

Solución: Si F se aplica sobre A no significa que se transmite sobre B .

Supongamos que la fuerza que se transmite sobre B es F_{AB}

Entonces $F_{\text{Neta sobre } A} = F - F_{AB} = M_A \cdot a \quad (1)$

$$F_{\text{Neta sobre } B} = F_{AB} = M_B \cdot a \quad (2)$$

Sumando (1) y (2)

$$\begin{aligned} F_{\text{Neta}} &= F - F_{AB} + F_{AB} = M_A \cdot a + M_B \cdot a \\ &= F = (M_A + M_B) \cdot a \end{aligned}$$

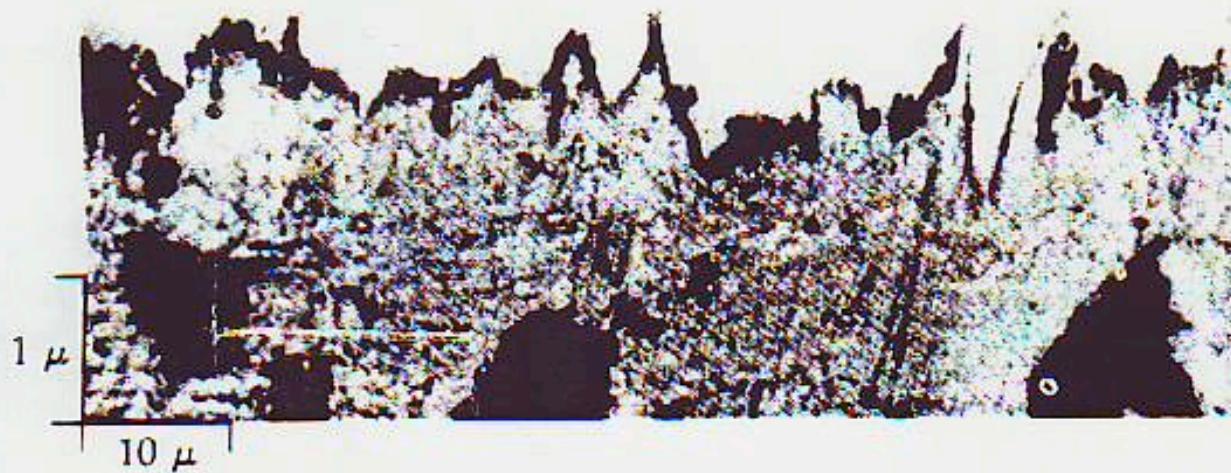
Fuerza de roce:

En muchos procesos en la realidad ocurren Fuerzas de roce. - Son Fuerzas no-conservativas.

Hasta ahora y para la mayoría de los problemas en el futuro no se considera esta Fuerza de roce.

Si existe una Fuerza de roce se transforma Energía Mecánica en Calor. Esto significa que se pierde Energía Mecánica! (\rightarrow por eso el sistema con roce es NO-CONSERVATIVO).

Figura del Libro de P.A. Tipler: "Física", Tercer Edicion, 1995, p. 108



Sección aumentada de una superficie de acero pulida que muestra las irregularidades superficiales. La altura media de estas irregularidades es del orden de 5×10^{-5} cm, correspondiente a varios miles de diámetros atómicos.

