



# FORCES

4t ESO

Rodrigo Alcaraz de la Osa. Traducció: Eduard Cremades (🐦 @eduardcremades)



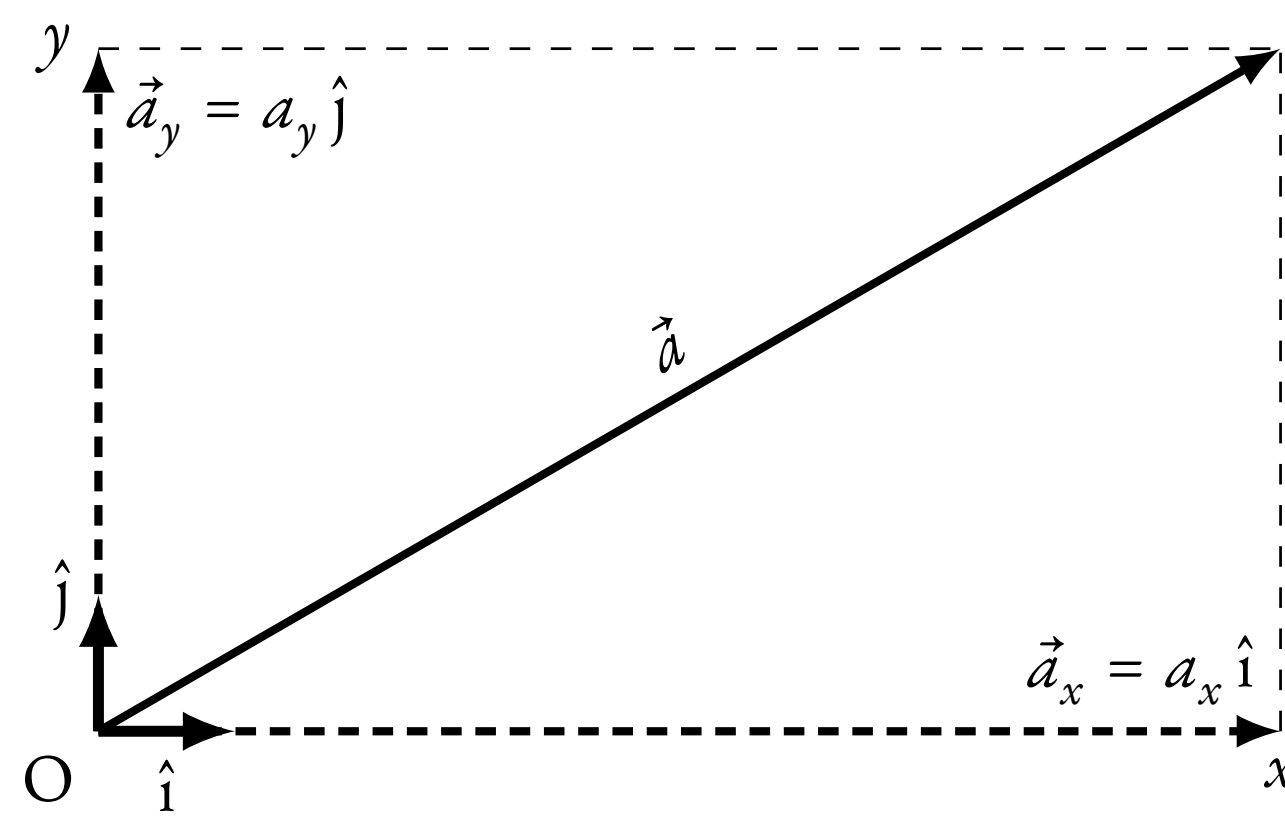
## Naturalesa vectorial de les forces

Les **forces** són **magnituds vectorials**, cosa que significa que queden definides per un **vector**, del qual s'ha de definir el seu:

*Mòdul* Longitud del segment.

*Direcció* Recta que el conté.

