UNIVERSIDAD ADOLFO IBÁÑEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

FISICA I (FIS101)

Clase 14&15
Tensión y roce

Felipe Isaule

Jueves 23 de Abril de 2026

felipeisaule.github.io

felipe.isaule.r@edu.uai.cl

Clase anterior

- Definimos la fuerza **peso**.
- Definimos la fuerza **normal**.
- Revisamos el ejemplo del **plano inclinado**.

Clase 14 & 15

- <u>Clase 14:</u>
  - Cuerda ideal y tensión.
  - Ligaduras.
- <u>Clase 15:</u>
  - Roce estático.
  - Roce dinámico.

- Bibliografía recomendada:
  - Serway (5.7, 10.8).

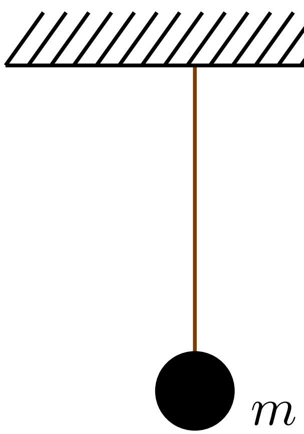
Clase 14 & 15

- Clase 14:
  - **Cuerda ideal y tensión.**
  - Ligaduras.
- Clase 15:
  - Roce estático.
  - Roce dinámico.

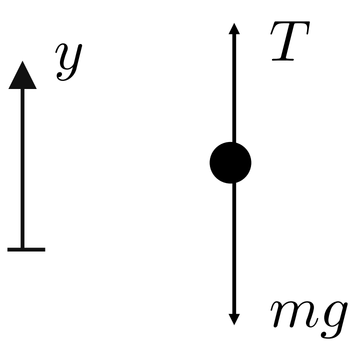
- Bibliografía recomendada:
  - Serway (5.7, 10.8).

Tensión

- Una **cuerda ideal** (inextensible y de masa despreciable) sujeta otros objetos con una fuerza llamada **tensión** T.
- Esta tensión es **constante a través de la cuerda**.



DCL



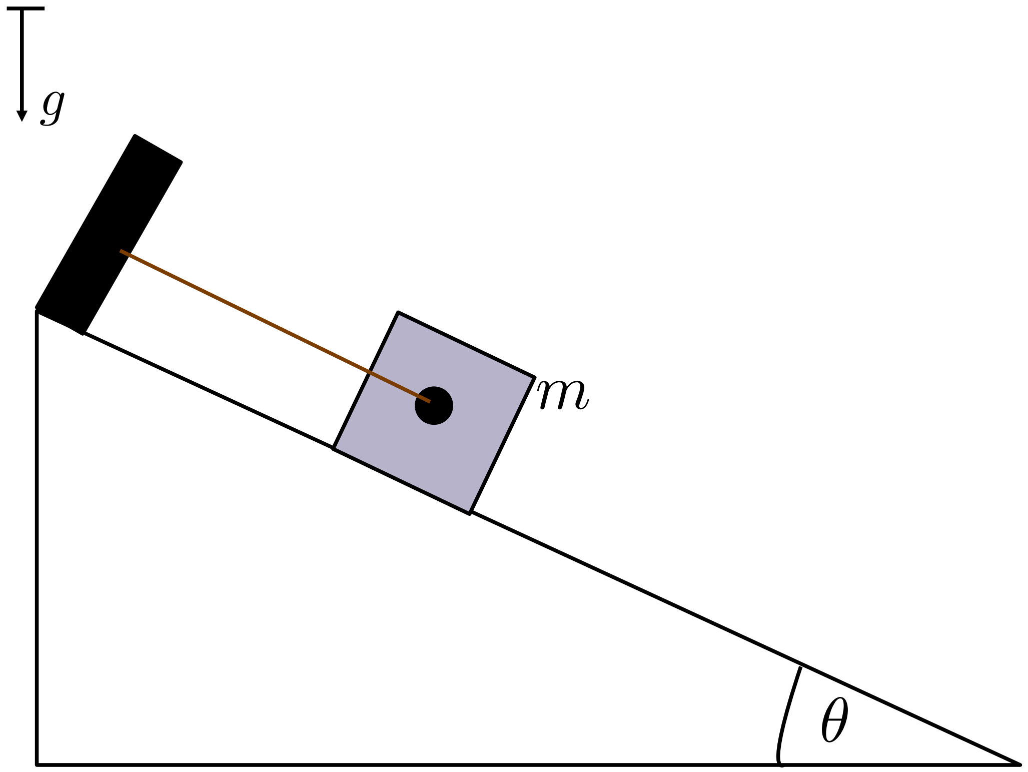
Ejemplo: Si una **cuerda ideal** sujeta un objecto de masa m afectado por la **gravedad** que está **estático**. Encuentre la **magnitud de la tensión**.

