

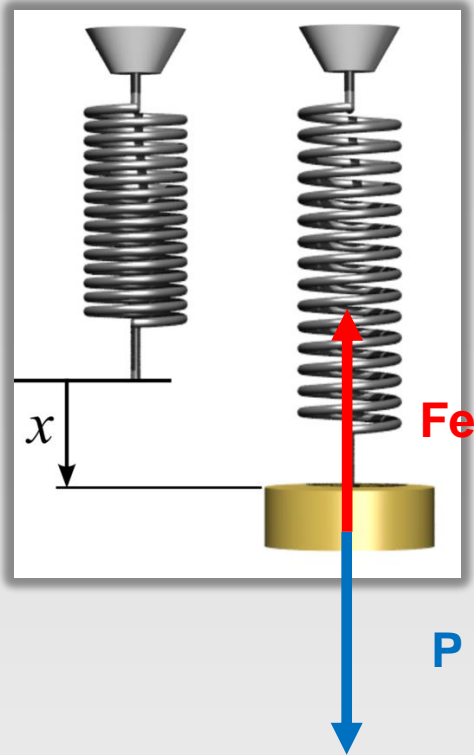
# **Física I**

**Turno H**

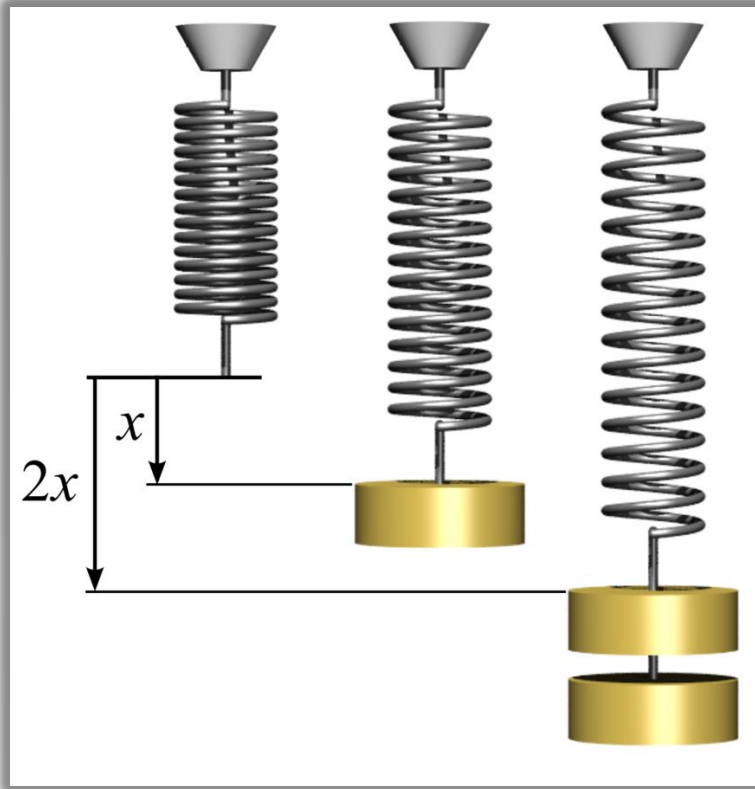
Apuntes de Clase 3

Continuación

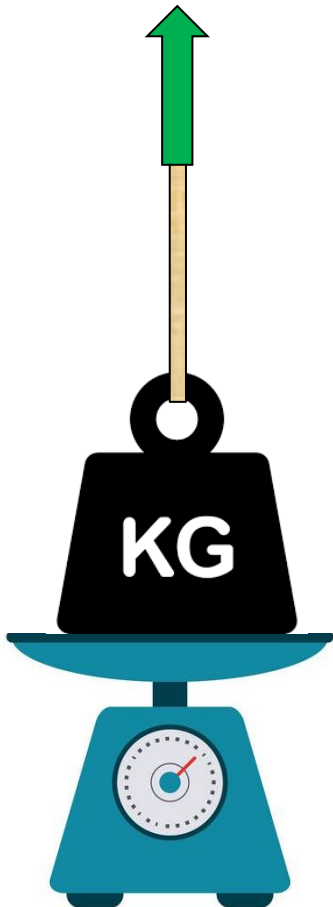
# Fuerza recuperadora elástica



# Fuerza recuperadora elástica



# Fuerza recuperadora elástica



# Fuerza recuperadora elástica

Es un hecho experimental que en la mayoría de los resortes (y algunos elásticos):

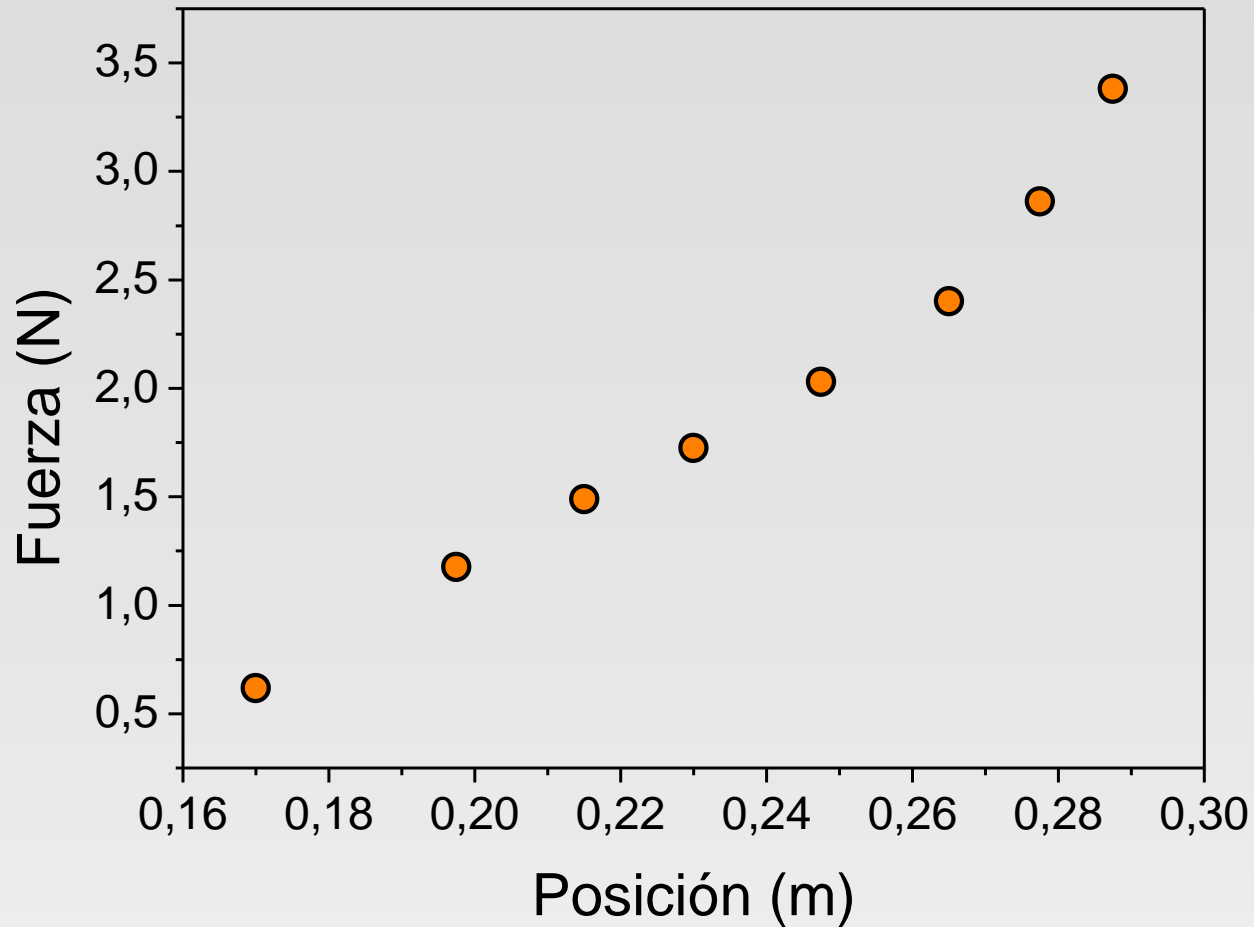
$$| \mathbf{F} | \propto | \mathbf{x} |$$

