

M. Fornells, S. Gómez, A. Jimeno, S. Liras, E. Pérez, A. Rodríguez



Inclou CD

Ciències per al món contemporani

batxillerat





L'origen de l'Univers i de la vida



Índex

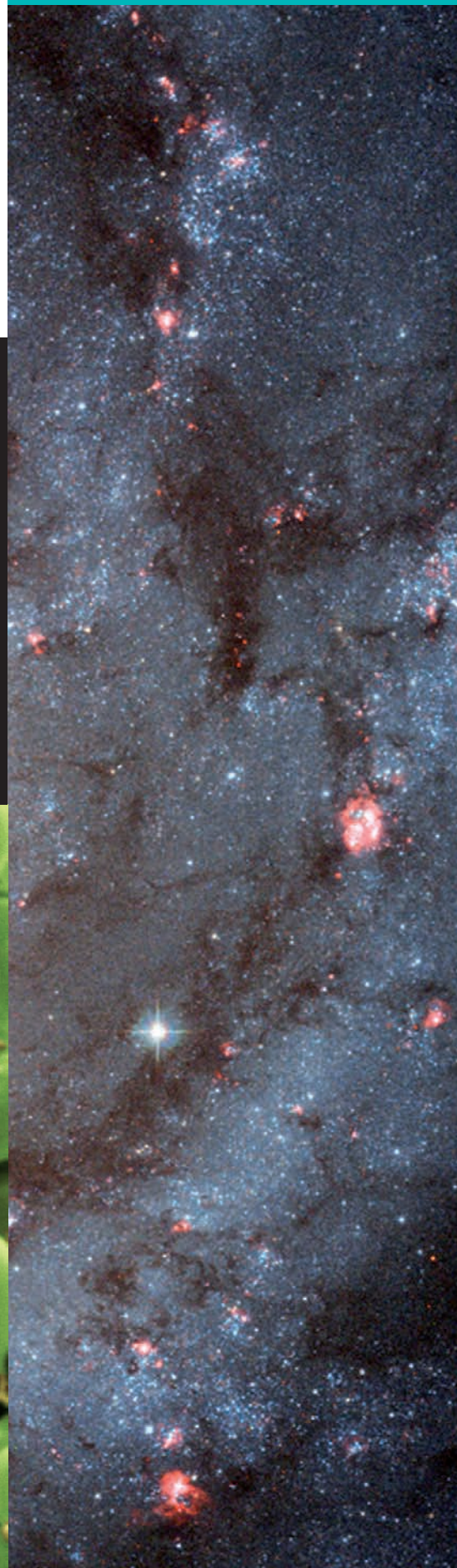
1. L'origen i l'evolució de l'Univers
2. L'ésser viu i la vida
3. L'origen de la vida i dels primers organismes

L'observació d'un cel estrellat, el moviment de les estrelles durant la nit i la sortida i la posta del Sol cada dia han portat els éssers humans de totes les cultures a intentar saber com han sorgit els cossos celests.

També s'han plantejat com va sorgir la vida al nostre planeta i com es van originar els primers éssers vius.

Tant les religions com la filosofia i la ciència han intentat donar resposta a aquestes qüestions.

En els últims anys els científics han aportat moltes dades sobre com i quan es va originar l'Univers i la vida sobre la Terra.



1. L'origen i l'evolució de l'Univers

1.1 L'Univers

L'**Univers** o **cosmos** és el conjunt de tota la matèria i energia existent i l'espai en què es troben. La part que en podem observar o deduir es denomina **Univers observable**.

La **cosmologia** és la ciència que estudia l'Univers. El naixement de la **cosmologia moderna** pot situar-se cap a l'any 1700 amb la proposta que la Via Làctia és un sistema d'estrelles, una de les quals és el Sol, i que hi ha altres sistemes similars.

La velocitat de la llum

La velocitat de la llum és molt alta. Si considerem dues ciutats que equidistin 500 km, com Barcelona i Madrid, en un segon, la llum podria anar i tornar d'una ciutat a l'altra 300 cops.

Antiguitat de l'Univers

S'ha calculat que l'Univers té una antiguitat de 13 700 milions d'anys. Perquè ens en féssim una idea, Carl Sagan va proposar la comparació següent: si aquests 13 700 milions d'anys transcorreguessin en un sol any, l'antiguitat dels esdeveniments més importants de la història humana seria la següent:

- ◆ El descobriment d'Amèrica (fa uns 500 anys) hauria passat fa només 1 s.
- ◆ El naixement de Jesucrist (fa uns 2 000 anys) s'hauria produït fa només 4 s.
- ◆ El principi de l'imperi egipci dels faraons (fa uns 5 000 anys) hauria tingut lloc fa 10 s.
- ◆ L'aparició de la nostra espècie, l'*Homo sapiens* (fa uns 300 000 anys), s'hauria produït fa només 10 min.