Equilibrio de fuerzas $\longrightarrow F_y = T - mg = 0$

$$\boxed{T = mg}$$

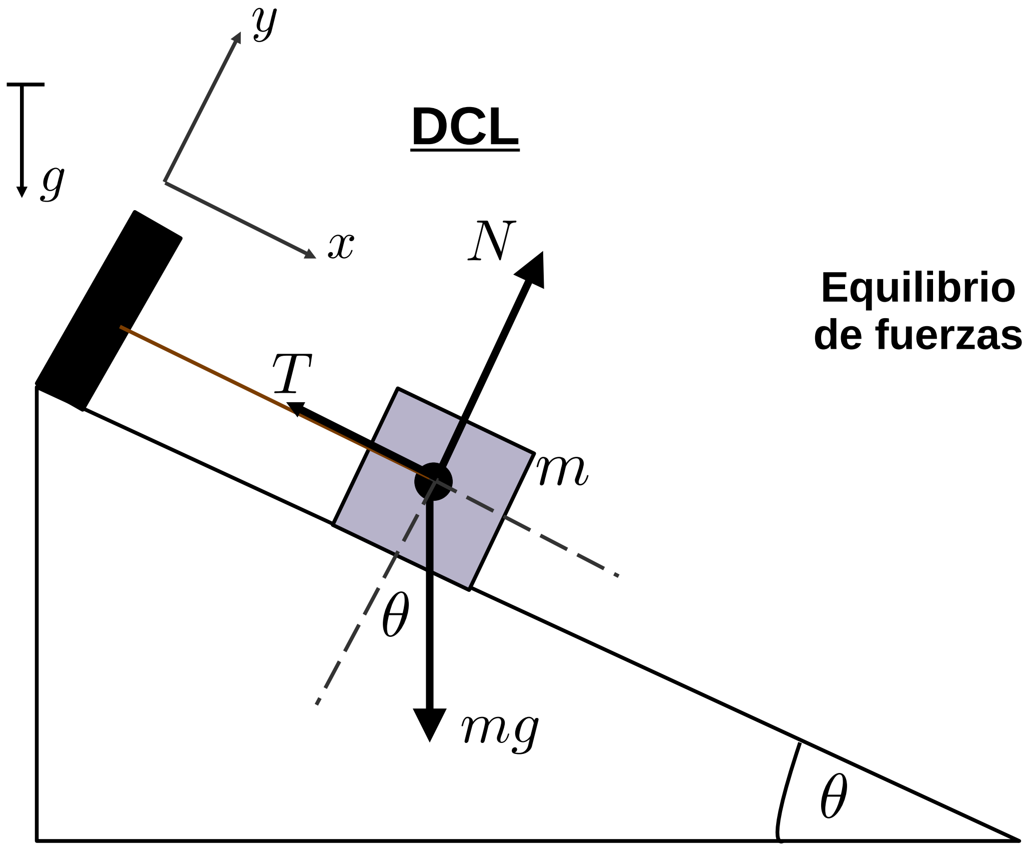
Ejemplo 1: Plano inclinado con una cuerda

- Un bloque de masa m se encuentra sobre la superficie de un **plano inclinado** con un ángulo θ con respecto a la horizontal. Si una **cuerda ideal** sujeta al bloque en el **reposo**. Encuentre la **tensión**.



Ejemplo 1: Plano inclinado con una cuerda

- Un bloque de masa m se encuentra sobre la superficie de un **plano inclinado** con un ángulo θ con respecto a la horizontal. Si una **cuerda ideal** sujeta al bloque en el **reposo**. Encuentre la **tensión**.



DCL

Ecuaciones de movimiento

Equilibrio de fuerzas

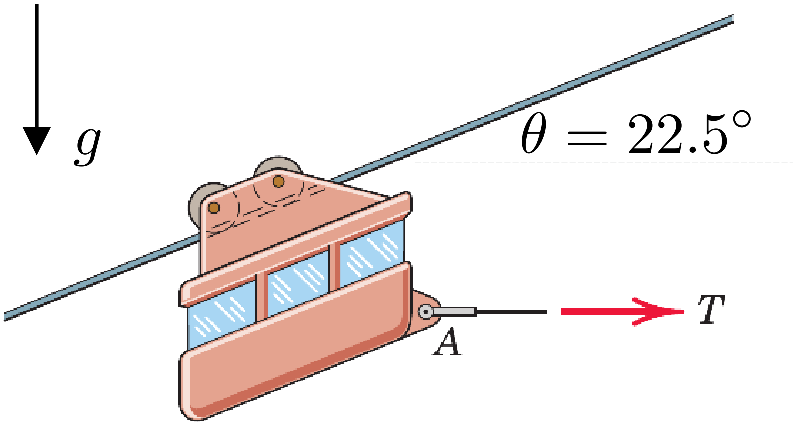
$$\longrightarrow x: \quad F_x = mg\sin\theta - T = 0$$

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

$$\longrightarrow \boxed{T = mg\sin\theta}$$

Ejemplo 2: Carro sobre un riel

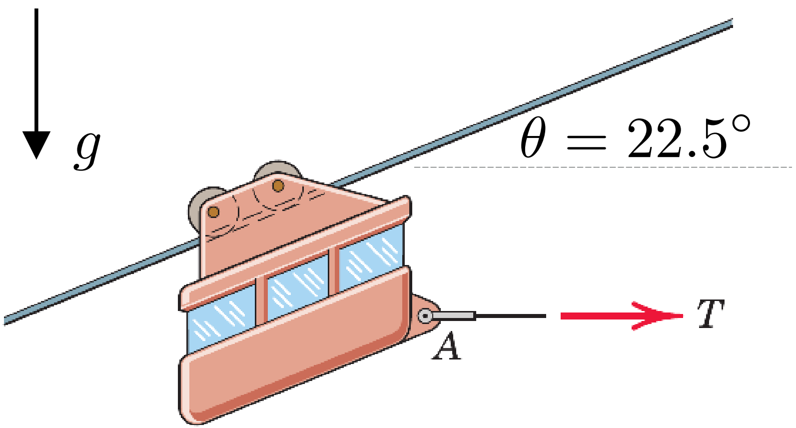
- Un carro de 200 kg **sube** por un riel que se encuentra a un ángulo $\theta{=}22.5^{\circ}$ de la horizontal. El carro es **tirado horizontalmente** por un **cable horizontal** con una **tensión** de *T*=2400 N. Determine la **aceleración** del carro y la **fuerza ejercida por el riel sobre las ruedas**.



