

# Frictional Forces

## Fuerzas de fricción

*by*

Nada Saab-Ismail, PhD, MAT, MEd, IB

**P3.2A** Identify the magnitude and direction of everyday forces (e.g., wind, tension in ropes, pushes and pulls, weight).

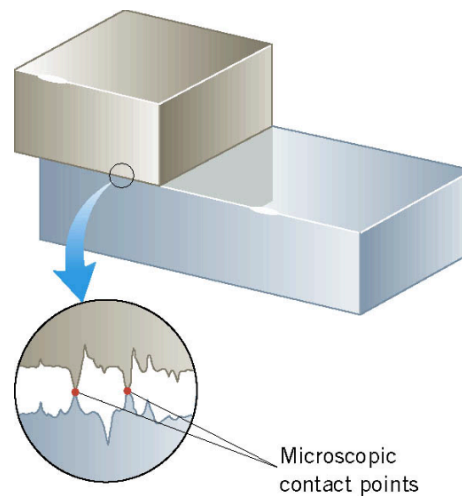
## **Hay dos tipos de fuerzas de fricción.**

1. Fuerza estática de fricción.
2. Fuerza cinética de fricción.

Las fuerzas de fricción casi siempre actúan en sentido contrario a la dirección del movimiento.

## Fuerza de fricción

Cuando un objeto, en contacto con una superficie, se mueve o intenta moverse, hay una fuerza que actúa sobre ese objeto. La componente de esta fuerza que es paralela a la superficie se llama fuerza de fricción.



Hay pocos puntos de contacto entre dos superficies pulidas que están en contacto.

## Fuerza de fricción estática ( $f_s$ ) en contacto: sin movimiento

Cuando las dos superficies que están en contacto no se deslizan entre sí, la fricción se denomina fricción estática.

La fuerza de fricción estática tiene el símbolo  $f_s$

La fuerza de fricción estática actúa en sentido opuesto a la dirección del movimiento.

La magnitud o valor ( $f_s$ ) de la fricción estática se puede calcular multiplicando el coeficiente de fricción estática por la fuerza normal o la fuerza de apoyo.

*Static Frictional Force*

$$f_s = \mu_s F_N = \mu_s mg$$

$\mu_s$  is the coefficient of static friction ( $0 < \mu_s < 1$ )

$F_N$  is the normal or support force.

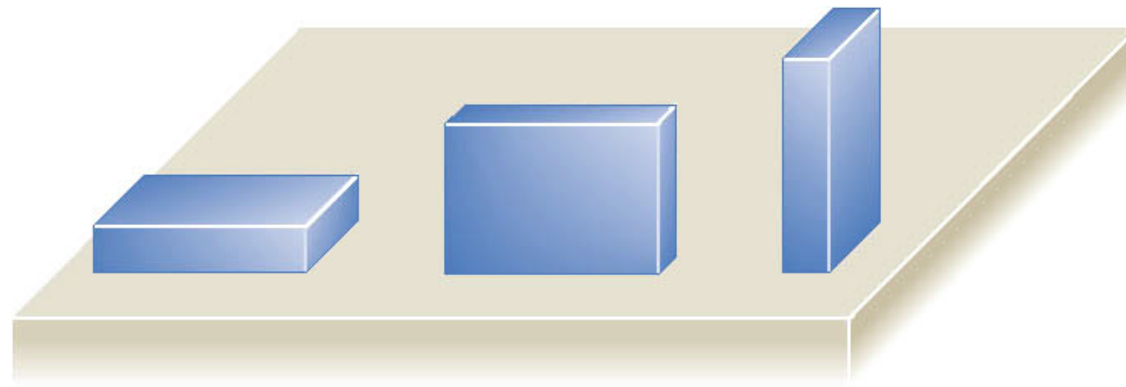
$m$  is the mass,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Para mover un objeto, necesita tirar con una fuerza mayor que la fuerza de fricción estática máxima ( $F > f_s \text{ MAX}$ ).

