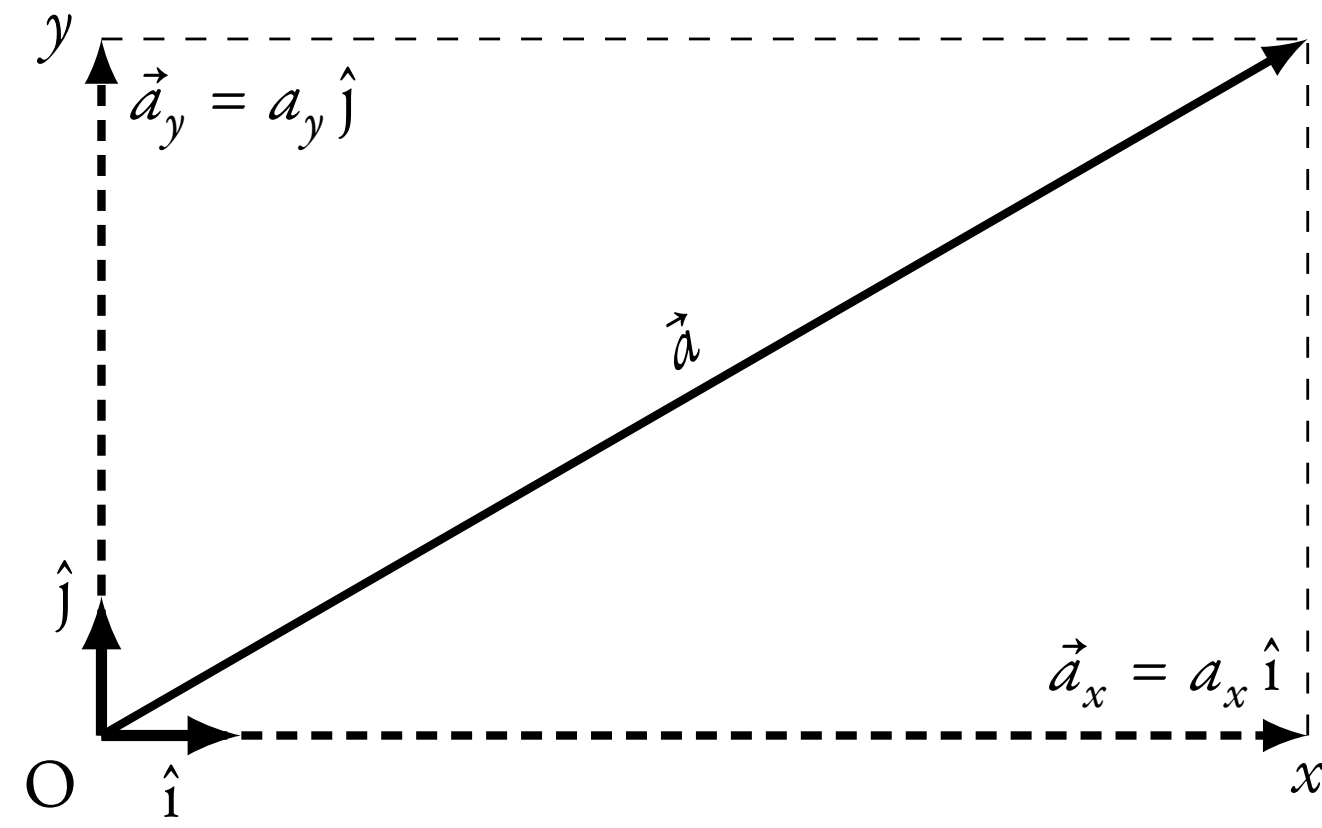


Naturaleza vectorial de las fuerzas

Las **fuerzas** son **magnitudes vectoriales**, lo que significa que quedan definidas por un **vector**, del cual hay que definir su:



Módulo Longitud del segmento.

