

MECÀNICA

Mecànica: Branca de la Física que estudia els moviments i les forces que els produeixen.

Mecànica

Cinemàtica: Tracta de la descripció del moviment (posició, velocitat, acceleració), sense preocupar-se per les causes.

Estàtica: Estudia les condicions que s'han de complir per a que un cos estigui en equilibri.

Dinàmica: Estudia la relació entre les forces i els moviments.
Exemple: Lleis de Newton

MECÀNICA

Mecànica

Clàssica o newtoniana: Es basa en les lleis de Newton.
És vàlida per cossos macroscòpics i velocitats no properes a la velocitat de la llum.

Mecànica relativista: Einstein. És vàlida per estudiar moviments amb velocitats properes a la de la llum.

Mecànica Quàntica: Inicialment desenvolupada per Plank.
S'aplica per l'estudi de fenòmens a petita escala, com la Física atòmica i nuclear.

LLEIS DE NEWTON

Primera llei de Newton o llei d'inèrcia:

Tot cos en repòs o movent-se amb velocitat constant, continuarà en repòs o en moviment rectilini uniforme a no ser que sobre ell actui una força externa neta.

Segona llei de Newton :

L'acceleració que adquireix un cos és proporcional a la resultant de les forces externes que actuen sobre el cos.

La força és un vector. L'acceleració del cos té la mateixa direcció i sentit que la força resultant.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Força: Agent capaç de fer canviar l'estat de moviment d'un cos.

Massa: Ens dona idea de la resistència del cos a ser accelerat o inèrcia del cos.

LLEIS DE NEWTON

Tercera llei de Newton o llei d'acció i reacció:

Si un cos A fa una força sobre un cos B  el cos B fa una força igual i oposada sobre el cos A (mateix mòdul i direcció, però sentit oposat)



F_{BA} és la força que fa el cos B sobre el cos A

F_{AB} és la força que fa el cos A sobre el cos B

Cal notar que les forces d'acció i reacció actuen sobre cossos diferents

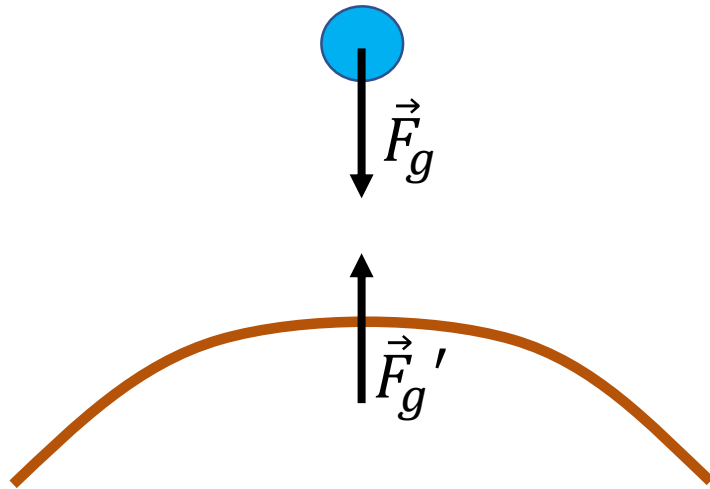
LLEIS DE NEWTON

Tercera llei de Newton o llei d'acció i reacció:

Exemple: Suposem un cos que rep l'atracció gravitatòria de la Terra (acció)



Per la tercera llei de Newton, el cos fa una força sobre la Terra (reacció)



