

FORCES

La força és tota causa o acció capaç de modificar l'estat de moviment d'un cos, o de deformar-lo.

La força és una magnitud física com la distància, el temps o la velocitat. I aquesta magnitud es mesura en el Sistema Internacional d'unitats (SI), amb una unitat anomenada **newton** (N).

MAGNITUD VECTORIAL

La força, com la velocitat o l'acceleració, i a diferència d'altres magnituds com la massa, la temperatura o el volum, és una **magnitud vectorial**.

Per determinar completament els efectes que pot provocar una força no n'hi ha prou amb conèixer el seu valor en newtons, sinó que també cal saber la direcció de l'espai sobre la qual es troba i el sentit en què apunta.

Les forces es poden representar gràficament mitjançant l'ús de **vectors**.

Un vector és un segment orientat: la seva longitud equival al mòdul de la força i la seva direcció i sentit coincideixen amb la direcció i sentit de la força

DINÀMICA

La branca de la física que estudia la relació entre les forces i el moviment s'anomena **dinàmica**.

Els ingredients més importants de la dinàmica són les **lleis de Newton** i un concepte que sembla molt senzill però que en física té un significat molt profund: la **massa**.

MASSA

La **massa** és la magnitud que mesura la quantitat de matèria que conté un cos. En el Sistema Internacional d'unitats es mesura en **quilograms (kg)**.

INÈRCIA

Tots els cossos tenen tendència a no canviar el seu estat de moviment. Quan un cos es mou, té tendència a continuar amb el mateix moviment; i quan un cos està en repòs, té tendència a quedar-se en repòs.

Aquesta propietat que consisteix en no canviar l'estat de repòs o de moviment s'anomena **inèrcia**.

Aquesta inèrcia o tendència a conservar l'estat de moviment és més gran com més matèria conté un cos.

És a dir, la massa d'un cos és una mesura de la seva inèrcia. Com més massa té un cos, més inèrcia té i més difícil és canviar el seu moviment, ja sigui accelerant-lo, frenant-lo o, simplement, canviant-ne la direcció.

La **massa** d'un cos, és a dir, la seva **inèrcia**, és un element determinant per saber com es mourà un cos quan se li apliqui una **força**. També és necessari, és clar, conèixer el **valor**, **direcció** i **sentit** de la força.

LLEIS DE NEWTON

1a llei de Newton o llei de la inèrcia

Quan la força total que actua sobre un cos és nul·la, si el cos s'estava movent ho continuarà fent en línia recta i amb velocitat constant, i si el cos estava en repòs, seguirà en repòs.

- Els cossos tenen tendència a conservar el seu estat de moviment a no ser que hi hagi alguna força que els obligui a canviar-lo.
- Si un cos està en repòs, té tendència a quedar-se en repòs.
- Si un cos s'està movent, té tendència a seguir-se movent.
- La causa que pot modificar el moviment d'un cos és la força.

FREGAMENT

Des del punt de vista de la dinàmica, estar en repòs o en moviment rectilini i uniforme són situacions equivalents.

- Quan un cos està en repòs, cal una força per posar-lo en moviment.
- Un cop s'està movent, ja no cal fer cap força perquè es mantingui en moviment.

Aquest darrer punt ja no és tan fàcil d'entendre a partir de l'experiència quotidiana, perquè quan impulsem un cos, acostumem a veure que al cap de poc temps s'acaba aturant.

Però això és justament a causa que hi ha una **força de fregament**, amb el terra o amb l'aire, que fa que s'aturi. Si no hi hagués fregament, és a dir, si no hi hagués cap força, el moviment continuaria.

SISTEMA DE REFERÈNCIA

Quan es diu que un cos es mou o està en repòs, inconscientment volem dir que es mou *respecte un altre cos*, o que no es mou respecte aquest altre cos.

Com ja saps, aquest cos o conjunt de cossos que utilitzem per referir el moviment d'un objecte s'anomena **sistema de referència**.

2a llei de Newton o llei fonamental de la dinàmica

Aquesta llei estableix com calcular el canvi de moviment que una força provoca sobre un cos. Aquest canvi el coneixem amb el nom **d'acceleració**.

Quan una força actua sobre un cos, aquest experimenta una acceleració en la mateixa direcció i sentit que la força.

El valor de l'acceleració és directament proporcional al valor de la força i inversament proporcional a la massa del cos:

$$F = m \cdot a$$

A l'expressió matemàtica d'aquesta llei, la força (F) s'expressa en **newtons (N)**, la massa (m) en **quilograms (kg)** i l'acceleració (a) en **m/s²**.

