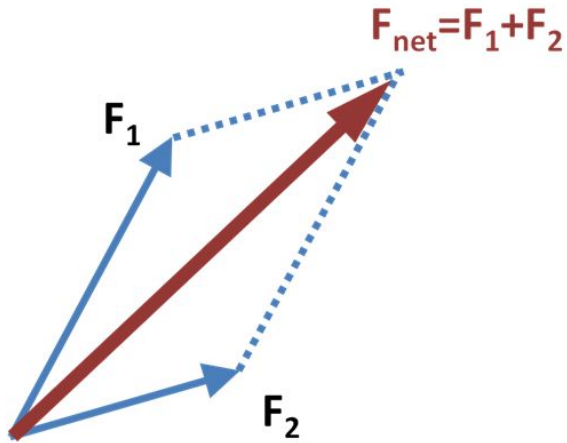
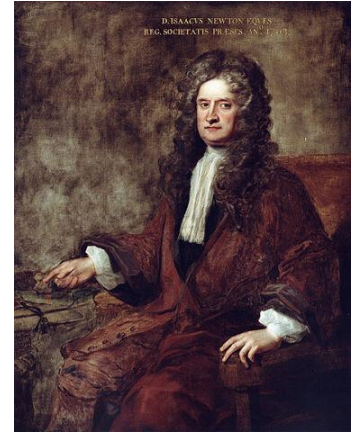




FÍSICA

1R BATXILLERAT



UNITAT 3. FORCES I LLEIS DE NEWTON

ÍNDEX

1. La dinàmica

2. Primera llei de Newton o principi d'inèrcia

3. Segona llei de Newton o principi fonamental de la dinàmica

4. Tercera llei de Newton o principi d'acció-reacció

5. Forces de contacte bàsiques

- Força normal
- Força de fregament
- Força de tensió
- Força elàstica

6. Dinàmica del moviment circular uniforme

- Cos que gira lligat a una corda sense fregament
- Cos que gira quan actua el fregament
- El rotor i el peralt

1. LA DINÀMICA

DINÀMICA

És la part de la física encarregada d'estudiar les **causes** que originen els canvis en el **moviment** dels cossos.

El moviment dels cossos és causat per la **interacció** d'aquests amb el seu entorn → es defineix la **força**:

- causant del moviment
- deformació dels cossos

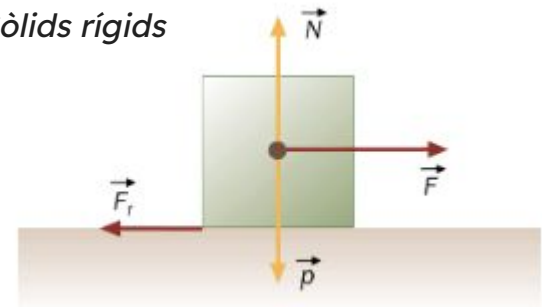
Ex. Canvi de **velocitat** → causant per una força (magnitud vectorial). $\vec{F}$ origina $\vec{a}$

$$(F) = N \text{ (Newton)}$$

Forces fonamentals (interaccions fonamentals de l'Univers): F_G , $F_{e.m.}$, $F_{nuclear}$
i $F_{nuclear\text{ dèbil}}$

$$\vec{\Sigma F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Sòlids rígids



Punt d'aplicació → centre geomètric

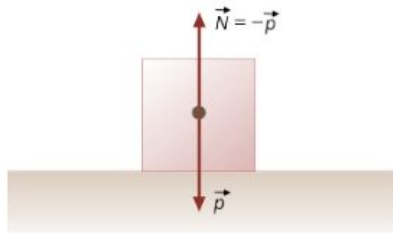
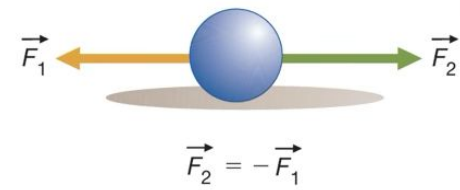
2. PRIMERA LLEI DE NEWTON

PRINCIPI D'INÈRCIA

Quan $\Sigma \vec{F} = 0$ sobre un cos, la velocitat es manté constant o és zero.

$$\Sigma \vec{F}_i = \vec{0} \leftrightarrow \vec{v} = \text{constant (MRU)}$$

Forces de la mateixa direcció i mòdul, però de sentits contraris, s'anul·len



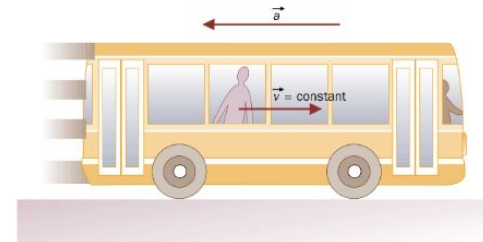
Cos en repòs sobre una superfície horitzontal



Bola sobre una superfície sense fricció



$$\vec{F} = 0 \rightarrow \vec{v} = \text{ctt (MRU)}$$



Frenada i arrencada d'un vehicle de transport

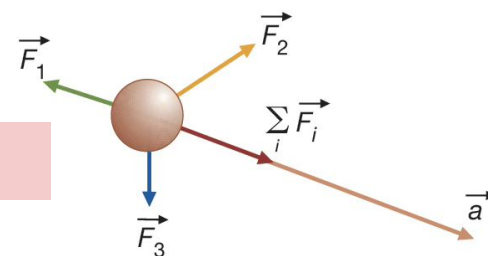
3. SEGONA LLEI DE NEWTON

PRINCIPI FONDAMENTAL DE LA DINÀMICA

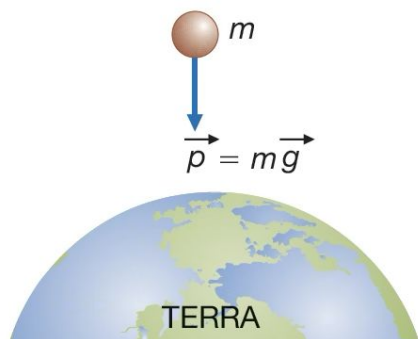
L'acceleració ($\vec{a}$) és proporcional a la força ($\vec{F}$) que actua sobre un cos. Aquesta constant és la massa (m)

$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \rightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

