

## 5.7 Le forze d'attrito

- 60** Prendi in esame un oggetto appoggiato sul tuo banco.
- Da che cosa dipende il coefficiente d'attrito radente statico?
  - Descrivi che cosa potresti fare per diminuirlo.

a) l'attrito statico dipende dal peso del corpo (Forza premente) . Dal contatto tra la superficie del corpo e superficie del banco.

b) dato che non si può diminuire il peso, si può rendere più liscia la superficie tra i due corpi, oppure mettere una sostanza viscosa, che diminuisca il coefficiente d'attrito statico.

- 61** Uno sciatore di massa 75,0 kg è fermo sulla neve fresca. Determina la forza al distacco (coefficiente d'attrito radente statico 0,04).

Per lo svolgimento dell'esercizio, completa il percorso guidato, inserendo gli elementi mancanti dove compaiono i puntini.

- I dati sono: ..  $m=75\text{kg}$ ,  $k_s=0,04$  .....
- La formula della forza d'attrito statico al distacco è:  
 $F_s = \dots k_s F_p$  .....
- Per determinare la forza premente  $F_p$ , che in questo caso rappresenta la forza peso dell'uomo, occorre utilizzare:  
 $F = mg=75(9,8)=735\text{N}$  .....
- Sostituendo nella formula i valori, trovi infine:  
 $F_s = k_s F_p = 0,04(735)=29,4\text{N}$  .....

[29,4 N]

- 62** È data la seguente tabella di coefficienti d'attrito radente statico:

superfici a contatto	gomma-asfalto asciutto	gomma-asfalto bagnato
coefficiente d'attrito statico	0,8	0,5

- Per un'automobile la forza d'attrito è maggiore sull'asfalto asciutto o su quello bagnato?
- Se l'automobile pesa 12 000 N, determina la forza al distacco nel caso venga trainata con le ruote bloccate prima sull'asfalto asciutto e poi su quello bagnato.

[b) 9600 N; 6000 N]

$$F_{s\_bagnato} = k_s P = 0,5P < F_{s\_asciutto} = 0,8P$$

$$F_{s\_bagnato} = k_s P = 0,5(12000) = 6000\text{N}$$

$$F_{s\_asciutto} = k_s P = 0,8(12000) = 9600\text{N}$$

**63** Un parallelepipedo di legno di 2 kg è appoggiato sul banco (coefficiente di attrito radente statico 0,4).

a) Se lo spingi in orizzontale applicando una forza di 5 N, il parallelepipedo comincia a muoversi strisciando sul banco?

b) Per quale valore della forza esso comincia a muoversi?  
[b) 7,85 N]

Dato che:  $F_s = k_s mg = 0,4(2)(9,81) = 7,85N > 5N$  il corpo non si muove.

Comincia a muoversi quando  $F_s = k_s mg = 0,4(2)(9,81) = 7,85N$

**64** Hai a disposizione dei cubi di legno uguali la cui massa è 0,4 kg e che si trovano su un piano d'acciaio.

a) Sapendo che il coefficiente d'attrito radente statico è 0,5, qual è la forza necessaria da applicare in orizzontale affinché uno dei cubi cominci a muoversi strisciando?

b) Qual è la forza necessaria per spostare due cubi posti uno sull'altro (in verticale)?  
[a) 1,96 N; b) 3,92 N]

$$F_s = k_s mg = 0,4(0,5)(9,81) = 1,96N$$

Se pongo i due cubi in orizzontale,  $m_2=0,8$

$$F_{s2} = k_s m_2 g = 0,8(0,5)(9,81) = 3,92N$$

**65** Calcola il coefficiente d'attrito radente statico, sapendo che per spostare un parallelepipedo di legno che pesa 29,0 N sopra una superficie anch'essa di legno, è necessaria una forza orizzontale pari a 7,25 N.

Per lo svolgimento dell'esercizio, completa il percorso guidato, inserendo gli elementi mancanti dove compaiono i puntini.