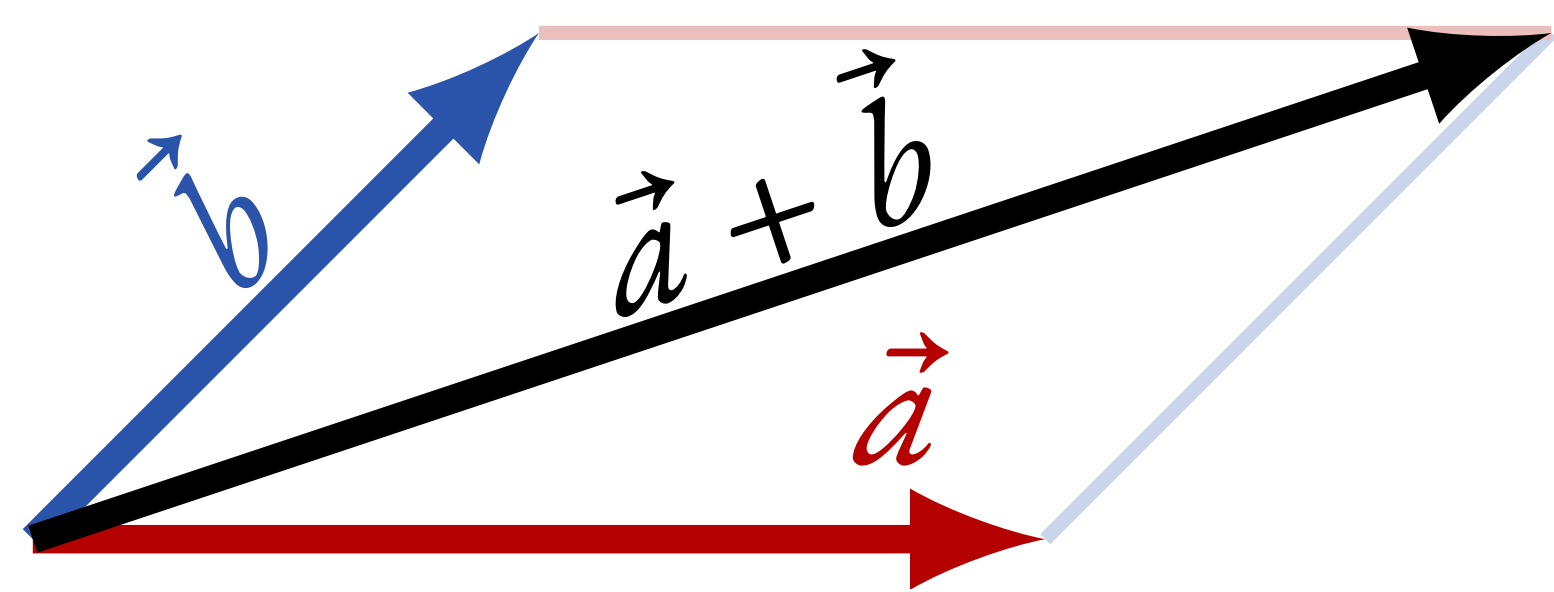
*Sentit* Donat per la punta de la fletxa.



En dues dimensions, un vector es pot escriure com  $\vec{a} = a_x \hat{i} + a_y \hat{j}$ , on  $\hat{i}$  i  $\hat{j}$  són vectors unitaris (mòdul = 1) al llarg dels eixos  $x$  i  $y$ . El mòdul de  $\vec{a}$ ,  $|\vec{a}|$ , es calcula com (teorema de Pitàgores)  $|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ .

### Suma o resta de vectors

Gràficament, dibuixant un vector a continuació de l'altre i unint l'origen amb el punt final:



O analíticament, component a component:

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

## Lleis de Newton

### 1a llei (lleis de la inèrcia)

“Tot cos manté el seu estat de repòs o moviment rectilini uniforme excepte si actua una força sobre ell.”

### 2a llei (lleis fonamental de la dinàmica)

“El canvi de moviment és proporcional a la força exercida i es fa en la direcció de la línia recta en la qual s'exerceix la força.”

Matemàticament, s'escriu com

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{l'acceleració és proporcional a la força neta})$$

En el **SI** la força es mesura en **newton** (N):  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m s}^{-2}$ .

### 3a llei (lleis de l'acció-reacció)

“Per a tota acció sempre hi ha una reacció igual i oposada.”

Si un cos A exerceix una força sobre un altre cos B, aquest exercirà sobre A una força igual i de sentit contrari ( $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$ ).