$$\cos(22.5^{\circ}) \approx 0.924\,,\ \sin(22.5^{\circ}) \approx 0.383\,,\ g \approx 9.8\ \mathrm{m/s}^2$$

Ejemplo 2: Carro sobre un riel

- Un carro de 200 kg **sube** por un riel que se encuentra a un ángulo θ=22.5° de la horizontal. El carro es **tirado horizontalmente** por un **cable horizontal** con una **tensión** de T=2400 N. Determine la **aceleración** del carro y la **fuerza ejercida por el riel sobre las ruedas**.



Ecuaciones de movimiento

$$x: \quad F_x = T\cos\theta - mg\sin\theta = ma_x$$

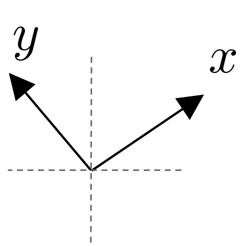
Equilibrio de fuerzas $\longrightarrow$

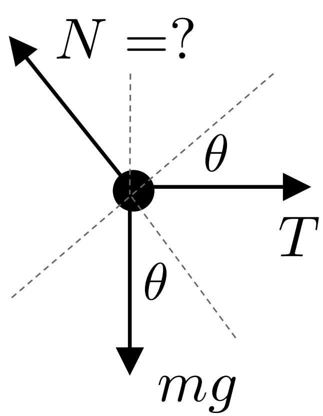
$$y: \quad F_y = N - mg\cos\theta - T\sin\theta = 0$$

$$\longrightarrow \quad \boxed{N \approx 2979 \text{ N}}$$

$$\longrightarrow \quad \boxed{a_x \approx 7.34 \text{ m/s}^2}$$

DCL





$$\cos(22.5^\circ) \approx 0.924\,,\ \sin(22.5^\circ) \approx 0.383\,,\ g \approx 9.8 \text{ m/s}^2$$

Clase 14 & 15

- Clase 14:
  - Cuerda ideal y tensión.
  - **Ligaduras.**
- Clase 15:
  - Roce estático.
  - Roce dinámico.

- Bibliografía recomendada:
  - Serway (5.7, 10.8).

Sistemas de varias partículas

- Si tenemos **varias partículas** sometidas a fuerzas, la segunda ley de Newton es aplicada **independientemente** a cada cuerpo.

$$\vec{F}_1 = m_1\vec{a}_1$$

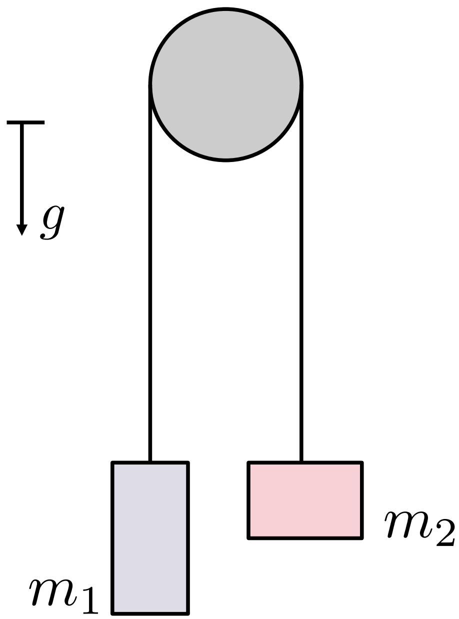
$$\vec{F}_2 = m_2\vec{a}_2$$

$$\vdots$$

$$\vec{F}_N = m_N\vec{a}_N$$

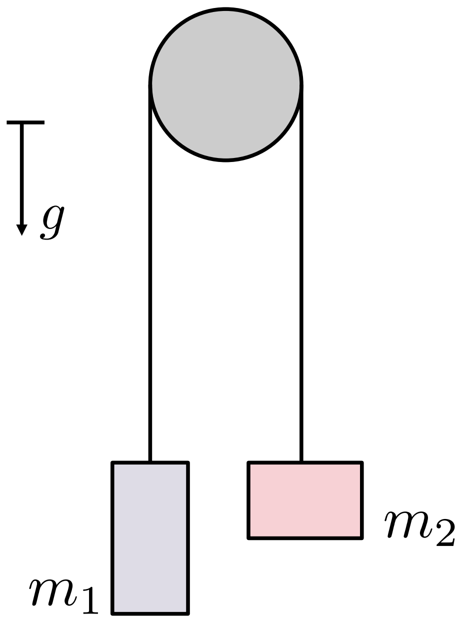
Ejemplo 3: Dos bloques estáticos en una polea

- **Dos bloques** de masas m_1 y m_2 se encuentran **unidos por una cuerda ideal**. Si los bloques están **estáticos**, encuentre la **relación entre las masas** de los bloques..



Ejemplo 3: Dos bloques estáticos en una polea

- **Dos bloques** de masas m_1 y m_2 se encuentran **unidos por una cuerda ideal**. Si los bloques están **estáticos**, encuentre la **relación entre las masas** de los bloques..