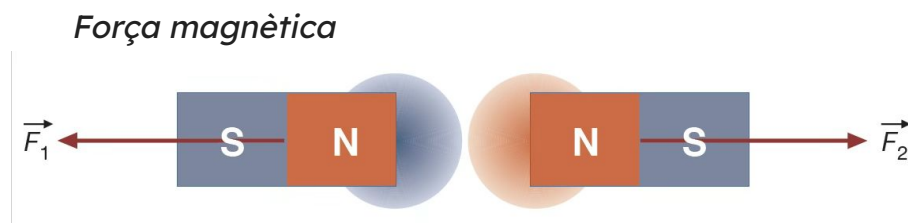
El moviment sempre es realitza en la direcció que actua la força



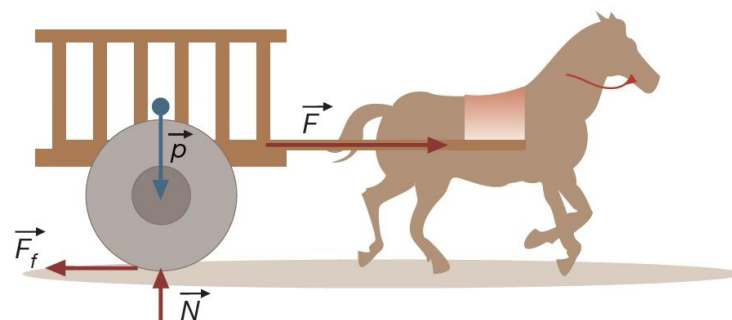
Alguns exemples:



Força de la gravetat



Força magnètica



Força per contacte

3. SEGONA LLEI DE NEWTON

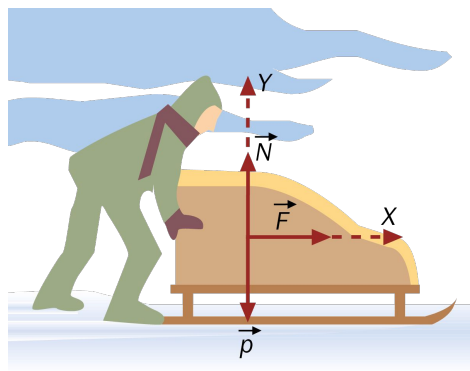
PRINCIPI FONDAMENTAL DE LA DINÀMICA

L'acceleració ($\vec{a}$) és proporcional a la força ($\vec{F}$) que actua sobre un cos. Aquesta constant és la massa (m)

$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \rightarrow 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

El moviment sempre es realitza en la direcció que actua la força

Ex. Volem moure una trineu de 50 kg que està inicialment en repòs damunt una superfície horitzontal. Si apliquem una força de 125 N paral·lela a la superfície, quant temps triga a adquirir una velocitat de 72 km/h, suposant que no hi ha fregament entre la caixa i el pla?



A l'eix Y no hi ha moviment!

$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{F} + \vec{N} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{eix X: } \vec{F}_{ix} = m \cdot \vec{a}_x \rightarrow \vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{eix Y: } \vec{F}_{iy} = m \cdot \vec{a}_y \rightarrow \vec{N} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

Raons trigonomètriques:

$$N + P = 0 \rightarrow N = -P$$

- $\cos 90^\circ = 0 \rightarrow N$ i P perpendiculars al moviment
- $\cos 0^\circ = 1 \rightarrow F$ paral·lela al moviment

3. SEGONA LLEI DE NEWTON

PRINCIPI FONDAMENTAL DE LA DINÀMICA

L'acceleració ($\vec{a}$) és proporcional a la força ($\vec{F}$) que actua sobre un cos. Aquesta constant és la massa (m)

$$\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$$

El moviment sempre es realitza en la direcció que actua la força

Ex. Volem moure una trineu de 50 kg que està inicialment en repòs damunt una superfície horitzontal. Si apliquem una força de 125 N paral·lela a la superfície, quant temps triga a adquirir una velocitat de 20 m/s, suposant que no hi ha fregament entre la caixa i el pla?

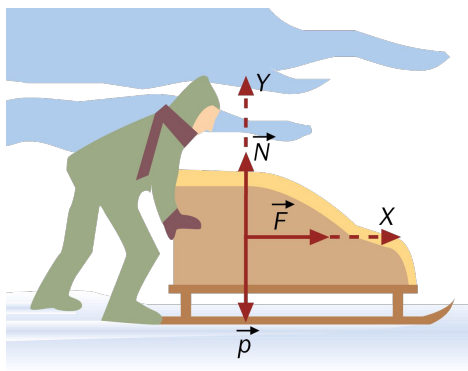
$$\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \quad \rightarrow \quad \vec{F} + \vec{N} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{a}_x = \vec{F} / m$$

$$\vec{a}_x = \vec{F} / m = 125 \vec{i} / 50 = 2,5 \vec{i} \text{ m/s}^2$$

$$\text{MRUA} \rightarrow v_f = v_o + a \cdot t$$

$$t = (v_f - v_o) / a = (20 - 0) / 2,5 = 8 \text{ s}$$



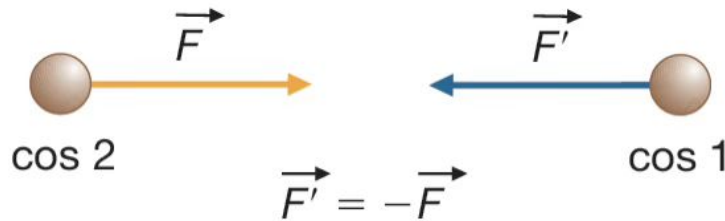
A l'eix Y no hi ha moviment!