- Com més gran és la massa d'un cos, menor és l'acceleració que li provoca una determinada força.

Això és perquè la massa és una mesura de la inèrcia, que no és més que la resistència a canviar l'estat de moviment. A mesura que aquesta resistència és més gran (més massa), es necessita més força per aconseguir el mateix canvi (acceleració).

3a llei de Newton o llei d'acció i reacció

Qualsevol força genera sempre una força de reacció, igual i oposada.

Si un cos exerceix una força sobre un altre, aquest altre també exerceix una força sobre el primer, que té el mateix valor però sentit contrari.

Per això mateix pots saltar. En realitat, el que fas és una força cap avall sobre el terra, i, en conseqüència, el terra fa sobre teu una força cap amunt, que és la que et permet elevar-te.

Accidents de trànsit

- Com ja hem vist, tots els cossos tenen una inèrcia, és a dir, una resistència a canviar el seu estat de moviment.
- Quan un cotxe xoca sobtadament contra un objecte i s'atura de cop, els ocupants del vehicle tendeixen a seguir endavant amb el moviment que duïen, topant amb el vidre i amb tot el que trobin.
- Per aquesta raó és molt important cordar-se el cinturó de seguretat de seguida que pugem al cotxe.
- El cinturó fa una força que contraresta la inèrcia a seguir endavant, amb l'objectiu d'evitar les topades amb el vidre en cas d'accident.

La força centrípeta

Imagina't que lligues una pedra a l'extrem d'una corda i, agafant la corda amb una mà, la fas girar. Si per alguna raó la corda es trenca, la pedra surt disparada. És el mateix que passa quan, en una cursa, un cotxe o una moto no agafen bé una corba massa tancada i surten de la calçada.

Segur que has sentit a dir que això es produeix a causa de la temible *força centrífuga*, que empeny cap enfora els objectes que es mouen circularment. Res més lluny de la realitat. La força centrífuga no existeix.

Si volem que un moviment rectilini es converteixi en circular, hem d'aplicar una força que modifiqui la direcció del moviment, però l'hem d'aplicar **contínuament**, perquè en el moment que deixem d'aplicar-la, el cos seguirà movent-se en línia recta. I, a més, aquesta força ha d'anar dirigida cap al centre de gir, per evitar que el cos surti de la trajectòria circular.

- Perquè un cos segueixi un moviment circular, ha de rebre constantment una força dirigida cap al centre de gir.
- Aquesta força, que és la causa del moviment circular, s'anomena **força centrípeta**, i és l'única força necessària en un moviment circular.

Quan un cos que es mou circularment se surt de la trajectòria, com la pedra o els vehicles de l'exemple anterior, no és perquè hi ha una força que l'impulsi cap a fora. És perquè la força centrípeta que va cap al centre de gir no és prou alta per modificar el moviment del cos i evitar que segueixi amb la seva tendència a moure's en línia recta.

COMPOSICIÓ DE FORCES

Fins ara hem parlat sempre d'una sola força, però a la realitat acostumen a haver-hi diverses forces actuant simultàniament sobre un mateix cos.

Si fas força per arrossegar un armari i no es mou, és perquè hi ha una força de fregament amb el terra que s'hi oposa i la contraresta.

Sempre que vulguem saber com es mourà un cos, hem de tenir en compte totes les forces que actuen sobre ell.

- Això ho farem sumant totes aquestes forces i obtenint l'anomenada **força total** o **resultant** que actua sobre el cos.
- Aquesta força resultant és la que determina el moviment del cos, i és la força que hem d'introduir a les lleis de Newton per fer els càlculs corresponents.

Forces en la mateixa direcció

Quan dues forces estan en la *mateixa direcció i tenen sentits iguals*, la força resultant tindrà també la mateixa direcció i sentit que les forces a sumar, i el seu valor serà la suma dels valors d'aquestes forces.

Si les forces que volem sumar estan en la *mateixa direcció però tenen sentits diferents*, la força resultant seguirà estant en aquesta mateixa direcció. El seu sentit serà el de la força amb el valor més gran. I el seu valor es pot calcular restant els valors de les forces inicials.

Forces en direccions diferents

Per aprendre a sumar forces que tenen direccions diferents, començarem estudiant la suma de vectors amb el **mètode gràfic**. Amb aquest mètode podrem obtenir la força resultant a partir de la representació gràfica de les forces que volem sumar.