Figura de P. Tipler, "Física"
Tercer edición 1995, p. 108

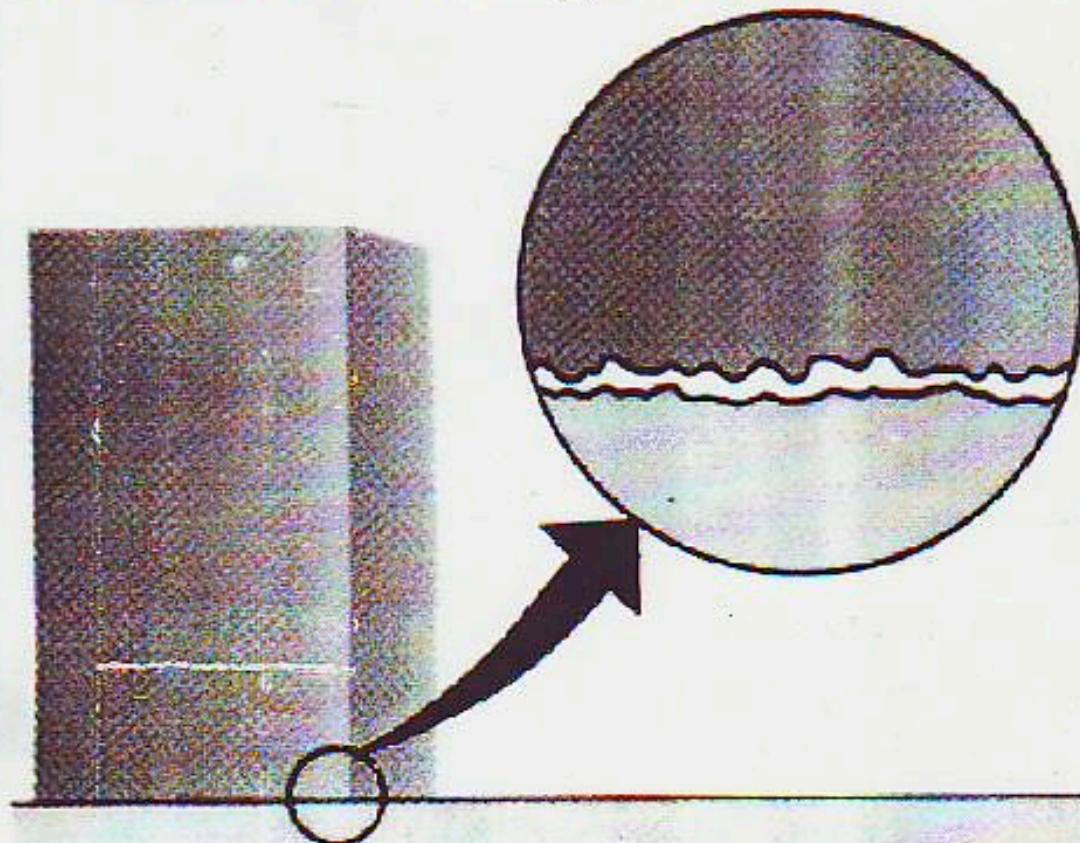
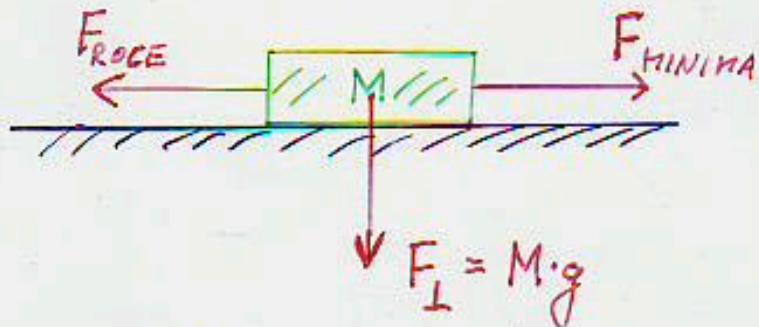


Figura 5-2 El área microscópica de contacto entre el bloque y la mesa es sólo una pequeña fracción del área macroscópica del bloque. Esta fracción es proporcional a la fuerza normal ejercida entre las superficies.



Para mover el cuerpo M sobre una superficie con roce, necesitamos una Fuerza mínima F_{MINIMA} , para que el cuerpo M se empiece a mover. Eso significa que está presente una fuerza F_{ROCE} de la misma magnitud en sentido opuesto.

$$F_{ROCE} = F_{MINIMA}$$

↑

Resistencia de Adherencia

Ha resultado en forma experimental que la Resistencia de Adherencia F_{ROCE} es proporcional a la Fuerza $F_{\perp} = M \cdot g$ con que el cuerpo presiona a la base.