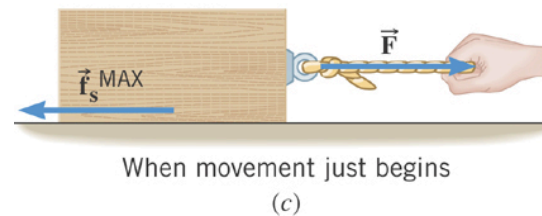
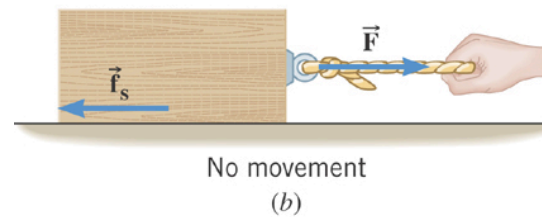
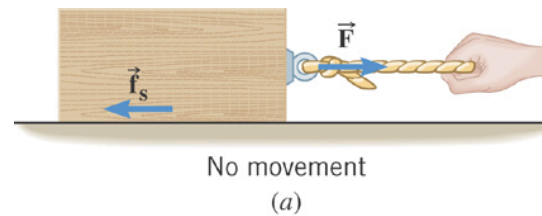
La fuerza de fricción estática depende únicamente de la masa.

La fuerza de fricción estática depende solo de la masa y no depende de la forma en que la masa está en contacto con la superficie.

Entonces, para el bloque en contacto con la tabla a continuación, la fuerza de fricción estática máxima es la misma, sin importar qué lado del bloque esté en contacto con la superficie.



**Ejemplo 1:** Una caja está sobre una mesa y una mano está tratando de tirar de una caja con una cuerda aplicando una fuerza horizontal ( $F$ ) como se muestra en las figuras a, by c.



(a)  $F < f_s$ . No movement. (Sin movimiento)

(b)  $F = f_s$ . No movement. (Sin movimiento)

(c)  $F > f_s$ . ( $f_s^{\text{MAX}}$ ). La caja apenas comienza a moverse

Para mover un objeto, debe tirar con una fuerza mayor que la fuerza de fricción estática máxima ( $F > f_s^{\text{MAX}}$ )



## Fuerza de fricción cinética en contacto

### Oponerse al movimiento deslizando

La fuerza de fricción cinética se opone al movimiento de deslizamiento relativo entre dos objetos que están en contacto. La fuerza de fricción cinética tiene el símbolo ( $f_k$ )

La magnitud (valor) de la fuerza de fricción cinética ( $f_k$ ) se puede calcular al multiplicar el coeficiente de fricción cinética por la fuerza normal o fuerza de apoyo.

*Kinetic Frictional Force*

$$f_k = \mu_k F_N = \mu_k mg$$

$\mu_k$  is the coefficient of static friction ( $0 < \mu_k < 1$ )

$F_N$  is the normal or support force.

$m$  is the mass,  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

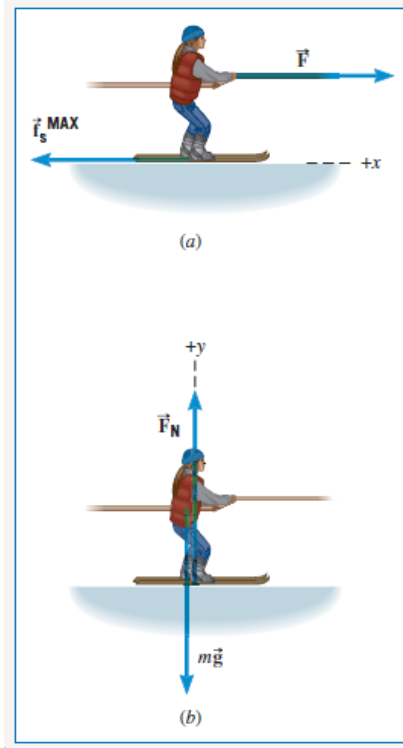
**Table 4.2** Approximate Values of the Coefficients of Friction for Various Surfaces

Materials	Coefficient of Static Friction, $\mu_s$	Coefficient of Kinetic Friction, $\mu_k$
Glass on glass (dry)	0.94	0.4
Ice on ice (clean, 0 °C)	0.1	0.02
Rubber on dry concrete	1.0	0.8
Rubber on wet concrete	0.7	0.5
Steel on ice	0.1	0.05
Steel on steel (dry hard steel)	0.78	0.42
Teflon on Teflon	0.04	0.04
Wood on wood	0.35	0.3

Usually  $\mu_s > \mu_k$

**Ejemplo 2:** La fuerza necesaria para que un esquiador se mueva.

Un esquiador de pie sobre la nieve y agarrado a una cuerda, que está a punto de tirar de ella con una fuerza  $F$ . La masa del esquiador  $m$  es 59 kg. El coeficiente de fricción estática entre el esquiador y la nieve es  $\mu_s = 0,14$ . ¿Cuál es la fuerza máxima que debe tirar la cuerda de remolque sin que se mueva?