Videos:

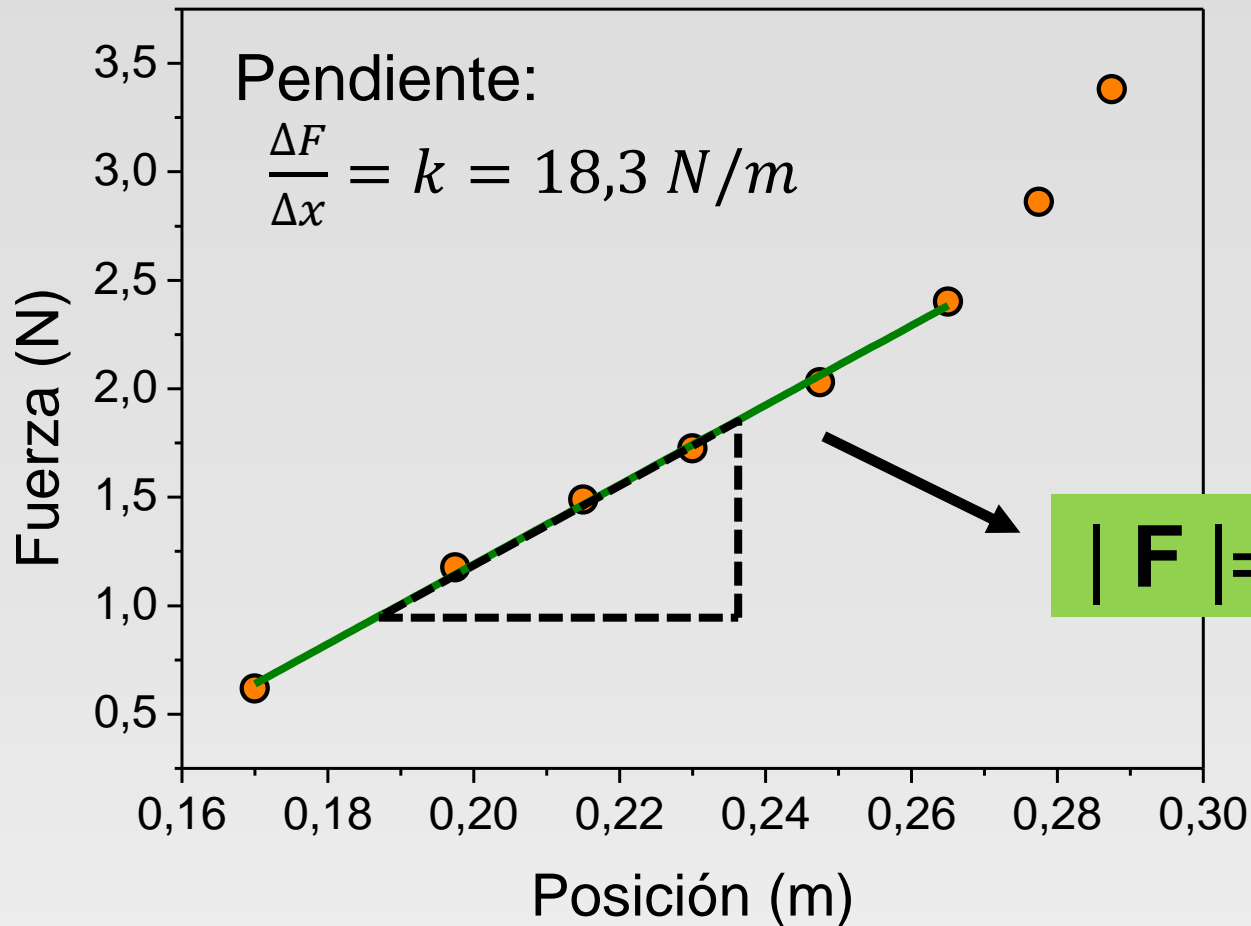
<https://www.youtube.com/watch?v=CkoLnnM8FCg>