Dimensions de l'Univers

Per mesurar l'Univers fem servir una unitat denominada **any llum**, que correspon a l'espai recorregut per la llum en un any. La velocitat de la llum és 300 000 km/s. A aquesta velocitat, en un any es recorre una gran quantitat de quilòmetres:

$$300\,000\text{ km} \times 60\text{ s} \times 60\text{ min} \times 24\text{ h} \times 365,25\text{ dies}$$

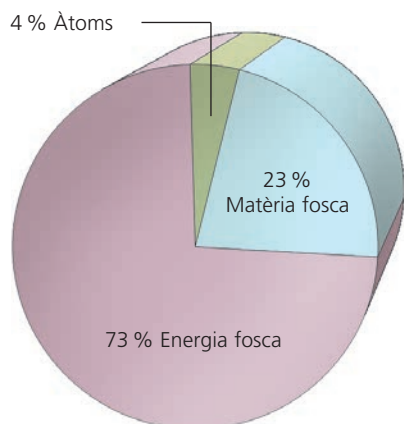
Per anar des de la Terra a l'extrem de l'Univers observable s'haurien de recórrer 46 500 milions d'anys llum. Dit d'una altra manera, a la velocitat de la llum necessitariem 46 500 milions d'anys per arribar-hi.

Composició de l'Univers

Es considera que l'Univers està constituït per un 73 % d'**energia fosca**, un 23 % de **matèria fosca** i un 4 % d'àtoms que componen la **matèria observable**.

- ◆ L'**energia fosca** és similar a l'energia gravitatòria, però de sentit contrari, ja que provoca la repulsió entre partícules. L'existència de l'energia fosca es va deduir el 1998 quan van descobrir que l'Univers es trobava en expansió, en lloc de frenar-se per acció de la gravetat.
- ◆ La **matèria fosca** no pot ser observada pel fet que no emet ni reflecteix prou radiació electromagnètica i no se sap quina composició té.

La seva existència s'ha deduït després de saber que la massa de les galàxies era molt més gran que la suma de la massa de totes les seves estrelles. Sembla que només podem observar de manera



Composició de l'Univers.

directa el 10 % de la matèria d'una galàxia, ja que el 90 % restant és matèria fosca.

- ◆ Els **àtoms** que constitueixen la matèria observable són, bàsicament, els àtoms d'hidrogen (75 %) i els àtoms d'heli (25 %). La resta dels àtoms (ferro, carboni, nitrogen, coure, oxigen, etc.) es troba en un percentatge mínim. Aquests últims s'originen en petites quantitats quan les estrelles de gran massa exploten i s'escampen per l'espai. Per efecte de la força gravitacional, una part d'aquests àtoms pot condensar-se formant un planeta, en el qual els elements més pesats ocupen el centre; els intermedis, el mantell i l'escorça; i els més lleugers, l'atmosfera. Per això diem que els éssers vius som *pols d'estrelles*. Es calcula que a l'Univers hi ha un àtom per metre cúbic d'espai buit.

Estructura de l'Univers

L'Univers està format per nebuloses i galàxies.

- ◆ Les **nebuloses** són cúmuls de pols còsmica d'aspecte difús.
- ◆ Les **galàxies** són cúmuls d'estrelles i de pols còsmica que es mouen juntes per l'espai.



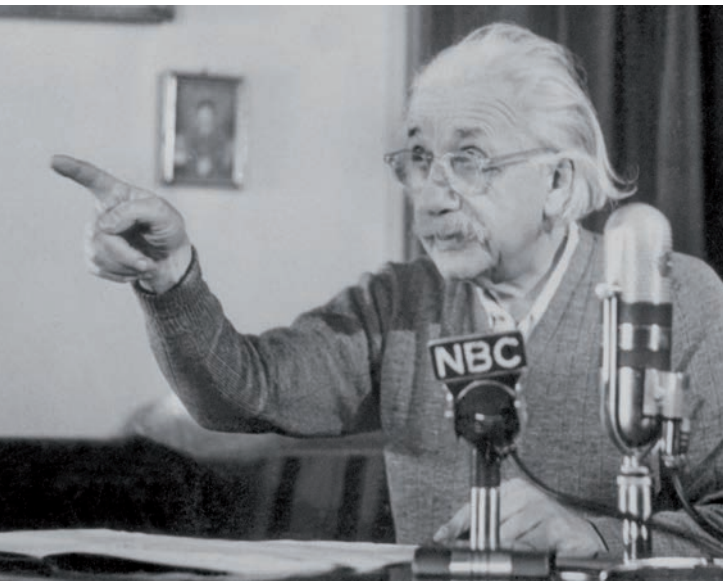
Nebulosa.



Via Làctia. Galàxia.

La nostra galàxia, la **Via Làctia**, està constituïda per uns 200 000 milions d'estrelles situades en un espai d'uns 100 000 anys llum de diàmetre.

Es considera que a l'Univers hi ha entre 10 000 i 100 000 milions de galàxies. El nostre planeta és una simple volva de pols en la immensitat de l'Univers.



Albert Einstein (1879-1955).

1.2 La teoria de la relativitat com a inici de la cosmologia moderna

La teoria de la relativitat la devem a **Albert Einstein** (1879-1955). Aquest científic es va plantejar esbrinar per què l'Univers es manté en equilibri, malgrat el temps transcorregut, en comptes d'haver-se produït la compactació dels astres a causa de la força de la gravetat. Einstein, sense fer cap experiment, va arribar mitjançant càlculs matemàtics a unes conclusions que, anys més tard, han estat confirmades per les observacions dels astrònoms.

Segons la teoria de la relativitat, a l'Univers no és possible distingir si un cos està en repòs absolut o si, en canvi, es mou amb una velocitat constant. Tampoc és possible distingir entre un cos en moviment accelerat i un altre que estigui sotmès a un camp gravitatori. Això vol dir que a l'Univers és el mateix que una baldufa giri o que sigui l'Univers el que giri al voltant de la baldufa, que estarà quieta.

