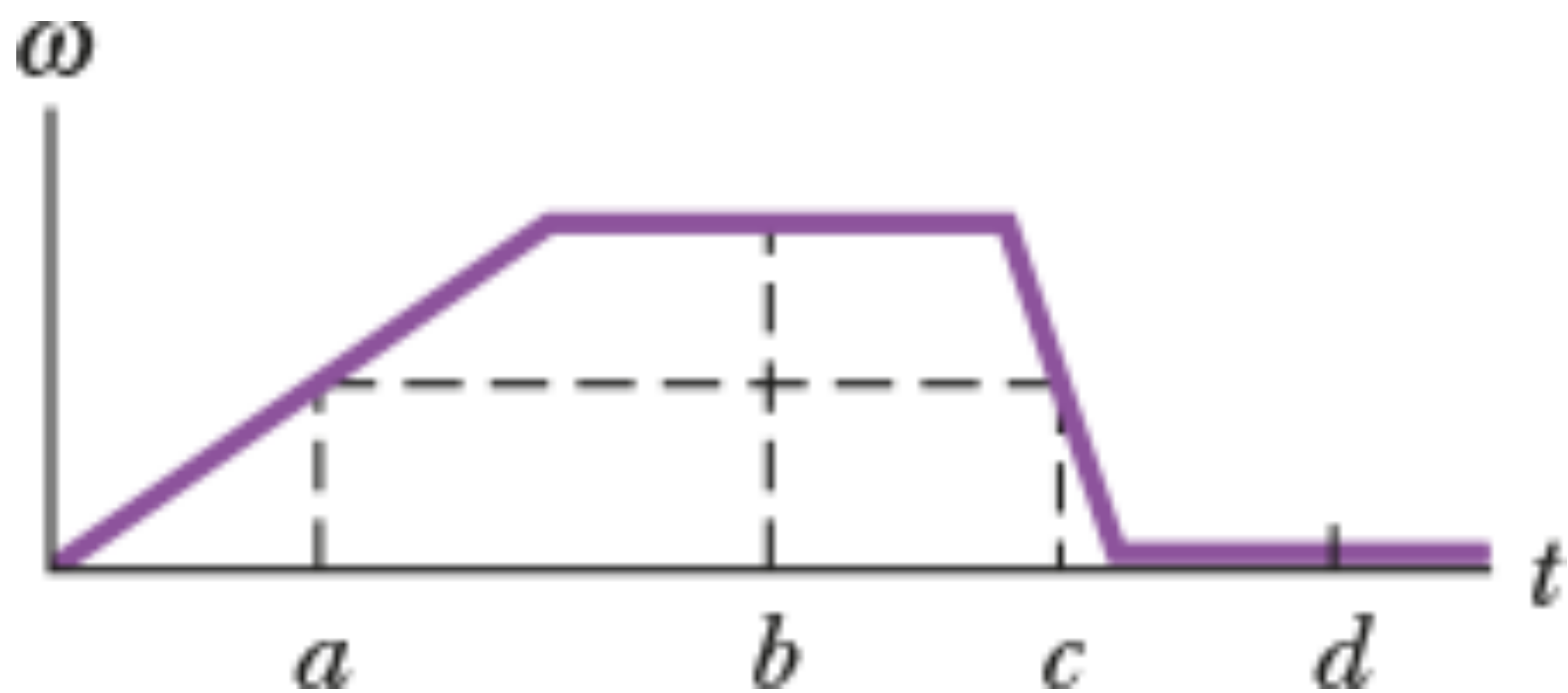

M
m
(a)
M
R
O
T
(c)
L'accelerazione angolare del disco è provocata dal momento torcente dovuto alla tensione della corda sul suo bordo
Queste due forze determinano l'accelerazione lineare del blocco
T
m
F
g
Occorre trovare il legame tra queste due accelerazioni
(b)

TABELLA 10.3 Alcune formule corrispondenti per i moti di traslazione e di rotazione

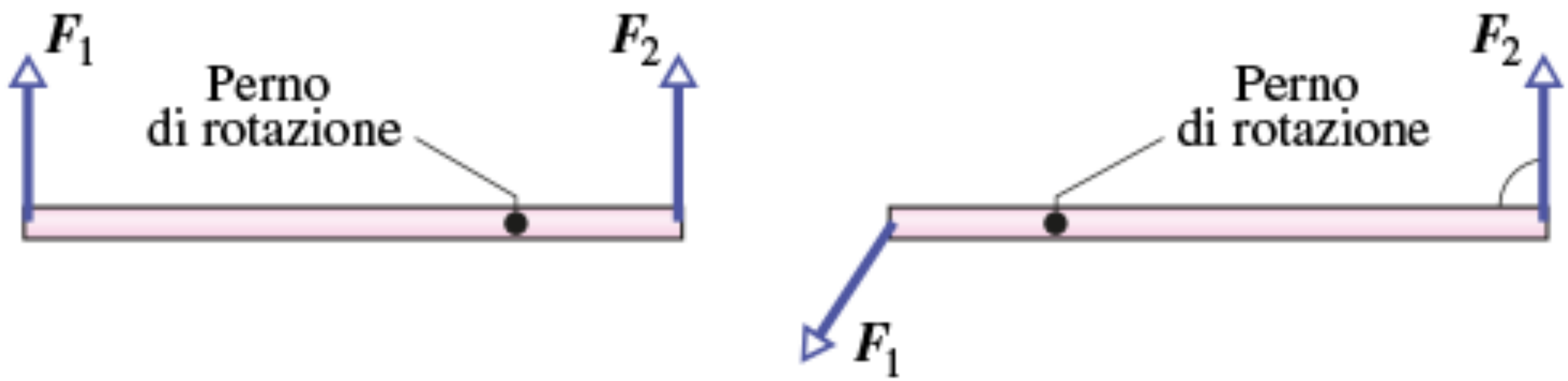
Traslazione pura in direzione fissa		Rotazione pura intorno a un asse fisso	
Posizione	x	Posizione angolare	θ
Velocità	$v = \mathrm{d}x/\mathrm{d}t$	Velocità angolare	$\omega = \mathrm{d}\theta/\mathrm{d}t$
Accelerazione	$a = \mathrm{d}v/\mathrm{d}t$	Accelerazione angolare	$\alpha = \mathrm{d}\omega/\mathrm{d}t$
Massa (inerzia traslazionale)	m	Momento d'inerzia (inerzia rotazionale)	I
Seconda legge di Newton	$F_{\text{net}} = ma$	Seconda legge di Newton	$\tau_{\text{net}} = I\alpha$
Lavoro	$L = \int F\,\mathrm{d}x$	Lavoro	$L = \int \tau\,\mathrm{d}\theta$
Energia cinetica	$K = \frac{1}{2}mv^2$	Energia cinetica	$K = \frac{1}{2}I\omega^2$
Potenza (forza costante)	$P = Fv$	Potenza (momento della forza costante)	$P = \tau\omega$
Teorema dell'energia cinetica	$L = \Delta K$	Teorema dell'energia cinetica	$L = \Delta K$



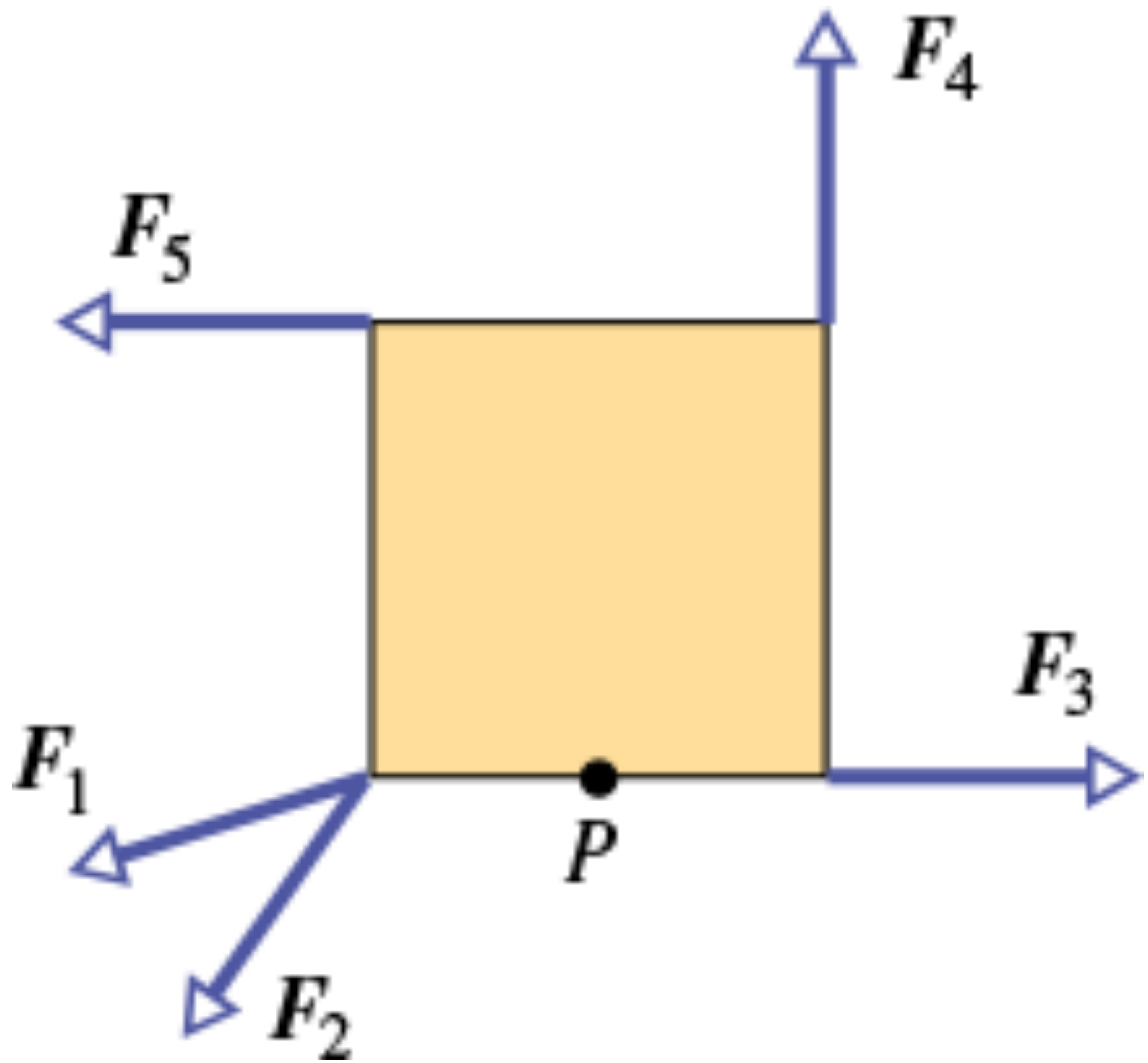
(a)
Asse di rotazione
θ (rad)
(b)
t (s)
1
2
3