4. TERCERA LLEI DE NEWTON

PRINCIPI D'ACCIÓ – REACCIÓ

Quan un cos exerceix una força $\vec{F}$ sobre un segon cos, el segon cos efectua sobre el primer una altra força $\vec{F}'$ del mateix mòdul i direcció que $\vec{F}$, però de sentit contrari. = 0 sobre un cos, la velocitat es manté constant o és zero.

$$\vec{F}' = -\vec{F}$$

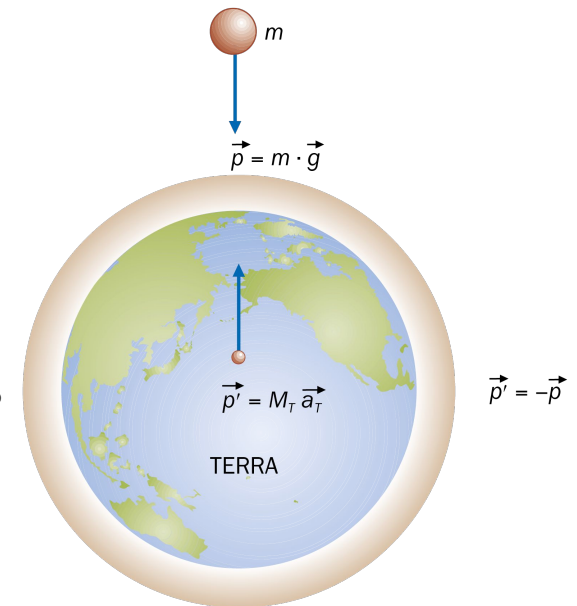


Les forces no s'anul·len entre sí, perquè actuen sobre cossos diferents

*Ex. Coet i gasos
expulsats amb força
d'acció i impuls del
coet força de reacció*



*Ex. Força que fa la
Terra per atraure els
cossos vers la força de
la gravetat*



5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA NORMAL ($\vec{N}$)

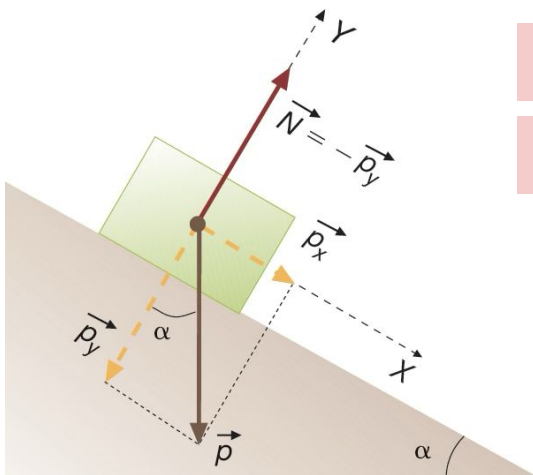
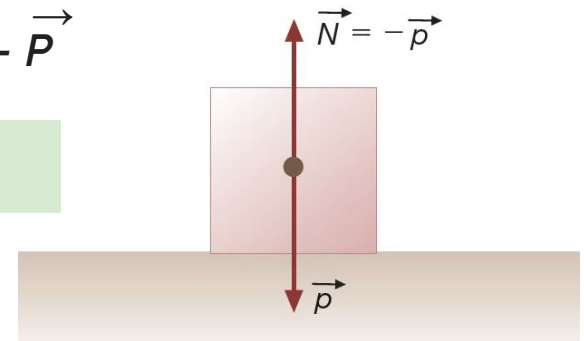
Apareix sobre superfícies on descansa un cos: **força de reacció** a la F que fa el cos sobre la superfície.

$\vec{N}$ no sempre és vertical, p.
ex. a una paret

$$\vec{P} \rightarrow \vec{N} = -\vec{P}$$

$\vec{N}$ sempre és $\perp$ a la superfície sobre la qual actua

En un pla inclinat



$$P_x = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

→ paral·lela a la superfície

$$P_y = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$\rightarrow \vec{N} = -\vec{P}_y$$

Compte amb els components de les forces, fixeu-vos en l'exemple 7 de la unitat del llibre!

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

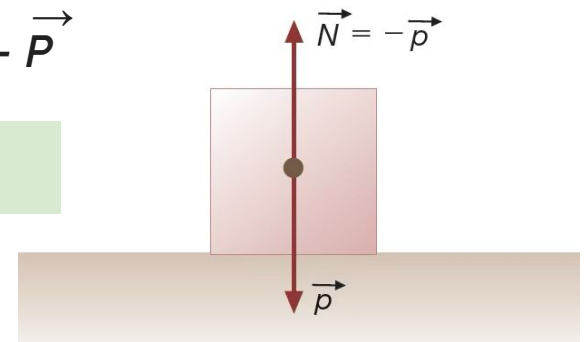
FORÇA NORMAL ($\vec{N}$)

Apareix sobre superfícies on descansa un cos: **força de reacció** a la F que fa el cos sobre la superfície.

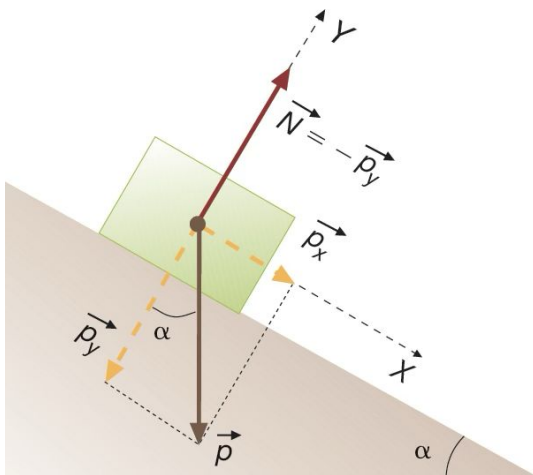
$\vec{N}$ no sempre és vertical, p.
ex. a una paret

$$\vec{P} \rightarrow \vec{N} = -\vec{P}$$

$\vec{N}$ sempre és $\perp$ a la superfície sobre la qual actua



En un pla inclinat



$$\sum \vec{F}_i = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{N} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{eix X: } F_{ix} = m \cdot a_x \rightarrow P_x = m \cdot a$$

$$m \cdot g \cdot \sin \alpha = m \cdot a_x \rightarrow a = g \cdot \sin \alpha$$

$$\text{eix Y: } F_{iy} = m \cdot a_y \rightarrow N = P_y = m \cdot a = 0$$

$$\vec{N} = m \cdot g \cdot \cos \alpha = 0$$

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA NORMAL ($\vec{N}$)

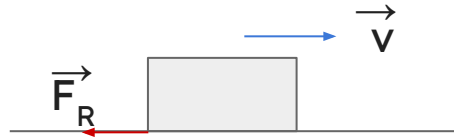
Ex. Una caixa de $m = 2 \text{ kg}$ es troba sobre una rampa inclinada que forma un angle de 30° amb l'horitzontal.