Les conseqüències principals d'aquesta teoria són:

- ◆ El temps absolut no existeix, ja que la durada d'un succés depèn de la velocitat del sistema en què es realitza.
- ◆ L'espai i el temps constitueixen una mateixa realitat, denominada **espai-temps**. Si la transmissió de la llum fos instantània, podríem observar la realitat del moment, però, com que tarda a arribar, el que percebem no és el que passa ara, sinó el que va passar en el passat. D'això es dedueix un univers de quatre dimensions, en què la quarta és el temps.
- ◆ La massa i l'energia són dos aspectes d'una mateixa realitat física i una es pot convertir en l'altra segons la fórmula:

$$E = m \cdot c^2$$

E és l'energia; m , la massa, i c , la velocitat de la llum (300 000 km/s).

La massa d'un cos augmenta quan augmenta la seva velocitat. A la velocitat de la llum, la massa d'un cos seria infinita.

- ◆ La llum està constituïda per **quanta** d'energia lluminosa o **fotons** que amb prou feines tenen massa quan estan en repòs i que es propaguen seguint un moviment ondulatori. Com que augmenten de massa quan es desplacen, els camps gravitatoris fan que la llum no segueixi una trajectòria rectilínia, sinó que es desvii. Aquest fet va ser confirmat el 1919, aprofitant un eclipsi de Sol, en comprovar que la posició aparent d'una estrella era lleugerament diferent, pel fet que la seva llum en passar a prop del Sol es veia influïda per la seva massa.

La relativitat

El nom de *relativitat* fa referència a l'afirmació que «tot moviment és relatiu», és a dir, que només es pot conèixer el moviment d'un punt en relació amb un altre punt. Així doncs, el moviment absolut no existeix. Per exemple, en un tren que es desplaça sense vibracions, els passatgers tenen la sensació que estan aturats, si no és que miren per la finestra.

1.3 Teories cosmogòniques

La teoria de la gran explosió (Big Bang)

Segons aquesta teoria, l'Univers es va originar a partir d'una gran explosió que va projectar tota l'energia i la matèria existents. L'elaboració d'aquesta teoria la va iniciar Einstein el 1917.

Es va partir de la hipòtesi que, a l'Univers, la distribució de la matèria era uniforme (**univers homogeni i isòtrop**) i que no canviava de forma amb el temps (**univers en equilibri**). Per compensar l'efecte de la gravetat, Einstein va introduir en el seu model una força igual, però de sentit contrari, que va denominar **constant cosmològica**.

El 1924, el matemàtic A. Friedmann va demostrar que aquest model d'univers no era possible, ja que amb el pas del temps s'havia de fer més gran o més petit, per la qual cosa la constant cosmològica era innecessària. A. Einstein va estar d'acord amb aquesta correcció.

El 1927, l'astrònom G. E. Lemaître va exposar la teoria que les galàxies provenen de l'explosió d'un nucli inicial, anomenat **ou còsmic** o **àtom primitiu**.

El 1929, l'astrònom E. Hubble, en analitzar l'espectre de la llum que ens arriba de les galàxies, va deduir que totes s'allunyen del nostre planeta; és a dir, que l'Univers està en expansió.

Entre els anys 1948 i 1952, el físic G. Gamow va coincidir amb la hipòtesi de Lemaître sobre l'origen de les galàxies (va ser el que va proposar el nom de Big Bang), però discrepava en la idea que els primers àtoms que es van formar fossin els pesats.

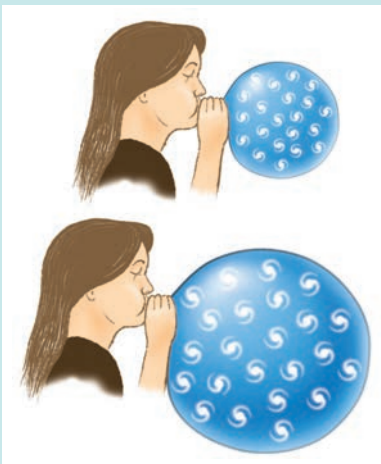
Segons Gamow, l'ou còsmic estava constituït per neutrons, que quan es van descompondre van generar protons i electrons; aquests es van aglutinar i van formar àtoms d'hidrogen i d'heli, a partir dels quals es van crear la resta d'elements.

La teoria del Big Bang va rebre la crítica que, si a partir de les galàxies més allunyades es calculava el temps transcorregut, el resultat era de 2 000 milions d'anys, la qual cosa era absurda, ja que només la Terra té més de 4 000 milions d'anys. Segons els càlculs realitzats posteriorment, la gran explosió es va produir fa uns 13 700 milions d'anys.



El telescopi espacial Hubble, que va ser posat en òrbita l'any 1990, representa un dels projectes més importants per estudiar l'espai.

Analogia de l'expansió de l'Univers



Si inflem un globus i ens fixem en un punt qualsevol d'aquest globus, podem observar que tots els altres punts s'allunyen respecte del punt considerat.

De manera anàloga, de l'observació que totes les galàxies s'allunyen respecte de la Terra no deduïm que el nostre planeta sigui el centre de l'Univers, perquè aquesta mateixa sensació la tindríem des de qualsevol altre punt de l'espai.



Via Làctia.

Teoria de l'estat estacionari o de la creació contínua

Aquesta teoria va ser presentada entre 1948 i 1950 pels astrònoms H. Bondi, T. Gold i F. Hoyle.