$$F_{MINIMA} = F_{ROCE} = f_0 \cdot F_{\perp}$$

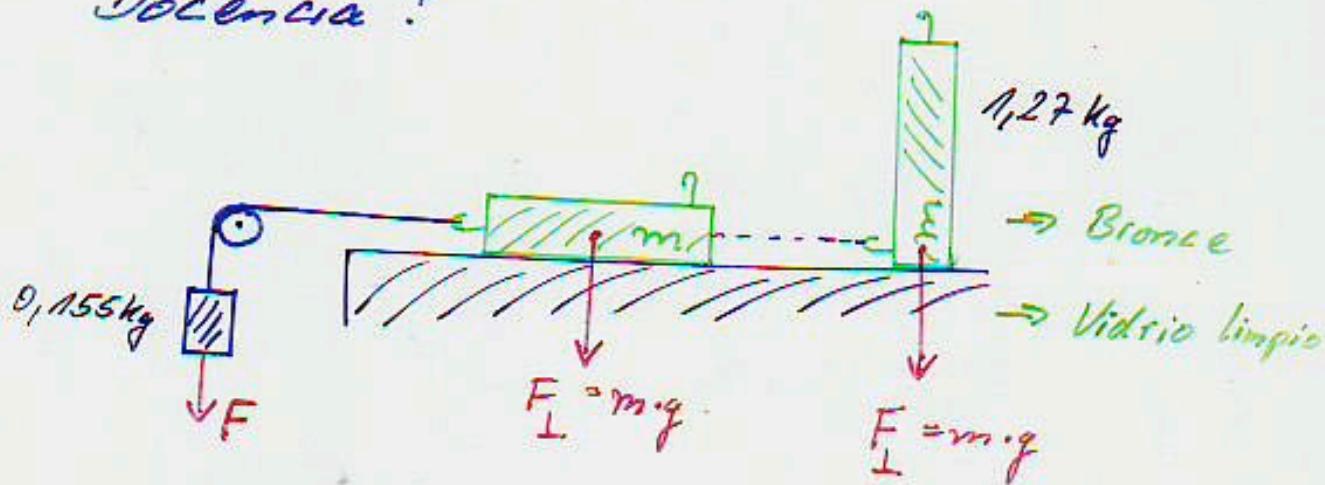
$$f_o = \frac{F_{\text{roce}}}{F_{\perp}} \quad \text{es el coeficiente}$$

de la resistencia de adherencia.

! f_o depende solamente del tipo / material de las superficies que poseen roce !

! f_o No depende del área de las superficies !

→ ver Experimento en su Laboratorio de Docencia !



$$f_o = \frac{F_{\text{roce}}}{F_{\perp}} = \frac{0,155 \cdot 9,81}{1,27 \cdot 9,81} = 0,12$$

Valores de f_o (aprox.):

Bronce sobre Vidrio : 0,12

Acero sobre Acero : 0,15

Madera sobre Madera : ~ 0,6

Acero sobre Hielo : 0,027

Además de la Resistencia de Adherencia

o Roce de Adherencia existe el Roce de Deslizamiento o Resistencia de Deslizamiento!

Vale: $f_0 > f'$

↓ ↓
 coeficiente de coeficiente de
 Roce de adherencia Roce de Deslizamiento

Valores para: Roce de Acero sobre acero:

$$f_0 = 0,15 \quad f' = 0,06$$

Roce de Acero sobre Hielo:

$$f_0 = 0,027 \quad f' = 0,014$$

Esta diferencia entre el Roce de Adherencia y el Roce de Deslizamiento es muy importante para conductores de vehículos: Para frenar las ruedas no deben bloquear, porque en el mismo momento Resistencia de Roce se disminuye notablemente y por eso el tramo para frenar aumenta!

Figura del libro de P. Tipler;
FISICA, Tercera Edición

Fuerza de
fricción

f

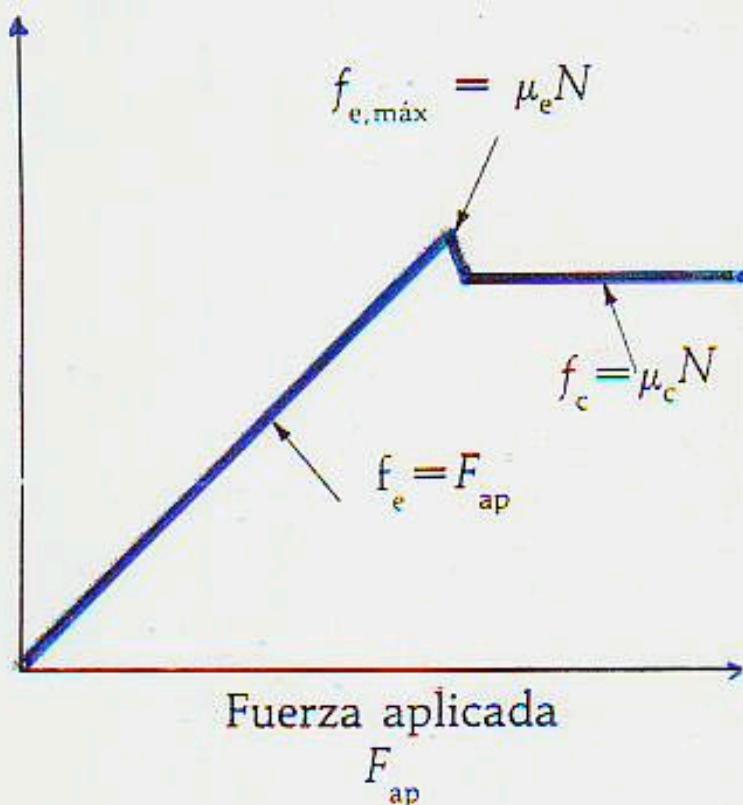
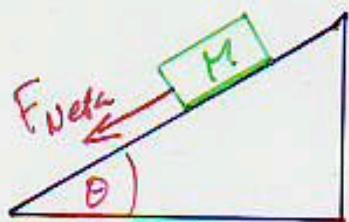