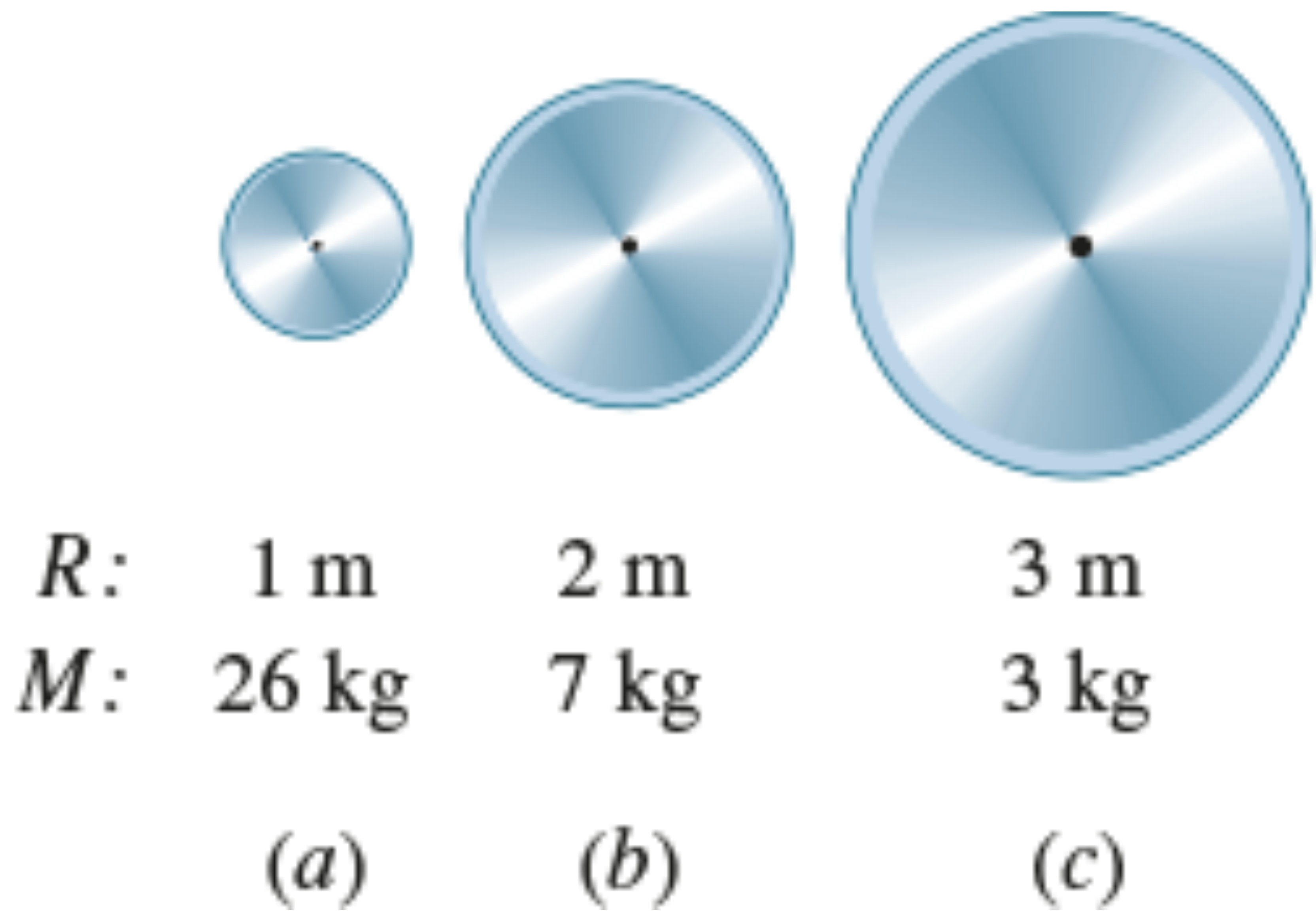


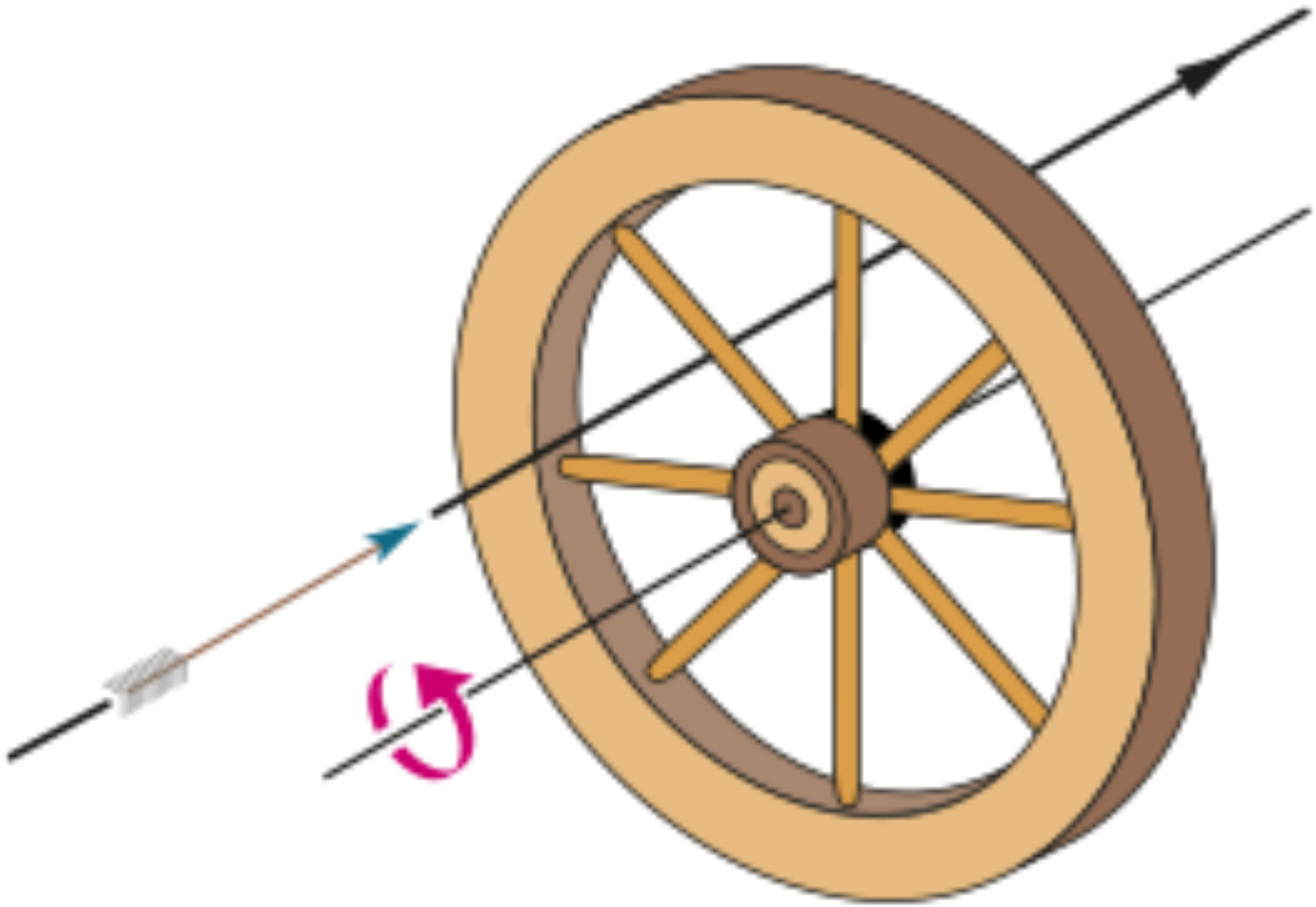
ω
t
a
b
c
d

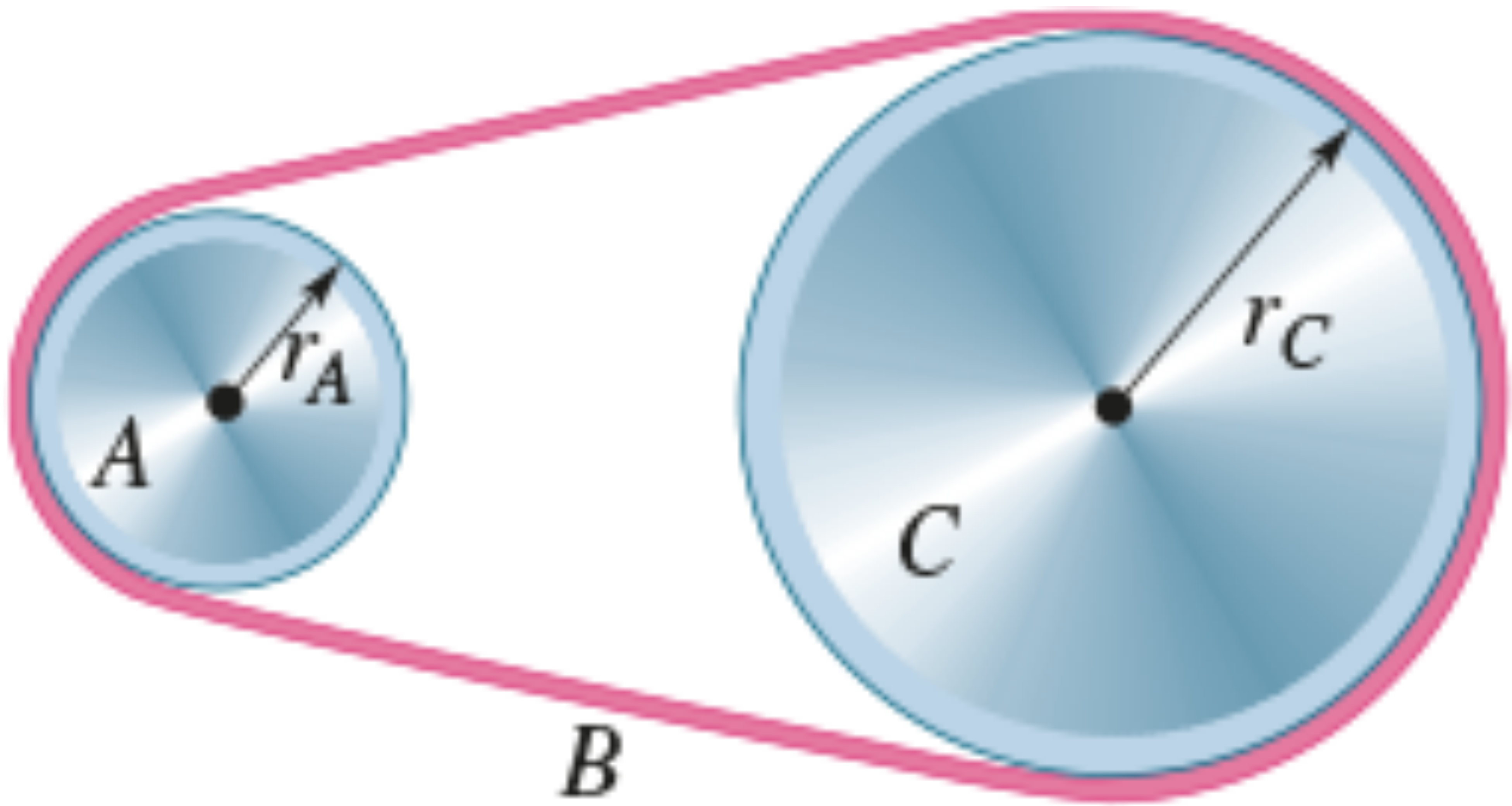


F_1
F_2
Perno di rotazione
F_2