Ecuaciones de movimiento

Equilibrio de fuerzas

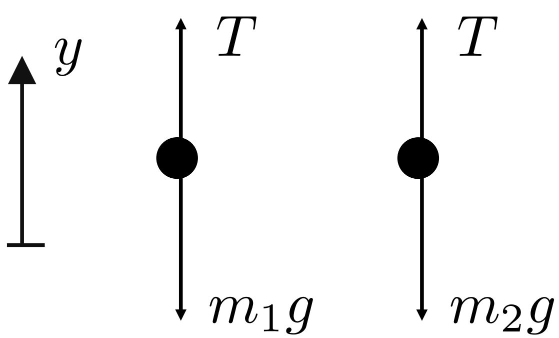
$$\longrightarrow 1: \quad F_1 = T - m_1 g = 0$$

$$\longrightarrow 2: \quad F_2 = T - m_2 g = 0$$

$$\longrightarrow \boxed{m_1 = m_2}$$

Ambos bloques **deben tener igual masa** para que el sistema se mantenga en reposo.

DCL



La tensión *T* es constante a través de la cuerda.

Ligaduras: Un grado de libertad

- En algunos sistemas de **varias partículas** el movimiento está **restringido**.

- En el ejemplo de la figura, si el cable tiene un largo L , entonces

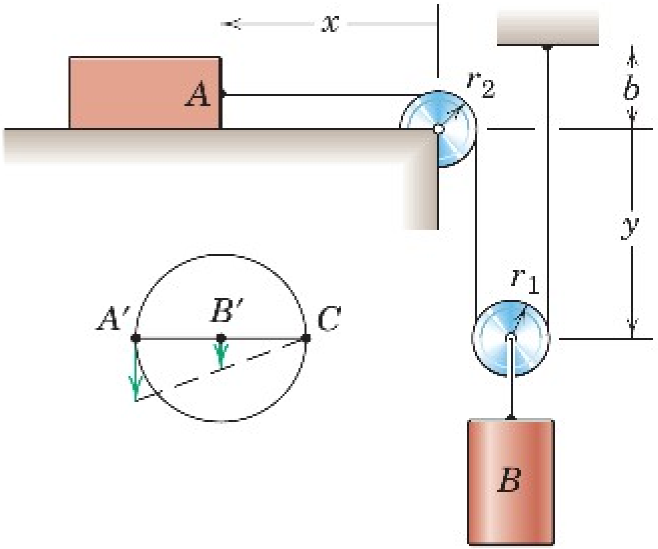
$$L = x + \frac{\pi r_2}{2} + 2y + \pi r_1 + b$$

- Dado que L, r_1, r_2, y b son constantes:

$$\dot{x} + 2\dot{y} = 0$$

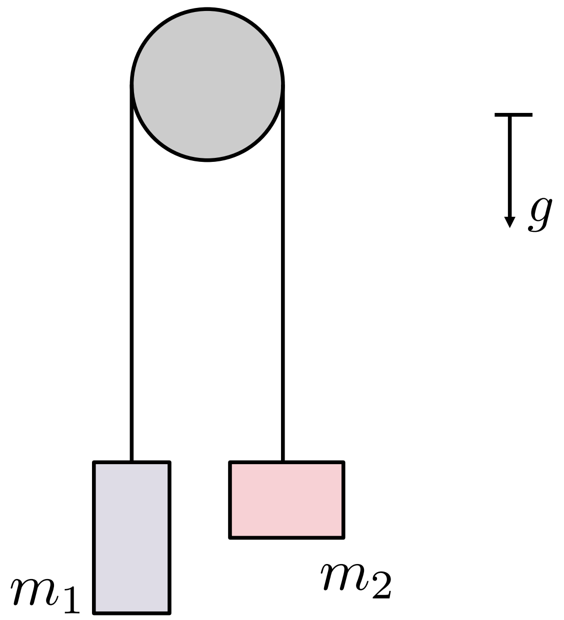
$$\ddot{x} + 2\ddot{y} = 0$$

- Este sistema tiene **un grado de libertad** ya que sólo se necesita x o y para describir el movimiento.



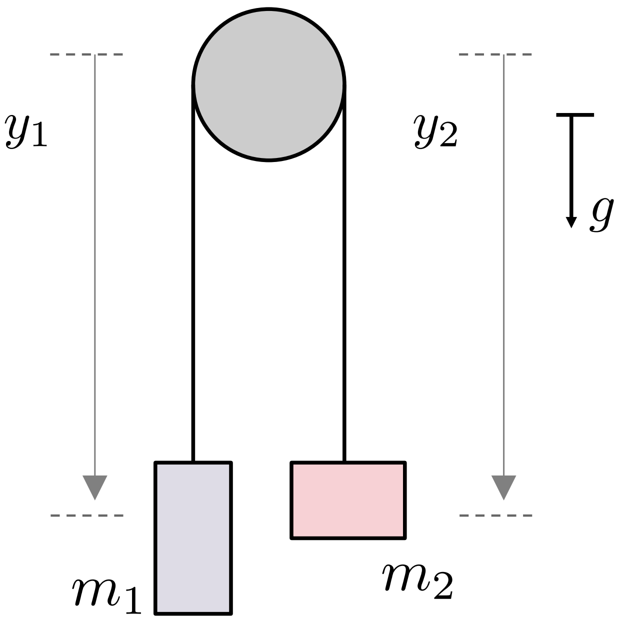
Ejemplo 4: Máquina de Atwood

- **Dos bloques** de masas m_1 y m_2 se encuentran **unidos por una cuerda ideal**. Encuentre la aceleración de los bloques en función de las masas.