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

\vec{F}_g i \vec{F}_g' parella d'acció i reacció

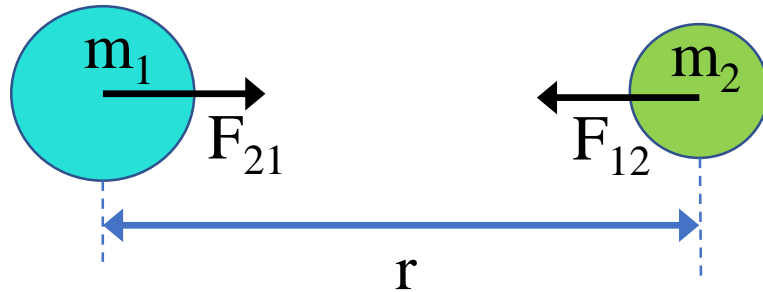
FORCES FONAMENTAL DE LA NATURA

- 1) Forces gravitatòries
- 2) Forces electromagnètiques
- 3) Força nuclear forta
- 4) Força nuclear feble

Amb aquestes forces es poden explicar tots els fenòmens coneguts avui en dia.

1. Forces gravitatòries

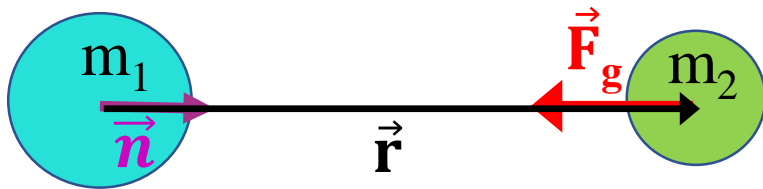
L'atracció gravitatòria és un fenomen universal: tots els cossos s'exerceixen entre si una força gravitatòria d'atracció. Va ser descoberta per Newton.



$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$

\vec{F}_{21} = força que el cos de massa m_2 fa sobre el cos de massa m_1

\vec{F}_{12} = força que el cos de massa m_1 fa sobre el cos de massa m_2



$$\vec{F}_g = -G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \vec{n}$$

$$G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{Kg}^2$$

\vec{n} = vector unitari en la direcció del vector \vec{r}

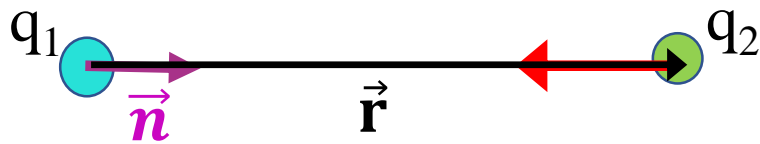
2. Forces electromagnètiques

Aquestes forces es produeixen amb partícules que tenen càrrega elèctrica.

Les forces electromagnètiques són més complexes que les gravitatòries, degut a:

- 1) Les forces electrostàtiques poden ser atractives o repulsives.
- 2) Quan les partícules carregades es mouen en apareix la força magnètica, que se superposa a la força elèctrica. $\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m$

Forces electrostàtiques



$$\vec{F}_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \vec{n}$$
$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

\vec{n} = vector unitari en la direcció del vector \vec{r}

Forces magnètiques

Suposem una partícula amb càrrega q que es mou amb velocitat \vec{v} en presència d'un camp magnètic \vec{B}

$$\vec{F}_m = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$$

La força total que actua sobre la partícula és: $\vec{F} = \vec{F}_e + q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

3. Força nuclear forta

Per explicar l'estabilitat del nuclis atòmics, no n'hi ha prou amb les forces gravitatòria i electromagnètica. Es necessita una força atractiva forta entre les partícules que formen el nucli atòmic.

Relació $F_{\text{electrostàtica}}/F_{\text{gravitatòria}}$
entre protó i protó del nucli
atòmic:



$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9 \cdot 10^9}{6,674 \cdot 10^{-11}} \left(\frac{q_p \cdot q_p}{m_p \cdot m_p} \right) \cong 10^{36}$$

Com que hi ha molts nuclis estables  Hi ha d'haver una força atractiva forta entre els components del nucli, **la força nuclear forta**.

La força nuclear forta és de **curt abast**. Fins a 10^{-15} m és molt superior a l'electrostàtica, però per $r > 10^{-15}$ m decreix ràpidament en augmentar la distància (té un terme exponencial).