Perno di rotazione
F_1

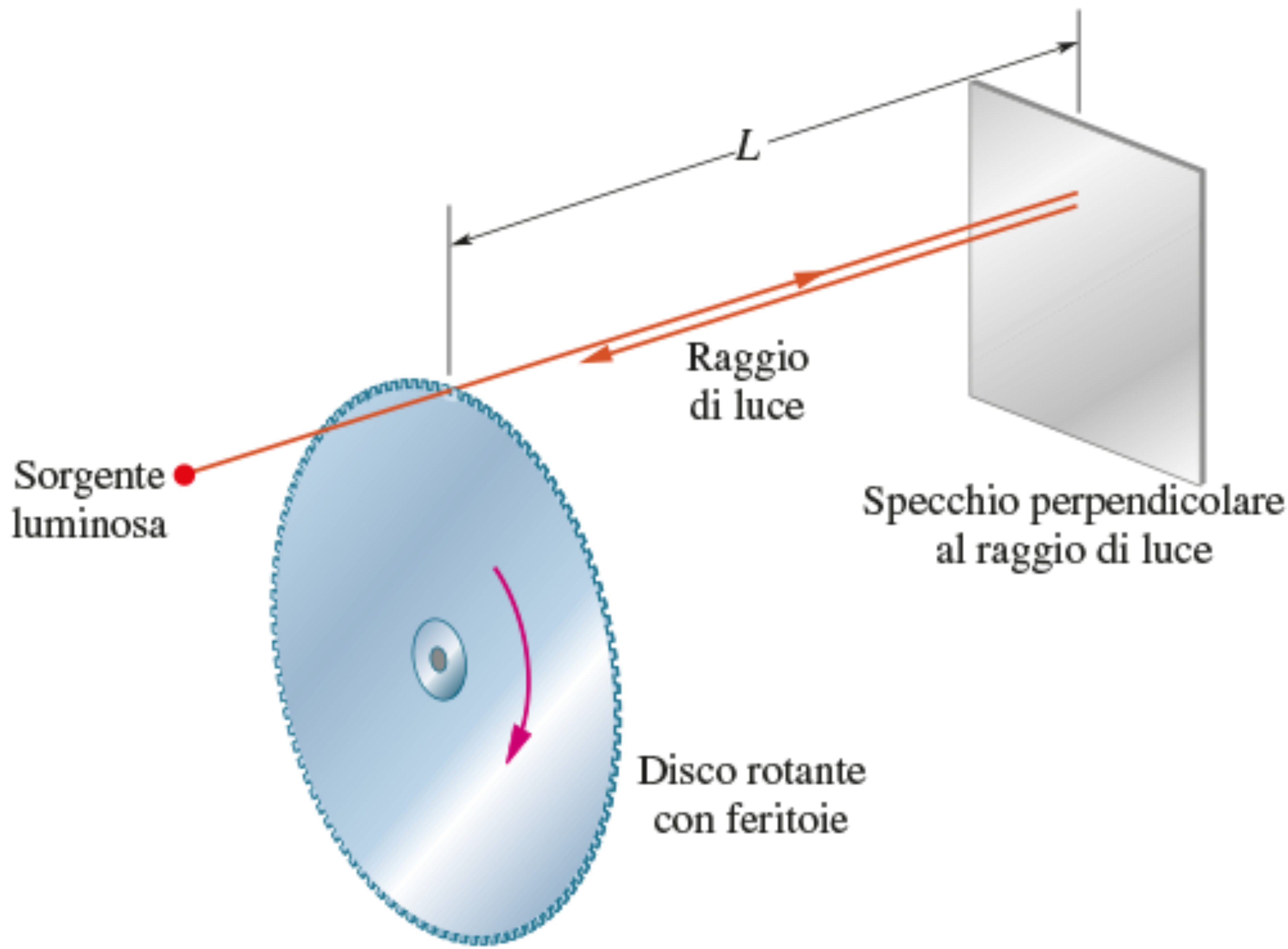

F4
F5
F3
F1
P
F2

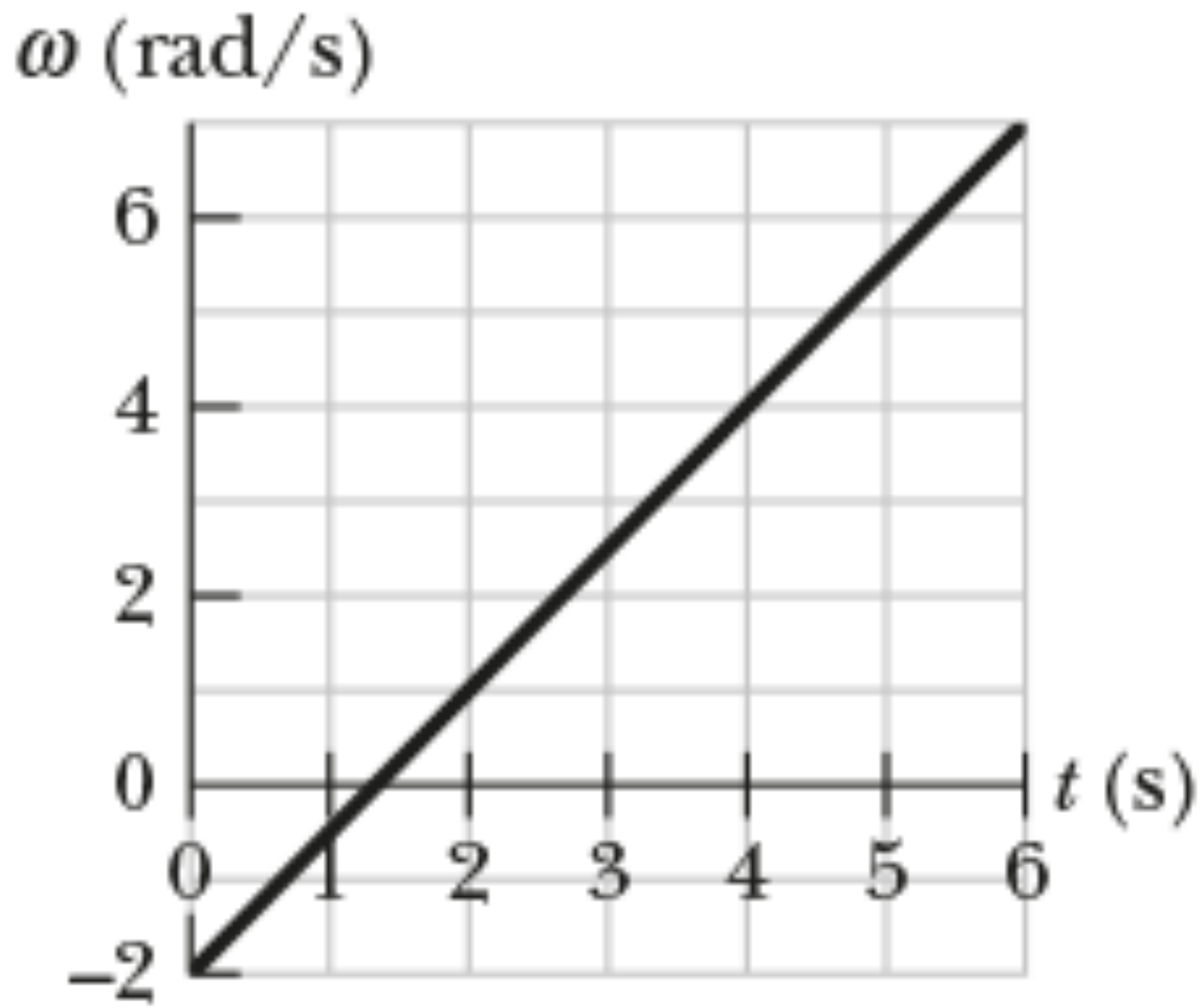

R: 1 m 2 m 3 m
M: 26 kg 7 kg 3 kg
(a) (b) (c)