- Representeu en un dibuix les forces que actuen sobre el cos i calculeu-ne el pes en mòdul.
- Calculeu les components x , y del pes, la força normal en mòdul.
- Calculeu l'acceleració del cos i indiqueu-ne direcció i sentit.

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE FREGAMENT ($\vec{F}_f$)

Força que s'oposa al moviment (antiparal·lela a la velocitat del cos)



$\vec{F}_f$ estàtica: actua mentre el cos no es mou

$\vec{F}_f$ dinàmica: actua quan $\vec{v} \neq 0$

μ_e i μ_d tenen valors entre 0 i 1 i sense unitats

$$\mu_{e \text{ màx.}} > \mu_d$$

coef. de fregament estàtic depèn de la superfície

$$\vec{F}_{fe} \leq \mu_e \cdot \vec{N}$$

$$\vec{F}_{fd} = \mu_d \cdot \vec{N}$$

$$F_f = \mu_d \cdot N$$

coef. de fregament dinàmic depèn de la superfície

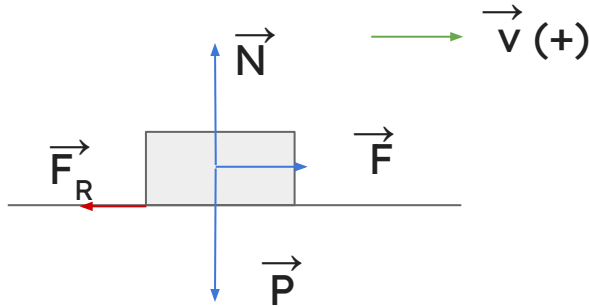
Sempre que hi ha moviment!

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE FREGAMENT ($\vec{F}_f$)

Força que s'oposa al moviment (antiparal·lela a la velocitat del cos)

En un pla horitzontal



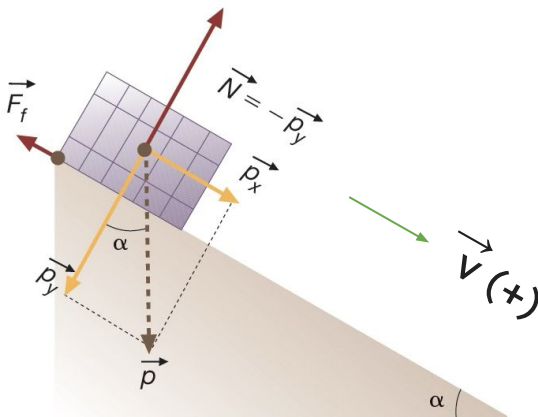
$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F} - \vec{F}_f = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{eix X: } F - F_f = m \cdot a$$

$$\text{eix Y: } N - P = 0$$

En un pla inclinat



$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$-F_f + P_x = m \cdot a$$

$$\text{eix X: } -F_f + P_x = m \cdot a$$

$$\text{eix Y: } N - P_y = 0$$

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE FREGAMENT ($\vec{F}_f$)

Activitat - Descomposició de la força

$$m = 10 \text{ kg}$$

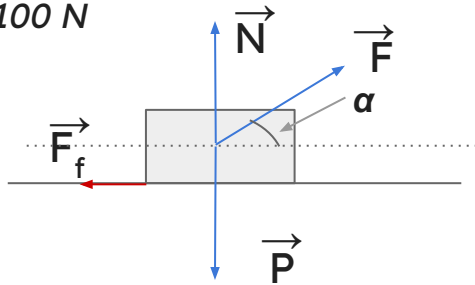
$$\alpha = 45^\circ$$

$$\mu_d = 0,2$$

$$F = 100 \text{ N}$$

Calculeu l'acceleració i la velocitat i el desplaçament al cap de 2 s.

$$\vec{v} (+)$$



$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}_x - \vec{F}_f = m \cdot \vec{a}$$

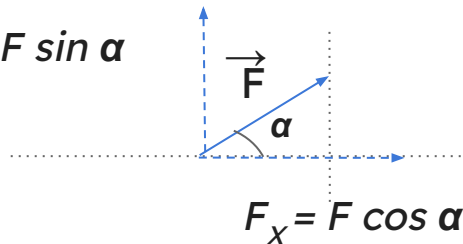
$$F \cos \alpha - \mu_d \cdot N = m \cdot a$$

$$\text{eix X: } F_x - F_f = m \cdot a$$

$$\text{eix Y: } F_y + N - P = 0$$

$$N = P - F_y = m \cdot g - F \sin \alpha$$

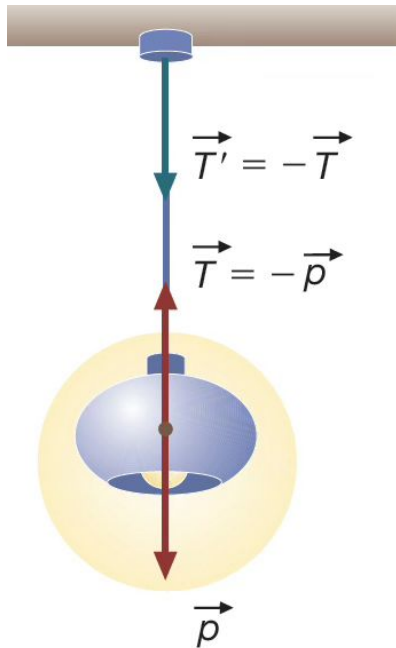
$$F_y = F \sin \alpha$$



5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE TENSIÓ ($\vec{T}$)

Apareix quan dos cossos estan lligats. La força es transmet a través de la corda, cable, vareta, etc. que els uneix → La massa del lligam es negligeix.