4. Força nuclear feble

També és de molt curt abast. És més feble que la força nuclear forta, però més forta que la interacció electrostàtica a curtes distàncies (interior del nucli atòmic).

És la responsable del procés radioactiu de desintegració beta.

$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ Un neutró es desintegra en un protó, un electró i un antineutrí electrònic.

FORCES DE FREGAMENT SÒLID-SÒLID

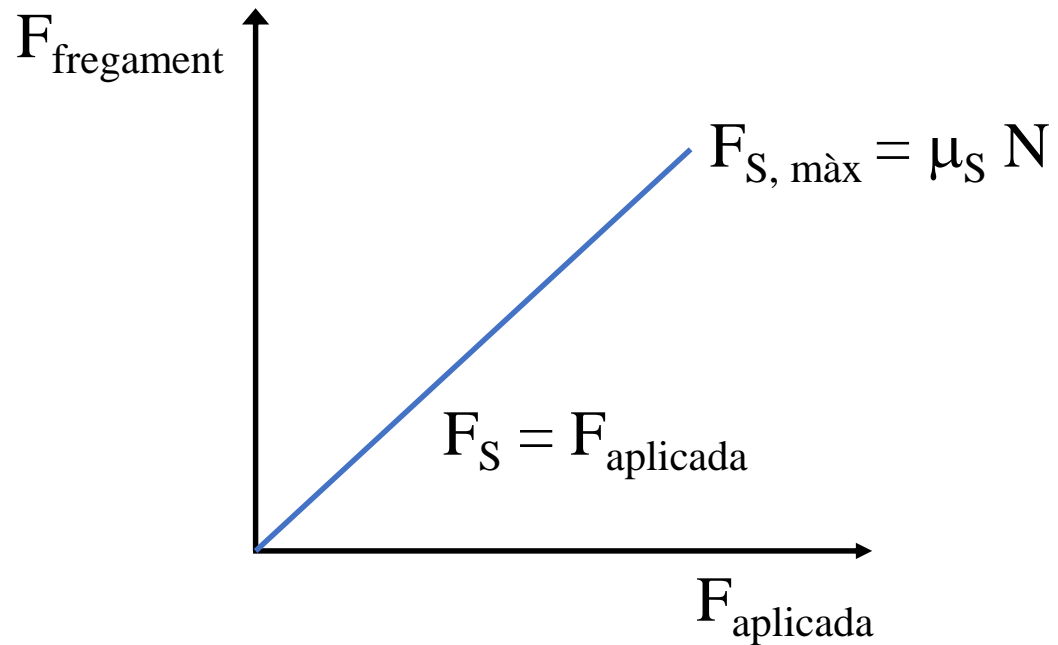
Quan dos cossos estan en contacte existeix una resistència al moviment relatiu entre els dos cossos.



La força de fregament sempre s'oposa al moviment de l'objecte.

- Força de fregament
- Estàtica, F_S : La força de fregament estàtica equilibra la força aplicada ($F_{aplicada}$) fins a un valor màxim, $F_{S, màx}$. Si $F_{aplicada} > F_{S, màx} \Rightarrow$ comença el moviment i comença a actuar la força de fregament cinètica.
 - Cinètica, F_C : És la força de fregament que actua quan el cos es troba en moviment.

Força de fregament estàtica



μ_S = coeficient de fregament estàtic

N = força normal

F_S = força de fregament estàtica

$F_{S, \text{màx}}$ = força de fregament estàtica màxima

$$0 \leq F_S \leq F_{S, \text{màx}}$$

Si $F_{\text{aplicada}} < F_{S, \text{màx}}$, la força de fregament estàtica equilibra la força aplicada