<https://www.youtube.com/watch?v=EdBzt53RM3Y>

# Fuerza recuperadora elástica



# Fuerza recuperadora elástica



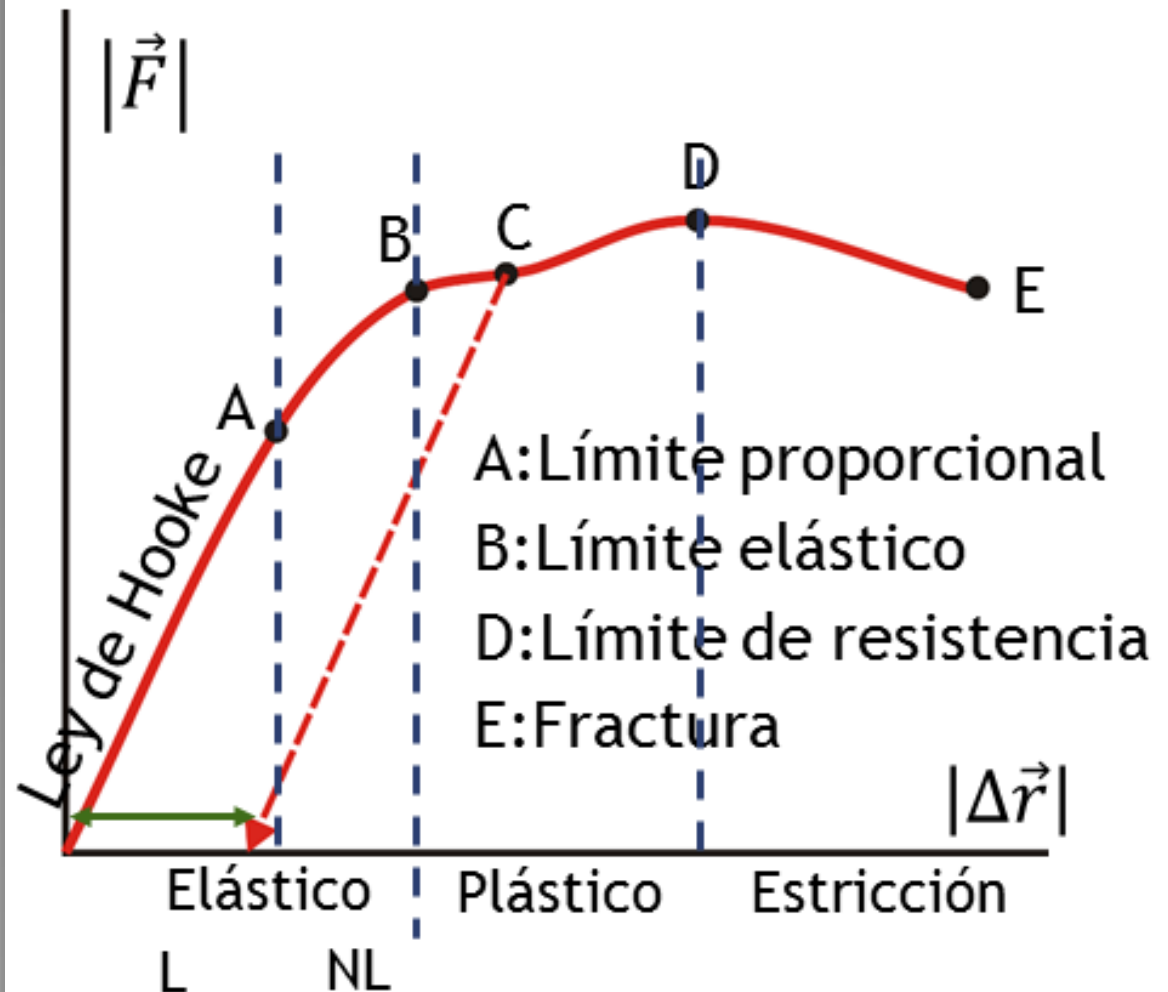
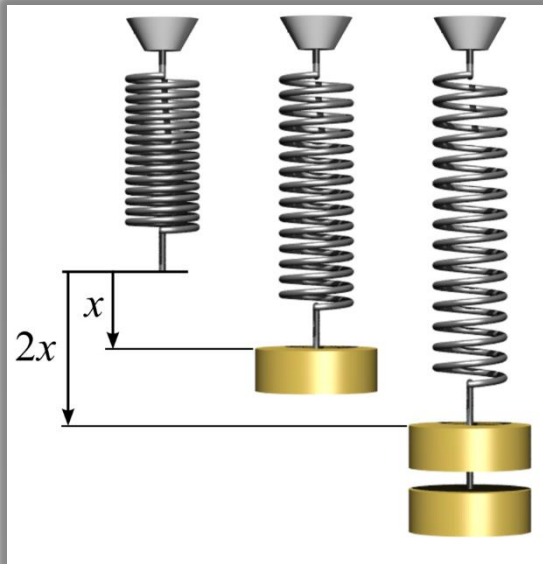
# Fuerza recuperadora elástica

Ley de Hooke:

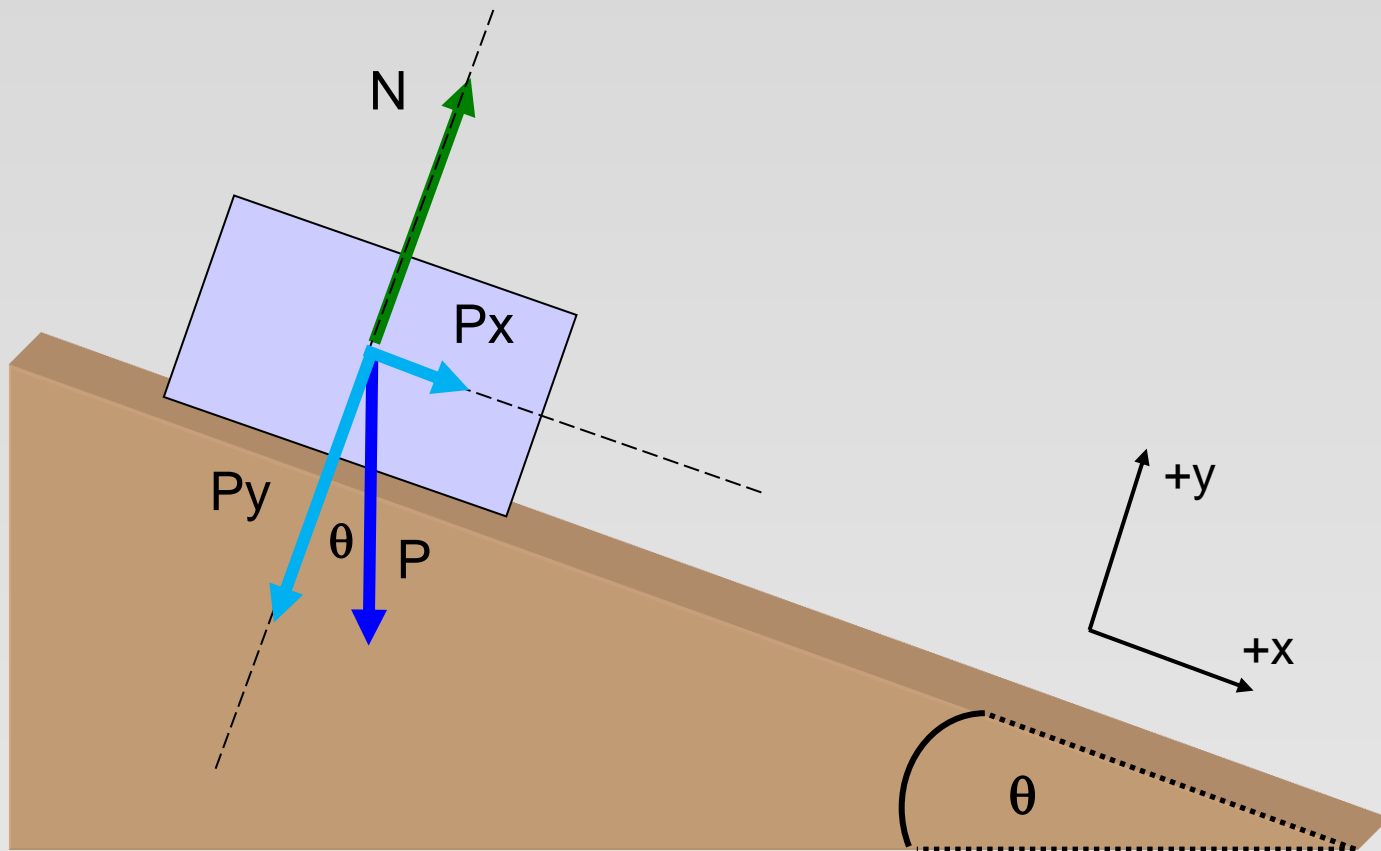
$$\mathbf{F_e = - k x}$$



# Fuerza recuperadora elástica



# Fuerza de roce



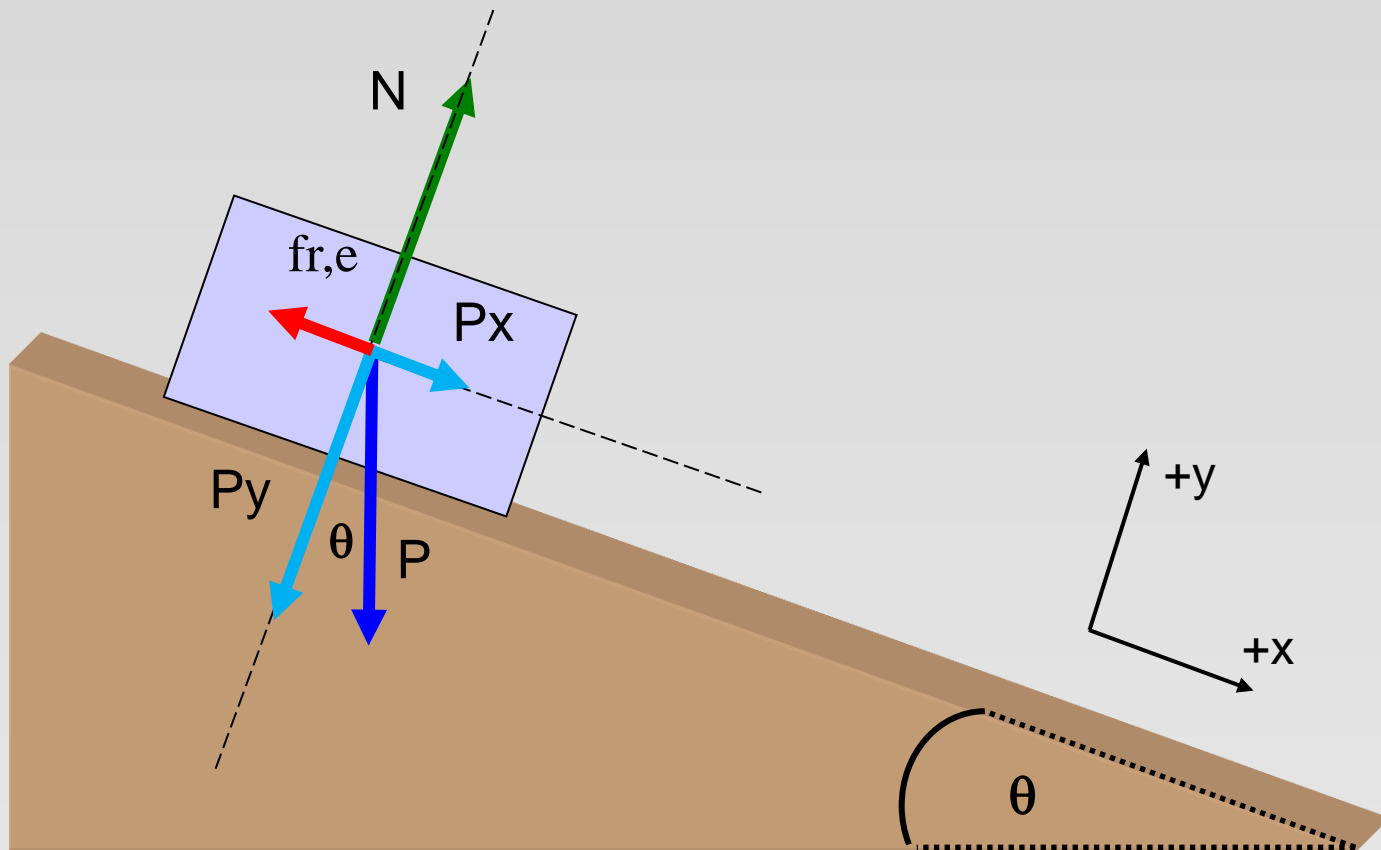
$$P = mg$$

$$P_x = P \sin(\theta)$$

$$P_y = P \cos(\theta)$$

$$\sum F_x = m g \sin \theta = ?$$

$$\sum F_y = N - m g \cos \theta = 0$$



$$P = mg$$

$$P_x = P \sin(\theta)$$

$$P_y = P \cos(\theta)$$

$$\sum F_x = m g \sin \theta - fr, e = 0$$

$$\sum F_y = N - m g \cos \theta = 0$$

# Fuerza de roce

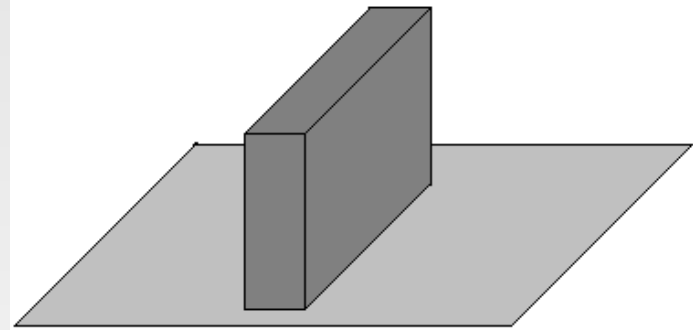
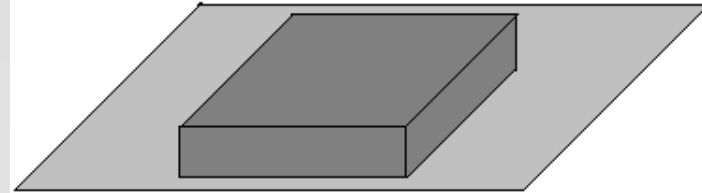
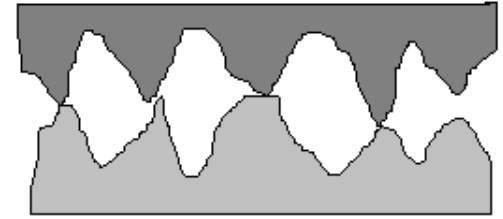
Es la componente horizontal (paralela a la superficie) de la fuerza de contacto entre un objeto y la superficie donde está apoyado el mismo.

Microscópicamente, esta fuerza se origina a partir de las fuerzas entre átomos de las dos superficies.

Cuando tratamos con sistemas mecánicos, podemos reemplazar la complicada subestructura microscópica por una sola fuerza efectiva macroscópica (de magnitud y dirección específicas) que representa en promedio el comportamiento global.