$$m = 59 \text{ kg},$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2,$$

$$\mu_s = 0.14$$

The static frictional force  $f_s^{\text{MAX}}$  can be calculated:

$$\begin{aligned} f_s^{\text{MAX}} &= \mu_s F_N = \mu_s mg \\ &= 0.14 \times 59 \times 9.8 = 81 \text{ N} \end{aligned}$$

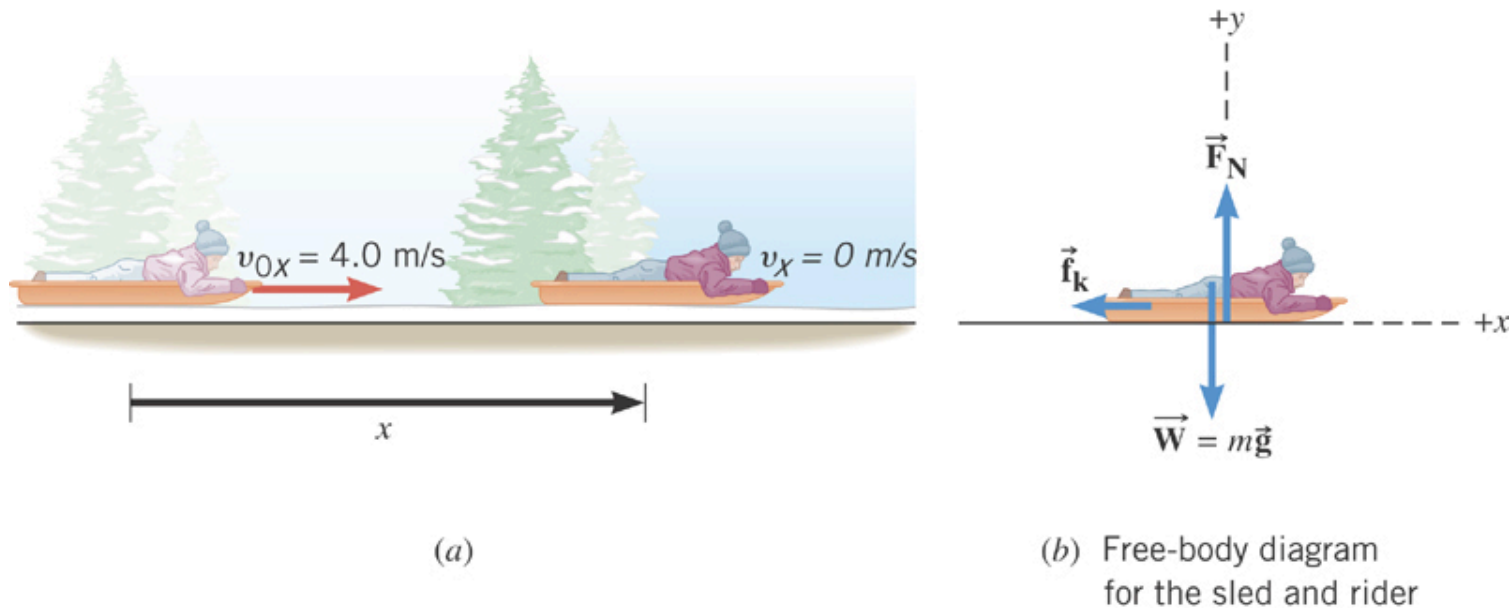
Entonces, la fuerza máxima que la cuerda de remolque debe tirar sin hacer que se mueva es 81 N.

Para que el esquiador avance, la fuerza debe tirar con más de 81 N.

Para mover un objeto, necesita tirar con una fuerza mayor que la fuerza de fricción estática máxima ( $F > f_s^{\text{MAX}}$ )

### Ejemplo 3: un trineo y un jinete

Un trineo y un ciclista se mueven a una velocidad de  $4.0 \text{ m/s}$  a lo largo de un tramo horizontal de nieve. La nieve ejerce una fuerza de fricción cinética sobre los patines del trineo, por lo que el trineo se ralentiza y finalmente se detiene.



