



FACULTAD DE FÍSICA  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CHILE

# Dinámica (FIS1514)

## Fuerza de roce de contacto

---

**Felipe Isaule**

felipe.isaule@uc.cl

Miércoles 11 de Septiembre de 2024

# Resumen clase anterior

- Definimos la **fuerza elástica** a partir de la **Ley de Hooke**.
- Revisamos problemas de **fuerza centrípeta**.

# Clase 11: Fuerza de roce de contacto

- Roce estático.
- Roce dinámico.

- Bibliografía recomendada:
  - Meriam (3.4, 3.5).
  - Hibbeler (13.4).

# Clase 11: Fuerza de roce de contacto

- **Roce estático.**
- Roce dinámico.

# Fuerza de roce estático

- Experimentalmente se observa que cuando dos cuerpos en **reposo** están en **contacto** entre sí, ejercen una fuerza **paralela a la superficie** que los **mantiene en reposo**.
- Esta fuerza se denomina **roce estático**.
- El roce estático es **variable**, pero toma un valor máximo

$$|\vec{F}_s| \leq \mu_s |\vec{N}| = F_{s,\max}$$

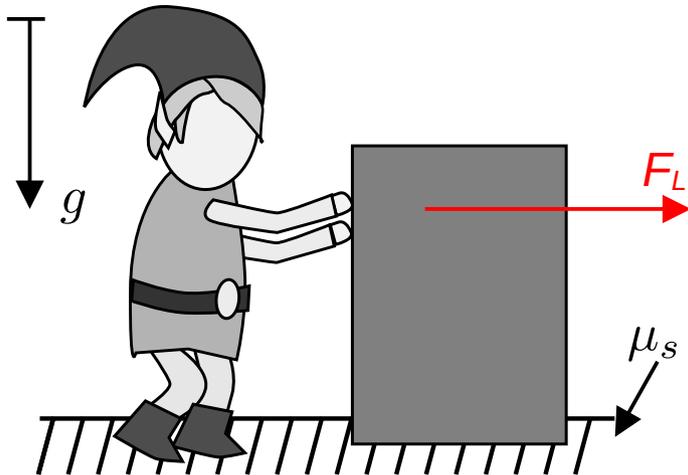
donde  $\mu_s$  es el **coeficiente de roce estático** y  $N$  es la **normal**.

- Es decir, para **poner en movimiento** uno de los cuerpos, es necesario **aplicar una fuerza mayor** a  $\mu_s N$ .

- \* La fuerza de roce es siempre **paralela a la superficie de contacto**.

# Ejemplo: Poner en movimiento un bloque

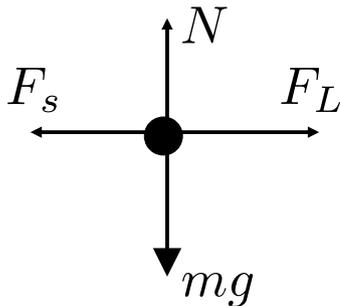
- Si se tiene una caja de masa  $m$  en **reposo** sobre una superficie con **constante de roce estático**  $\mu_e$  y es empujada con una fuerza  $F$  como muestra la figura.
- ¿Cuál es la **magnitud del roce estático**, y en qué **dirección**?
- ¿Qué **magnitud** debe  $F$  tener para **mover** el bloque?



# Ejemplo: Poner en movimiento un bloque

- Si se tiene una caja de masa  $m$  en **reposo** sobre una superficie con **constante de roce estático**  $\mu_e$  y es empujada con una fuerza  $F_L$  como muestra la figura.
- ¿Cuál es la **magnitud del roce estático**, y en qué **dirección**?