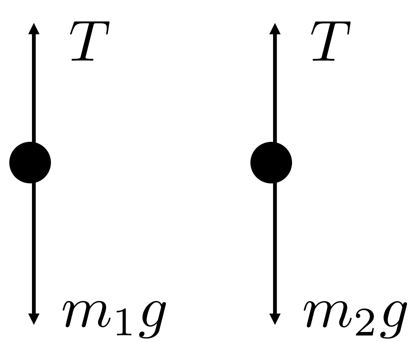


Ejemplo 4: Máquina de Atwood

- **Dos bloques** de masas m_1 y m_2 se encuentran **unidos por una cuerda ideal**. Encuentre la aceleración de los bloques en función de las masas.



DCL



Ecuaciones de movimiento

$$\longrightarrow 1: \quad F_1 = -T + m_1 g = m_1 \ddot{y}_1$$

$$\longrightarrow 2: \quad F_2 = -T + m_2 g = m_2 \ddot{y}_2$$

Ligaduras

$$L = y_1 + y_2 + \text{ctes.}\,, \qquad \to \qquad \ddot{y}_1 = -\ddot{y}_2$$

Largo cuerda

$$\longrightarrow \boxed{a_1 = \ddot{y}_1 = g\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}}$$

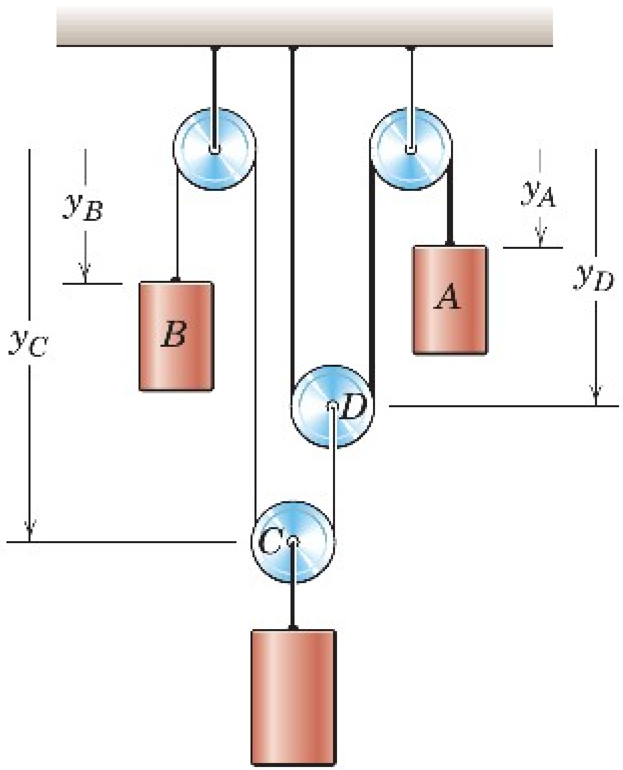
Se recupera el resultado de bloques estáticos si tienen igual masa.

Ligaduras: Dos grados de libertad

- En el ejemplo de la figura, tenemos un cable de largo L_A y otro de largo L_B. Entonces:

$$L_A = y_A + 2y_D + \text{constantes}$$

$$L_B = y_B + y_C + (y_C - y_D) + \text{constantes}$$



- Se obtiene

$$\dot{y}_A + 2\dot{y}_D = 0 \qquad \dot{y}_B + 2\dot{y}_C - \dot{y}_D = 0$$

$$\ddot{y}_A + 2\ddot{y}_D = 0 \qquad \ddot{y}_B + 2\ddot{y}_C - \ddot{y}_D = 0$$

- Si despejamos y_D :

$$\frac{\dot{y}_A}{2} + \dot{y}_B + 2\dot{y}_C = 0$$

$$\frac{\ddot{y}_A}{2} + \ddot{y}_B + 2\ddot{y}_C = 0$$

- Necesitamos **dos variables** para describir este sistema.

Clase 14 & 15

- Clase 14:
  - Cuerda ideal y tensión.
  - Ligaduras.
- Clase 15:
  - **Roce estático.**
  - Roce dinámico.

- Bibliografía recomendada:
  - Serway (5.7, 10.8).

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

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

donde μ_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 $\mu_s N$.

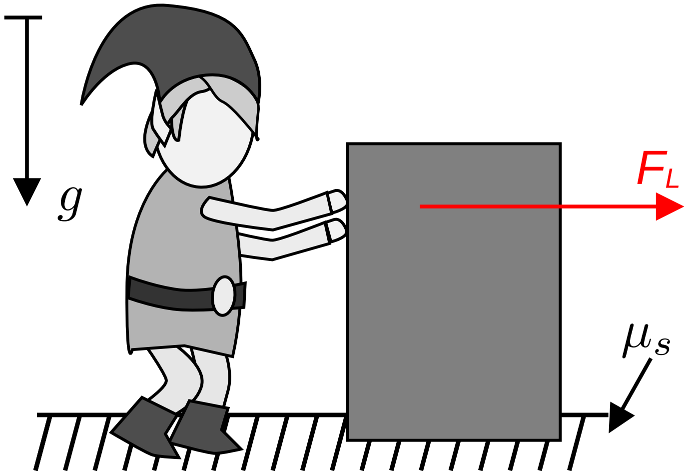
✗ La fuerza de roce es siempre **paralela a la superficie de contacto**.