Segons aquesta hipòtesi, l'Univers és uniforme en tot l'espai i no varia en el temps. Encara que s'expandeix, la densitat de l'Univers es manté constant gràcies al fet que continuament s'està creant matèria nova.

De tota manera, el debat entre els seguidors de la **teoria del Big Bang** i els seguidors de la **teoria de l'estat estacionari** es va decantar cap als primers a partir dels descobriments següents: la distribució de les radiofonts celestes, els quàsars, la radiació de fons i la proporció d'àtoms d'hidrogen i heli.

1.4 Proves a favor de la teoria del Big Bang

Les radiofonts celestes

Són galàxies o nebuloses que emeten ones de ràdio. Es van descobrir quan es van estudiar alguns problemes de radiocomunicació. Per detectar-les fan servir radiotelescopis: antenes de ràdio, generalment parabòliques, de desenes de metres de diàmetre.

L'any 1955, l'astrònom M. Ryle va publicar el primer catàleg de radiofonts, en el qual s'observa que les galàxies més pròximes, per tant les més joves, emeten més radiacions, i que a partir dels 3 000 milions d'anys llum de distància es redueix molt el nombre de radiofonts. Aquest fet indica que al principi, i durant un període de temps, no hi havia radiofonts. Cosa que no contradiu pas la teoria del Big Bang, però sí la teoria de l'estat estacionari.

Els quàsars

El 1960 es van descobrir radiofonts que corresponien a punts molt petits. Posteriorment, el 1963, l'astrònom M. Schmidt va comprovar que eren galàxies que es trobaven a una distància entre 2 000 i 4 000 milions d'anys llum i que s'allunyaven a una velocitat enorme (gairebé un terç de la velocitat de la llum).

Segons la teoria del Big Bang, es tractaria de galàxies molt petites i molt brillants que es van formar només durant el període anteriorment indicat i que, per tant, constitueixen un fenomen transitori. Aquest fet també contradiu la idea d'un univers que no varia amb el temps.

La proporció d'àtoms d'hidrogen i heli

La teoria del Big Bang afirma que, quan hi va haver la gran explosió, l'energia va començar a transformar-se en matèria. Al cap de tres minuts apareixerien els àtoms més senzills (hidrogen i heli).

Segons els càlculs realitzats, a partir d'aquest moment, l'Univers devia estar format per un 75 % d'hidrogen i un 25 % d'heli, aproximadament.

Aquests resultats coincideixen amb les proporcions d'hidrogen i heli que hi ha a les galàxies, en les quals els altres tipus d'àtoms en conjunt no arriben a l'1 %.

La coincidència d'aquestes proporcions i la seva presència en totes les galàxies indiquen un origen comú i, per tant, confirmen la teoria del Big Bang.

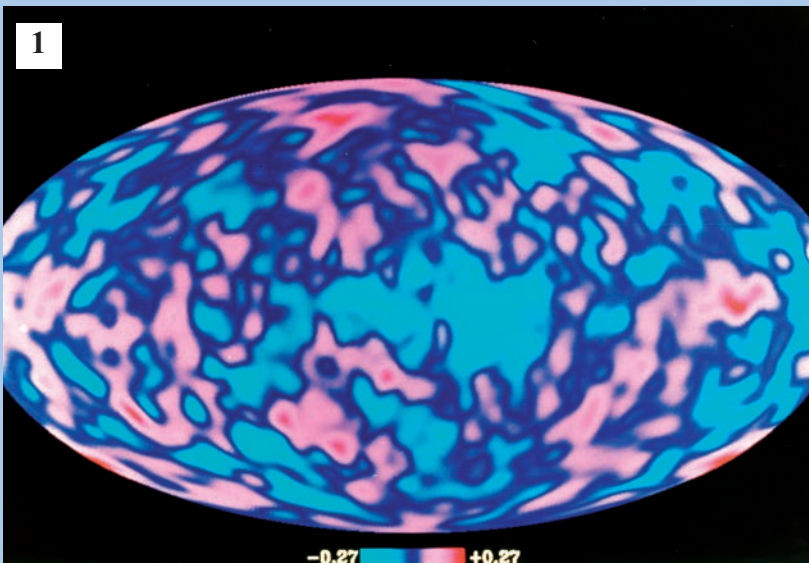
La radiació de fons

Segons la teoria del Big Bang, en el moment de la gran explosió la temperatura seria molt alta (uns 3 000 milions de graus); a continuació hi va haver un refredament que, als límits de l'Univers, devia ser inferior als sis Kelvin (6 K), és a dir, a 267 graus Celsius sota zero (-267 °C). A aquesta temperatura, una radiació que emeten els cossos no lluminosos és pràcticament indetectable.

El 1965, els radioastrònoms A. Penzias i R. Wilson van captar una radiació molt feble, de 7,35 cm longitud d'ona, que era idèntica en qualsevol direcció de l'Univers i que van denominar **radiació de fons**. És la que correspon a un cos negre a 2,63 K.