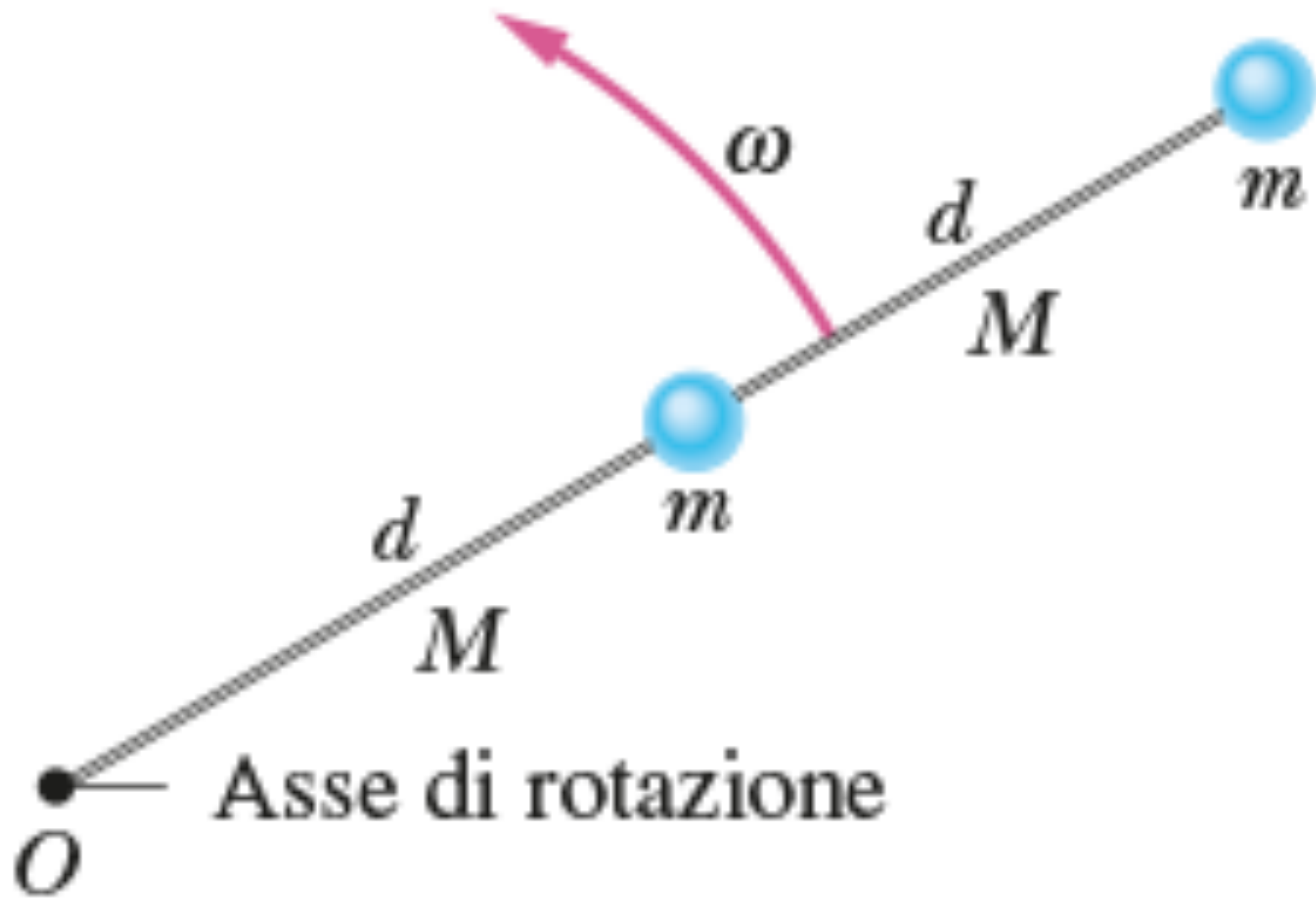




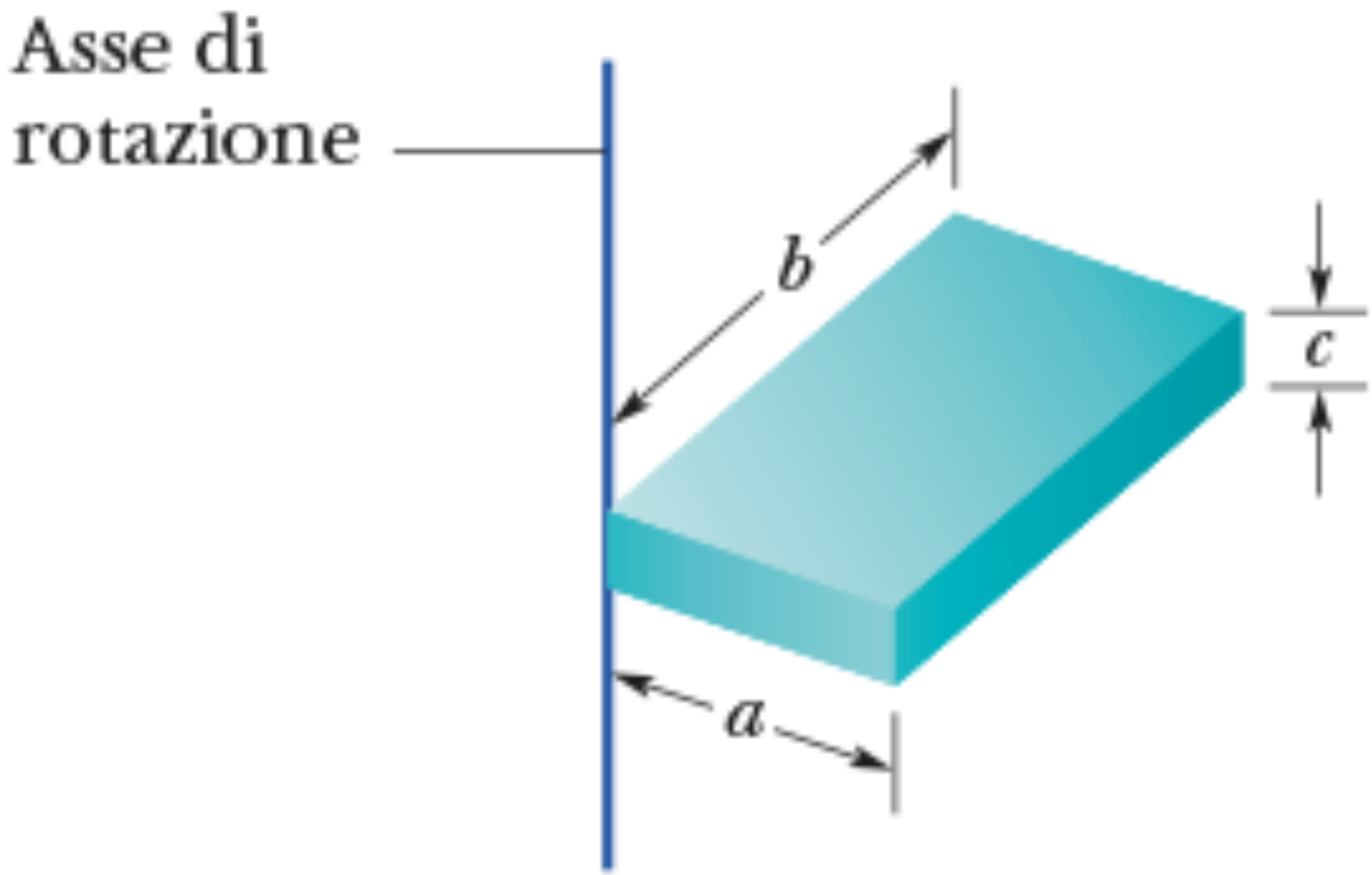
r_A
A
r_C
C
B

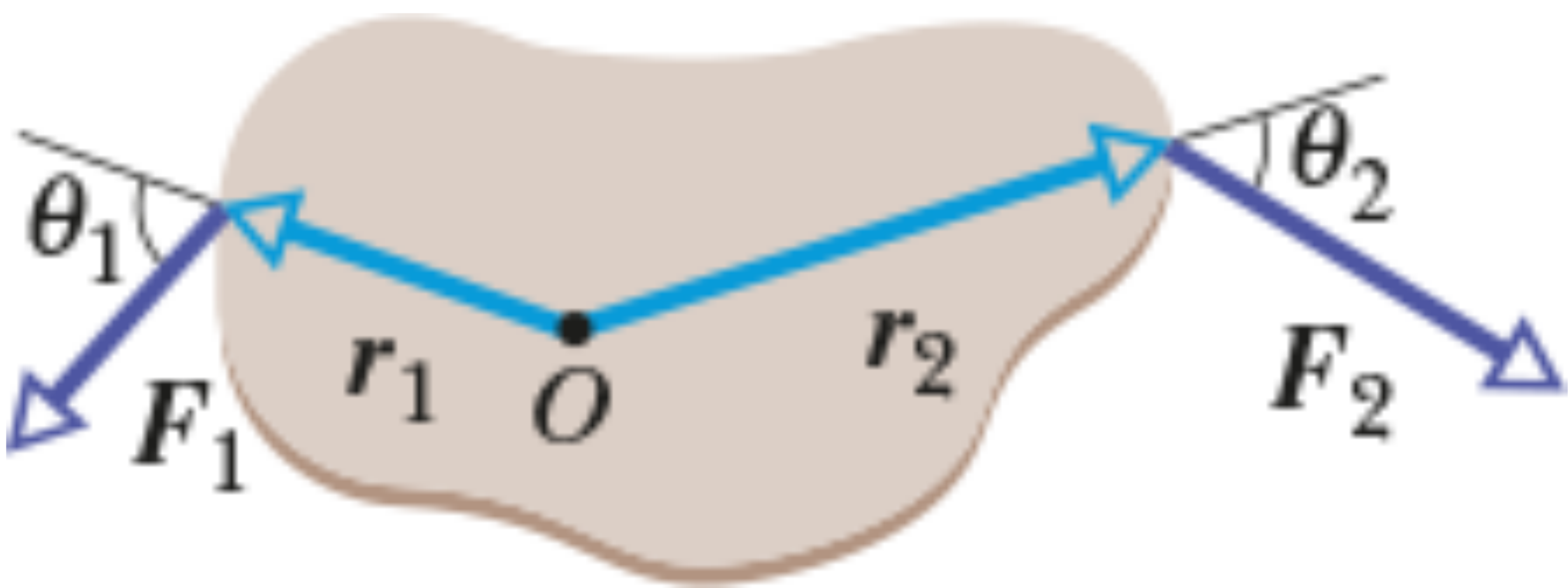

L
Raggio
di luce
Sorgente
luminosa
Specchio perpendicolare
al raggio di luce
Disco rotante
con feritoie