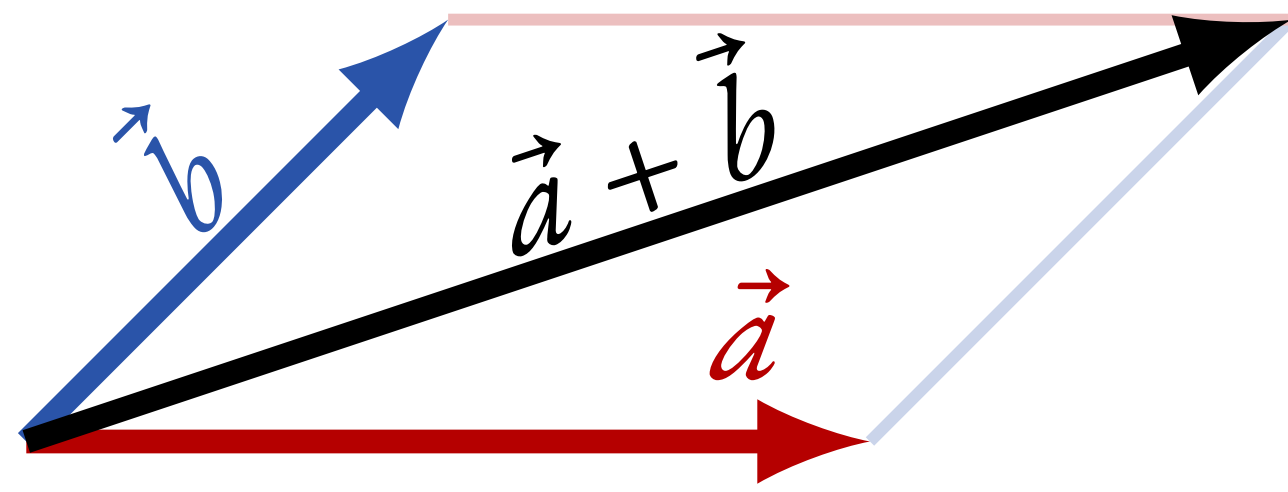
Dirección Recta que lo contiene.

Sentido Dado por la punta de la flecha.

En dos dimensiones, un vector se puede escribir como $\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}$, donde \hat{i} y \hat{j} son vectores unitarios (módulo = 1) a lo largo de los ejes x e y . El módulo de \vec{a} , $|\vec{a}|$, se calcula como (teorema de Pitágoras) $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$.

Suma o resta de vectores

Gráficamente, dibujando un vector a continuación del otro y uniendo el origen con el punto final:



O analíticamente, componente a componente:

$$\vec{a} + \vec{b} = (a_x + b_x) \hat{i} + (a_y + b_y) \hat{j}$$

Leyes de Newton

1ª ley (ley de la inercia)

“Todo cuerpo preserva su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme salvo que actúe una fuerza sobre él.”

2ª ley (ley fundamental de la dinámica)

“El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza ejercida y se hace en la dirección de la línea recta en que se ejerce la fuerza.”

Matemáticamente, se escribe como

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{la aceleración es proporcional a la fuerza neta})$$

En el SI la fuerza se mide en Newton (N): $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$.

3ª ley (ley de la acción-reacción)

“Para toda acción siempre hay una reacción igual y opuesta.”

Si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre otro cuerpo B, éste ejercerá sobre A una fuerza igual y de sentido contrario ($\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$).

Fuerzas de especial interés

Peso \vec{P}

El **peso** es la fuerza con la que la Tierra atrae a un objeto. Se calcula como:

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

donde m es la masa del objeto y \vec{g} es la aceleración de la gravedad. Siempre se dirige hacia el centro de la Tierra (hacia abajo en la mayoría de los casos).

Normal \vec{N}

También llamada fuerza de **reacción**, se define como la fuerza que ejerce una superficie sobre un cuerpo apoyado sobre ella. Esta es de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario a la fuerza ejercida por el cuerpo sobre la superficie.