Tal com afirma la hipòtesi del Big Bang, aquesta radiació seria el ressò de la gran explosió. En canvi, la teoria de l'estat estacionari no explica aquesta radiació.

document



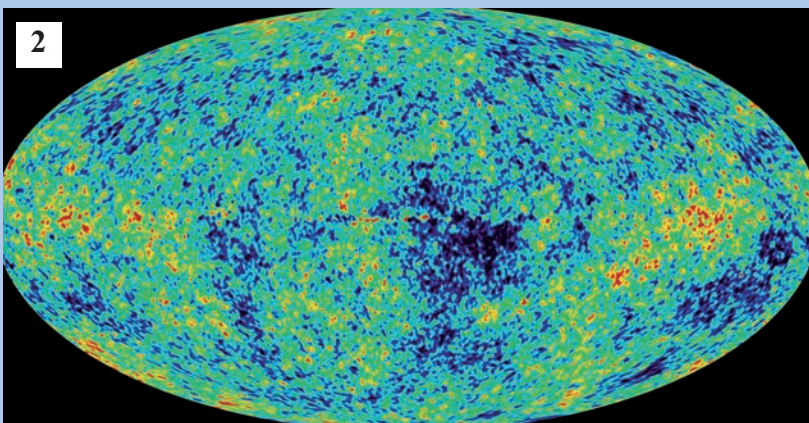
1. Projecte Cobe

Imatge de la radiació de fons obtinguda pel satèl·lit *Cobe*, enviat a l'espai l'any 1989.

El projecte Cobe (*Cosmic Background Explorer*) va ser dirigit per J. Mather i el responsable d'estudiar els espectres va ser G. Smoot.

Els primers resultats es van publicar el 1992 i van confirmar la teoria del Big Bang. Tots dos científics van obtenir el premi Nobel de física de 2006.

Els resultats del projecte Cobe indiquen que l'Univers té una antiguitat de 13 700 milions d'anys i que les primeres galàxies es van formar fa 200 milions d'anys.



2. Projecte WMAP

Imatge de la radiació de fons obtinguda per la sonda *WMAP* (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), llançada l'any 2001.

És la imatge de l'empremta més antiga de l'Univers,

Els punts vermells indiquen més calor, i els blaus, més fred i es corresponen, respectivament, amb matèria més densa i menys densa.



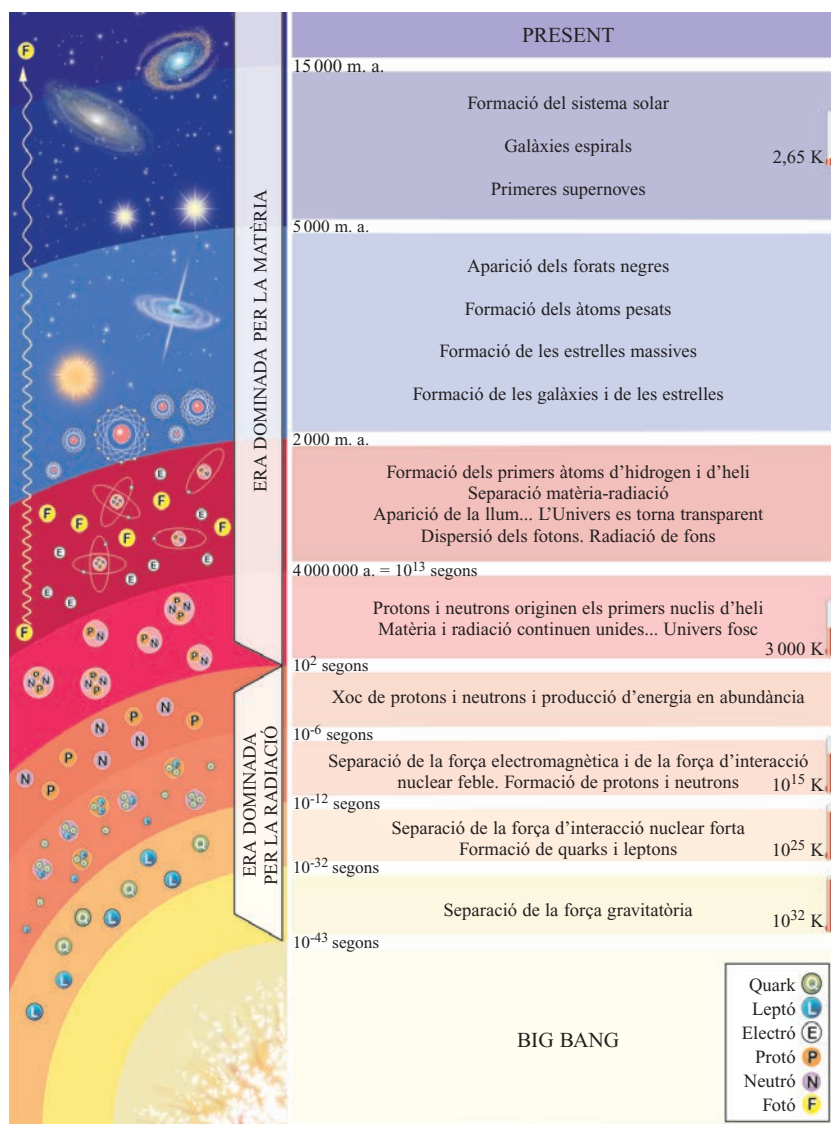
Stephen William Hawking (1942), físic i cosmòleg britànic.

1.5 La cronologia de la gran explosió

Segons la teoria del Big Bang, l'inici de l'Univers se situa en el qual la denominada **singularitat inicial** sofreix la gran explosió.

Avui dia només sabem el que va passar a partir de 10^{-43} segons després de la gran explosió, però no el que va passar abans d'aquest moment. Per descobrir-ho, caldria saber de quina manera les quatre forces naturals estaven unides en una de sola.