En repòs! → $|\vec{T}| = |\vec{P}|$

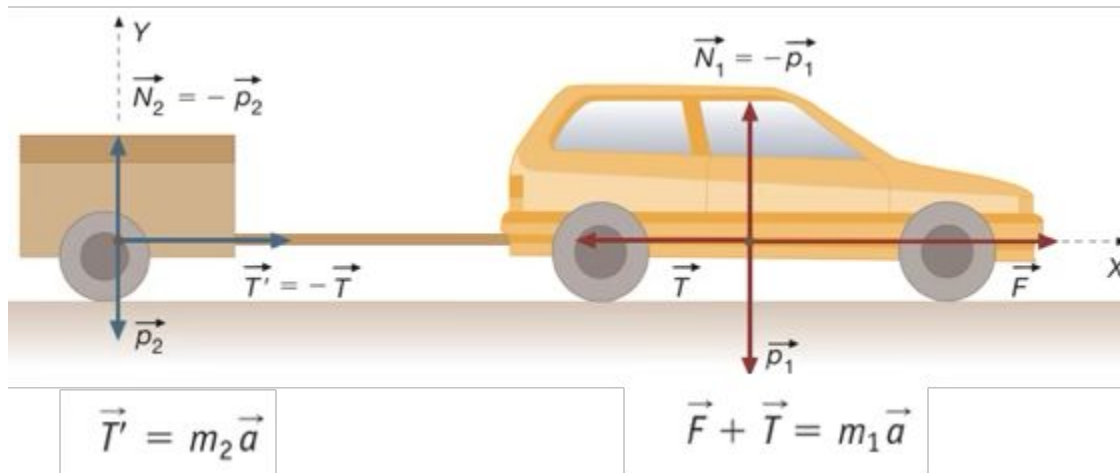
$$\text{eix Y: } \vec{T} - \vec{P} = 0$$

Ex. Si la massa del llum és de 2,5 kg, quina força mínima fa el cable perquè no caigui?

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE TENSIÓ ($\vec{T}$) → SISTEMES LLIGATS I POLITGES

Cal aplicar la llei de Newton per cada cos per separat



Cal escollir sentit del moviment!

→ $\vec{a} (+)$

En moviment!

→ $|\vec{T}'| = |\vec{T}|$

Automòbil → $F - T = m_1 \cdot a$

eix X:

Remolc → $T' = T = m_2 \cdot a$

$F - \cancel{T} + \cancel{T} = a \cdot (m_1 + m_2)$

$F = a \cdot (m_1 + m_2)$

Resoldre com un sistema d'equacions

a són iguals!

Si m_1 és 250 kg i m_2 150 kg i la força de l'automòbil és de 600 N. Quina tensió exerceix la corda en mòdul del remolc i l'automòbil? Justifica la resposta.

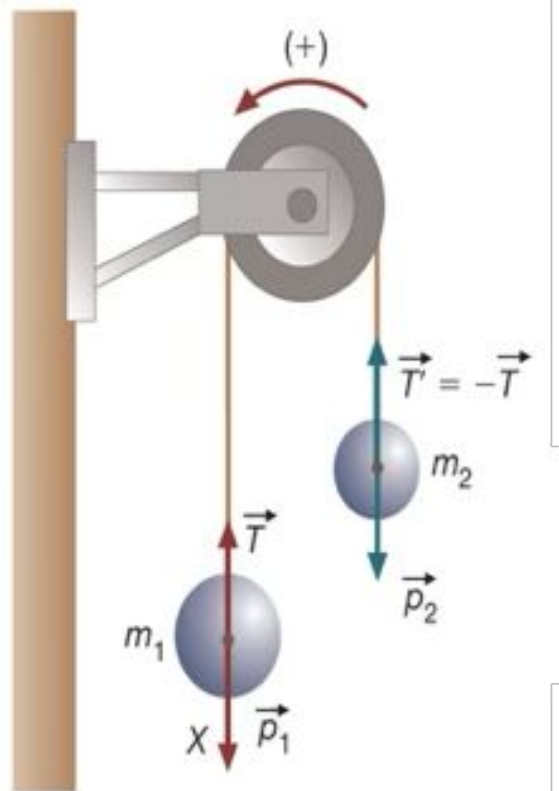
5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE TENSIÓ ($\vec{T}$) → SISTEMES LLIGATS I POLITGES

Cal aplicar la llei de Newton per cada cos per separat

Si m_1 és 0,45 kg i m_2 0,35 kg. Quina tensió exerceix la corda?

Cal escollir sentit del moviment!



eix Y:

$$\text{cos } m_1 \rightarrow P_1 - T = m_1 \cdot a$$

$$\text{cos } m_2 \rightarrow T - P_2 = m_2 \cdot a$$

a són iguals!

$$P_1 - P_2 = a \cdot (m_1 + m_2)$$

$$m_1 g - m_2 g = a \cdot (m_1 + m_2)$$

$$g \cdot (m_1 - m_2) = a \cdot (m_1 + m_2)$$

$$a = [(m_1 - m_2) / (m_1 + m_2)] \cdot g$$

Resoldre com un sistema d'equacions

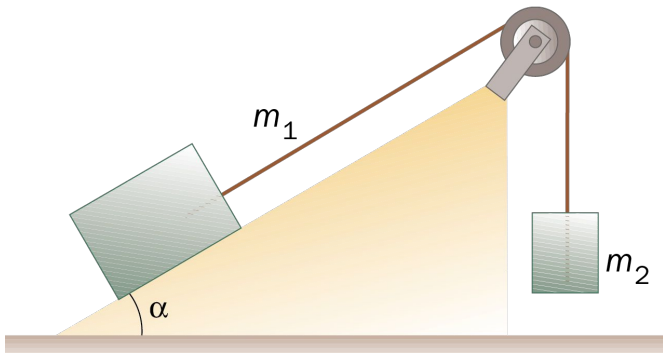
Màquina d'Atwood

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA DE TENSIÓ ($\vec{T}$) → SISTEMES LLIGATS I POLITGES

Activitat politja i pla inclinat

- a. Escriviu les forces que actuen
- b. Resoldre activitat final 24 de la unitat del llibre



5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

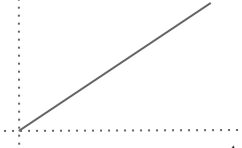
FORÇA ELÀSTICA ($\vec{F}_{el}$)

Actua en el cas de tenir una molla al sistema $\rightarrow$ **F elàstica** o recuperadora de la molla vol tornar d'un estat pertorbat del sistema a l'equilibri.