Ejemplo 5: Poner en movimiento un bloque

- Si se tiene una caja de masa m en **reposo** sobre una superficie con **constante de roce estático** μ_e y es empujada con una fuerza F_L como muestra la figura.

➔ ¿Cuál es la **magnitud** del **roce estático**, y en qué **dirección**?

➔ ¿Qué **magnitud** debe F tener para **mover** el bloque?

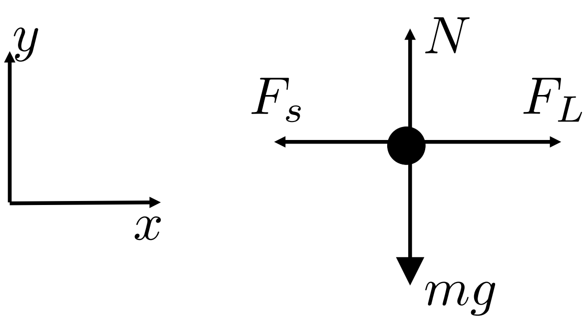


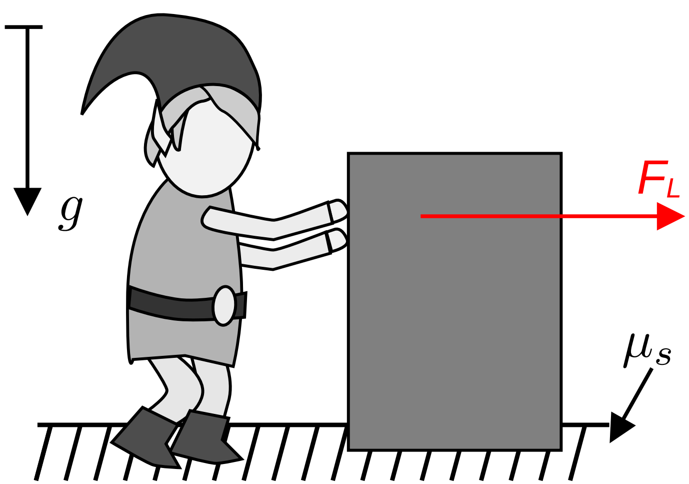
Ejemplo 5: Poner en movimiento un bloque

- Si se tiene una caja de masa m en **reposo** sobre una superficie con **constante de roce estático** μ_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

$$x: \quad F_x = F_L - F_e = ma_x$$

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

Mientras siga en reposo:

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

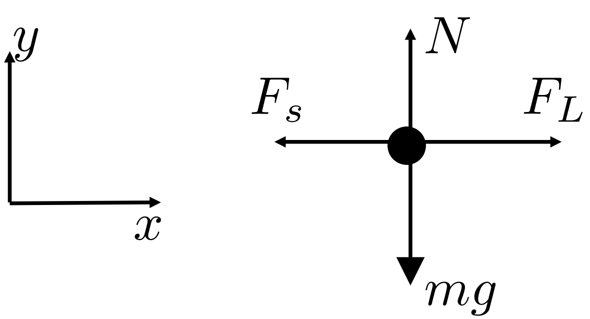
El roce estático, que es variable, simplemente tiene igual magnitud a la fuerza aplicada al bloque y es **opuesta** a F_L.

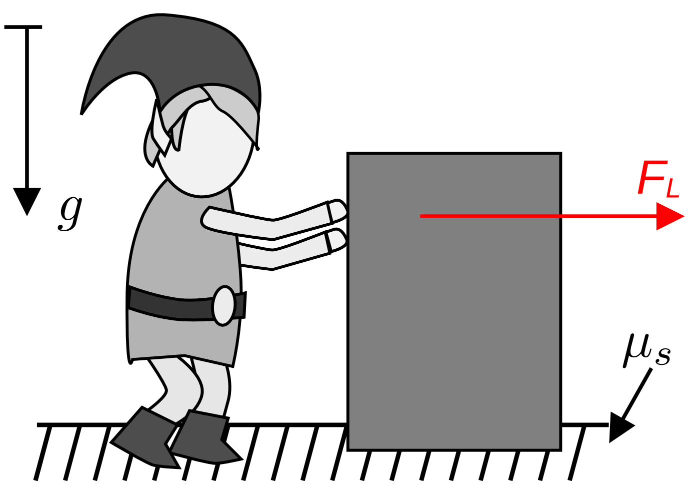
Ejemplo 5: Poner en movimiento un bloque

- Si se tiene una caja de masa m en **reposo** sobre una superficie con **constante de roce estático** μ_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