Aquestes quatre forces són: la **gravetat**, la **interacció nuclear forta** (força que uneix les partícules del nucli atòmic), la **força electromagnètica** i la **interacció nuclear feble** (força responsable de la radioactivitat natural, com la de la desintegració dels neutrons). Avui dia, l'investigador principal en aquest camp és S. Hawking.



La gran explosió i evolució de l'Univers.

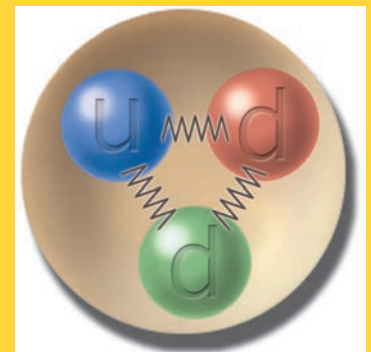
Evolució de l'Univers	
Al cap de 10^{-43} s Inicialment, l'Univers tenia un diàmetre de 10^{-28} cm (mil bilions de vegades més petit que un àtom d'hidrogen), una densitat gairebé infinita i una temperatura de 10^{32} K.	L'Univers va començar a refredar-se i a dilatar-se a una velocitat superior a la de la llum (inflació) i va augmentar la seva massa 10^{50} vegades. Inicialment les quatre forces naturals estaven unides en una de sola, però en aquest període de temps tan curt la força gravitatòria es va separar de les altres tres forces.
Al cap de 10^{-32} s L'Univers va arribar a tenir un diàmetre que feia entre 7 i 8 cm i la temperatura va descendir a 10^{25} K.	La força d'interacció nuclear forta es va separar i van començar a formar-se les partícules elementals de l'àtom (quarks i leptons) . La matèria formada va superar en una quantitat petitíssima la d'antimatèria (matèria formada per nuclis atòmics negatius i embolcalls atòmics positius). Si no hagués estat així, matèria i antimatèria s'haurien anul·lat i ja no hi hauria matèria a l'Univers. L'Univers es va fer homogeni i pla .
Al cap de 10^{-12} s La temperatura va descendir 10^{15} K.	La força electromagnètica es va separar de la força feble i els quarks es van unir entre si per formar protons i neutrons .
Al cap de 10^{-6} s	Gran quantitat de protons i neutrons va xocar entre si i es va transformar en energia.
Al cap de 10^2 s Va continuar el refredament.	Els protons i neutrons es van unir i van formar nuclis d'heli (dos protons i dos neutrons). Els fotons continuaven units a les partícules i l'Univers era fosc (opac) .
Al cap de 10^{13} s (uns 4 milions d'anys) Va continuar el refredament fins a uns 3 000 K.	Els fotons van perdre energia i, com a conseqüència, els electrons van ser retinguts pels nuclis atòmics, i es van constituir els primers àtoms d'hidrogen i d'heli . Els fotons, en deixar d'interactuar amb els electrons, es van dispersar, van recórrer grans distàncies i van constituir l'anomenada radiació de fons. Uns 380 000 anys després del Big Bang, els fotons, en separar-se de la matèria, van originar la llum i un univers transparent.
Al cap de 200 m. a. Va continuar el refredament. Avui dia, la temperatura mitjana de l'Univers és de 2,65 K	Es van formar les primeres galàxies i 200 milions d'anys després, a causa de reaccions internes de fusió de l'hidrogen, van aparèixer les primeres estrelles .

Quarks i leptons

Quarks i leptons són partícules atòmiques elementals.

Els quarks formen el nucli atòmic (neutrons i protons).

Els leptons no formen el nucli atòmic. Un tipus de leptons són els electrons.



Quarks (u, d, d) en un neutró.

1.6 L'evolució futura de l'Univers

Continuarà expandint-se l'Univers en el futur o arribarà un moment en què es contraurà? Per respondre aquesta qüestió s'han proposat dos models possibles:

- ◆ **Univers obert.** A partir de la gran explosió, l'Univers continuaria expandint-se indefinidament (**univers en expansió**).
- ◆ **Univers tancat.** La força de la gravetat frenaria l'expansió actual de l'Univers i en provocaria la contracció fins a arribar a formar un altre ou còsmic que, un cop més, tornaria a esclatar i donaria lloc a un univers expansiu nou. Les explosions successives (*big bang*) i contraccions (*big crunch*), anomenades pulsacions, es repetirien eternament (**univers polsant**).



Galàxia Andròmeda.

El valor de la densitat de l'Univers i el descobriment de l'expansió de les galàxies a una velocitat superior a la prevista han estat les dues dades decisives a l'hora de triar un model o un altre.

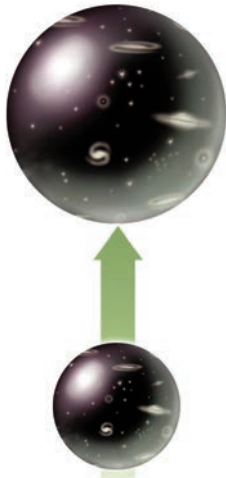
La **matèria constituïda per àtoms** i la **matèria fosca** representen, respectivament, el 4 % i el 23 % de la densitat de l'Univers. La matèria fosca és la que no aconsegueix la densitat material mínima per formar àtoms, que és la denominada **densitat crítica**.