# Modelo macroscópico de superficies rugosas en contacto

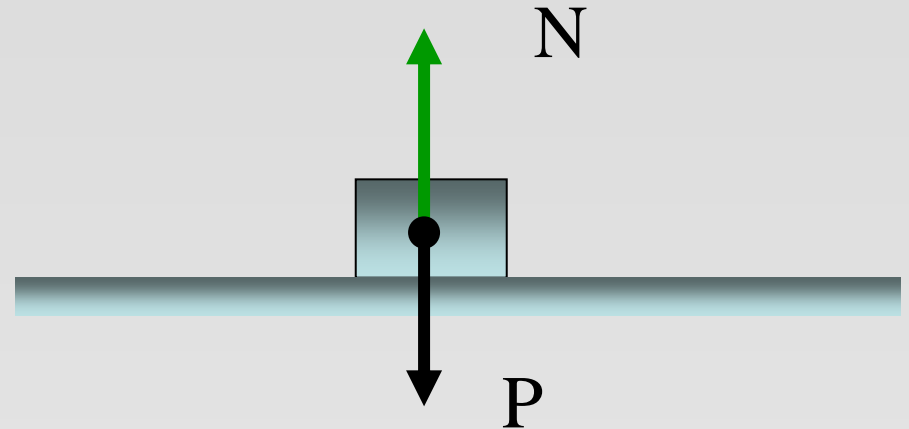
- La rugosidad dificulta el movimiento de una superficie sobre la otra.
- El grado de dificultad depende de las superficies y de la componente vertical de la fuerza de contacto entre las superficies ( $F_{cy}$  o normal  $N$ ).
- El grado de dificultad no depende del área aparente de contacto
- La componente horizontal (paralela a las superficies) de la fuerza de contacto varía entre  $0 \leq F_{cx} \leq F_{c_{\text{máx}}}$



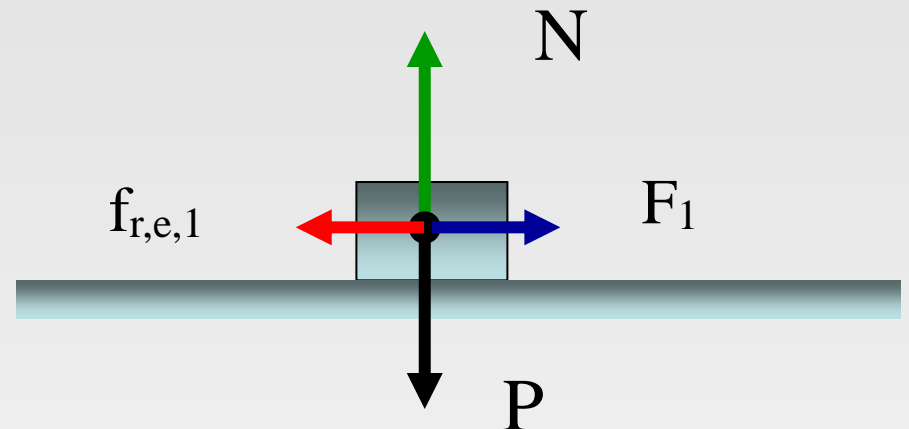
# Fuerza de roce

# Analicemos qué ocurre con la componente horizontal de la fuerza de contacto!

Bloque en reposo  
sobre una superficie  
horizontal

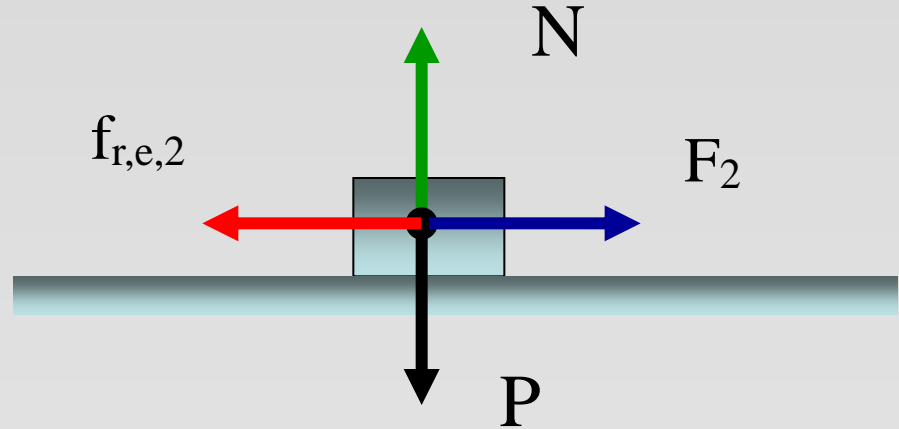


Supongamos que se aplica  
una fuerza pequeña  
horizontal  $F_1$  de manera que  
el bloque no se mueve  $\rightarrow$   
aparece  $f_{r,e,1} = F_1$

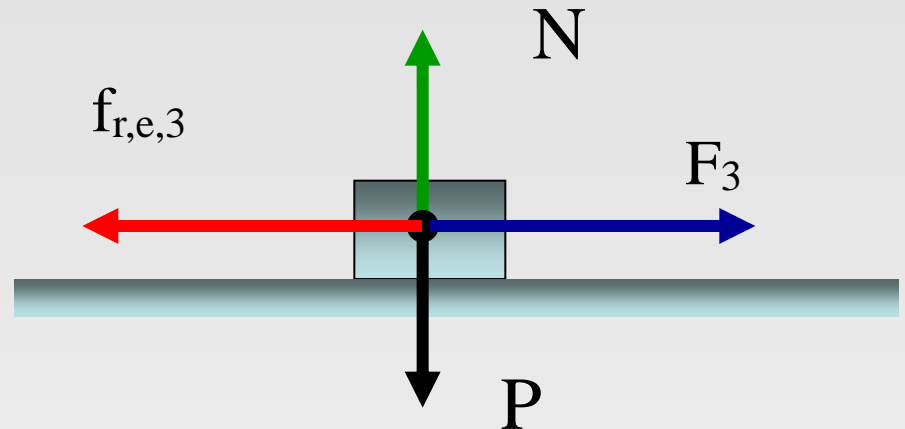




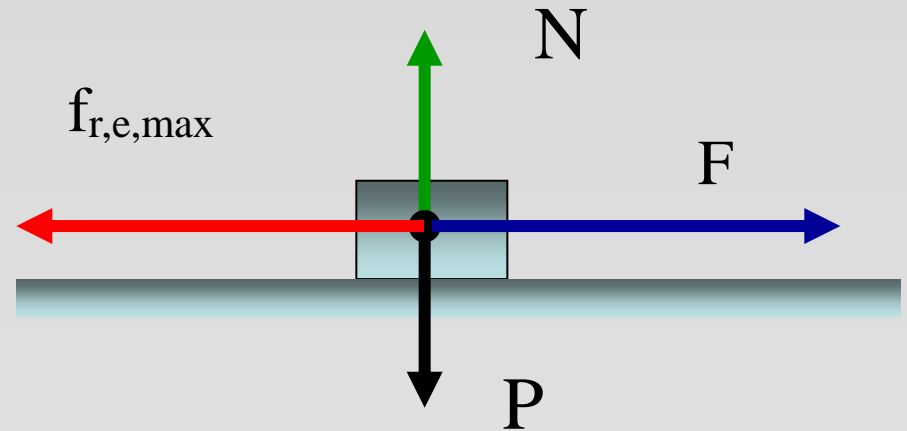
Sup. aplicar una fuerza  $F_2 > F_1$  y que el bloque aún no se mueve → aparece  $f_{r,e,2} = F_2$