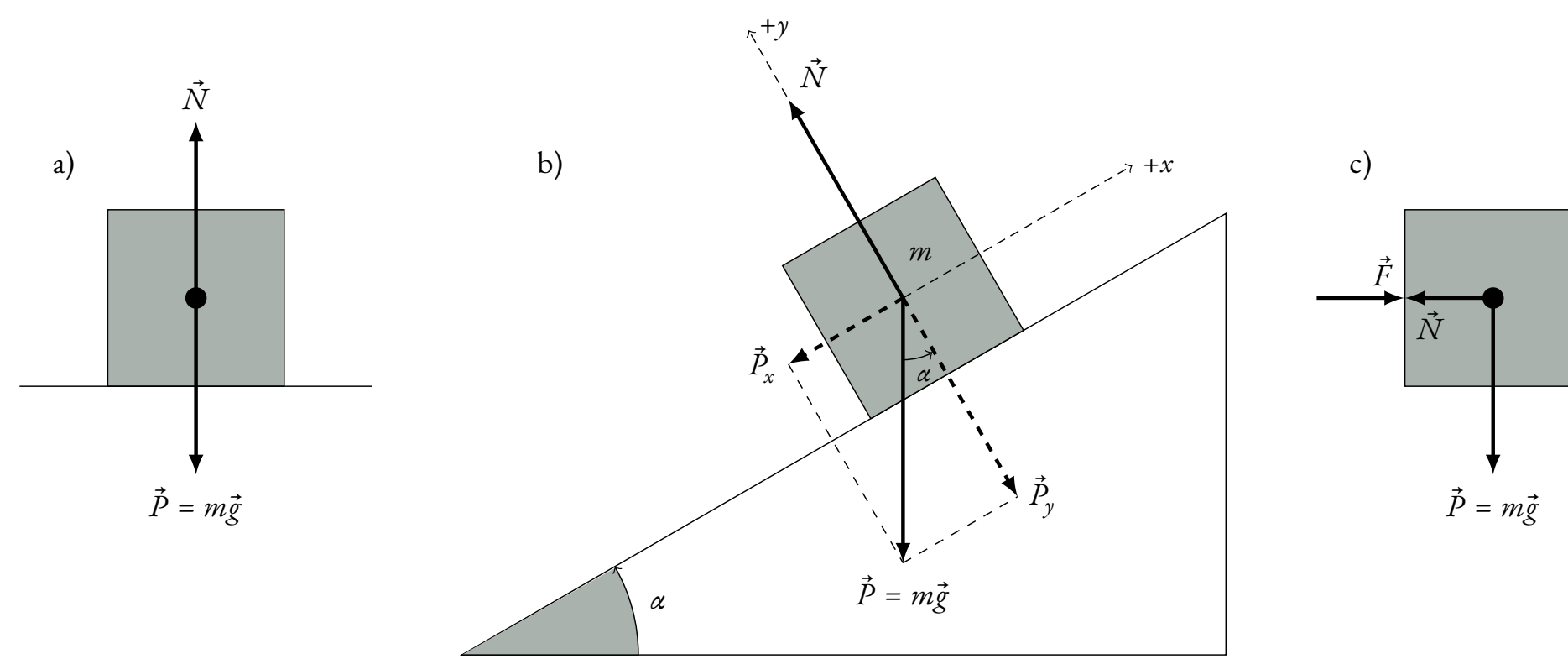


Figure 1. Fuerza normal en a) una superficie horizontal, b) un plano inclinado y c) una superficie vertical.

Rozamiento \vec{f}_r

La **fuerza de rozamiento** es la fuerza que existe entre dos superficies en contacto, oponiéndose siempre al movimiento relativo entre ambas superficies. La fuerza de rozamiento es proporcional a la normal N :

$$f_r = \mu N,$$

donde μ es el coeficiente de rozamiento.