## Forces d'especial interès

### Pes $\vec{P}$

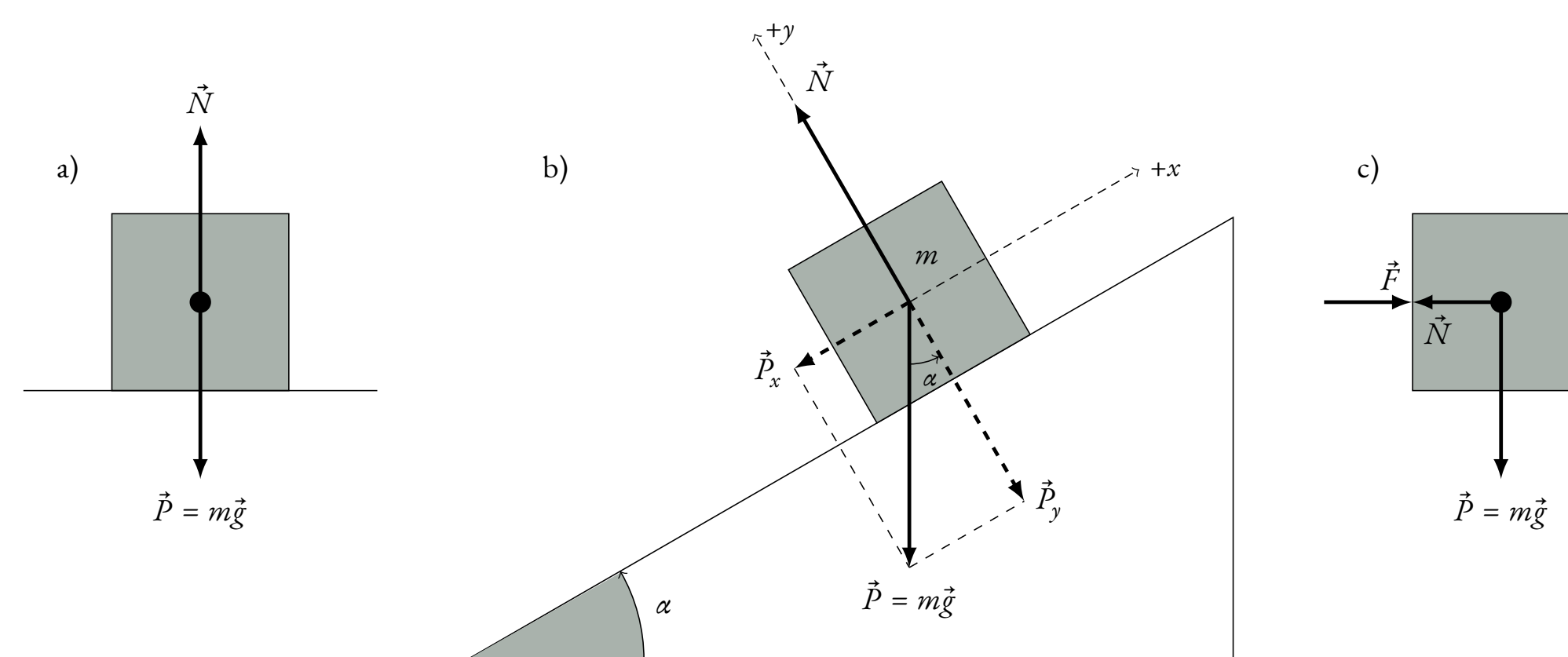
El **pes** és la força amb la qual la Terra atrau un objecte. Es calcula com:

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

on  $m$  és la massa de l'objecte i  $\vec{g}$  és l'acceleració de la gravetat. Sempre es dirigeix cap al centre de la Terra (cap a baix en la majoria dels casos).

### Normal $\vec{N}$

També anomenada força de **reacció**, es defineix com la força que exerceix una superfície sobre un cos recolzat sobre ella. Aquesta és d'igual magnitud i direcció, però de sentit contrari a la força exercida pel cos sobre la superfície.