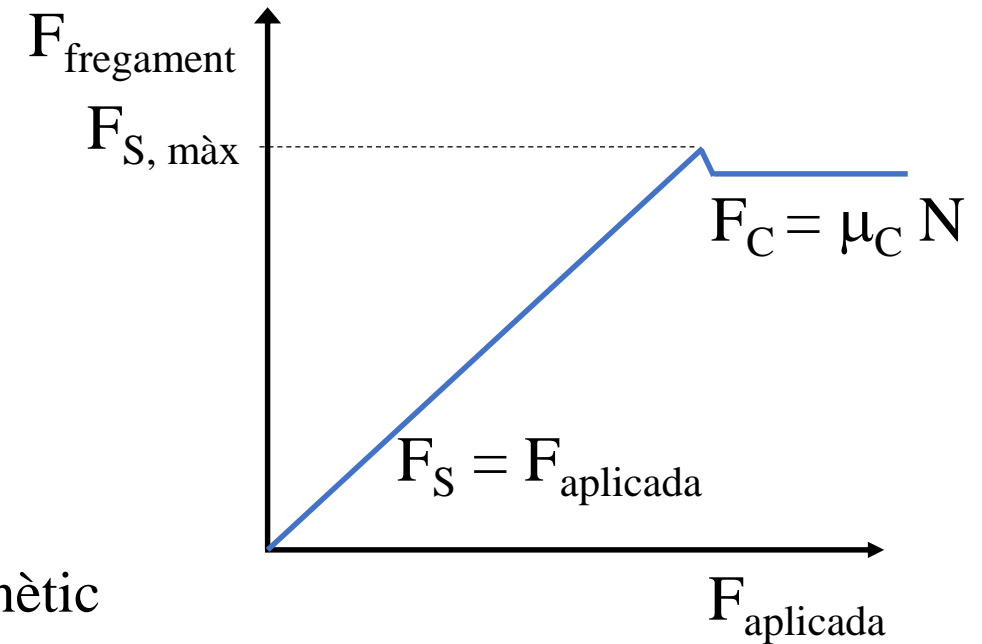
$$F_{S, \text{màx}} = \mu_S N$$

Força de fregament cinètica

- Comença a actuar quan el cos es posa en moviment.
- Sempre s'oposa al moviment de l'objecte.
- Depèn de la natura de les superfícies en contacte (si són més o menys rugoses), no de l'àrea de les superfícies en contacte.
- És proporcional a la força normal, sempre que la velocitat no sigui gaire gran (fins a pocs m/s)

$$F_C = \mu_C N \quad \mu_C = \text{coeficient de fregament cinètic}$$

- Generalment es compleix: $\mu_C < \mu_S$



Material	μ_S	μ_C
gel-gel (0°C)	0,05-0,15	0,02
acer-acer	0,74	0,57
Coure-coure	1,6	0,3

FORCES DE FREGAMENT SÒLID-FLUID

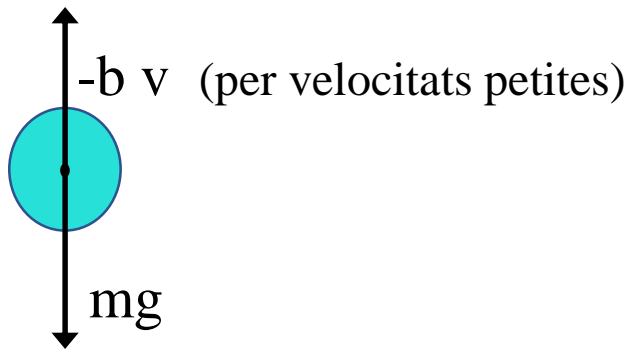
Quan un cos es mou en un fluid, com per exemple aigua o aire, el fluid fa una força de resistència que tendeix a reduir la velocitat de l'objecte.

La força de resistència augmenta a mesura que augmenta la velocitat de l'objecte.