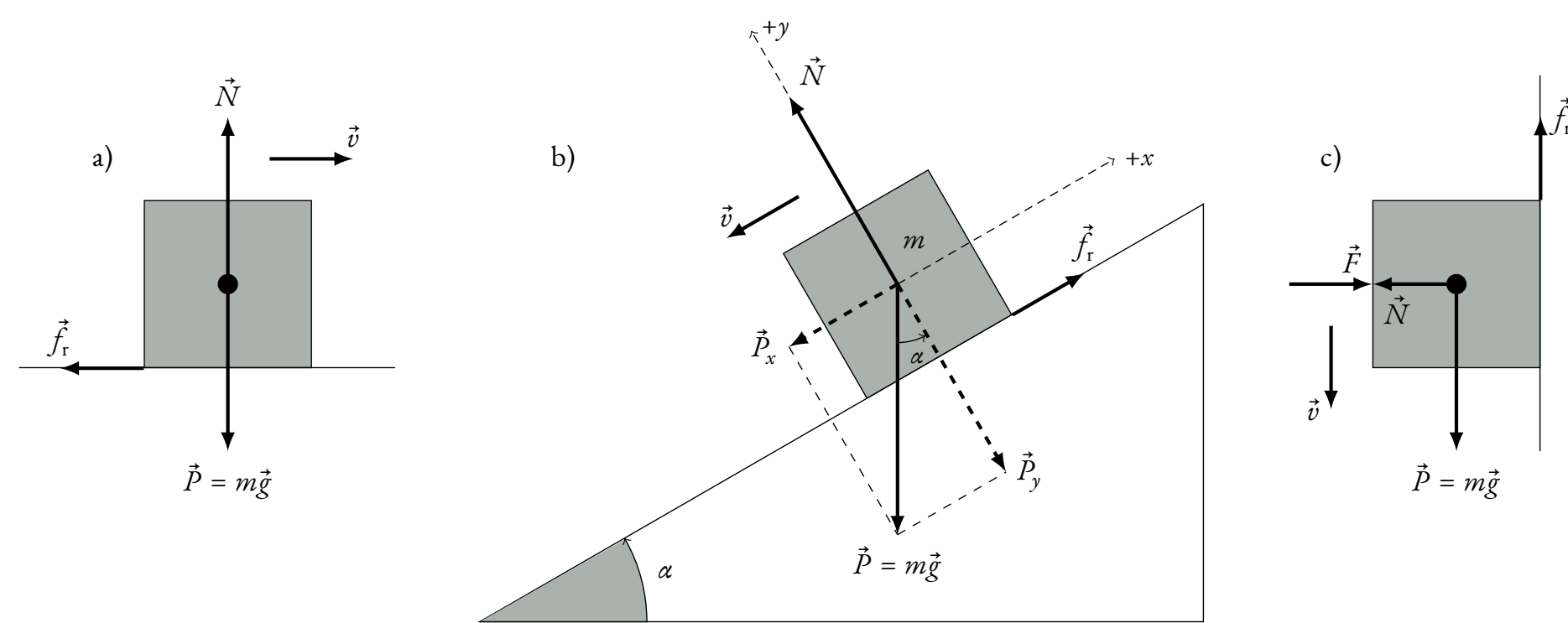


Figure 2. Fuerza de rozamiento en a) una superficie horizontal, b) un plano inclinado y c) una superficie vertical.

Centrípeta \vec{f}_c

Se llama **fuerza centrípeta** a la fuerza o a la componente de la fuerza que actúa sobre un objeto en movimiento sobre una trayectoria curvilínea y que está dirigida hacia el centro de curvatura de la trayectoria. Su módulo se calcula a partir de la **aceleración centrípeta**, haciendo uso de la **2ª ley de Newton**:

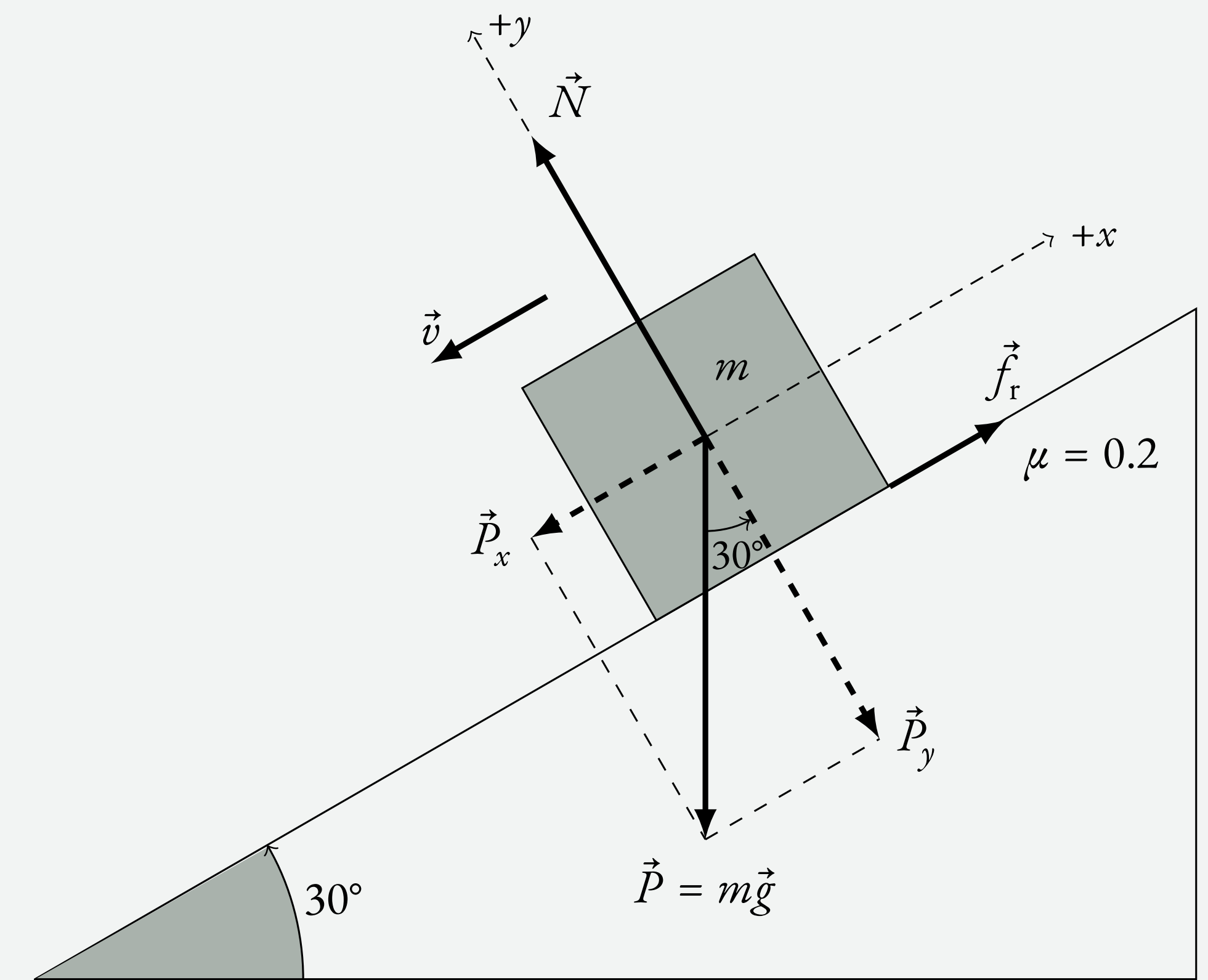
$$f_c = ma_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{mv^2}{R}$$

Ejemplo

Un cuerpo baja por un plano inclinado 30° con un coeficiente de rozamiento $\mu = 0.2$. Calcula la velocidad que llevará y el espacio recorrido al cabo de 5 s, si inicialmente estaba en reposo.

Solución

Lo primero hacemos un dibujo representando la situación:



Las **fuerzas** que actúan son:

- Peso $\vec{P} = -P_x \hat{i} - P_y \hat{j}$, donde:

$$P_x = mg \sin \alpha = 9.8m \sin 30^\circ = 4.9m \text{ N}$$

$$P_y = mg \cos \alpha = 9.8m \cos 30^\circ = 4.9\sqrt{3}m \text{ N}$$

- Normal $\vec{N} = N \hat{j}$
- Fuerza de rozamiento $\vec{f}_r = \mu N \hat{i} = 0.2N \hat{i}$

Escribimos la **2ª ley de Newton** para cada **componente**:

$$\text{Componente } x \rightarrow f_r - P_x = ma \quad (1)$$

$$\text{Componente } y \rightarrow N - P_y = 0 \quad (2)$$

Despejando $N = P_y = 4.9\sqrt{3}m$ de (2) y sustituyendo en (1), utilizando además que $f_r = 0.2N$ y que $P_x = 4.9m$:

$$0.2 \cdot 4.9\sqrt{3}m - 4.9m = ma \rightarrow a = -3.2 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{a} = -3.2 \hat{i} \text{ m/s}^2$$

La **velocidad** que llevará a los 5 s la calculamos con la **ecuación de la velocidad**:

$$v = v_0 + at = 0 - 3.2 \cdot 5 = -16.0 \text{ m/s}$$

$$\vec{v} = -16.0 \hat{i} \text{ m/s}$$

Para el **espacio recorrido** podemos utilizar la **ecuación del movimiento**:

$$\Delta x = |x - x_0| = \left| v_0 \cdot t + \frac{1}{2}at^2 \right| = \left| 0 - \frac{1}{2} \cdot 3.2 \cdot 5^2 \right| = 40.0 \text{ m}$$