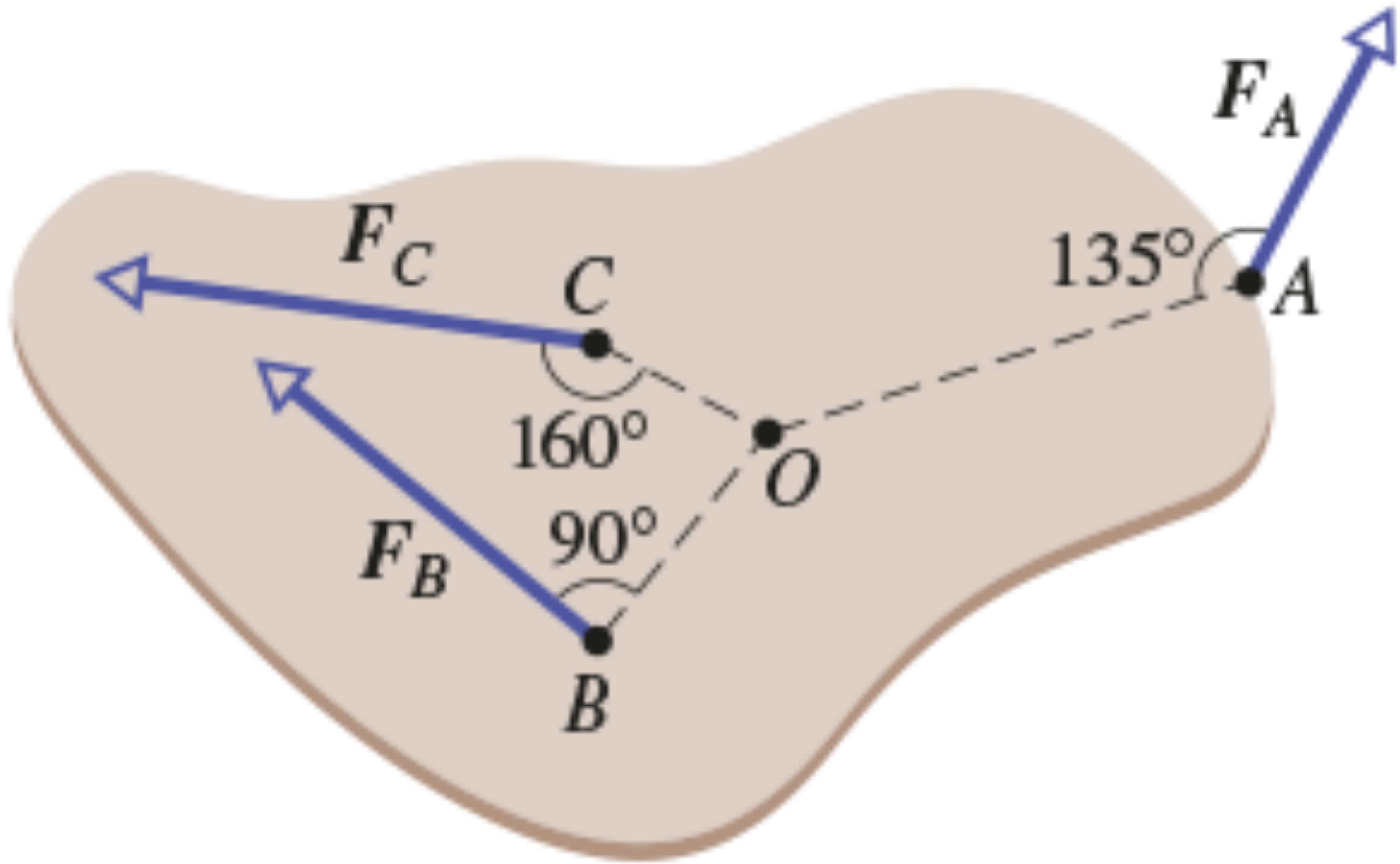

ω (rad/s)
6
4
2
0
–2
0
1
2
3
4
5
6
t (s)