1 I dati sono:  $P=29,0\text{kg}$ ,  $F_s=7,25\text{N}$ .....

2 Scrivendo la formula del coefficiente cercato, hai:

$$K_s = \frac{F}{F_s} \dots\dots\dots$$

3 Sostituendo i valori delle forze, trovi infine:

$$K_s = \frac{F}{F_s} = \frac{7,25}{29} = 0,25 \dots\dots\dots$$

[0,25]

**66** Per spostare un corpo su una superficie orizzontale con strisciamento, gli si applica da fermo una forza parallela alla superficie pari a 1,75 N. Calcola il coefficiente d'attrito radente statico, nel caso in cui la forza peso che agisce sul corpo equivalga a 35 N. [0,05]

$$k_s = \frac{F}{P} = \frac{1,75}{35} = 0,05$$

**67** Un corpo, la cui forza peso è di 9,4 N, striscia su una superficie orizzontale. Il coefficiente d'attrito radente statico vale 0,12. Trova la forza minima necessaria per mettere in movimento il corpo. [1,13 N]

$$F_s = k_s P = 0,12(9,4) = 1,13 \text{ N}$$

**68** Un corpo fermo, su cui agisce una forza peso di 18,0 N, può strisciare su una superficie orizzontale. Il coefficiente d'attrito radente statico vale 0,15.

a) Per quale delle due forze  $F_1 = 2,0 \text{ N}$  ed  $F_2 = 2,5 \text{ N}$  applicate orizzontalmente il corpo è in movimento? Motiva la risposta.

b) Se a parità di forza peso si ha che, con una forza orizzontale pari a soli 1,8 N, il corpo inizia a muoversi, che cosa è cambiato?

[Nessuna delle due; vale 0,1 ...]

$$F_s = k_s P = 0,15(18) = 2,7 \text{ N}$$

$$F_1 < F_2 < F_s$$

in entrambi i casi la forza di attrito è maggiore della forza applicata,

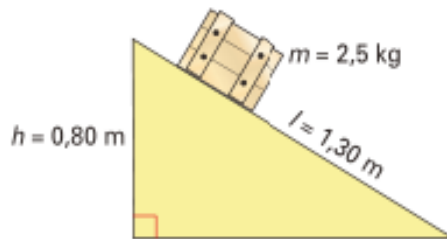
e quindi il corpo è fermo in entrambi i casi

Se il corpo inizia a muoversi con una forza di 1,8 N,

vuol dire che è diminuito il coefficiente di attrito:

$$\text{ora } k_s = \frac{F}{P} = \frac{1,8}{18} = 0,1 < 0,15$$

- 69** In relazione alla figura, sapendo che la cassa è in equilibrio grazie alla massima forza di attrito statico, in quanto sta per iniziare a scivolare, determina:
- la reazione vincolare esercitata dal piano sulla cassa;
  - il coefficiente di attrito statico.



**SUGGERIMENTO** Procedi come nel caso trattato in teoria nell'esempio 4.

[a) 19,3 N; b) 0,78]

$$P = mg = 2,5(9,81) = 24,53 \text{ N}$$

$$P_{\parallel} = mg \frac{h}{l} = 2,5(9,81) \frac{0,8}{1,3} = 15,1 \text{ N}$$

$$b = \sqrt{1,3^2 - 0,8^2} = 1,02 \text{ m}$$

$$P_{\perp} = mg \frac{b}{l} = 2,5(9,81) \frac{1,02}{1,3} = 19,3 \text{ N} \quad \text{oppure} \quad P_{\perp} = \sqrt{P^2 - P_{\parallel}^2} = \sqrt{24,53^2 - 15,1^2} = 19,3 \text{ N}$$

$$R = P_{\perp} = 19,3 \text{ N}$$

Se il corpo sta in equilibrio allora la somma delle forze su piano è nulla:

$$P_{\parallel} - F_a = 0 \Rightarrow F_a = P_{\parallel} \Rightarrow k_s P_{\perp} = P_{\parallel} \Rightarrow k_s = \frac{P_{\parallel}}{P_{\perp}} = \frac{15,1}{19,3} = 0,78$$

- 70** Una scatola di 420 g si trova appoggiata su un piano inclinato di  $30^\circ$  rispetto all'orizzonte ed è tenuta ferma grazie alla forza d'attrito.