El 73 % restant de la densitat de l'Univers correspon a l'**energia fosca**. L'existència d'aquesta energia es va deduir quan es va observar que les galàxies més llunyanes s'havien accelerat fa uns 4 000 milions d'anys en sentit contrari a la força de la gravetat. Aquest fet ha portat a pensar que l'Univers mai es podrà contreure i, per tant, la **teoria de l'univers polsant** seria incorrecta.

1.7 La forma de l'Univers

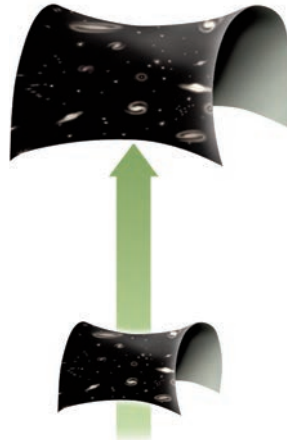
S'han proposat tres models principals per explicar la forma de l'Univers.

Univers esfèric



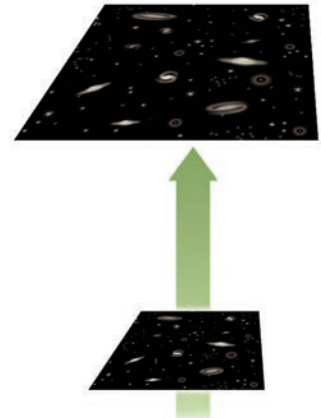
És el que resultaria si la seva densitat fos superior a la crítica. Això provocaria una forta gravetat que contrauria l'Univers. Es correspon amb un univers tancat i finit.

Univers hiperbòlic



És el que resultaria si la seva densitat fos inferior a la crítica. En aquest cas, l'Univers continuaria expandint-se i refredant-se fins a arribar a un estat sense energia (Univers inflacionista). Es correspon amb un univers obert i infinit.

Univers pla



És el que resultaria si la seva densitat fos igual a la crítica. La força de la gravetat seria igual a la d'expansió. No es contrauria i disposaria de prou energia per continuar existint. Es correspon amb un univers obert.

La solució al problema sobre la forma de l'Univers l'han aportat els resultats del telescopi aerostàtic *Boomerang*, que l'any 2003 va estar deu dies sobrevolant l'Antàrtida, explorant un petit percentatge del cel amb una resolució angular molt alta.

A partir de les observacions que va fer aquest telescopi, ha estat possible deduir que la densitat de l'Univers coincideix amb la densitat crítica (10^{-29} g/cm³). Aquesta dada confirma el model de l'univers pla que, a causa de l'energia fosca de repulsió, seguirà en expansió indefinidament. Es diu que l'Univers és pla en el context de la geometria de l'espai.

Si considerem la geometria de l'espai-temps amb la presència de la força de la gravetat, l'Univers resultant és corb, i la llum hi segueix una trajectòria corba.

La ciència no pot contestar a la pregunta sobre què hi havia abans de la **singularitat inicial** que va explotar en el primer instant, perquè la ciència, per poder actuar, necessita alguna cosa per mesurar. Per aquest motiu, no hi pot fer res si és que abans no hi havia ni matèria ni energia.

Com que no hi ha una resposta científica, s'obre el camp de la reflexió filosòfica. Per a alguns, com Einstein i Lamaître, resulta més convincent pensar en l'**existència d'un creador**.

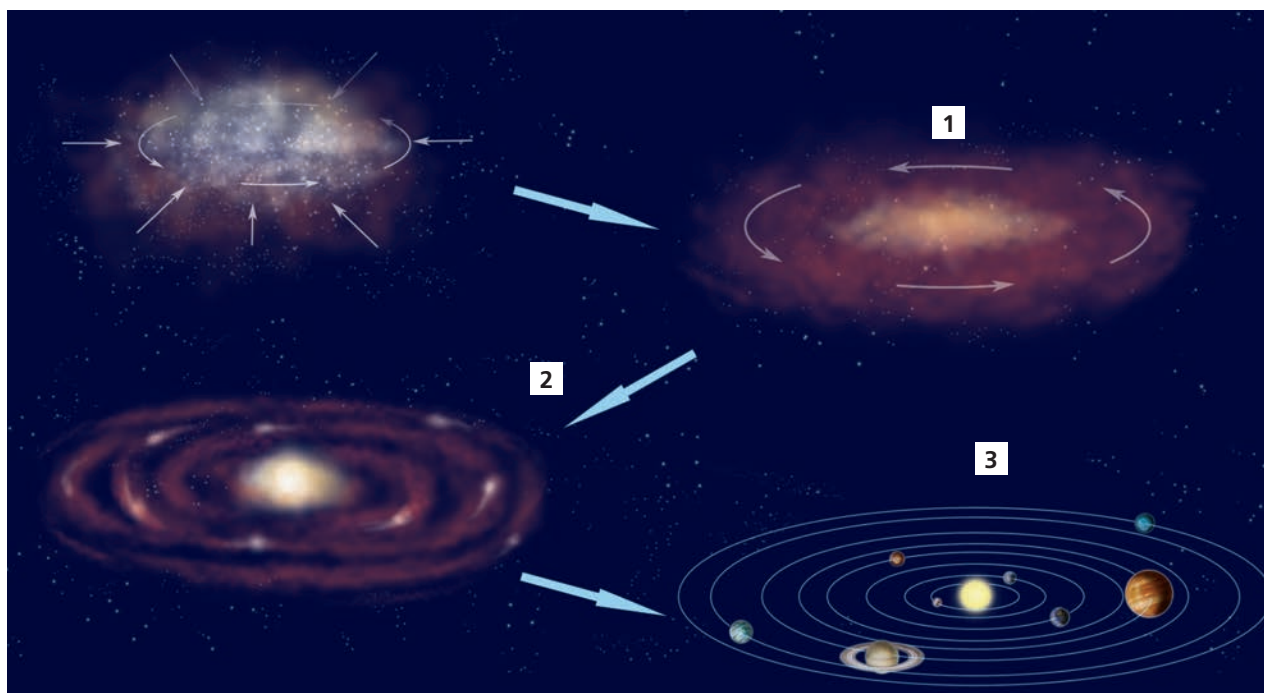
Per a d'altres, com alguns defensors de les **teories de l'estat estacionari** i de l'**univers polsant**, resulta més convincent pensar que la matèria i l'energia sempre han existit.