Llei de Hooke

descriu el comportament de la molla

F_{el}



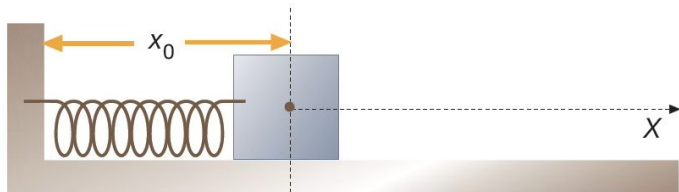
Δx : desplaçament i
allargament de la molla

$$\rightarrow |\vec{F}_{el}| = k \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = x - x_0$$

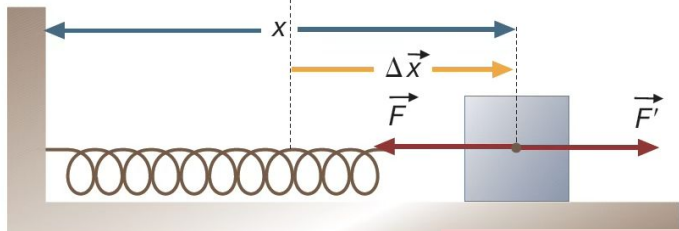
$$k = \text{N} / \text{m}$$

k és la constant recuperadora de la molla



Equilibri

$$\vec{F} = - \vec{F}'$$



**Força externa
aplicada (F')**

$$\rightarrow |\vec{F}'| = |\vec{F}| \text{ (acció-reacció)}$$

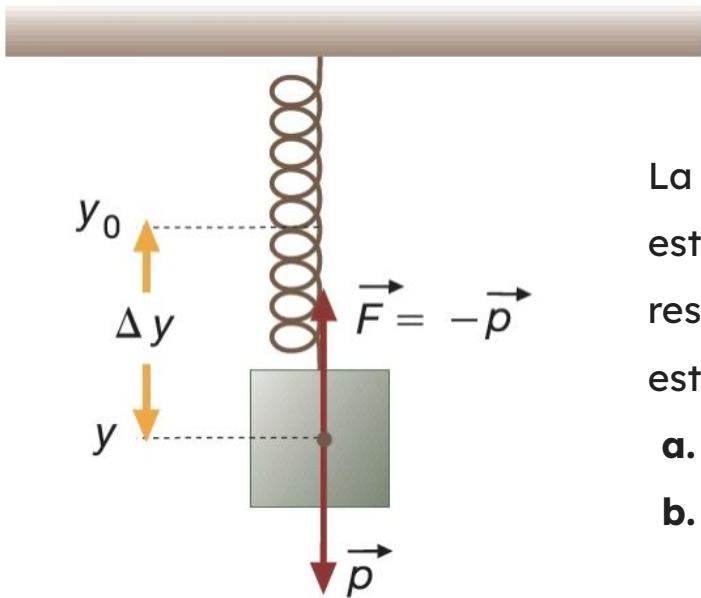
$$\rightarrow \vec{F}' = k \cdot \Delta x$$

Si la molla es comprimeix: $\Delta x < 0 \rightarrow F < 0$

5. FORCES DE CONTACTE BÀSIQUES

FORÇA ELÀSTICA ($\vec{F}_{el}$)

Practicar amb l'exemple, compte que quan treballem amb l'eix **y** → **desplaçament Δy**



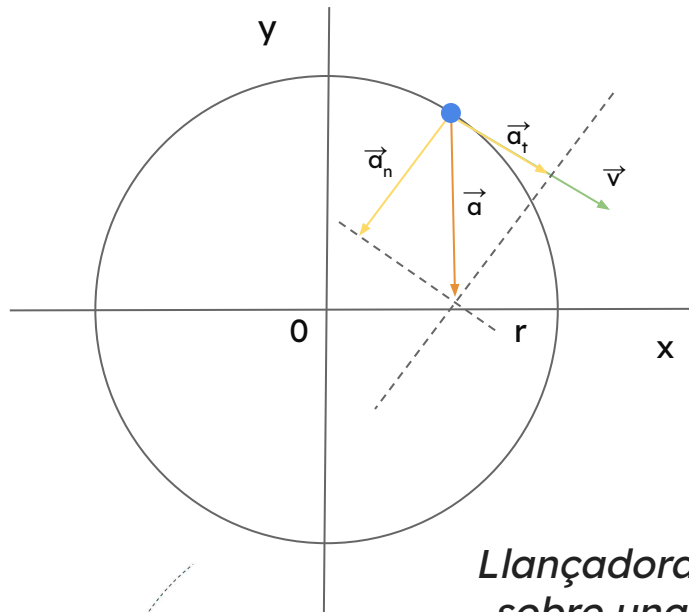
La constant elàstica k d'una molla de longitud 12,7 cm ha estat mesurada penjant-hi dues masses de 50 g i 100 g, respectivament; les longituds que ha assolit la molla han estat 14,8 cm i 16,9 cm, respectivament.

- Quin és el valor de k en unitats del SI?
- Quin és l'allargament que experimenta la molla quan hi pengem i un cos de 60 g?
- Si hi pengem un cos i la molla s'allarga una longitud de 3,9 cm, quina és la massa del cos?

6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

COS QUE GIRA LLIGAT A UNA CORDA SENSE FREGAMENT

Repàs de cinemàtica



$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

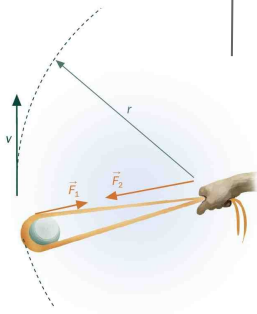
$$a_n = a_c = v^2 / r$$

$$a_n = \omega^2 \cdot r$$

$$a_t = \alpha \cdot r$$

Si $\vec{a}_n \neq 0 \rightarrow$ cal que hi hagi $\vec{F}_n$: força centrípeta

Llançadora de pesos (cos que gira sobre una superfície horitzontal)