DCL



Ecuaciones de movimiento

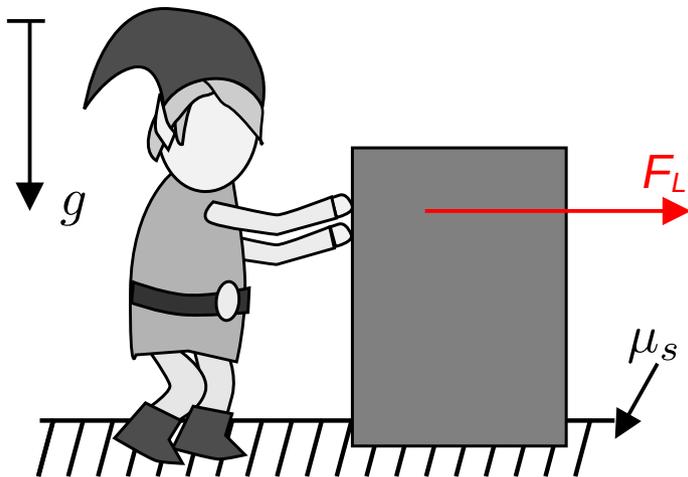
$$x : F_x = F_L - F_s = ma_x$$

$$y : F_y = N - mg = 0$$

Mientras siga en reposo:

$$a_x = 0 \quad \longrightarrow \quad \boxed{F_s = F_L}$$

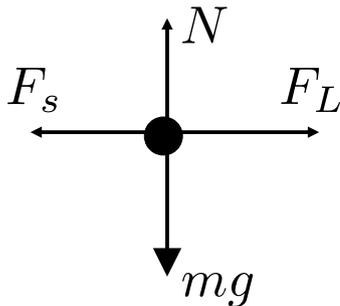
El roce estático, que es variable, simplemente tiene igual magnitud a la fuerza aplicada al bloque y es **opuesta** a  $F_L$ .



# Ejemplo: Poner en movimiento un bloque

- Si se tiene una caja de masa  $m$  en **reposo** sobre una superficie con **constante de roce estático**  $\mu_e$  y es empujada con una fuerza  $F_L$  como muestra la figura.
- ¿Qué **magnitud** debe  $F$  tener para **mover** el bloque?

DCL



Ecuaciones de movimiento

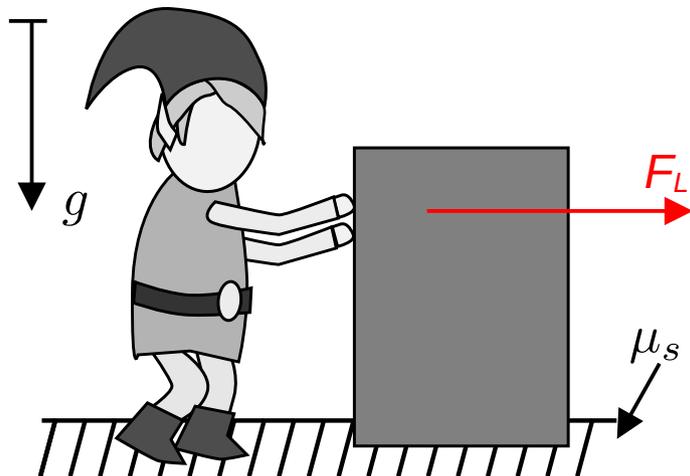
$$x : F_x = F_L - F_s = ma_x$$

$$y : F_y = N - mg = 0$$

Para sacar al bloque del reposo:

$$a_x > 0 \quad \longrightarrow \quad F_L > F_{s,\max} = \mu_s N$$

$$N = mg \quad \longrightarrow \quad \boxed{F_L > \mu_s mg}$$



# Ejemplo: Bloque estático en plano inclinado

- Un bloque de masa  $m$  se encuentra en un **plano inclinado** con ángulo  $\theta$  con respecto a la horizontal y con un **coeficiente de roce estático**  $\mu_s$ . Encuentre el **ángulo mínimo**  $\theta^*$  para que el bloque **deslice**.