Velocitats petites \longrightarrow Força de resistència $\propto v$

Velocitats més grans \longrightarrow Força de resistència $\propto v^2$

Apliquem la segona llei de Newton a un cos que cau en un fluid:



$$m g - b v = m a$$

$$m g - b v = m \frac{dv}{dt}$$

b = coeficient de fregament

Unitats de b = Kg/s

Resolvent aquesta equació diferencial es pot trobar com varia la velocitat en funció del temps

FORCES DE FREGAMENT SÒLID-FLUID

Si deixem caure una esfera de massa m en un fluid partint del repòs, per $t=0 \Rightarrow v=0$

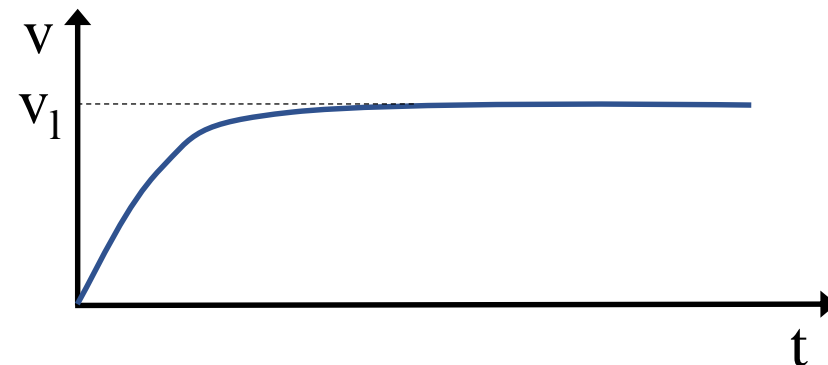
Resoldrem l'equació diferencial per trobar com varia la velocitat en funció del temps.

$$m g - b v = m \frac{dv}{dt} \quad \Rightarrow \quad \frac{dv}{g - \frac{b}{m} v} = dt$$

$$\int_0^v \frac{dv}{g - \frac{b}{m} v} = \int_0^t dt \quad \Rightarrow \quad \left[-\frac{m}{b} \ln \left(g - \frac{b}{m} v \right) \right]_0^v = t$$

$$v(t) = \frac{m g}{b} \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}} \right)$$

Velocitat límit: quan $t \rightarrow \infty \Rightarrow v_l = \frac{m g}{b}$



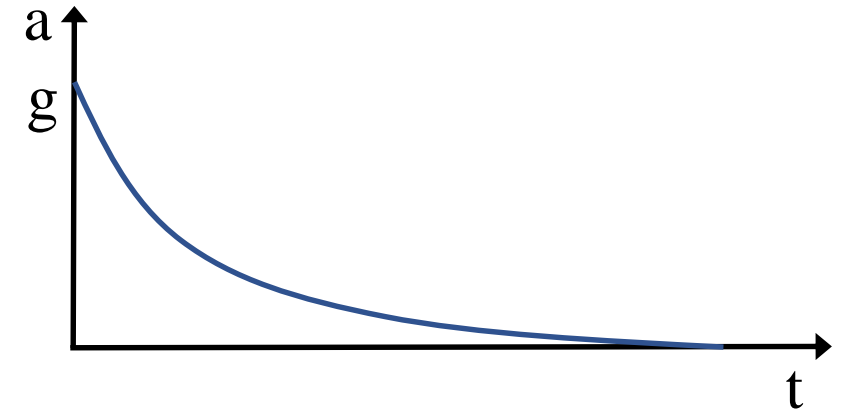
FORCES DE FREGAMENT SÒLID-FLUID

Velocitat en funció del temps: $v(t) = \frac{m g}{b} \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}}\right)$

Acceleració en funció del temps: $a(t) = g e^{-\frac{bt}{m}}$

Posició en funció del temps: $v = \frac{dx}{dt}$

$$dx = v dt = \frac{m g}{b} \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}}\right) dt$$



Integrant a banda i banda de la igualtat, tenint en compte que per $t=0$ la posició $x=0$

$$\int_0^x dx = \int_0^t \frac{m g}{b} \left(1 - e^{-\frac{bt}{m}}\right) dt \quad \Rightarrow \quad x(t) = \frac{m g}{b} \left[t + \frac{m}{b} \left(e^{-\frac{bt}{m}} - 1 \right) \right]$$