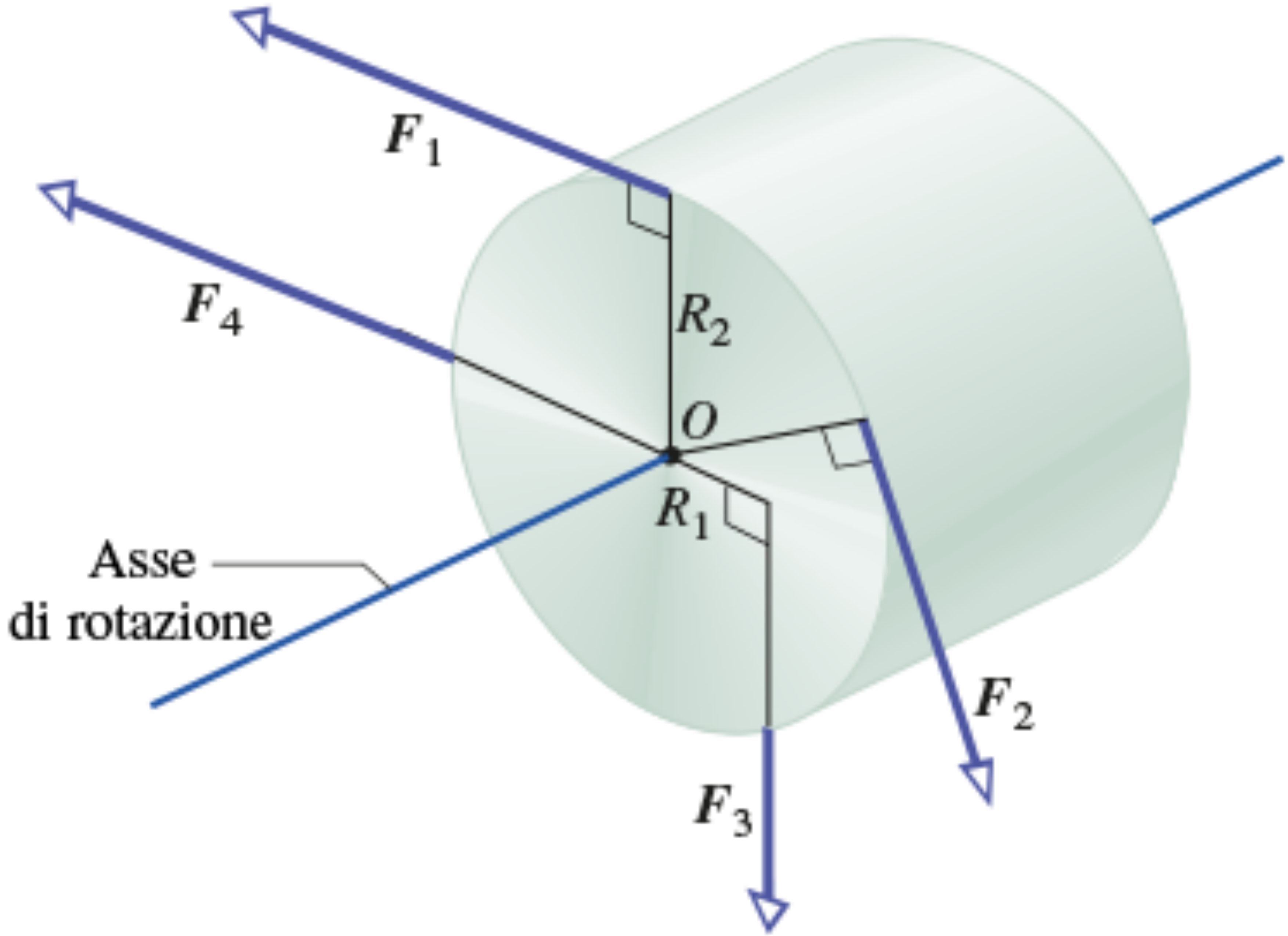
ω
d
m
M
m
d
M
Asse di rotazione
O


Asse di
rotazione
b
c
a

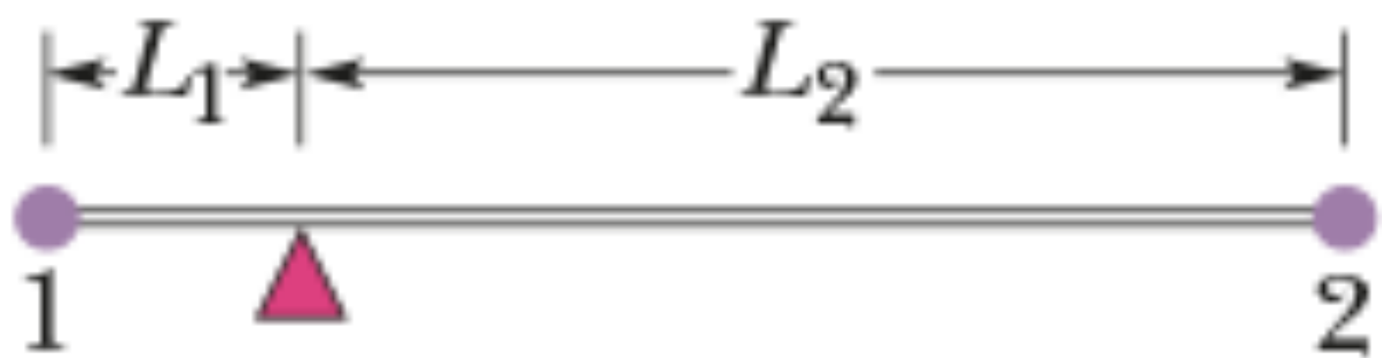

θ1
F1
r1
O
r2
θ2
F2



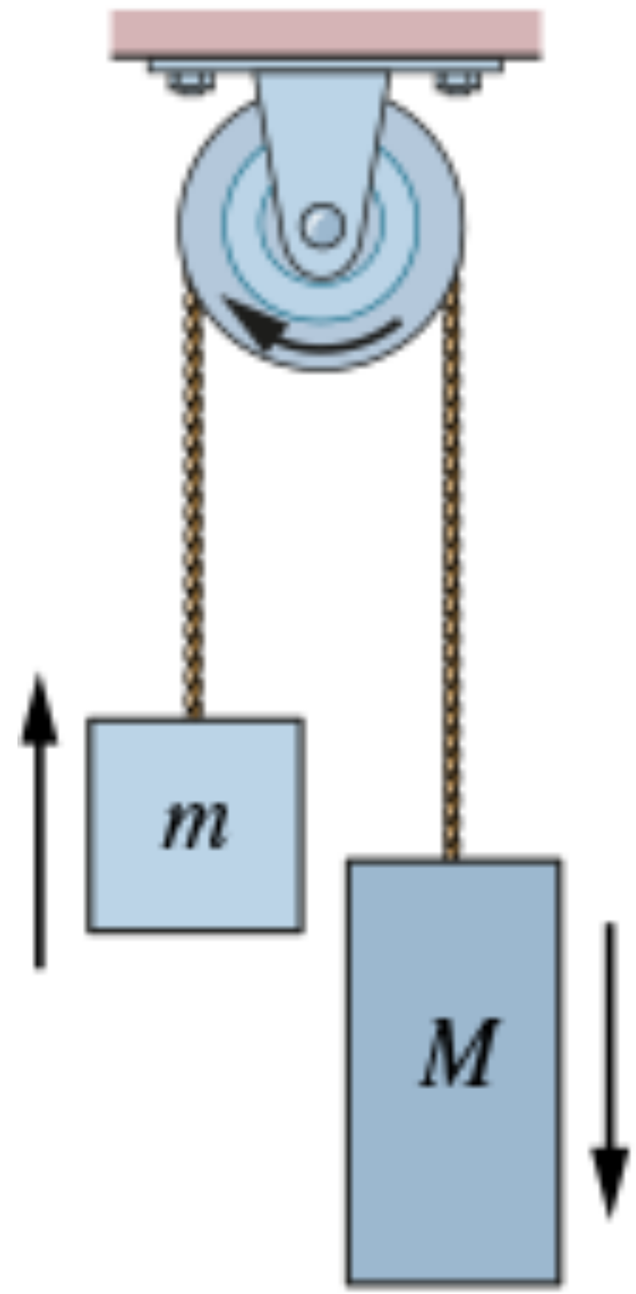
F_A
135°
A
F_C
C
160°
O
90°
F_B
B

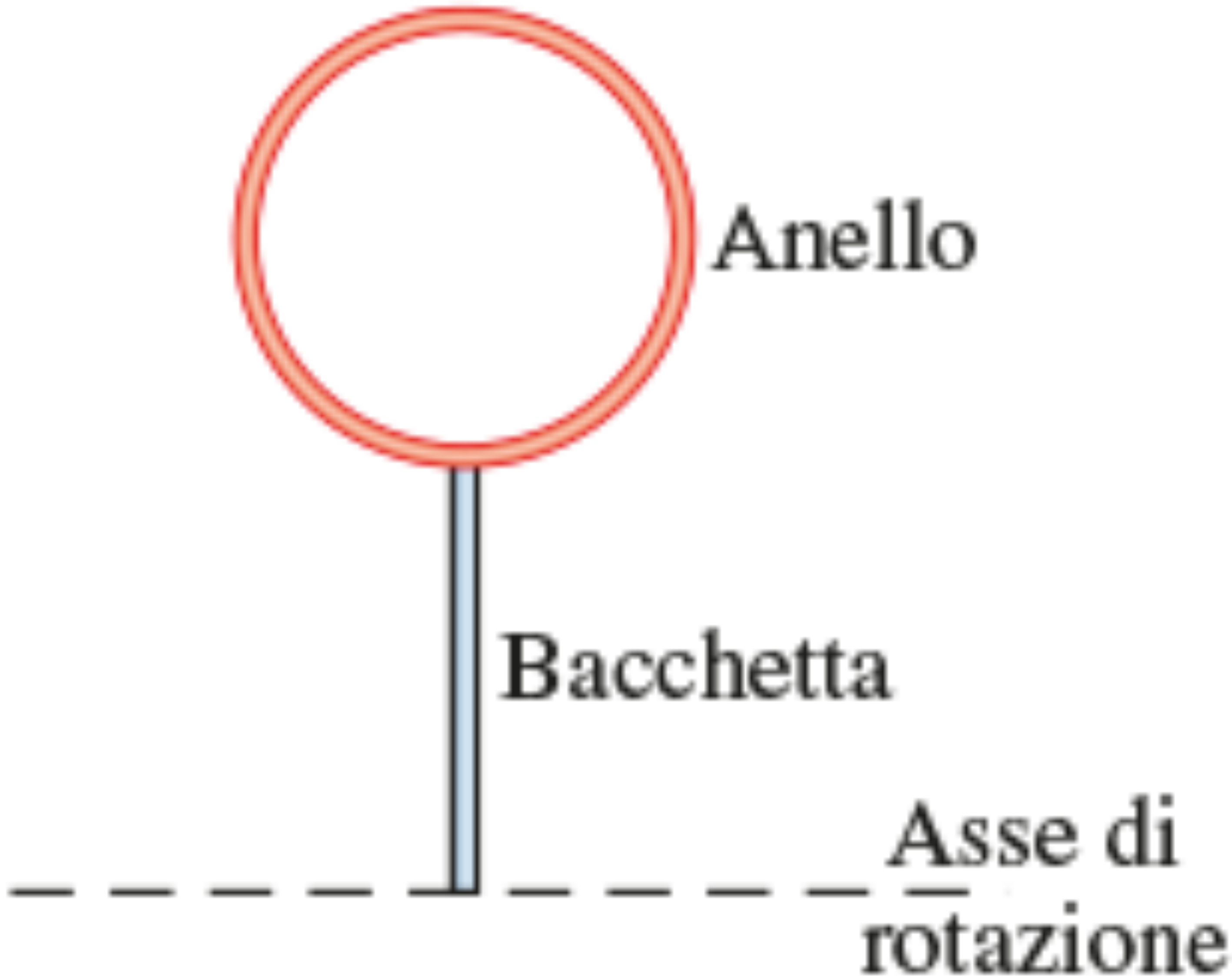


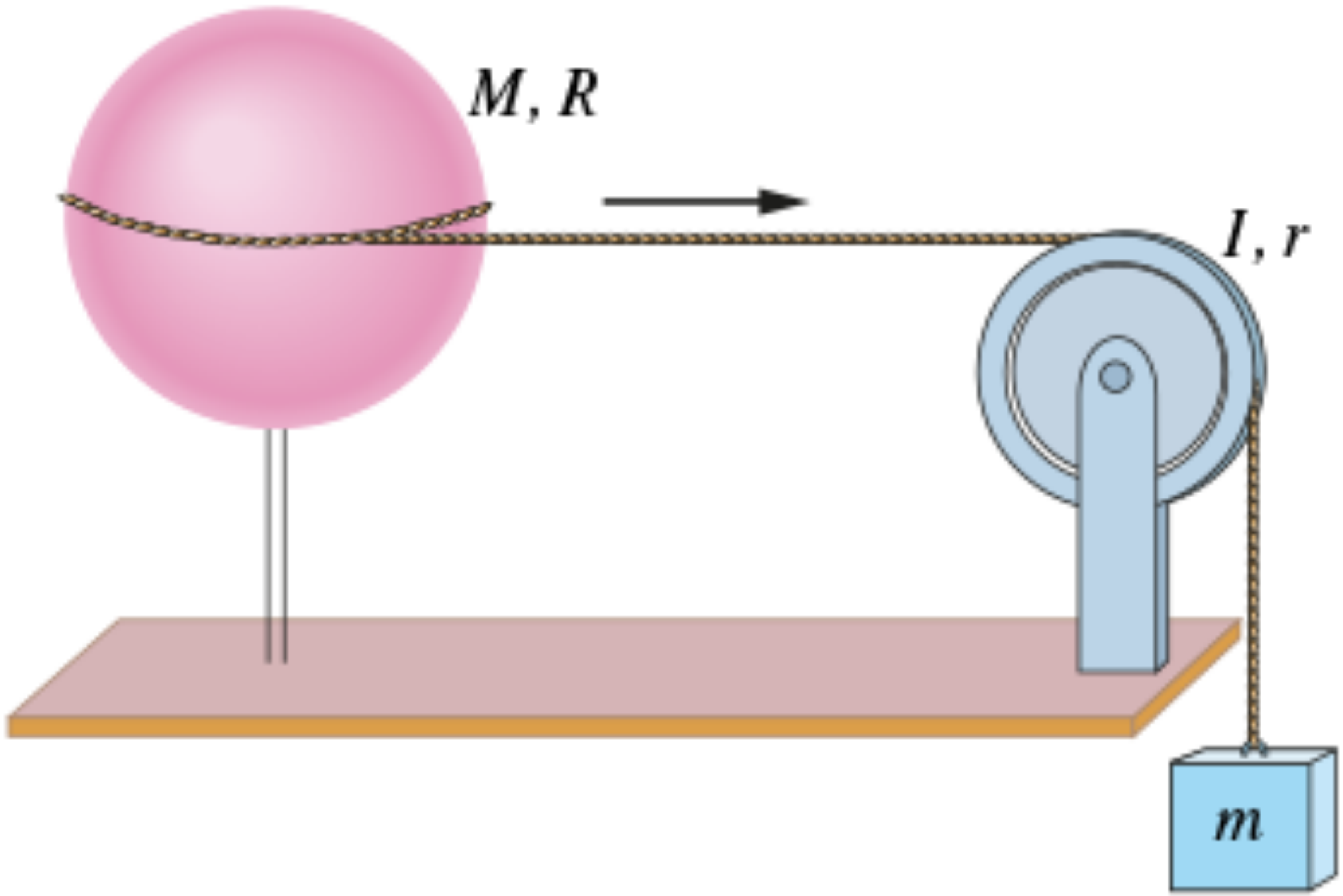
F_1
F_4
R_2
O
R_1
Asse
di rotazione
F_2
F_3