$$x: \quad F_x = F_L - F_e = ma_x$$

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

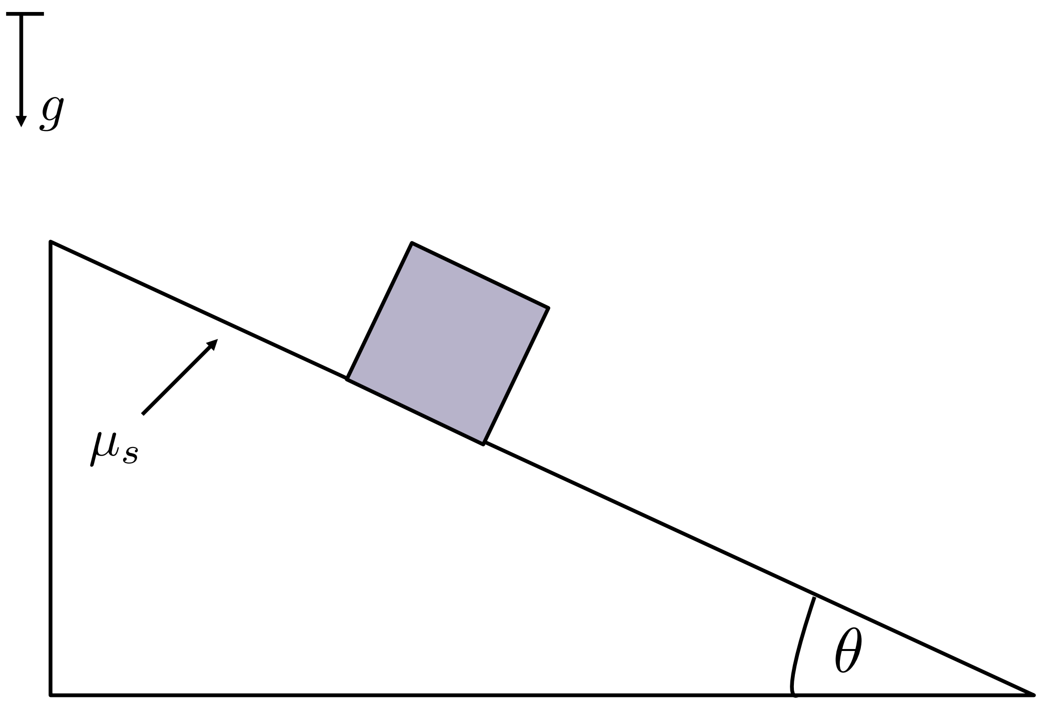
Para sacar al bloque del reposo:

$$a_x > 0 \quad \longrightarrow \quad F_L > F_{e,\max} = \mu_e N$$

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

Ejemplo 6: Bloque estático en plano inclinado

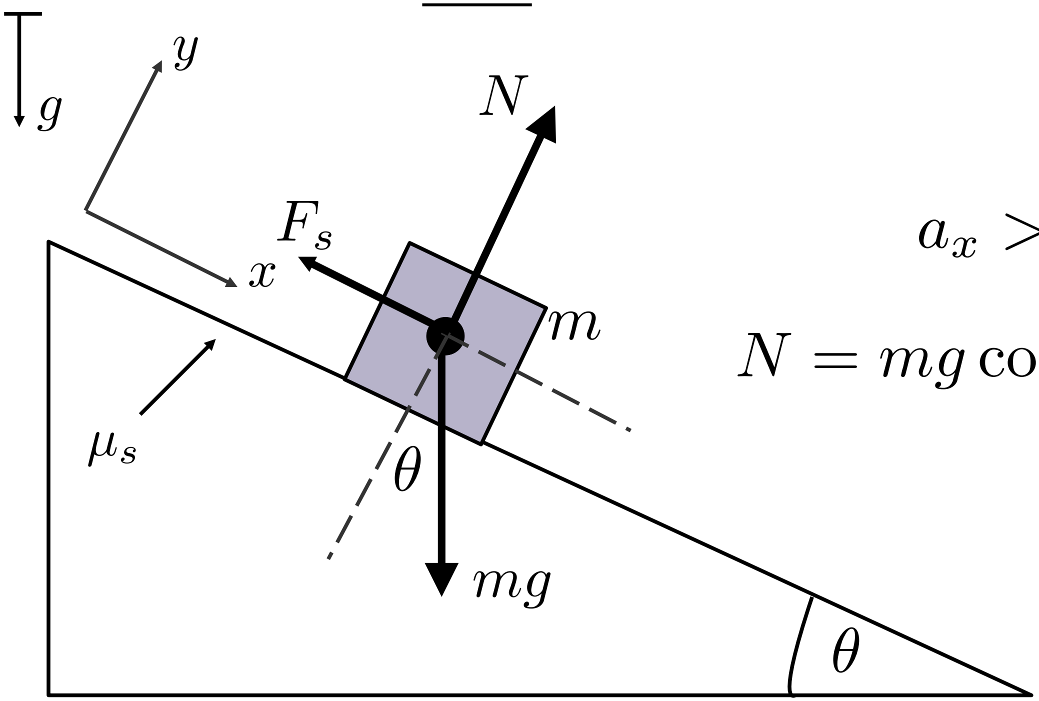
- Un bloque de masa m se encuentra en un **plano inclinado** con ángulo θ con respecto a la horizontal y con un **coeficiente de roce estático** μ_s. Encuentre el **ángulo mínimo** θ^* para que el bloque **deslice**.



Ejemplo 6: Bloque estático en plano inclinado

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

DCL



Ecuaciones de movimiento

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

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

Para que el bloque deslice:

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

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

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

Clase 14 & 15

- Clase 14:
  - Cuerda ideal y tensión.
  - Ligaduras.
- Clase 15:
  - Roce estático.
  - **Roce dinámico.**

- Bibliografía recomendada:
  - Serway (5.7, 10.8).

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 μ_d el **coeficience de roce dinámico** y N es la **normal**.