Figura 5-3 Gráfico de la fuerza de fricción que actúa sobre una caja en función de la fuerza aplicada a la misma. Cuando la fuerza aplicada excede la fuerza máxima de fricción estática $\mu_e N$, la caja desliza y la fricción es cinética.

$$f_c = \mu_c \cdot N$$

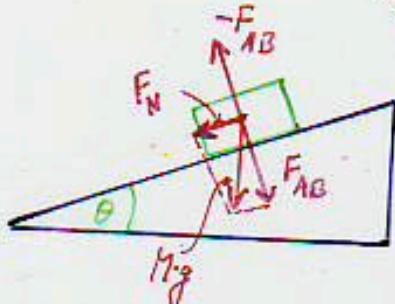
$$\Rightarrow f' \cdot F_L = f' \cdot mg$$

Ejemplo (sin roce):

Se desliza por el plano inclinado debido a su propio peso.

\vec{F}_{Neta} está en el sentido del movimiento pues

$$\vec{F}_{Neta} = M \cdot a$$



$$F_{AO} = M \cdot g \cos \theta$$

$$F_N = M \cdot g \sin \theta$$

El peso del objeto de masa M es

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$$

tiene dos componentes vectoriales \vec{F}_{AB} y \vec{F}_N cuyos modulos

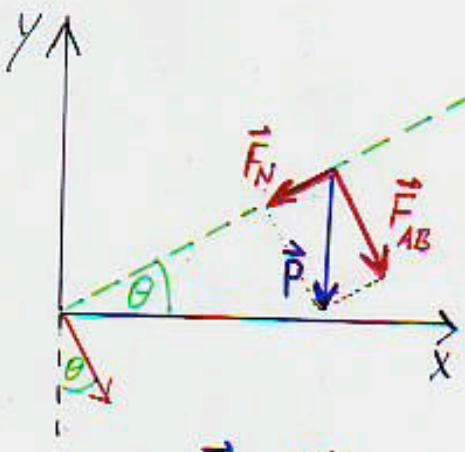
la masa M ejerce una fuerza de contacto \vec{F}_{AB} contra el plano, el cual reacciona con $-\vec{F}_{AB}$

Así la fuerza neta:

$$|\vec{F}_N| = |M \cdot \vec{g} - \vec{F}_{AB}| = M \cdot g \cdot \sin \theta$$

en la dirección del plano inclinado.

El plano inclinado en forma vectorial:



$$\vec{P} = -Mg \hat{y}$$

$$\vec{F}_{AB} = F_{AB} \sin \theta \hat{x} - F_{AB} \cos \theta \hat{y}$$

$$= Mg \cos \theta \sin \theta \hat{x} - Mg \cos^2 \theta \hat{y}$$

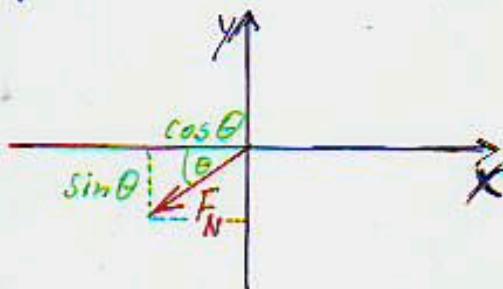
$$\vec{P} - \vec{F}_{AB} = Mg (-1 + \cos^2 \theta) \hat{y} - Mg \cos \theta \sin \theta \hat{x}$$

$$\text{con } \cos^2 \theta = 1 - \sin^2 \theta$$

tenemos:

$$\underbrace{\vec{P} - \vec{F}_{AB}}_{\vec{F}_N} = -Mg \sin^2 \theta \hat{y} - Mg \cos \theta \sin \theta \hat{x}$$

$$\vec{F}_N = Mg \sin \theta (-\sin \theta \hat{y} - \cos \theta \hat{x})$$



$$\text{Modulo de Fuerza neta} = F_N = Mg \sin \theta$$

La masa del cuerpo no cambia: $M = \text{const.}$;