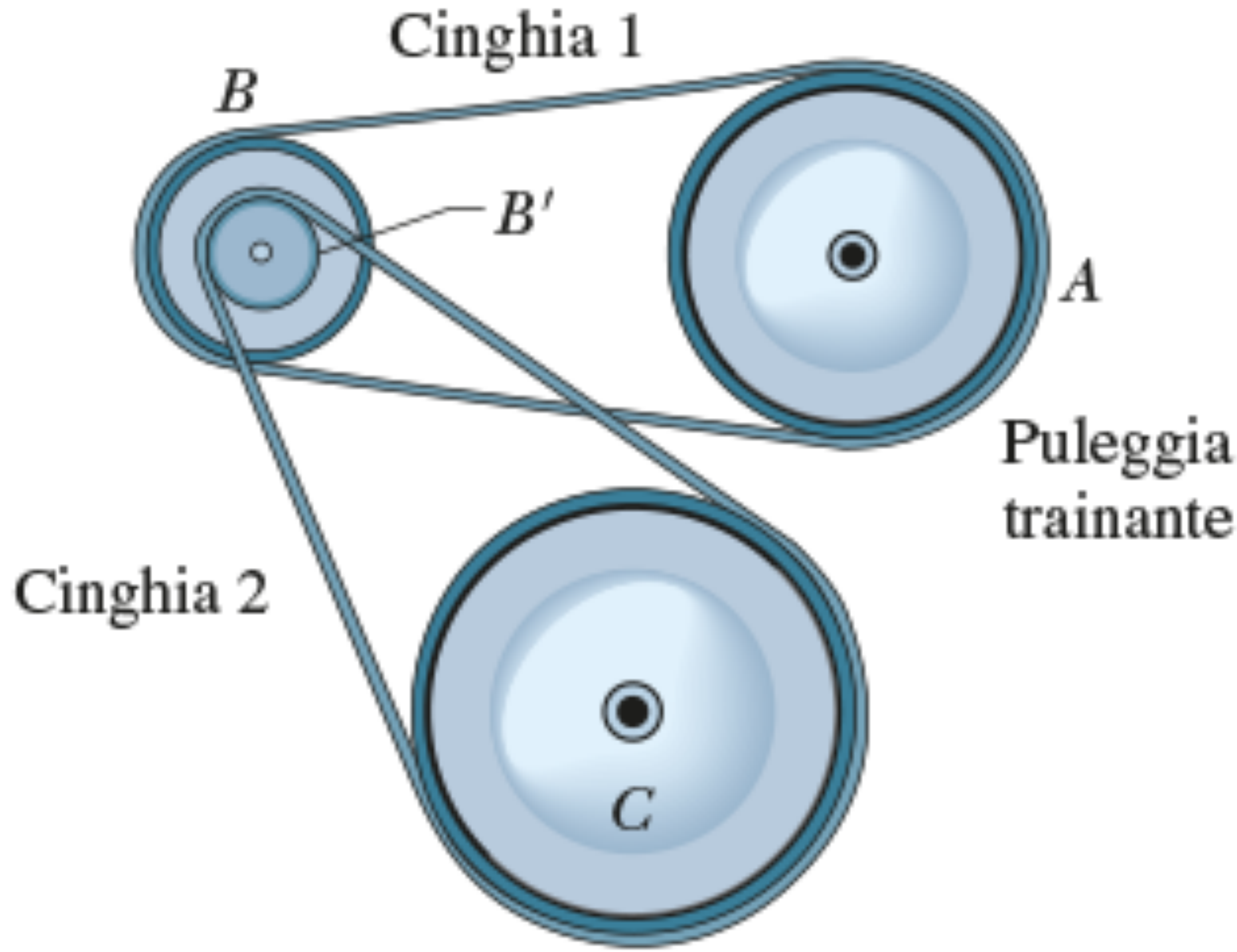
L_1
L_2
1
2

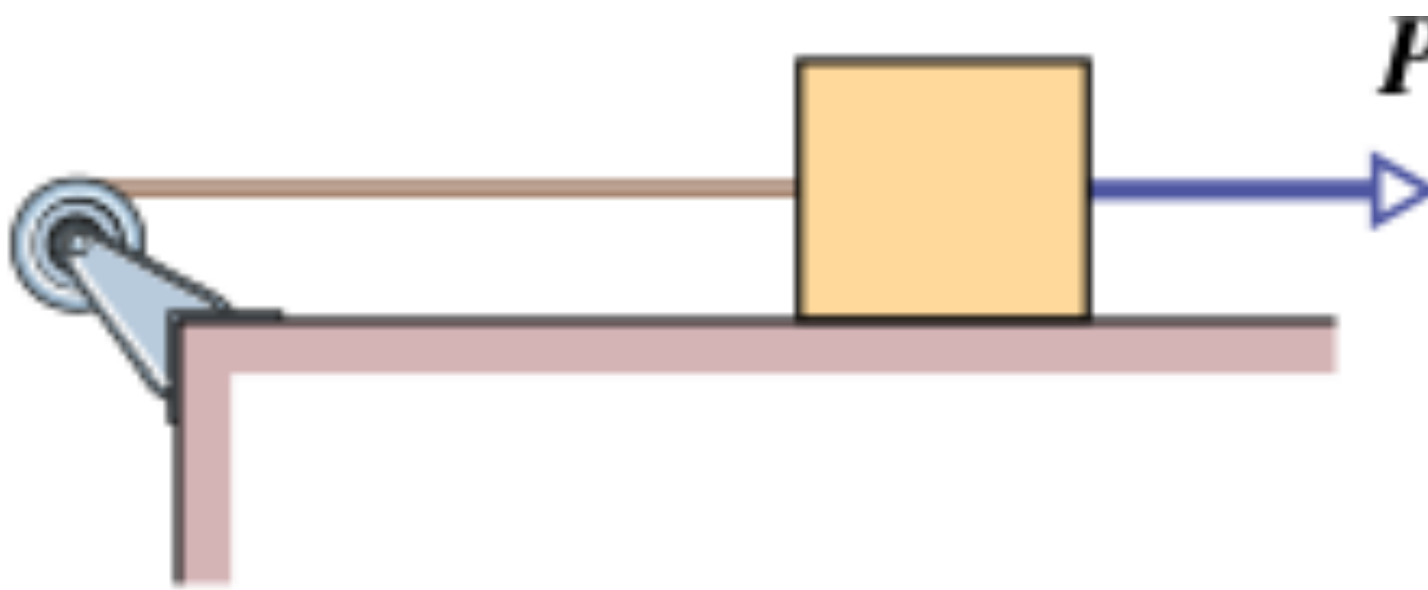

m
M

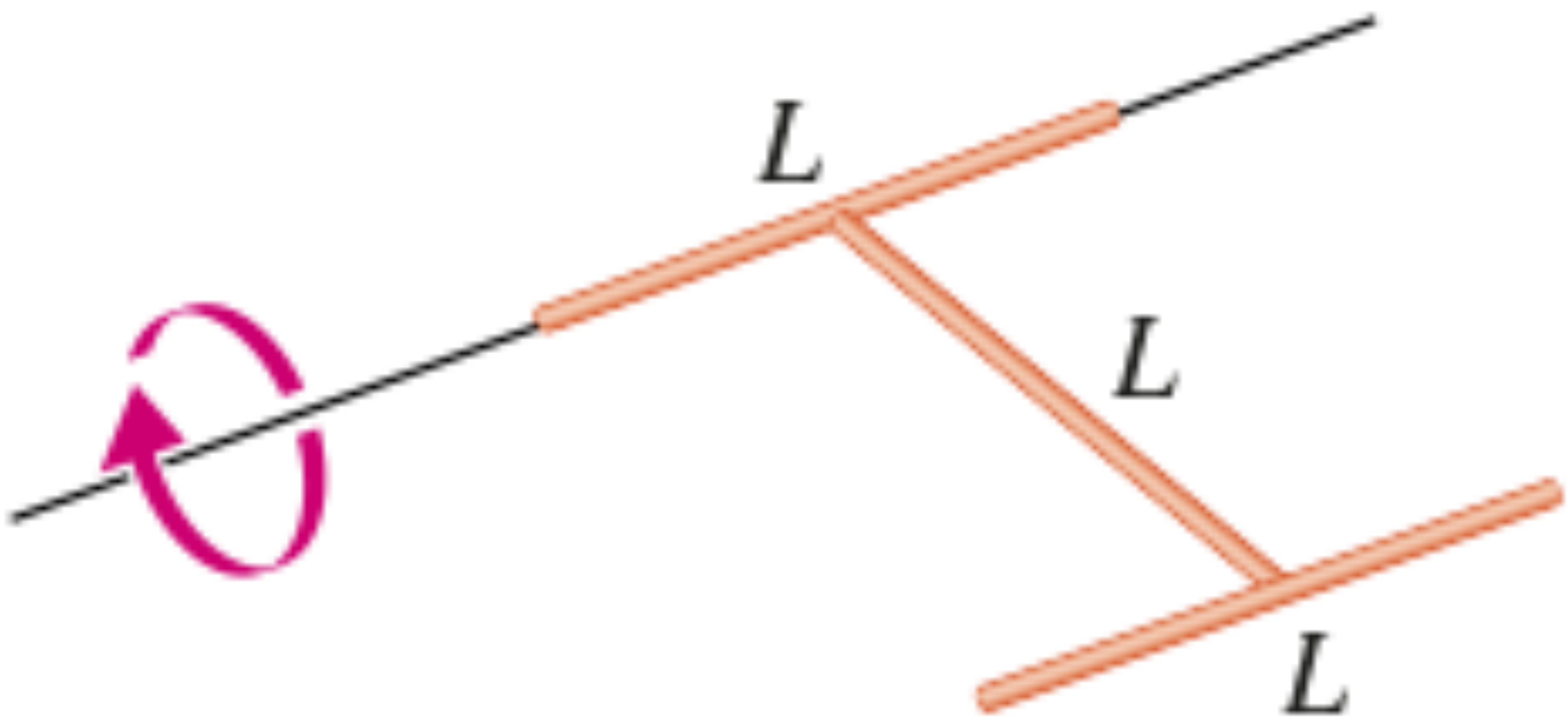

Anello
Bacchetta
Asse di
rotazione

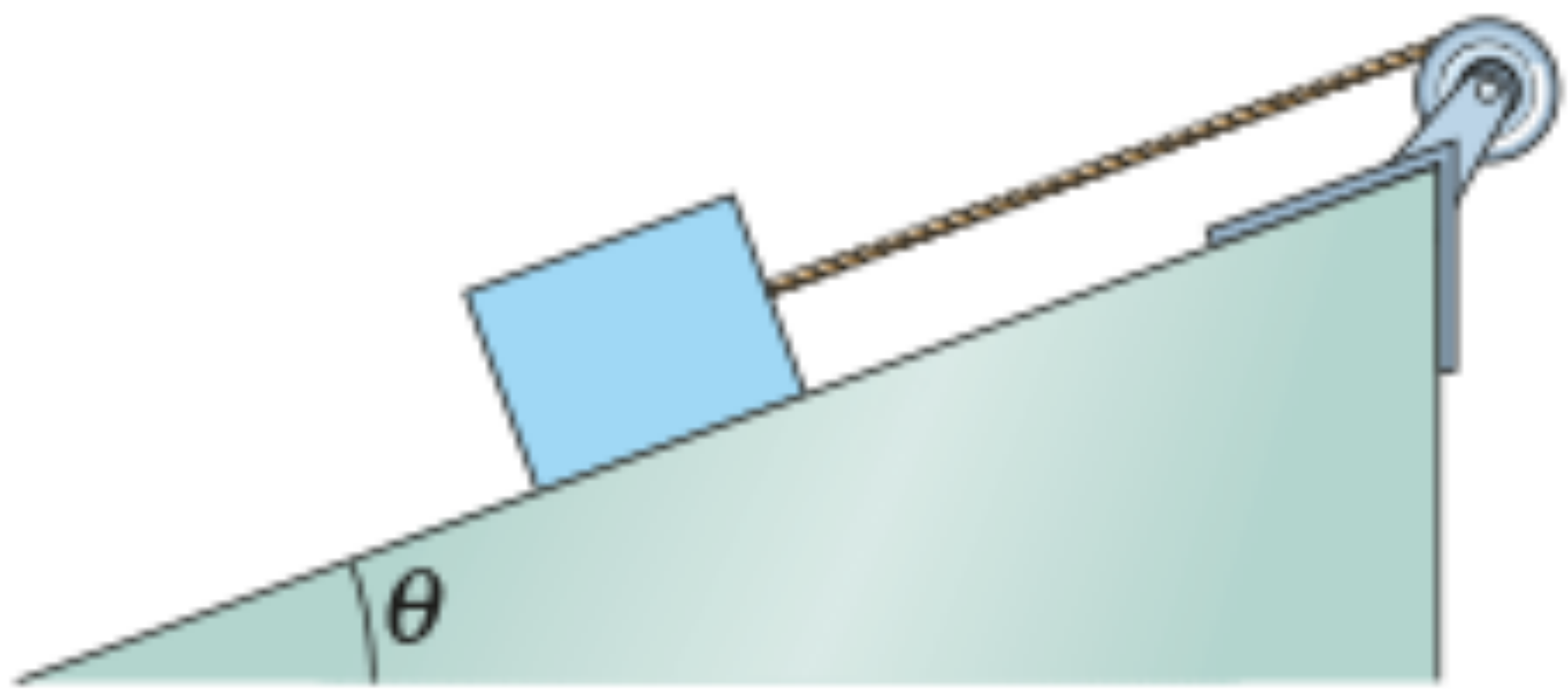