## Ecuaciones de movimiento

$$x : F_x = mg \sin \theta - F_s = ma_x$$

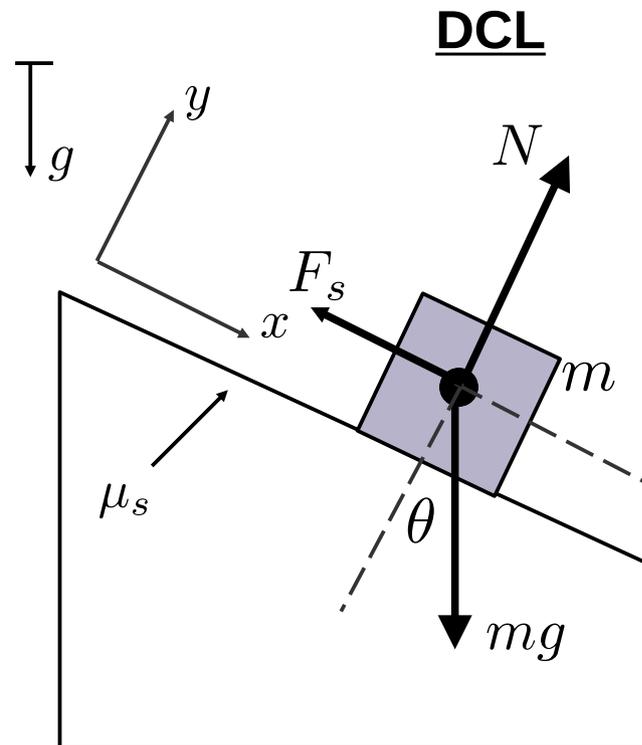
$$y : F_y = N - mg \cos \theta = 0$$

Para que el bloque deslice:

$$a_x > 0 \quad \longrightarrow \quad mg \sin \theta > F_{s,\max} = \mu_s N$$

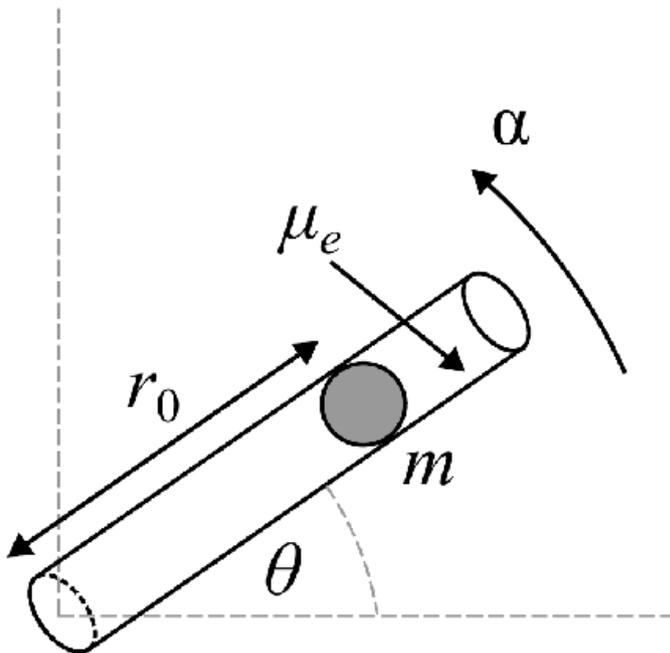
$$N = mg \cos \theta \quad \longrightarrow \quad mg \sin \theta > \mu_s mg \cos \theta$$

$$\tan \theta > \mu_s \quad \longrightarrow \quad \theta^* = \arctan \mu_s$$



# Ejemplo

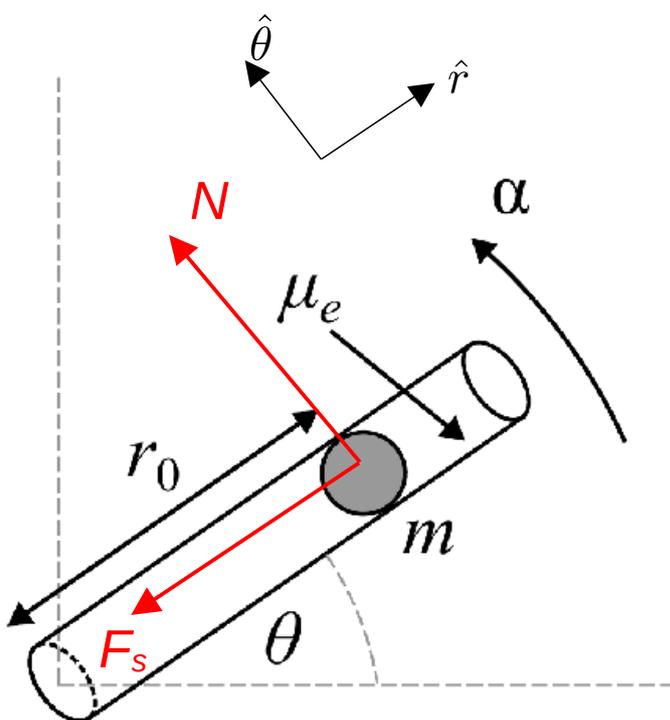
- Una esfera de **masa**  $m$  es colocada dentro de un tubo que gira con **aceleración angular constante** conocida  $\alpha$  y que tiene un **coeficiente de roce estático**  $\mu_e$ . Si la esfera es colocada a una distancia  $r_0$  del eje de rotación y el tubo tiene una **velocidad angular inicial nula**, entonces:
  - Encuentre la magnitud de la fuerza de roce estático. No considere gravedad.
  - Encuentre el tiempo desde el que la esfera comienza a deslizar.