- Determina la forza d'attrito.
- Se il coefficiente di attrito statico è 0,75, determina qual è la minima forza che si deve esercitare per fare in modo che inizi a scendere lungo il piano.

**SUGGERIMENTO** a) Se la scatola non si muove, significa che la forza di attrito in modulo è uguale alla forza equilibrante per cui... b) La forza di attrito al distacco è data da  $F_s = K_s \cdot P_{\perp}$ .

[a) 2,06 N; b) 2,68 N]

$$P_{\parallel} - F_a = 0 \Rightarrow F_a = P_{\parallel} \Rightarrow F_a = P_{\parallel} = mg \sin 30^\circ = 0,420(9,8) \sin 30 = 2,06 \text{ N} \Rightarrow$$

$$P_{\parallel} = F_a = k_s P_{\perp} = k_s mg \cos 30^\circ = 0,75(0,420)(9,81) \cos 30 = 2,68 \text{ N}$$

**71** Un'automobile avente una massa di 950 kg è stata parcheggiata in una strada in salita con una pendenza del 15%.

a) Il mezzo è tenuto in equilibrio dalla forza di attrito che si esercita tra asfalto e pneumatici, determina il modulo di tale forza.

b) Se la forza di attrito statica massima (forza al distacco) è 6820 N, qual è il coefficiente di attrito statico fra pneumatici e asfalto?

**SUGGERIMENTO** Pendenza del 15% significa che la strada sale di 15 m di quota ogni 100 m di percorso; nella richiesta a) se l'automobile non si muove significa che la forza di attrito in modulo è uguale alla forza equilibrante.

[a) 1398 N; b) 0,74]

$$P = 950(9,81) = 9320 \text{ N}$$

$$\text{Se la pendenza è del 15\%: } \Rightarrow \frac{h}{l} = 0,15$$

$$F_a = P_{\parallel} = mg \frac{h}{l} = 950(9,81)0,15 = 1398 \text{ N}$$

$$P_{\perp} = \sqrt{P^2 - P_{\parallel}^2} = \sqrt{9320^2 - 1398^2} = 9214 \text{ N}$$

$$F_a = k_s P_{\perp} \Rightarrow k_s = \frac{F_a}{P_{\perp}} = \frac{6820}{9214} = 0,74$$

**72** Una cassa di 56,0 kg è appoggiata a una passerella inclinata di 45°. Sapendo che il coefficiente di attrito statico è 0,45 determina:

a) la reazione vincolare esercitata dal piano sulla cassa;

b) se la cassa è in equilibrio.

[a) 388 N; b) No perché la forza minima perché inizi a scendere è 175 N]

$$P = 56(9,81) = 549,4 \text{ N}$$

$$P_{\parallel} = mg \sin 45 = 56(9,81) \sin 45 = 388,5 \text{ N}$$

$$R = P_{\perp} = mg \cos 45 = 56(9,81) \cos 45 = 388,5 \text{ N}$$

$$F_a = k_s P_{\perp} = 0,45(388,5) = 174,8 \text{ N}$$

$$P_{\parallel} = 388,5 \text{ N} > F_a = 175, \text{ il corpo non è in equilibrio.}$$

- 73** Un baule di 23,0 kg è in equilibrio su un piano inclinato di  $60^\circ$  proprio grazie alla forza di attrito statica massima che agisce tra il piano e il baule. Determina:
- la reazione vincolare esercitata dal piano sul baule;
  - il coefficiente di attrito statico.

[a) 113 N; b) 1,73]

$$P = 23(9,81) = 225,6N$$

$$P_{\parallel} = mg \sin 60 = 23(9,81) \sin 60 = 195,4N$$

$$R = P_{\perp} = mg \cos 60 = 23(9,81) \cos 60 = 112,8N$$

$$k_s = \frac{F_a}{P_{\perp}} = \frac{P_{\parallel}}{P_{\perp}} = \frac{195,4}{112,8} = 1,73$$

- 74** Un corpo di massa 11,8 kg è appoggiato su un piano inclinato di  $30^\circ$  rispetto all'orizzonte.