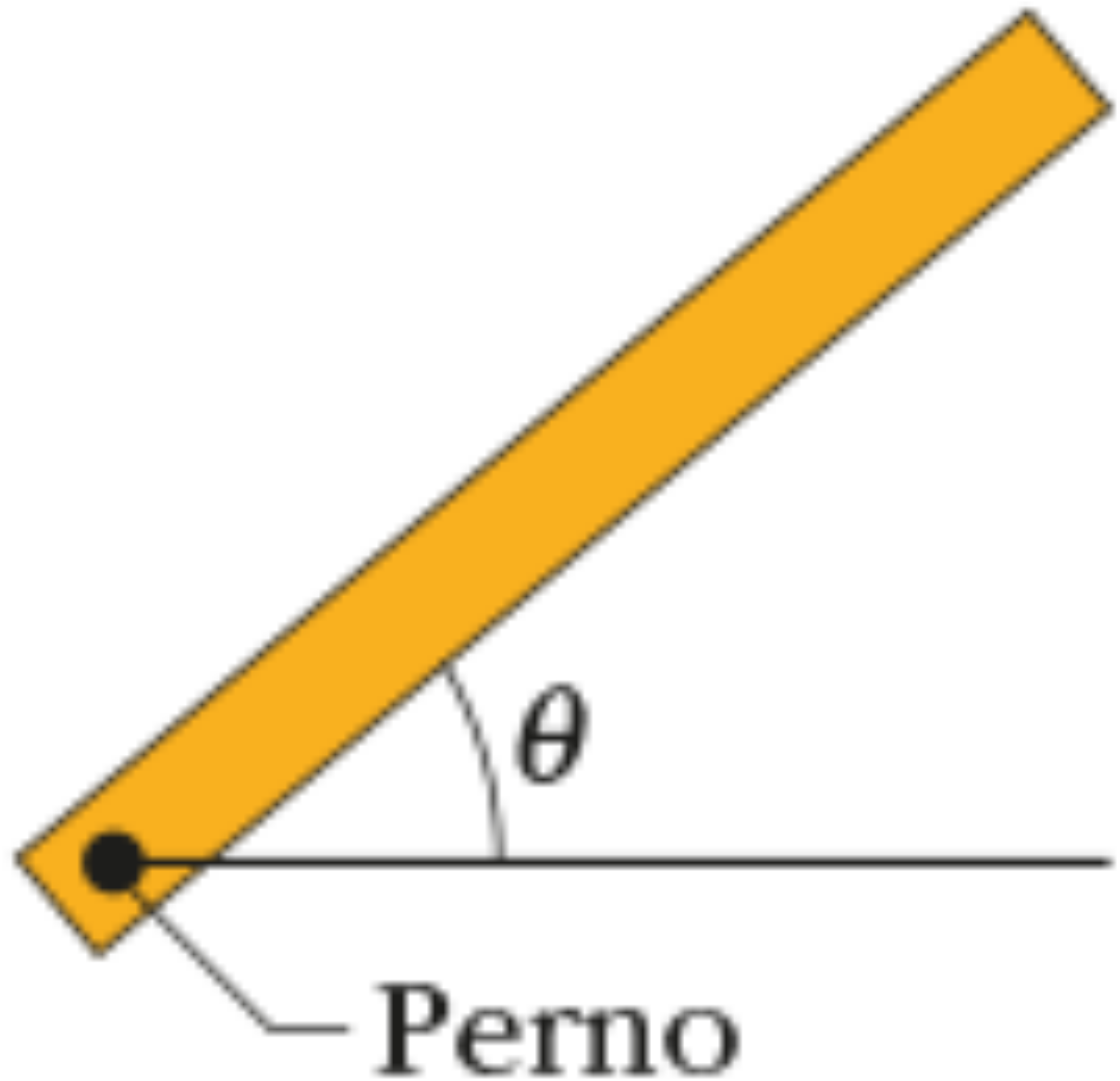
M, R
I, r
m

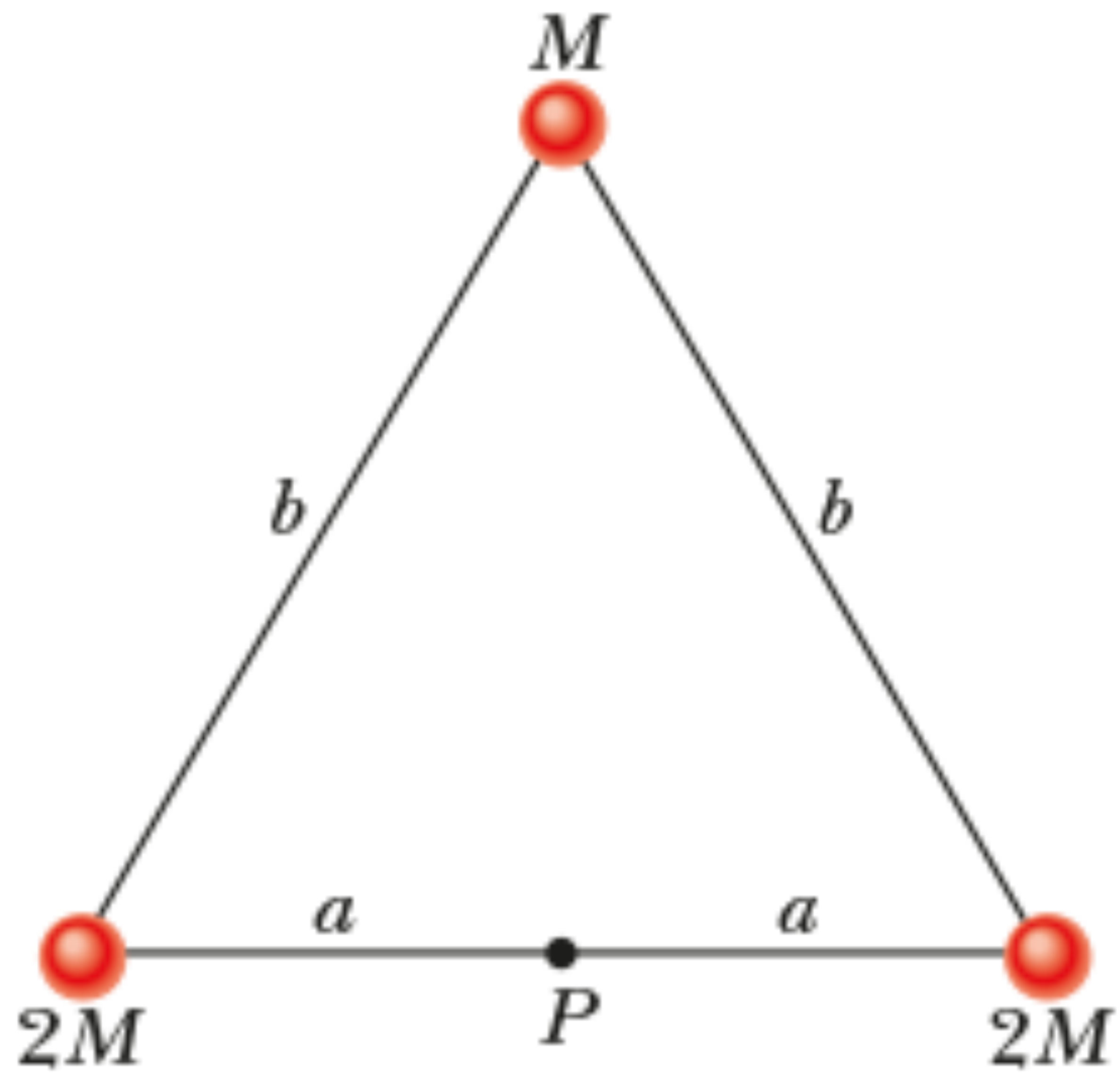

Cinghia 1
B
B'
A
Puleggia trainante
Cinghia 2
C


P


L
L
L


θ


θ
Perno


M
b
b
a
a
2M
P
2M