- Per sumar gràficament dues forces el primer que hem de fer és representar-les amb l'origen al mateix punt. A la realitat, aquest origen o punt d'aplicació correspon al cos que rep les forces.
- El següent pas consisteix en traçar des de l'extrem final de cada força una línia paral·lela a l'altra força, fins que aquestes dues línies es creuin.
- I, per acabar, la força resultant s'obté dibuixant el vector que va des de l'origen de les forces fins al punt on s'han creuat les línies dibuixades

Equilibri i forces estàtiques

En alguns casos, quan se sumen totes les forces que actuen sobre un cos, es pot obtenir una força resultant igual a zero. Això vol dir que totes les forces es contraresten i, per tant, és com si no actués cap força sobre el cos.

En aquesta situació, diem que el cos està en **equilibri**.

- L'equilibri es pot assolir o bé perquè realment no actua cap força, o, el que és més habitual, perquè totes les forces que actuen es contraresten i sumen zero.
- Aquestes forces que, aplicades sobre un cos, es contraresten i no donen lloc a cap canvi en el moviment, s'anomenen **forces estàtiques**.

El concepte d'equilibri va lligat a l'estat de repòs o a l'estat de moviment rectilini uniforme, que, com ja hem vist, són equivalents.

- En el moment que un cos pateix una acceleració, això vol dir que la força resultant és diferent de zero i, per tant, el cos deixa d'estar en equilibri.

Forces per contacte i a distància

A la natura existeixen dos tipus de forces ben diferents: les forces per contacte i les forces a distància.

- Les **forces per contacte** només poden actuar si hi ha contacte entre el cos que fa la força i el que la rep.
- Les **forces a distància**, en canvi, actuen sense que hi hagi contacte físic entre els cossos. Tot i això, els seus efectes són els mateixos que els de les altres forces.

La força centrípeta pot ser de contacte o a distància en funció de cada tipus de moviment circular. La Terra gira al voltant del Sol a causa de la força gravitatòria, que és una força a distància. En canvi, si fem girar una pedra lligada a una corda, la pedra gira a causa de la força que li transmet la corda per contacte.

FORÇA NORMAL

Sempre que dos cossos estan en contacte, apareix una força entre ells que correspon a la força amb què s'estreny un cos contra l'altre. Aquesta força s'anomena **normal** i és sempre *perpendicular a la superfície de contacte entre els dos cossos*.

Sobre un cos a terra actuen dues forces: el pes i la normal, perpendicular al terra (superfície de contacte) i del mateix valor però sentit contrari al pes

TENSIÓ

Quan lligues un objecte amb una corda i estires la corda, l'objecte també es mou. Això és perquè la força es transmet des de la teva mà fins a l'objecte a través de la corda. Aquesta força que es transmet a través de cordes, cables, fils, cadenes, etc., es coneix amb el nom de **tensió**.

Quan un objecte penja d'una corda, també trobem una tensió a la corda, que compensa el pes de l'objecte i evita que caigui. En aquest cas, per tant, la tensió té el mateix valor que el pes, però és de sentit contrari.

FORÇA DE FREGAMENT

Quan un objecte es mou i està en contacte amb una superfície, apareix una força que es deu a aquest contacte que s'anomena **força de fregament**.

Aquesta força és sempre contrària a la velocitat del cos, i apareix per dos motius:

- Les irregularitats de les superfícies en contacte, que habitualment no són visibles a simple vista.
- La força amb què s'estrenyen els dos cossos en contacte.

Com més llises són les superfícies en contacte, menor és la força de fregament.

- Tot i que a simple vista algunes superfícies ens poden semblar completament llises, sempre hi ha petites irregularitats que fan aparèixer una força de fregament.
- Aquest efecte de les irregularitats es quantifica amb l'anomenat **coeficient de fregament** (μ), que depèn dels tipus de materials que estan en contacte.

Com més intensa és la força amb què s'estrenyen dos cossos, més intensa és la força de fregament.

- Com ja hem vist, aquesta força d'estrenyiment és la normal.
- Per tant, la força de fregament es pot calcular fent el producte del coeficient de fregament per la força normal:

$$F_f = \mu \cdot N$$

Una de les forces de fregament més habituals no es deu a dues superfícies en contacte, sinó a la presència d'aire.