- Se la forza di attrito statica (al distacco) è data da 50 N, il corpo è in equilibrio? Motiva la risposta.
- Quale dovrebbe essere il coefficiente di attrito statico affinché la forza di attrito al distacco sia sufficiente a garantire l'equilibrio?

[a) No, perché la forza equilibrante è 57,9 N; b) 0,58]

$$P = 11,8(9,81) = 115,8N$$

$$P_{\parallel} = mg \sin 30 = 11,8(9,81) \sin 30 = 57,9N$$

$$R = P_{\perp} = mg \cos 30 = 11,8(9,81) \cos 30 = 100,2N$$

$F_a = 50N < P_{\parallel} = 57,9N$  , in corpo non è in equilibrio la forza attiva è maggiore dell'attrito.

$$k_s = \frac{F_a}{P_{\perp}} = \frac{P_{\parallel}}{P_{\perp}} = \frac{56,9}{100,2} = 0,57$$

**75** Un facchino tiene ferma, esercitando una forza parallela al piano, una cassa di massa 48,6 kg appoggiata su una passerella inclinata di  $60^\circ$  rispetto all'orizzonte.

- Quale forza il facchino deve esercitare in assenza di attrito per tenere in equilibrio la cassa?
- Se tra il piano e la cassa vi fosse un coefficiente di attrito statico pari a 0,20, quanto varrebbe il valore massimo della forza d'attrito (forza al distacco)?
- Quale forza nella ipotesi b) deve esercitare il facchino per tenere in equilibrio la cassa?

[a) 413 N; b) 47,7 N; c) 365 N]

$$P = 11,8(9,81) = 476,3N$$

$$P_{\parallel} = mg \sin 60 = 48,6(9,81) \sin 60 = 412,5N$$

$$R = P_{\perp} = mg \cos 60 = 48,6(9,81) \cos 60 = 238,4N$$

a) in assenza di attrito la forza equilibrante che deve esercitare è pari a:  $F_{equi} = P_{\parallel} = 412,5N$

$$b) F_a = k_s P_{\perp} = 0,2(238,4) = 47,7N$$

$$c) F_e = P_{\parallel} - F_a = 412,5 - 47,7N = 364,8N$$

**76** Una ragazza spinge una slitta di 11,4 kg lungo una pista orizzontale innevata. Sapendo che il coefficiente d'attrito dinamico fra la slitta e la neve è 0,20, determina il modulo della forza esercitata dalla ragazza mentre la slitta si muove a velocità costante. [22,4 N]

$$F = F_a = k_s mg = 0,2(11,4)9,81 = 22,4N$$

**77** Un blocchetto di 45 g viene lanciato in modo che salga strisciando lungo un piano inclinato di  $30^\circ$  rispetto all'orizzonte. Il coefficiente di attrito dinamico è 0,25 e il coefficiente di attrito statico è 0,34; determina:

- la forza d'attrito dinamico mentre il blocchetto sta salendo;
- la forza massima d'attrito statico che si ha quando il blocchetto è istantaneamente fermo.
- In relazione ai casi (a) e (b), le due forze hanno la stessa direzione? E lo stesso verso?

[a) 0,096 N; b) 0,130 N]

Quando si muove verso l'alto il corpo viene frenato dalla forza parallela e dall'attrito, tutte e due dirette verso il basso:

$$F_d = k_d P_{\perp} = k_d mg \sin 30 = 0,25(0,045)9,81 \cos 30 = 0,096N$$

Quando il corpo si ferma la forza attiva spinge il corpo ora verso il basso e quindi la forza di attrito, ora, è diretta verso l'alto.

$$F_s = k_s P_{\perp} = k_s mg \sin 30 = 0,34(0,045)9,81 \cos 30 = 0,13N$$