# Ejemplo

- Una esfera de **masa**  $m$  es colocada dentro de un tubo que gira con **aceleración angular constante** conocida  $\alpha$  y que tiene un **coeficiente de roce estático**  $\mu_e$ . Si la esfera es colocada a una distancia  $r_0$  del eje de rotación y el tubo tiene una **velocidad angular inicial nula**, entonces:
  - Encuentre la magnitud de la fuerza de roce estático. No considere gravedad.

DCL



Ecuaciones de movimiento

$$\dot{\theta} = \alpha t$$

$$r : F_r = -F_s = ma_r = -mr_0(\alpha t)^2$$

$$\theta : F_\theta = N = ma_\theta = mr_0\alpha$$

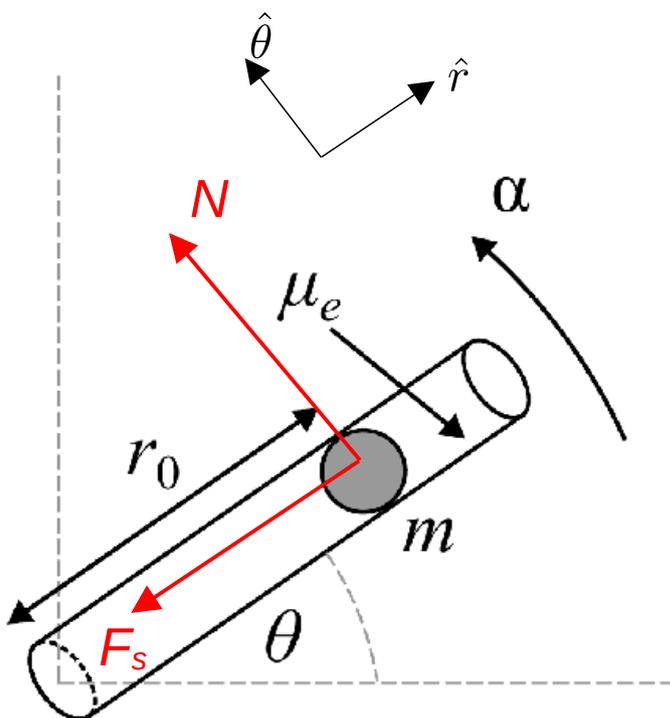
La magnitud de la fuerza de roce es simplemente:

$$F_s = mr_0(\alpha t)^2$$

# Ejemplo

- Una esfera de **masa**  $m$  es colocada dentro de un tubo que gira con **aceleración angular constante** conocida  $\alpha$  y que tiene un **coeficiente de roce estático**  $\mu_e$ . Si la esfera es colocada a una distancia  $r_0$  del eje de rotación y el tubo tiene una **velocidad angular inicial nula**, entonces:
  - Encuentre el tiempo desde el que la esfera comienza a deslizar.

DCL



Ecuaciones de movimiento

$$\dot{\theta} = \alpha t$$

$$r : F_r = -F_s = ma_r = -mr_0(\alpha t)^2$$

$$\theta : F_\theta = N = ma_\theta = mr_0\alpha$$

La esfera comienza a deslizar cuando:

$$F_s = \mu_e N = \mu_e mr_0\alpha = mr_0\alpha^2 t^2$$

$$\rightarrow \boxed{t = \sqrt{\frac{\mu_e}{\alpha}}}$$

# Clase de hoy

- Roce estático.
- **Roce dinámico.**

# Fuerza de roce dinámico

- Una vez **iniciado el movimiento** entre dos cuerpos, éstos también ejercen una fuerza que **intenta detener el movimiento**.
- Esta fuerza se denomina **roce dinámico**, y experimentalmente está dada por

$$|\vec{F}_d| = \mu_d |\vec{N}|$$

donde es  $\mu_d$  el **coeficiente de roce dinámico** y  $N$  es la **normal**.