La aceleración si cambia:

$$a = g \cdot \sin \theta$$

plano inclinado:

$$a = g \cdot \sin \theta$$

| θ | $\sin \theta$ | $g \cdot \sin \theta = a$ |
|------------|---------------|---|
| 90° | 1,0 | $9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] = g$ |
| 45° | 0,71 | $6,9 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ |
| 30° | 0,5 | $4,9 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ |
| 20° | 0,34 | $3,4 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ |
| 10° | 0,17 | $1,7 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ |

→ Problema 1:

¿Cuál es la Fuerza que hace que 6mg rueden por un plano inclinado en $10^\circ = \theta$?

Solución: La aceleración que experimentan esas 6mg en una inclinación de $\theta = \underline{10^\circ}$ es $a = \underline{1,7 \left[\frac{m}{s^2} \right]}$

$$\underline{F_N} = m \cdot a = 6 \cdot 10^{-6} [\text{kg}] \cdot 1,7 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

$$= \underline{1,02 \cdot 10^{-5} [\text{N}]} \quad \text{S.I.}$$

$$(= 1,02 \text{ dina}) \quad \text{cg5}$$

Problema 2:

¿Cuál es la Fuerza que hace que 0,6 kg rueden por un plano inclinado, $\theta = 10^\circ$?

Solución:

$$\begin{aligned} F_N &= m \cdot a = 0,6 \text{ [kg]} \cdot 1,7 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \\ &= 1,02 \text{ [kg} \cdot \text{m/s}^2] \\ &= 1,02 \text{ [N]} \\ (&= 1,02 \cdot 10^{-5} \text{ dina}) \end{aligned}$$

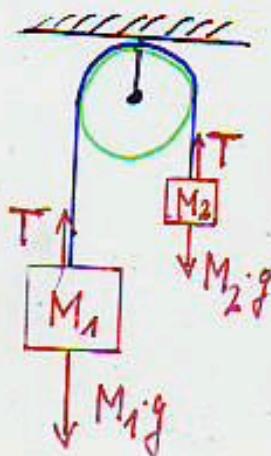
S.I.
cgs

Otra manera de ver como funciona

ACCION - REACCION :

Tensión de una cuerda T

Consideremos la siguiente situación:



La tensión T es la misma en ambos lados:

1) La Fuerza neta sobre M_1 , $\tilde{F}_N(M_1)$:

$$\tilde{F}_N(M_1) = M_1 \cdot \vec{g} - \vec{T} = M_1 \ddot{a}_1$$

2) La Fuerza neta sobre M_2 , $\tilde{F}_N(M_2)$:

$$\tilde{F}_N(M_2) = M_2 \cdot \vec{g} - \vec{T} = M_2 \ddot{a}_2$$

→ Pero como ambas masas están unidas por un cordel, ambas tienen la misma aceleración!

$$\Rightarrow |\ddot{\alpha}_1| = |\ddot{\alpha}_2| = |\ddot{\alpha}|$$

Entonces de 1) y 2)

$$M_1 \cdot g - M_1 \cdot a = M_2 \cdot g - M_2 \cdot (-a)$$

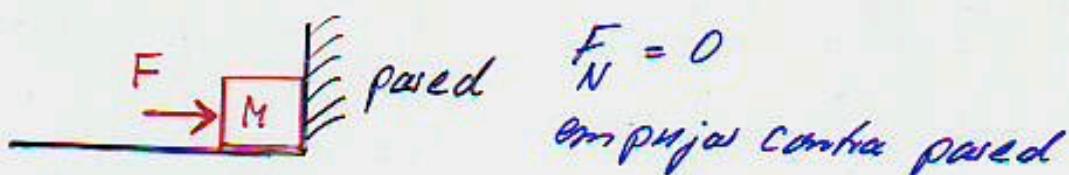
$$\Rightarrow a = \frac{M_1 \cdot g - M_2 \cdot g}{M_1 + M_2}$$