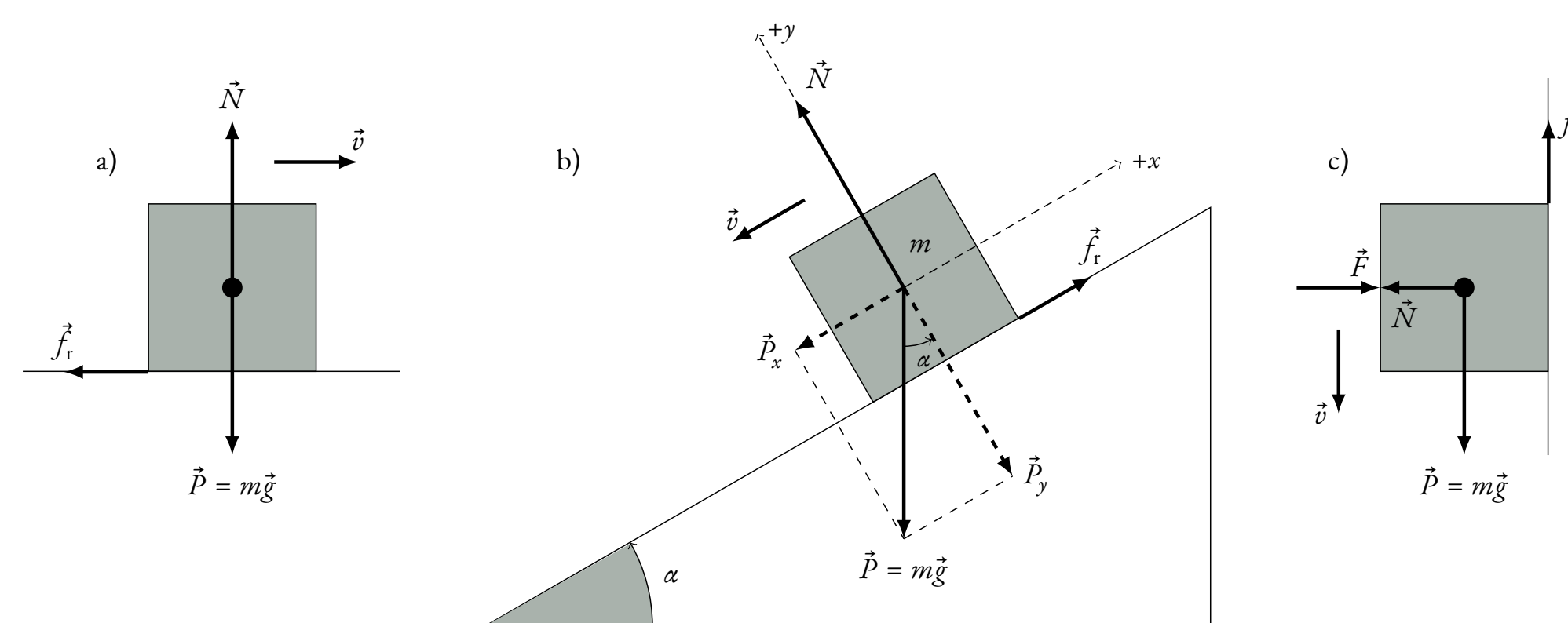
**Figura 1.** Força normal en a) una superfície horitzontal, b) un pla inclinat i c) una superfície vertical.

### Fregament $\vec{f}_r$

La **força de fregament** és la força que existeix entre dues superfícies en contacte, oposant-se sempre al moviment relatiu entre ambdues superfícies. La força de fregament és proporcional a la normal  $N$ :

$$f_r = \mu N,$$

on  $\mu$  és el coeficient de fregament.



**Figura 2.** Força de fregament en a) una superfície horitzontal, b) un pla inclinat i c) una superfície vertical.

### Centrípeta $\vec{f}_c$

S'anomena **força centrípeta** a la força o a la component de la força que actua sobre un objecte en moviment sobre una trajectòria curvilínia i que està dirigida cap al centre de curvatura de la trajectòria. El seu mòdul es calcula a partir de l'**acceleració centrípeta**, fent ús de la **2a llei de Newton**:

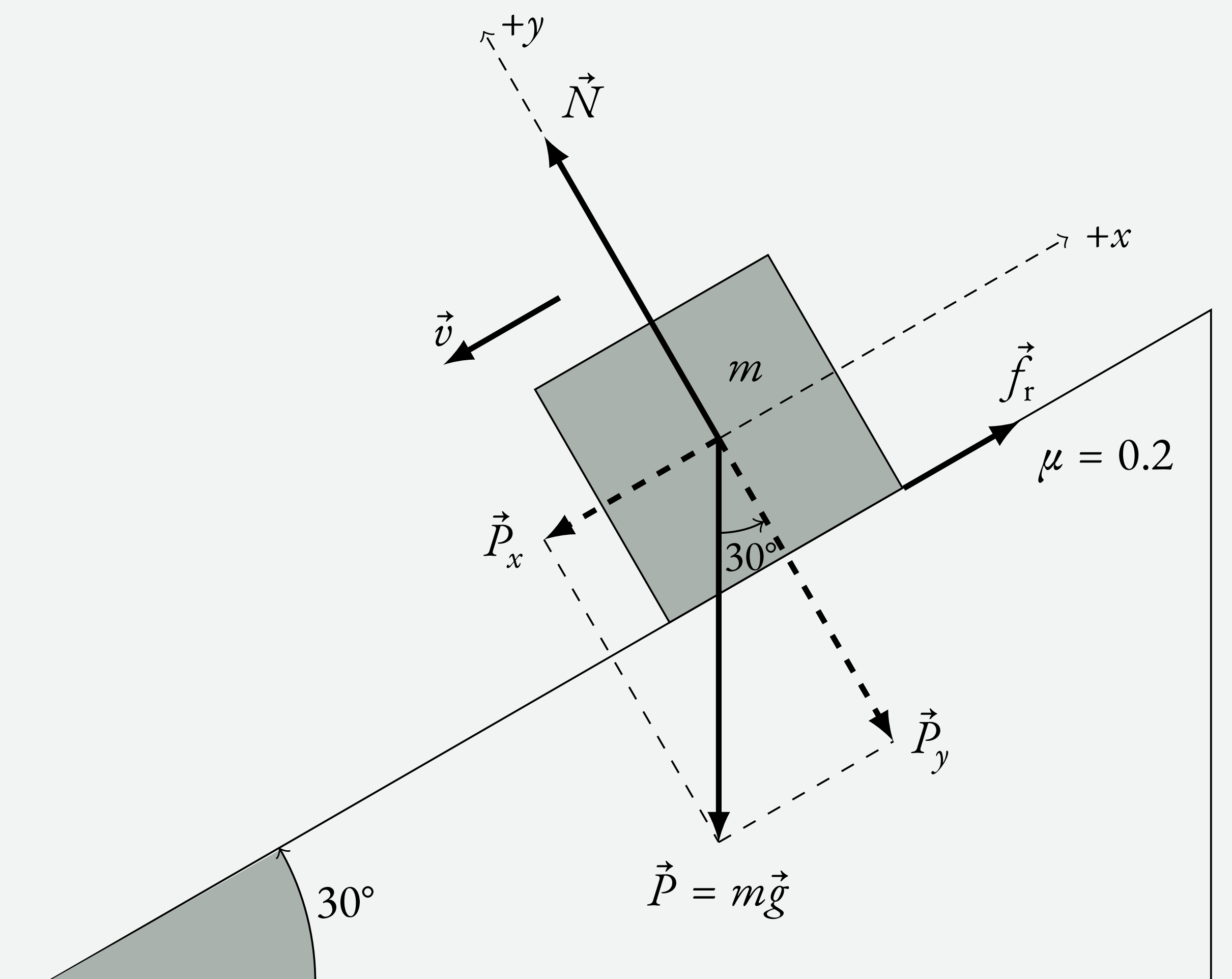
$$f_c = ma_c = m \cdot \frac{v^2}{R} = \frac{mv^2}{R}$$

## Exemple

Un cos baixa per un pla inclinat  $30^\circ$  amb un coeficient de fregament  $\mu = 0.2$ . Calcula la velocitat que aconseguirà i l'espai recorregut al cap de 5 s, si inicialment estava en repòs.

### Solució

Primer de tot farem un dibuix representant la situació:



Les **forces** que actuen són:

- Pes  $\vec{P} = -P_x \hat{i} - P_y \hat{j}$ , on:

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

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

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

Escrivim la **2a llei de Newton** per a cada **component**:

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

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

Aïllant  $N = P_y = 4.9\sqrt{3}m$  de (2) i substituint en (1), utilitzant a més a més que  $f_r = 0.2N$  i 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 **velocitat** que aconseguirà als 5 s la calculem amb l'**equació de la velocitat**:

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

Per l'**espai recorregut** podem utilitzar l'**equació del moviment**:

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