- Quan un cos es mou, les molècules d'aire de l'ambient impacten sobre seu i fan que la seva velocitat disminueixi.
- Per tant, podem dir que l'aire exerceix una força de fregament, també contrària a la velocitat, sobre qualsevol objecte que es mogui.

Per aquesta raó, els coets que s'envien a l'espai consumeixen molta energia per sortir de l'atmosfera. Un cop fora, poden circular còmodament perquè no han de vèncer el fregament amb l'aire.

DEFORMACIÓ DELS COSSOS ELÀSTICS

Tots els cossos es deformen, encara que sigui molt poc, quan se'ls aplica una força. Alguns cossos, però, poden recuperar la seva forma inicial quan desapareix la força que els estava deformant. Aquests cossos s'anomenen **elàstics**.

Quan s'aplica una força sobre un cos elàstic per estirar-lo, o bé comprimir-lo, aquest genera una força que li permet recuperar la forma inicial. Aquesta força recuperadora, que sempre s'oposa a la força de deformació, s'anomena **força elàstica**.

Llei de Hooke

El científic anglès del segle XVII Robert Hooke, va estudiar els cossos elàstics i va trobar una relació entre la força elàstica de recuperació i la deformació patida pel cos. Aquesta relació es coneix com a **lleï de Hooke**.

La llei de Hooke estableix que la força elàstica s'oposa sempre a la força que provoca la deformació, i que el seu valor és proporcional a la deformació.

Matemàticament, la llei s'expressa així:

$$F = -k \cdot \Delta x$$

***F** és la **força elàstica** expressada en newtons (N)*

***Δx** és l'**allargament** o **compressió** de l'objecte elàstic expressat en metres (m)*

***k** és l'anomenada **constant de rigidesa** o **constant de Hooke**, que s'expressa en newtons per metre (N/m) i és una propietat del material elàstic.*

$$p = \frac{F}{A}$$

El signe negatiu només ens indica que la força elàstica sempre apunta en sentit contrari a la força que causa la deformació. És a dir, si provem de comprimir una molla, la força elàstica té tendència a descomprimir-la. I si provem d'estirar-la, la força elàstica té tendència a comprimir-la.

Els cossos que es deformen amb facilitat (*k petita*) s'anomenen **elàstics**, i aquells que requereixen grans forces per ser deformats (*k gran*) s'anomenen cossos **rígid**s.

PRESSIÓ

La pressió es defineix com la força dividida per la superfície sobre la qual es reparteix.

*En el Sistema Internacional, la pressió s'expressa en newtons per metre quadrat (N/m^2), unitat que es coneix amb el nom de **pascal (Pa)**.*

En aplicar una mateixa força sobre una superfície petita, la pressió augmenta, i en aplicar-la sobre una superfície gran, la pressió disminueix.

Pressió hidrostàtica

De ben segur que alguna vegada, submergeint-te en una piscina o al mar, has notat una tibantor i potser dolor a les orelles. Això és perquè a mesura que et submergeixes tens més aigua sobre teu. I l'aigua pesa, és clar. El dolor que sentim a les orelles és causat pel pes de l'aigua que queda per sobre nostre.

Aquesta força de l'aigua es quantifica a través de la pressió. Amb la pressió podem calcular quin és el pes de l'aigua per unitat de superfície.

La pressió hidrostàtica d'un fluid depèn dels següents factors:

- **Densitat del fluid (ρ):** un fluid més dens donarà lloc a una pressió més gran, perquè el seu pes és major.
- **Acceleració de la gravetat (g):** aquest valor és pràcticament constant a tota la Terra, però si fos més gran, el pes del fluid també seria més gran, i, per tant, augmentaria la pressió.
- **Altura del fluid (h):** com més gran sigui l'altura del fluid més quantitat de fluid hi haurà, més pesarà, i, per tant, més gran serà la pressió.

La manera de calcular la pressió hidrostàtica consisteix a multiplicar els tres factors que acabem d'explicar.

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Si fem servir les unitats del Sistema Internacional: Kg/m^3 per la densitat, m/s^2 per l'acceleració de la gravetat, m per l'altura, el resultat de la pressió s'obté en pascals (Pa).

Pressió atmosfèrica

L'atmosfera, com ja saps, és l'embolcall d'aire de la Terra. Aquest aire té massa, i, per tant, un pes que exerceix una força sobre la superfície terrestre. La pressió que exerceixen els gasos de l'aire sobre la superfície terrestre és el que anomenem pressió atmosfèrica.