Sup. aplicar una fuerza  $F_3 > F_2$  y que el bloque aún no se mueve → aparece  $f_{r,e,3} = F_3$

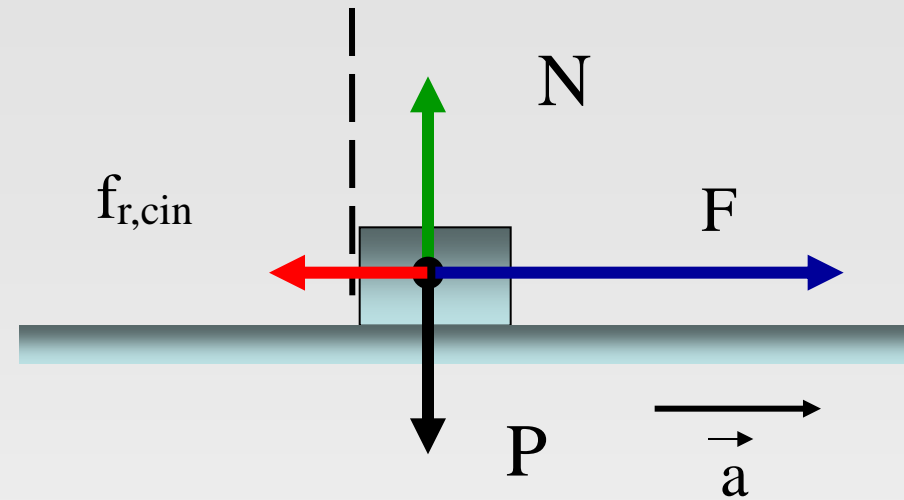


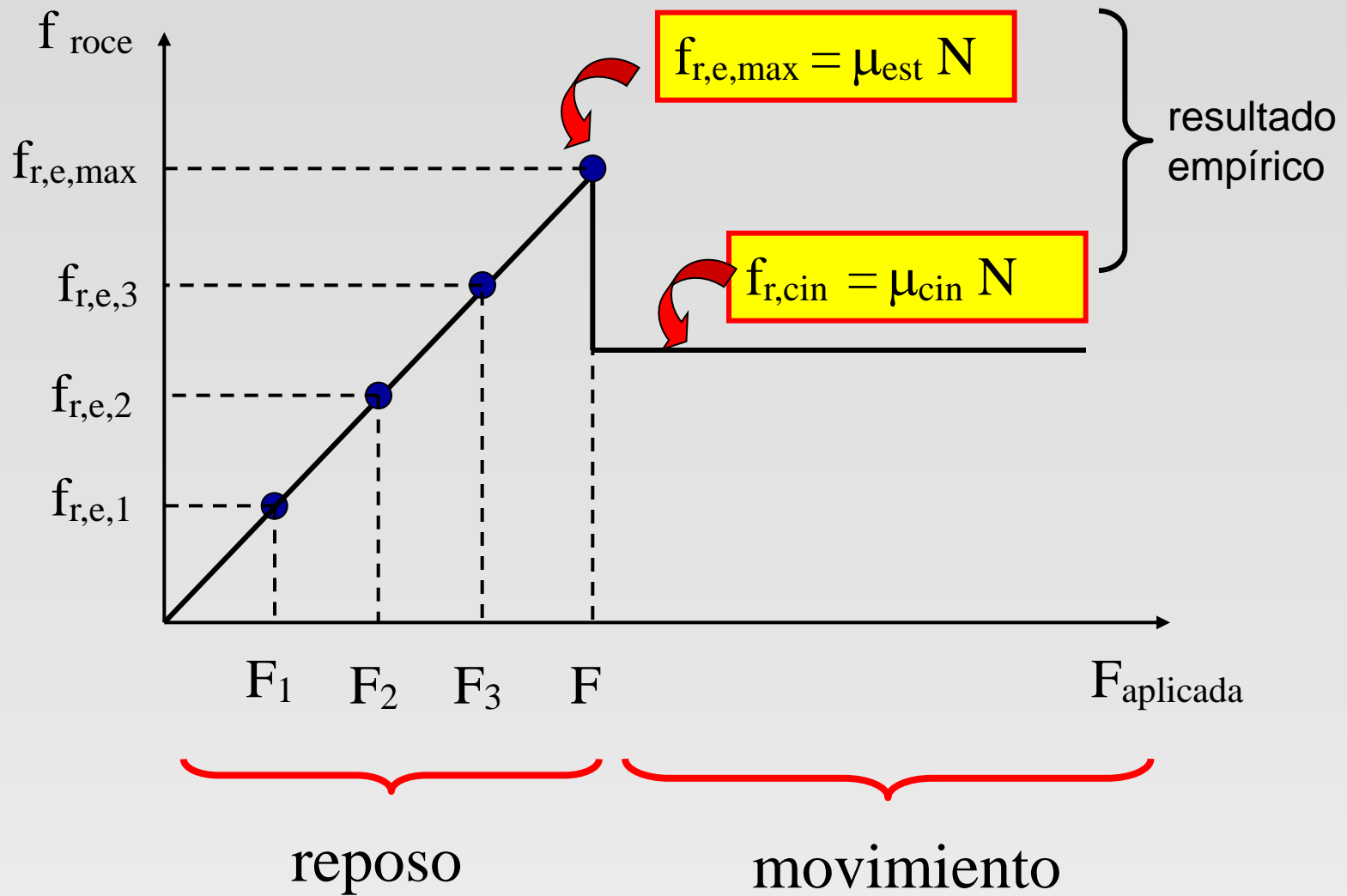
Sup. aplicar una fuerza  $F > F_3$ , tal que el bloque justo comienza a moverse en la dirección de  $F \rightarrow$   
 $F = f_{r,e,max}$



Luego de iniciado el movimiento la fuerza de roce disminuye su valor a  $f_{r,cin} < f_{r,e,max}$  y el bloque acelera.

Para mantenerlo a  $\vec{v} = cte$  debemos disminuir la fuerza aplicada hasta el valor  $F = f_{r,cin}$ .