$$\text{eix X: } T = m \cdot a_n$$

$$\text{eix Y: } N - P = 0$$

$$T = m \cdot v^2 / r = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

COS QUE GIRA LLIGAT A UNA CORDA SENSE FREGAMENT

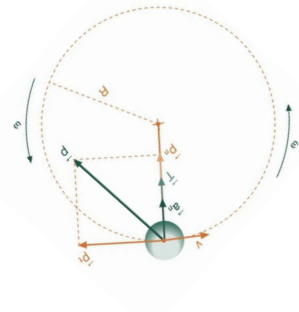
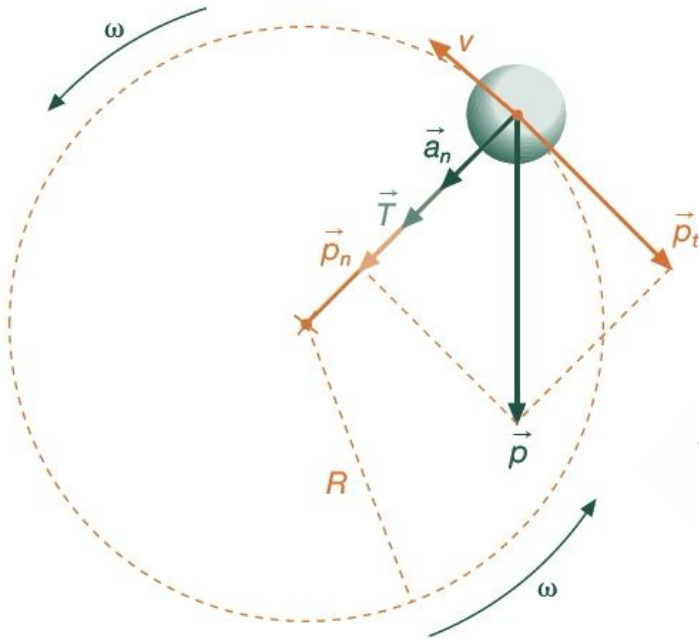
Cos que gira en un pla vertical

$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$T + P_n = m \cdot a_n$$

$$T + P \cos \alpha = m \cdot a_n$$

$$\text{Punt més baix: } T - P = m \cdot a_n$$



6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

COS QUE GIRA LLIGAT A UNA CORDA SENSE FREGAMENT

Cos que gira en un pla vertical

Cos que gira en un pla vertical (ex. 19 unitat)

Ex. Una pedra descriu un MCU, $m = 100 \text{ g}$, corda fa 20 cm al pla vertical.

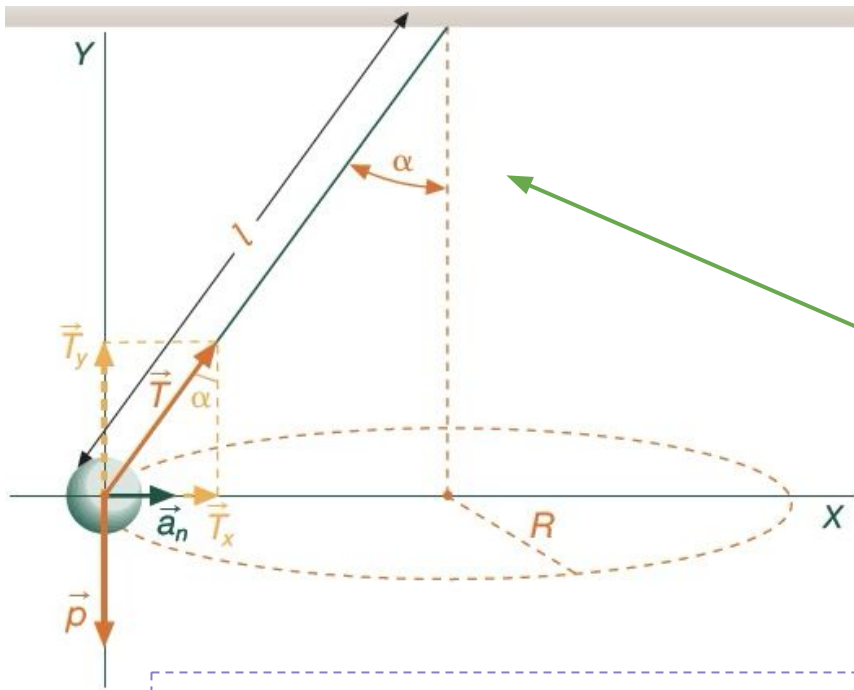
- a.** Tensió de la corda al punt més baix amb $v = 3 \text{ m/s}$.*
- b.** Tensió de la corda al punt més alt on $v = 2 \text{ m/s}$.*
- c.** Velocitat mínima amb què ha de passar pel punt més alt perquè descrigui una trajectòria circular.*

6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

COS QUE GIRA LLIGAT A UNA CORDA SENSE FREGAMENT

Cos que gira en un pla horitzontal

$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$



eix X: $T_x = m \cdot a_n$

eix Y: $T_y - P = 0$

$$T_x = T \sin \alpha$$

$$T_y = T \cos \alpha$$

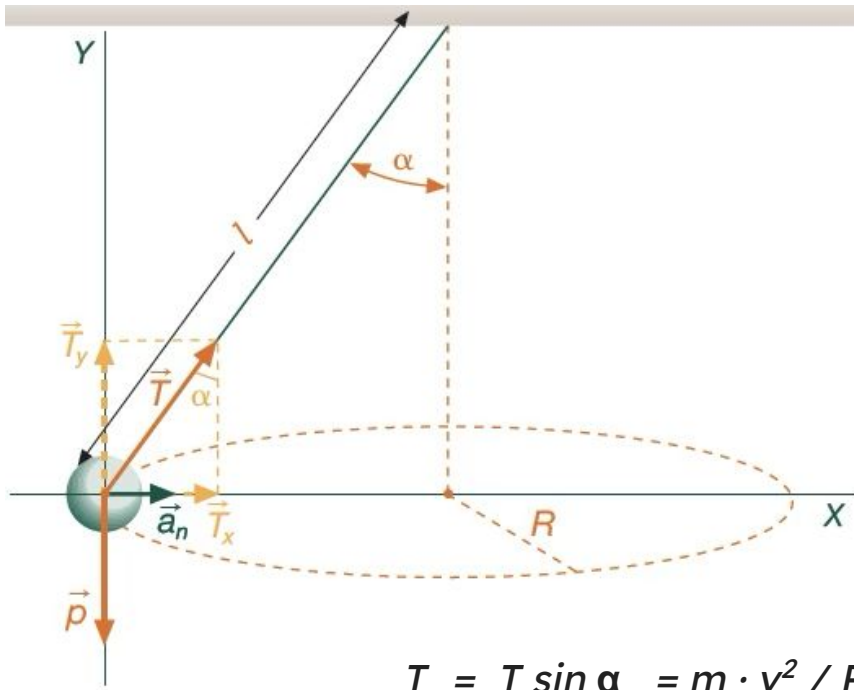
$\sin \alpha = \text{radi} / \text{longitud corda}$