Si $M_1 > M_2 \Rightarrow a = \text{positiva} \quad (a > 0)$

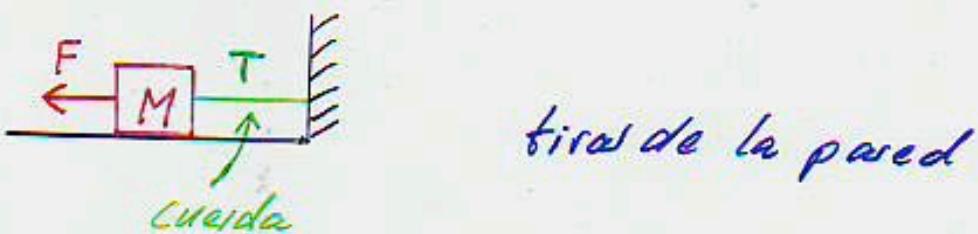
Si $M_2 > M_1 \Rightarrow a = \text{negativa} \quad (a < 0)$

No hay diferencia entre:

1)



2)



$$\text{Fuerza neta } F_N = F - T$$

Si el cuerpo no se mueve: $F_N = 0 \Rightarrow F = T$

Figura del libro de P.
Tipler: FISICA

$$f_{e,mas} = \mu_e N \\ = f_0 \quad F_L = f_0 mg$$

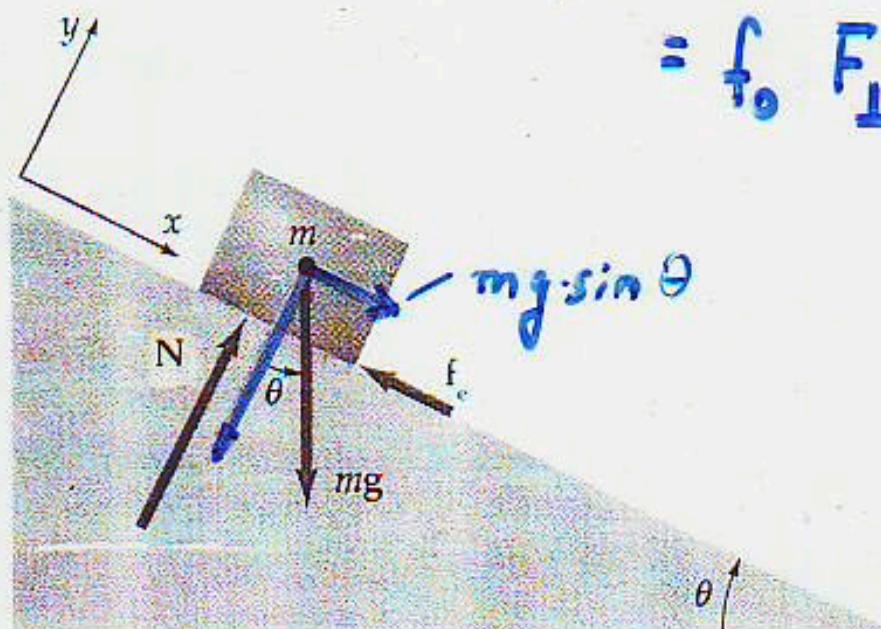
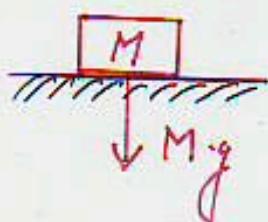


Figura 5-4 Fuerzas que actúan sobre un bloque en un plano inclinado con rozamiento. Para ángulos menores que el ángulo crítico θ_c la fuerza de rozamiento neutraliza la componente $mg \sin \theta$ en la dirección descendente del plano. Para ángulos mayores que θ_c el bloque desciende por el plano. El ángulo crítico está relacionado con el coeficiente de rozamiento por la expresión $\operatorname{tg} \theta_c = \mu_e$.

Otros casos de acción y reacción ya vistos:

3)



cuadro en reposo

acción sobre el piso = $M \cdot g$

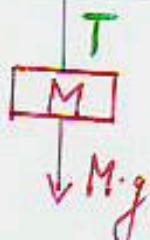
reacción del piso sobre M = $-M \cdot g$

$$\Rightarrow F_N = 0$$

4)



cielo



$$F_N = M \cdot g - T = 0$$

en reposo es
 $a = 0$

$$\Rightarrow T = M \cdot g$$

Variante de 3): plano inclinado

5)



acción sobre plano = $M \cdot g \cdot \cos \theta$

reacción sobre M = $-M \cdot g \cdot \cos \theta$

$$F_N = M \cdot g \cdot \sin \theta$$

Si $a \neq 0$, M se mueve

Variación sobre caso 4): Pendulo

6)