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

Fuerza de roce dinámico

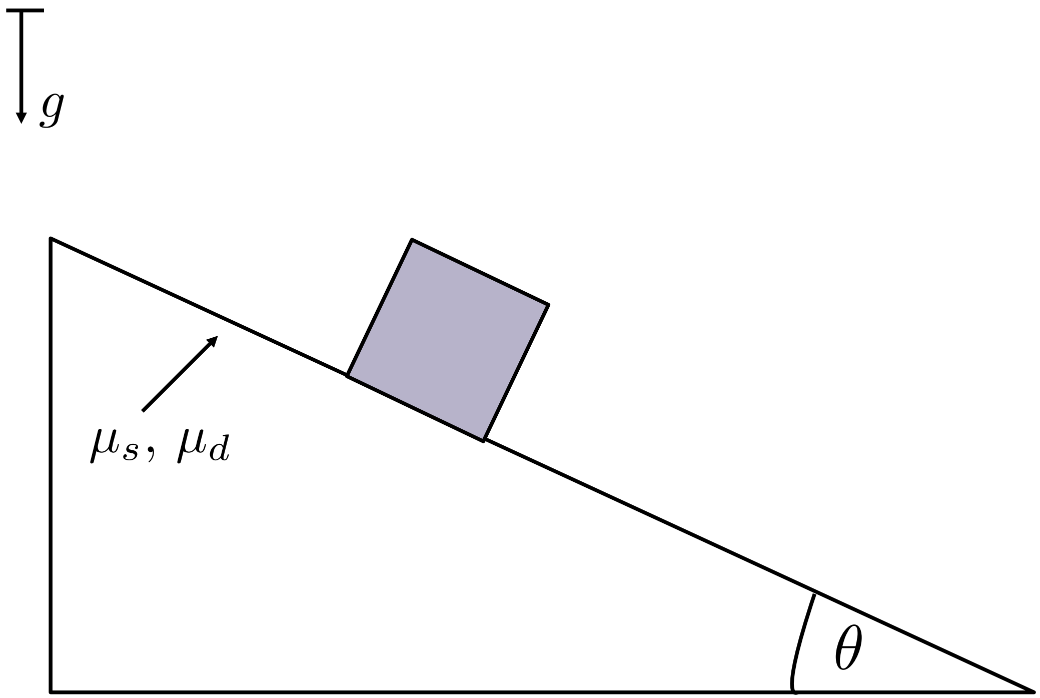
- La experiencia indica que la fuerza de **roce dinámico es menor que el máximo del roce estático**:

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

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

Ejemplo 7: Bloque en plano inclinado con roce

- Un bloque de masa *m* se encuentra en un **plano inclinado** con ángulo θ con respecto a la horizontal y con un coeficiente de **roce estático** μ_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.



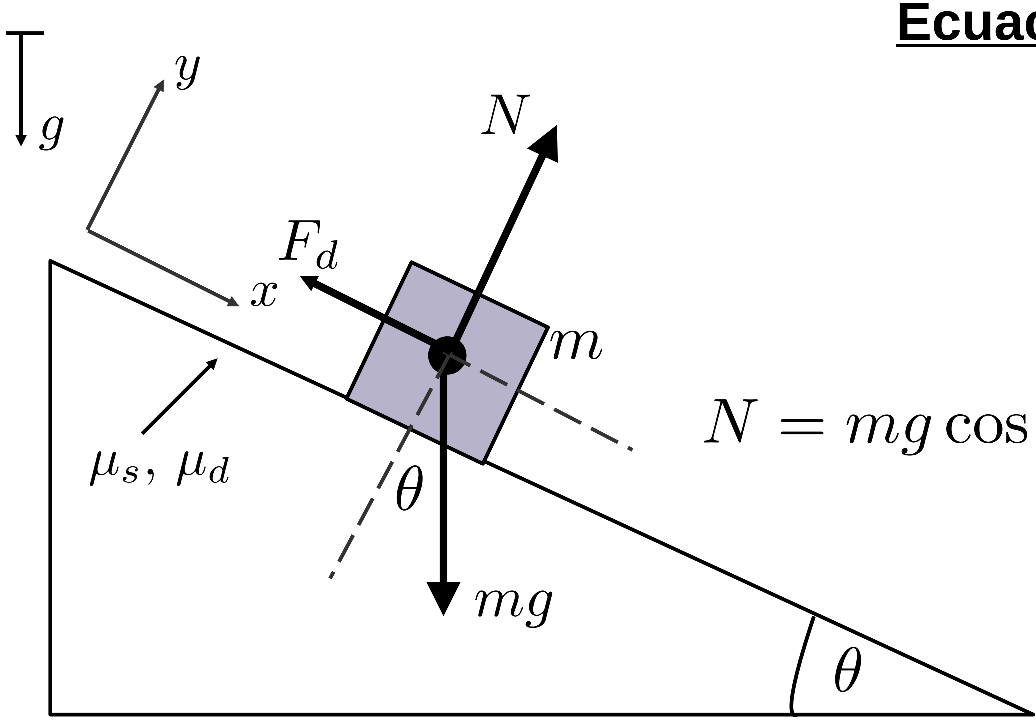
Ejemplo 7: Bloque en plano inclinado con roce

- Un bloque de masa *m* se encuentra en un **plano inclinado** con ángulo θ con respecto a la horizontal y con un coeficiente de **roce estático** μ_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 minimo es:

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

DCL (Post-deslizamiento)



Ecuaciones de movimiento (post-deslizamiento)

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

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

$$N = mg\cos\theta^* \quad \longrightarrow \quad \boxed{a_x = g(\sin\theta^* - \mu_d\cos\theta^*)}$$

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

Resumen

- Hemos introducido el concepto de **cuerda ideal** y la fuerza **tensión**.
- Revisamos problemas de **ligaduras**.
- Hemos definido la fuerza de **roce estático** y estudiado la condición que **saca a un objecto 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:
  - Fuerza elástica.
  - Fuerzas centrales.