Fixeu-vos on està l'angle per establir les raons trigonomètriques a cada situació

6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

COS QUE GIRA LLIGAT A UNA CORDA SENSE FREGAMENT

Cos que gira en un pla horitzontal



Ex. 20 de la unitat

$m = 50 \text{ g}; l = 30 \text{ cm}$ i $\alpha = 30^\circ$

$v?$, i $T?$

$$T_x = T \sin \alpha = m \cdot v^2 / R$$

$$T_y = T \cos \alpha = m \cdot g$$

$$\boxed{\tan \alpha = v^2 / R \cdot g}$$

6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

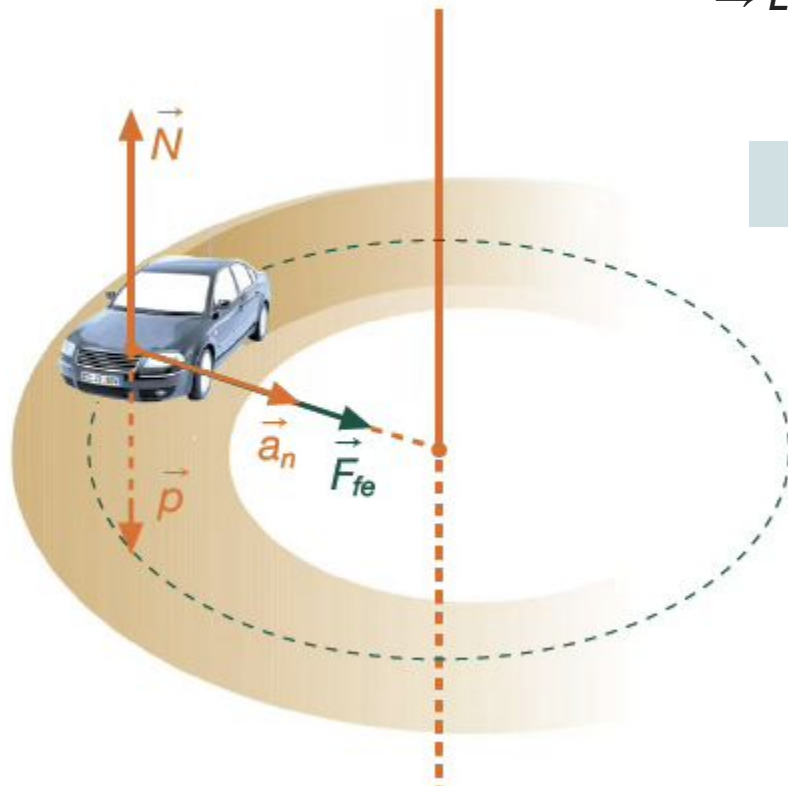
COS QUE GIRA QUAN ACTUA EL FREGAMENT

Cos que gira en una superfície horitzontal

Cos que gira en un revolt

→ Cotxe tendria a seguir el principi d'inèrcia

→ La força que el fa quedar al revolt és la F_{fe}



$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{eix X: } F_{fe} = m \cdot a_n$$

$$\text{eix Y: } N - P = 0$$

$$\vec{F}_{fe} = \mu_e \cdot \vec{N} = \mu_e \cdot m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}_n$$

Ex. 21 de la unitat

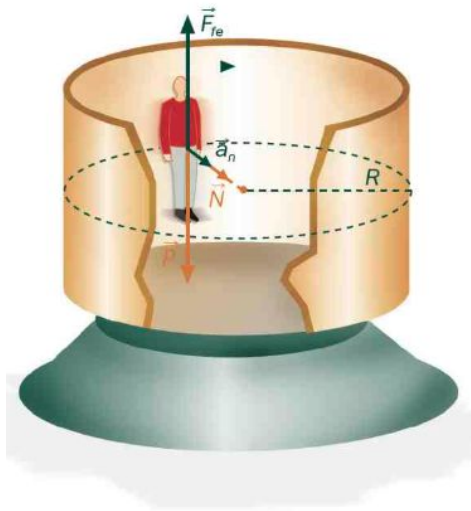
$$\mu_{e \text{ mínim}} ? ; r = 80 \text{ m i } v = 60 \text{ km/h}$$

6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

EL ROTOR

Cilindre buit que gira al voltant d'una superfície horitzontal

Atracció d'algun parc



$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$

$$\text{eix X: } N = m \cdot a_n$$

$$\text{eix Y: } P - F_{fe} = 0$$

$$\vec{F}_{fe} = \mu_e \cdot \vec{N} = m \cdot \vec{g}$$

$$\frac{m \cdot g}{\mu_e} = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Ex. 22 de la unitat

$$m = 70 \text{ kg i } r = 2,13 \text{ m}$$

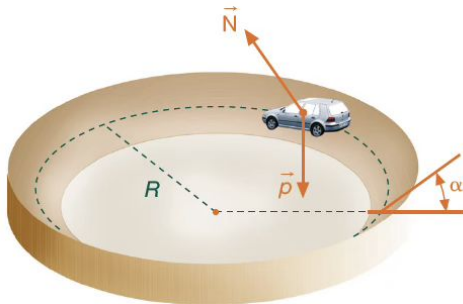
6. DINÀMICA DEL MOVIMENT CIRCULAR UNIFORME

PERALT D'UNA CORBA

Carreteres inclinades a les corbes

Inclinació per donar estabilitat

$$\Sigma \vec{F}_i = m \cdot \vec{a}$$



$$\text{eix } X: N_x = m \cdot a_n$$

$$\text{eix } Y: N_y - P = 0$$

$$\begin{aligned} \vec{N}_x &= \vec{N} \sin \alpha = m \cdot \vec{a}_n \\ \vec{N}_y &= \vec{N} \cos \alpha = m \cdot \vec{g} \end{aligned}$$

Ex. 24 de la unitat

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{v^2}{(r \cdot g)}$$

$$\tan \alpha = \frac{v^2}{(r \cdot g)}$$