La pressió atmosfèrica és força elevada, al voltant dels 101.325 Pa (1.013 hPa). Tots els organismes que vivim a la Terra estem sotmesos a aquesta pressió i tots hi estem adaptats.

Sovint també s'expressa la pressió atmosfèrica en una altra unitat de pressió anomenada atmosfera (atm).

L'equivalència entre atmosferes i pascals és:

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa}$$

La pressió atmosfèrica pot variar en funció de molts factors, com ara la temperatura, el vent, la humitat ambiental, etc. I acostuma a moure's entre 900 i 1.100 hPa.

EXPERIMENT DE TORRICELLI

Torricelli va comprendre la pressió atmosfèrica mitjançant un experiment molt senzill que porta el seu nom:

Torricelli va omplir de mercuri un tub de vidre d'un metre de longitud obert pels dos extrems. A continuació el va introduir en un recipient ple de mercuri. El mercuri del tub va començar a baixar, però, al contrari del que pot semblar a simple vista, el tub no va buidar-se completament, sinó que va quedar una columna de mercuri al seu interior que arribava 76 cm més amunt que el mercuri del recipient.

La columna de mercuri del tub fa una pressió hidrostàtica a causa del seu pes. Si no baixa més és perquè el mercuri del recipient es resisteix a pujar. I si aquest mercuri no puja és perquè alguna força el manté quiet. Aquesta força és causada per la pressió atmosfèrica de l'aire sobre el mercuri del recipient.

FORÇA DE LA GRAVETAT

Heliocentrisme

Els savis de l'antiguitat, com Aristòtil, creien que la Terra era al centre de l'Univers i que, al seu voltant, giraven els planetes, el Sol i la Lluna, seguint òrbites perfectament circulars. Aquest model s'anomena **geocentrisme**.

El primer en proposar que la Terra i la resta de planetes giraven al voltant del Sol va ser l'astrònom i matemàtic grec Aristarc de Samos. La seva proposta, anomenada **heliocentrisme**, no va ser gaire tinguda en compte i la visió geocèntrica d'Aristòtil, defensada per l'Església cristiana, es va imposar durant gairebé 18 segles.

Poc a poc, les observacions del cel van anar aportant més dades sobre els moviments dels astres. Com més dades s'obtenien, més clarament es veia que el model d'Aristòtil no concordava amb les observacions. Per tal de salvar-lo, els astrònoms hi van anar afegint correccions que no feien altra cosa que complicar encara més el model.

Al segle XVI Nicolau Copèrnic va proposar de nou el model **heliocèntric**. Aquest canvi permetia explicar les observacions astronòmiques d'una manera molt més elegant i senzilla.

Després de la mort de Copèrnic, l'astrònom danès Tycho Brahe, va adonar-se als 17 anys que les observacions de planetes i estrelles realitzades per astrònoms diferents no coincidien.

A principis del segle XVII, les observacions de Tycho Brahe van anar a parar a les mans de l'astrònom alemany Johaness Kepler. Analitzant les dades, Kepler va adonar-se que només un model podia explicar les observacions: l'heliocentrisme.

A més, va estudiar a fons les dades corresponents als moviments dels planetes i va trobar una sèrie de regularitats que es complien en tots ells. Va sintetitzar aquestes troballes en tres lleis que porten el seu nom, les **lleis de Kepler**.

- Els planetes segueixen òrbites el·líptiques al voltant del Sol.
- Els planetes es mouen més ràpidament quan estan més a prop del Sol.
- El quadrat del temps que triga un planeta a fer una volta al Sol dividit entre el cub de la distància d'aquest planeta al Sol és un valor constant.

Per primera vegada, Kepler va proposar una descripció del moviment dels planetes que concordava amb les observacions. A més, els seus resultats donaven suport a la visió heliocèntrica enfront de la geocèntrica.

En aquella mateixa època, Galileu Galilei un professor de la Universitat de Pàdua, dedicat a l'estudi de la física i l'astronomia i molt famós per les seves aportacions a l'estudi del moviment, va defensar públicament el model proposat per Copèrnic.

Galileu va inventar el telescopi i va observar per primera vegada el cel a través d'una lent. En les seves observacions, Galileu va descobrir muntanyes a la Lluna, taques al Sol i llunes que giraven al voltant de Júpiter.

Tot plegat indicava que el Sol no era un cos perfecte, com es creia fins llavors, i que hi havia cossos que no giraven al voltant de la Terra, com defensava el model geocèntric.