- Importante: La fuerza de roce siempre es **paralela al movimiento**.

# Fuerza de roce dinámico

- La experiencia indica que la fuerza de **roce dinámico es menor que el máximo del roce estático**:

$$F_d < F_{s,\max}$$

- Es decir, **una vez puesto un cuerpo en movimiento, es más fácil mantenerlo en movimiento.**

# Ejemplo: Bloque en plano inclinado con roce

- Un bloque de masa  $m$  se encuentra en un **plano inclinado** con ángulo  $\theta$  con respecto a la horizontal y con un coeficiente de **roce estático**  $\mu_s$  y **roce dinámico**  $\mu_d < \mu_s$ . Si el plano inclinado tiene el **ángulo mínimo** para que el bloque **deje el reposo**, encuentre la **aceleración** del bloque.

Del ejemplo anterior, ya sabemos que este ángulo mínimo es:

$$\theta^* = \arctan \mu_s$$

DCL (Post-deslizamiento)

Ecuaciones de movimiento (post-deslizamiento)

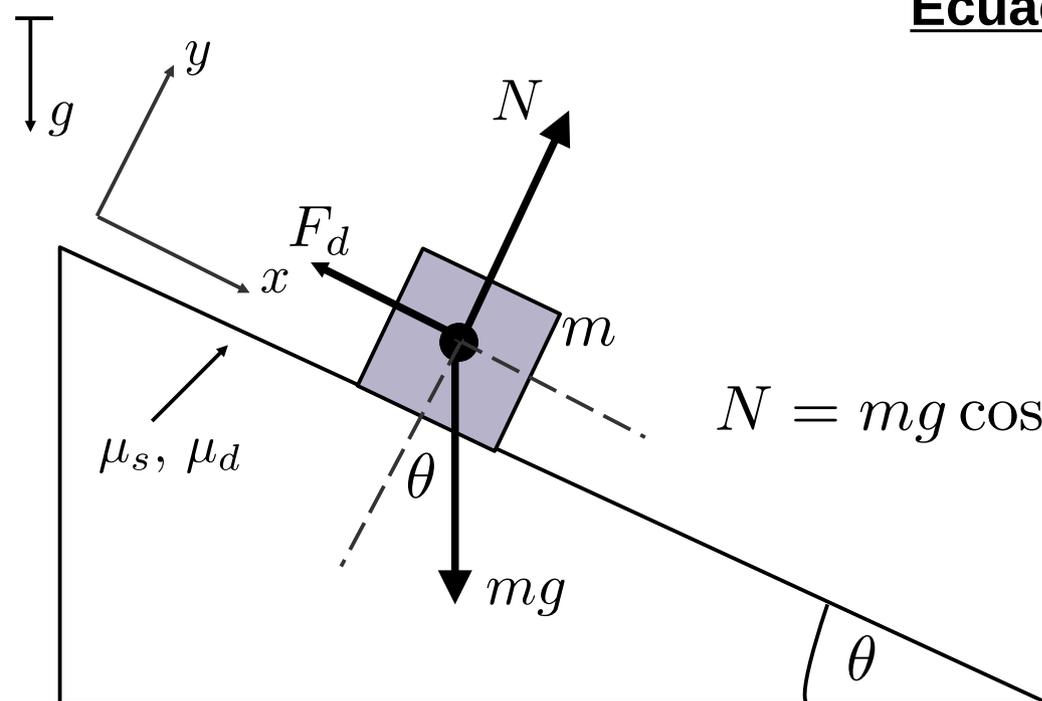
$$x : F_x = mg \sin \theta^* - \mu_d N = ma_x$$

$$y : F_y = N - mg \cos \theta^* = 0$$

$$N = mg \cos \theta^*$$

$$\longrightarrow a_x = g(\sin \theta^* - \mu_d \cos \theta^*)$$

La aceleración es constante, por lo que podríamos calcular fácilmente la cinemática.



# Resumen

- Hemos definido la fuerza de **roce estático** y estudiado la condición que **saca a un objeto con roce del reposo**.
- Hemos definido la fuerza de **roce dinámico** que rige el roce de contacto de un **cuerpo en movimiento** con respecto a otro.
- Próxima clase:
  - **Roce viscoso.**