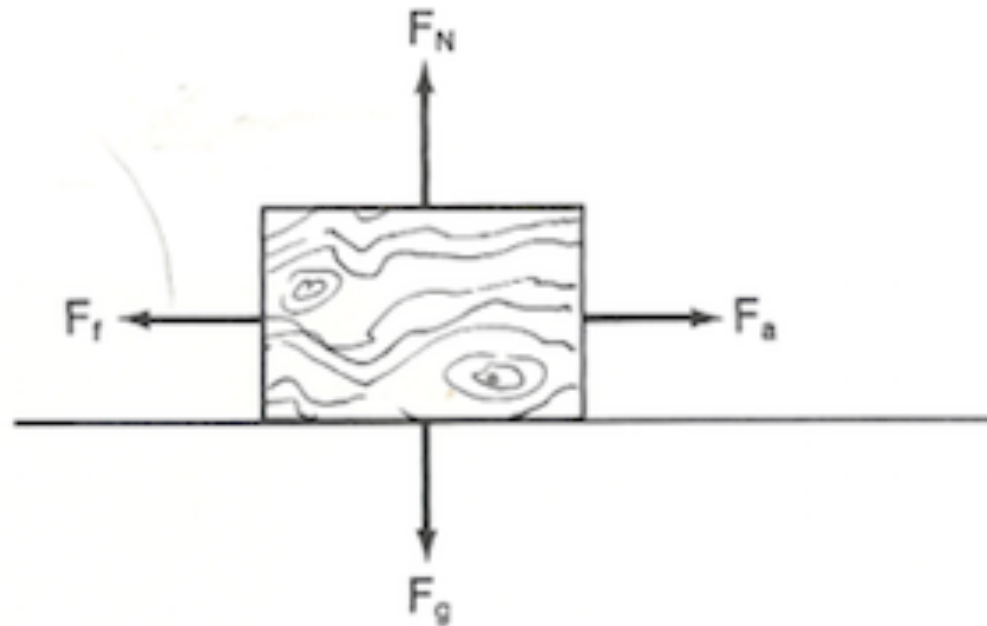
El diagrama de cuerpo libre es un diagrama que representa el objeto y las fuerzas que actúan sobre él.

## Ejercicio de muestra:

1. Se necesitan 50 N para tirar de un objeto de 6.0 kg a lo largo de un escritorio a una velocidad constante. ¿Cuál es el coeficiente de fricción?

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{F_f}{F_N} \\ &= \frac{F_f}{mg} \text{ (since } F_N = F_g = mg) \\ &= \frac{50 \text{ N}}{(6.0 \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg})} \\ &= 0.85\end{aligned}$$

For a block pulled across a rough table top



$F_g$  is the force of gravity on the object.

$F_N$  is the normal force exerted by the table on the block.

$F_a$  is the applied force.

$F_f$  is the force of friction.

2. El coeficiente de fricción por deslizamiento entre dos materiales es 0.35. Un objeto de 5,0 kg hecho de un material se arrastra a lo largo de una mesa hecha de otro material. ¿Cuál es la fuerza de fricción?

$$\begin{aligned} F_f &= \mu F_N \\ &= \mu mg \quad (\text{since } F_N = F_g = mg) \\ &= (0.35) (5.0 \text{ kg}) (9.8 \text{ N/kg}) \\ &= 17 \text{ N} \end{aligned}$$



## Ejercicios

- 1) Un jugador de hockey de 70 kg se desliza sobre el hielo sobre estacas de acero. ¿Cuál es la cara de fricción que actúa sobre el patinador? **Respuesta 34.3 N**
- 2) El conductor de un automóvil de 1500 kg aplica los frenos en una carretera de hormigón. Calcule la fuerza de fricción (a) en una carretera seca y (b) en una carretera mojada. **Respuesta (a) 11760 N, (b) 7350 N**

## ***References:***

1) Humanic. (2013). [www.physics.ohio-state.edu/~humanic/](http://www.physics.ohio-state.edu/~humanic/). In Thomas Humanic Brochure Page.

Physics 1200 Lecture Slides: Dr. Thomas Humanic, Professor of Physics, Ohio State University, 2013-2014 and Current. [www.physics.ohio-state.edu/~humanic/](http://www.physics.ohio-state.edu/~humanic/)

2) Cutnell, J. D. & Johnson, K. W. (1998). *Cutnell & Johnson Physics, Fourth Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.

*The edition was dedicated to the memory of Stella Kupferberg, Director of the Photo Department: “We miss you, Stella, and shall always remember that a well-chosen photograph should speak for itself, without the need for a lengthy explanation”*

- 3) Martindale, D. G. & Heath, R. W. & Konrad, W. W. & Macnaughton, R. R. & Carle, M. A. (1992). *Heath Physics*. Lexington: D.C. Heath and Company
- 4) Zitzewitz, P. W. (1999). *Glencoe Physics Principles and Problems*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- 5) Nada H. Saab (Saab-Ismail), (2010-2013) Westwood Cyber High School, Physics.
- 6) Nada H. Saab (Saab-Ismail), (2009- 2014) Wayne RESA, Bilingual Department.