L'heliocentrisme, com ja saps, finalment va acabar imposant-se.

Llei de la gravitació universal

El Sol atrau els planetes amb una força proporcional a la seva massa i inversament proporcional al quadrat de la distància que els separa. A partir d'aquí es pot deduir que la trajectòria que segueixen és una el·lipse

La llei de la gravitació universal estableix que dos objectes amb massa, pel simple fet de tenir massa, s'atrauen amb una força que és directament proporcional al producte de les seves masses i inversament proporcional al quadrat de la distància que els separa. És a dir:

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

m_1 i m_2 són les masses dels dos objectes expressades en quilograms (kg).

r és la distància entre els dos objectes expressada en metres (m).

F és la força d'atracció expressada en newtons (N).

G és l'anomenada **constant de la gravitació universal**. El seu valor és $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Aquesta llei permet calcular el moviment dels planetes, però també ens diu que qualsevol objecte amb massa fa força sobre qualsevol altre objecte amb massa.

Combinant aquesta llei amb les lleis de la dinàmica es poden explicar molts altres fenòmens com el moviment de les mareas, la forma lleugerament aplatada de la Terra i les lleis de Kepler.

ACCELERACIÓ A LA SUPERFÍCIE TERRESTRE

Ab aquesta llei podem trobar amb quina força la Terra atrau una persona qualsevol de 70 kg. Tenint en compte que el radi de la Terra és de 6.370 km (aquesta seria la distància entre el centre de la Terra i una persona situada a la seva superfície) i la seva massa, de $6 \cdot 10^{24}$ kg, aquesta força és de 690 N.

Segons la segona llei de Newton, l'acceleració que pateix un cos quan rep una força es pot calcular com:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{690 \text{ N}}{70 \text{ kg}} = 9,86 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

I aquesta és, aproximadament, l'acceleració de la gravetat (g) que ja coneixem.

ÒRBITES

La Lluna i la Terra, per exemple, no acaben xocant perquè la Lluna es mou amb una velocitat, i la força gravitatòria de la Terra, actuant com a força centrípeta, fa que descrigui un moviment circular.

- Sense aquesta força, la Lluna seguiria una línia recta i s'allunyaria de la Terra.
- Per contra, si la Lluna no tingués velocitat, aleshores sí que acabaria caient sobre la Terra.

Cosmologia

L'astrònom americà Edwin Hubble va descobrir cap el 1929 que totes les galàxies de l'Univers s'allunyen unes de les altres. Aquest fet va indicar que l'Univers, en el seu conjunt, s'està expandint. Això vol dir que l'Univers és cada vegada més gran i que les distàncies entre tots els objectes que conté no paren d'augmentar.

Si la situació actual és d'expansió, això vol dir que fa uns anys els objectes de l'Univers estaven més a prop uns dels altres. Seguint aquest raonament, podem retrocedir en el temps fins que tota la matèria de l'Univers estava concentrada en un punt. Aquesta és l'anomenada teoria del *Big Bang* (Gran Explosió).

Segons la teoria del Big Bang, tota la matèria i energia de l'Univers, així com l'espai i el temps, es trobaven concentrats en un sol punt fa uns 13.000 milions d'anys. Aquest punt va esclatar i poc a poc es va anar formant tot l'Univers que coneixem. Aquesta és la teoria més acceptada actualment sobre l'origen de l'Univers.

Però i el futur? Què passarà amb l'Univers? Seguirà expandint-se per sempre més? Arribarà a ser estàtic en algun moment? O bé parerà d'expandir-se i es contraurà fins a una Gran Implosió anomenada *Big Crunch*?

Segons les últimes observacions, les galàxies s'allunyen cada vegada més ràpidament, és a dir, ho fan amb una certa acceleració. Per tant, tot sembla indicar que l'expansió de l'Univers continuarà indefinidament.

Tal com hem estudiat, una acceleració és la conseqüència d'una força. Per tant, això indica que les galàxies experimenten una força repulsiva, contrària a la gravetat.

Encara no sabem a què es deu aquesta força repulsiva, però sabem que allò que la causa representa un 73% de l'energia de tot l'Univers. Els cosmòlegs l'anomenen energia fosca.

La resta d'energia (27%) correspon a allò que causa la força de la gravetat. De tot aquest 27%, però, només n'hem observat un 4%. La resta correspon a l'anomenada matèria fosca, un tipus de matèria que no sabem què és.