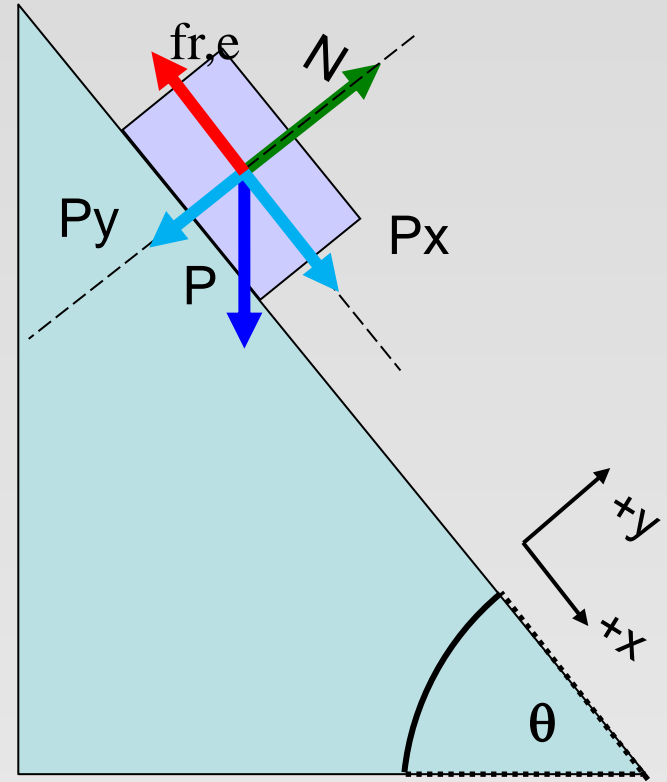
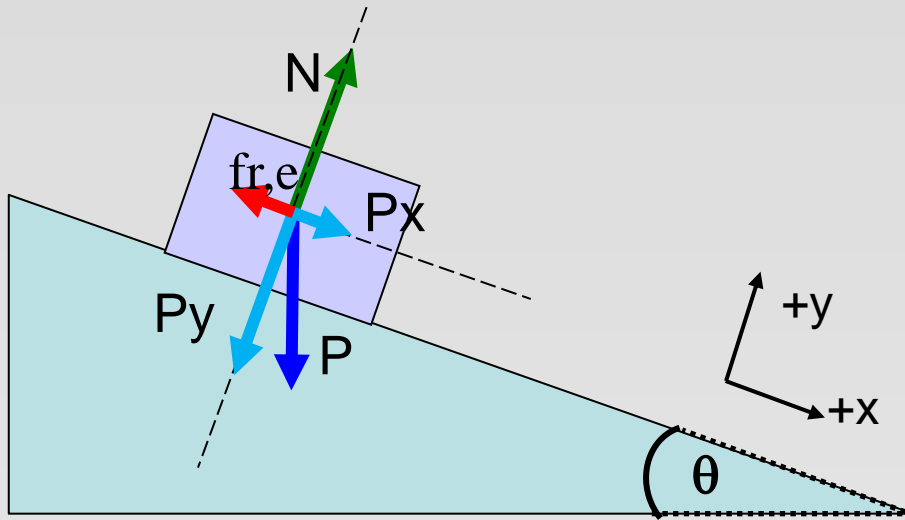




## Algunos valores de coeficientes de roce

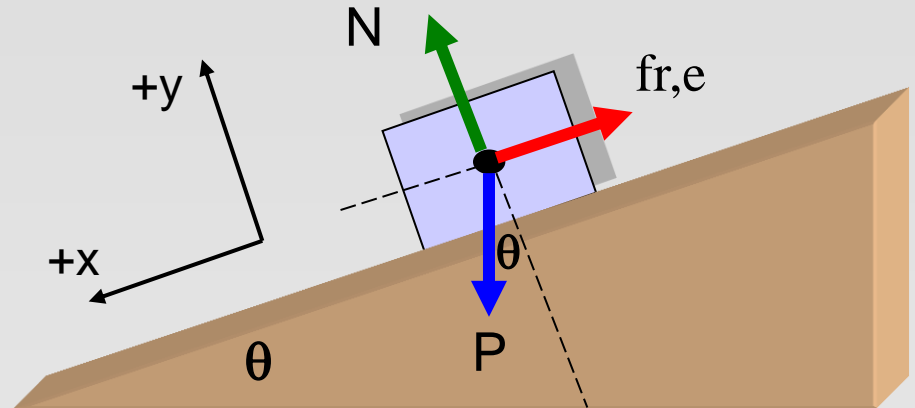
Superficies	$\mu_e$	$\mu_{cin}$
Madera sobre madera	0.25 - 0.5	0.2
Vidrio sobre vidrio	0.9 - 1	0.4
Acero sobre acero (limpio)	0.6	0.6
Acero sobre acero (lubricado)	0.09	0.05
Goma contra asfalto seco	1 - 2	0.5 - 0.8

¿Qué pasa si aumentamos el ángulo?



# ¿Cómo medir $\mu_e$ ?

Ejemplo: El bloque de la figura está en reposo sobre una superficie que puede inclinarse en forma controlada. El ángulo de inclinación comienza a aumentar, hasta que en  $\theta = 15^\circ$  el bloque comienza a deslizar. ¿Cuánto vale el coeficiente de fricción estática entre el bloque y el plano?



Justo antes de que el bloque comience a deslizar, el ángulo  $\theta$  toma el valor especial  $\theta_e$  y la  $f_{re}$  toma su máximo valor, es decir:  $f_{re} = f_{re \max} = \mu_e N$ , entonces:

$$\sum F_x = m g \operatorname{sen} \theta_e - f_{re \max} = 0 \quad (\text{I})$$

$$\sum F_y = N - m g \cos \theta_e = 0 \quad (\text{II})$$

De (I):  $\mu_e N = m g \operatorname{sen} \theta_e$

Considerando (II):  $\mu_e \cancel{m g} \cos \theta_e = \cancel{m g} \operatorname{sen} \theta_e$

$$\Rightarrow \boxed{\mu_e = \operatorname{tg} \theta_e}$$

Entonces, midiendo el ángulo de inclinación cuando el deslizamiento apenas comienza, es posible determinar el valor del coeficiente de fricción estático entre dos superficies!!

$$\mu_e = \operatorname{tg} \theta_e = h / b$$

$$b = 32 \text{ cm}$$

Resultados:

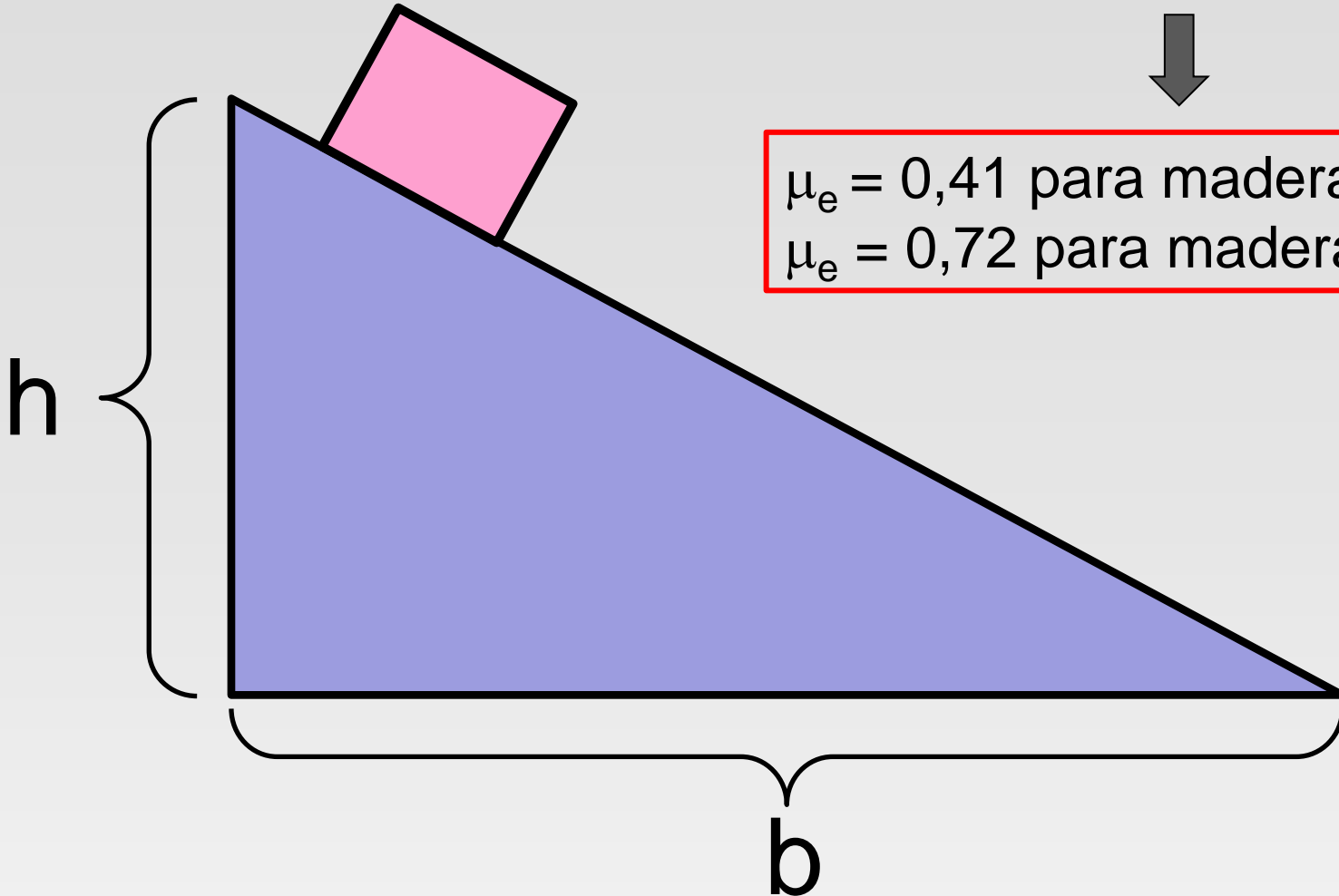
$h = 13 \text{ cm}$  para madera-madera

$h = 23 \text{ cm}$  para madera-lija



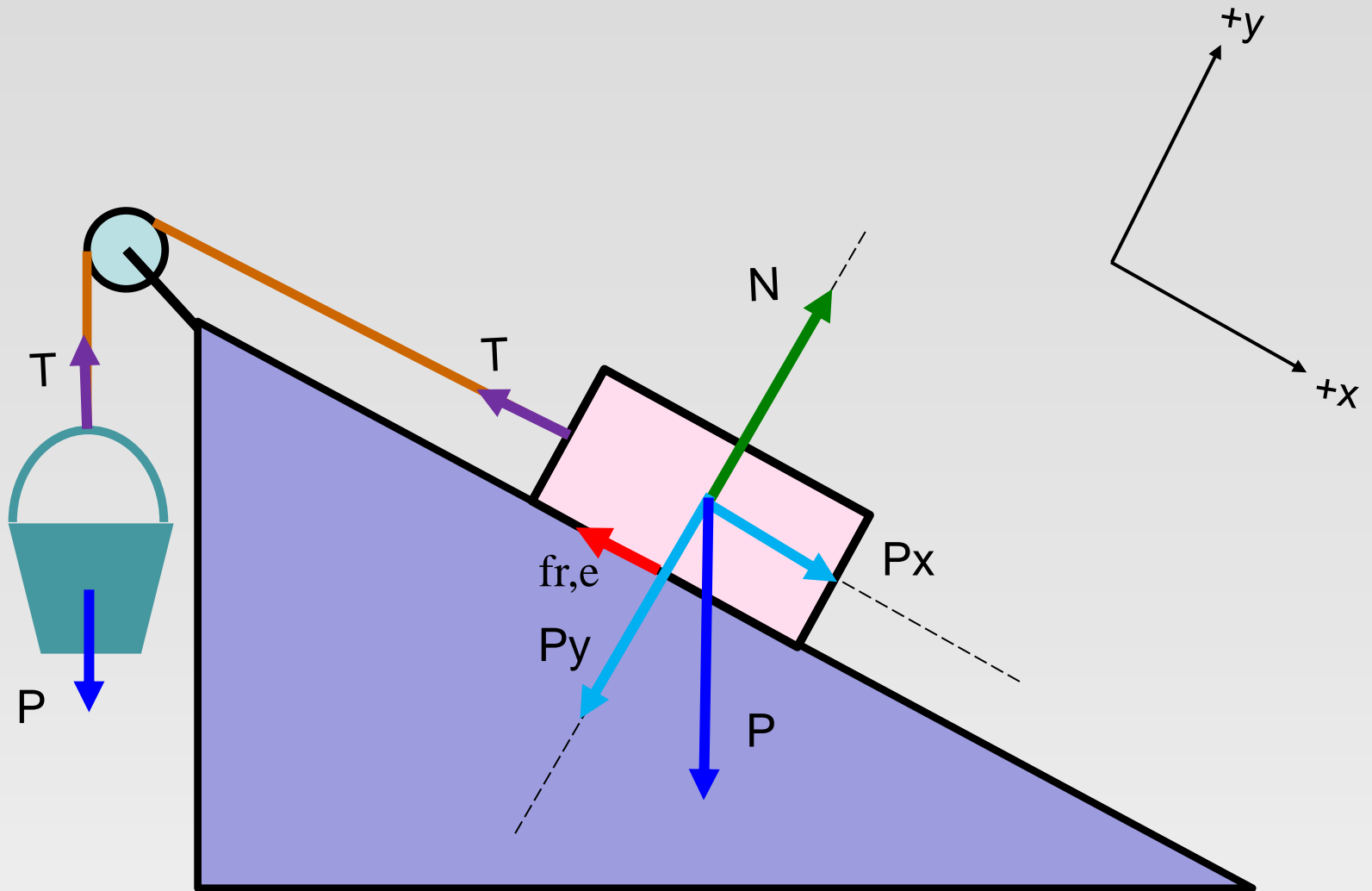
$\mu_e = 0,41$  para madera-madera

$\mu_e = 0,72$  para madera-lija





¿Cuál es la dirección y sentido de la fuerza de roce?



¿Cuál es la dirección y sentido de la fuerza de roce?