1.8 Formació i dinàmica de la Terra

Formació del sistema solar i la Terra

El sistema solar es va originar a partir d'una nebulosa giratòria.

1. La gran nebulosa va sofrir un procés de contracció. A causa de la força centrífuga, la massa no va originar una esfera, sinó que va adquirir la forma de disc.
2. Gran part de la matèria es va anar condensant al centre del disc i va originar una estrella o protosol.
3. Al voltant de l'estrella (Sol) es van anar condensant petites masses materials que van formar els diferents planetes que componen el sistema solar.



Telescopi espacial Hubble orbitant sobre la Terra.

Tots els planetes del sistema solar van continuar al voltant del Sol girant en el mateix sentit que la nebulosa.

Es calcula que la Terra es va formar fa uns 4 500 milions d'anys a partir d'una massa incandescent.

A mesura que aquesta massa inicial es va anar refredant, la Terra es va estructurar en capes.

Les capes que formen la Terra, des de la més externa a la més interna, són:

- ◆ L'**atmosfera**.
- ◆ La **hidrosfera**.
- ◆ L'**escorça**.
- ◆ El **mantell** (superior i inferior).
- ◆ El **nucli** (extern i intern).

Teoria de la tectònica global o tectònica de plaques

Segons la teoria de la **tectònica global**, la **litosfera** (formada per l'escorça i la part més externa del mantell) està fragmentada en porcions denominades plaques tectòniques o litosfèriques.

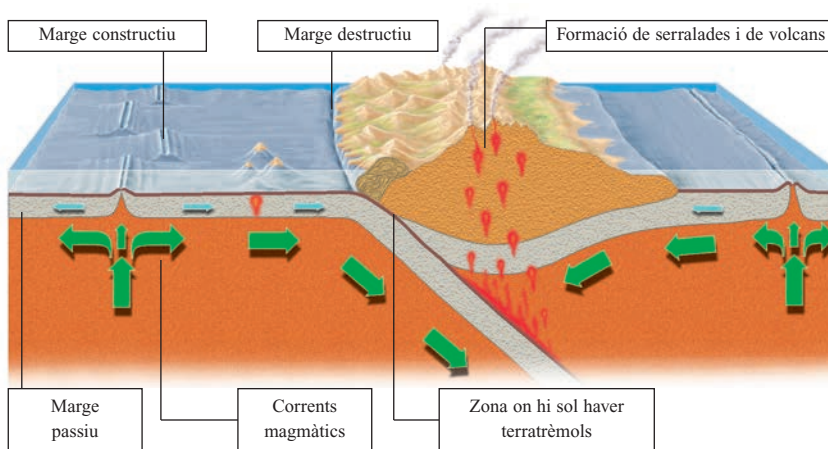
Els corrents de magma, que ascendeixen a la superfície des del mantell profund, generen les plaques litosfèriques, les fragmenten i les mouen sobre una part del mantell anomenada **astenosfera**. El desplaçament de les plaques provoca que col·lideixin entre si, que les unes s'enfonsin a sota de les altres, i que s'acabin fonent a l'interior del mantell.

En les plaques litosfèriques distingim tres tipus de **marges**:

- ◆ El **marge constructiu** és la part per on la placa creix gràcies al material magmàtic que ascendeix del mantell profund.
- ◆ El **marge destructiu** és la part de la placa que, en col·lidir amb una altra placa, s'enfonsa a l'astenosfera.
- ◆ El **marge passiu** és la part de la placa que, en desplaçar-se, frega amb el marge passiu de la placa contigua.

El moviment de les plaques provoca els fenòmens següents:

- ◆ Formació de les **serralades** per l'acumulació de materials magmàtics o per plegaments dels sediments a les zones de xoc entre les plaques.
- ◆ Generació dels **sismes** (terratrèmols i sismes submarins) a causa del desplaçament brusc d'una placa respecte de l'altra.
- ◆ Formació de **volcans** en produir-se esquerdes per les quals el magma procedent de l'astenosfera surt a l'exterior.



Activitats

1. En què es diferencia la matèria atòmica de la matèria fosca?
2. Què és l'energia fosca?
3. Quines són les teories sobre l'origen i l'evolució de l'Univers?
4. Què és la radiació de fons? Troba a Internet com es va descobrir.
5. Explica els efectes que s'originen pel desplaçament de les plaques.

2. L'ésser viu i la vida

2.1 Els éssers vius i la vida

Els **éssers vius** o **organismes vius** són aquells que tenen una estructura material molt complexa i que són capaços de **nodrir-se**, **relacionar-se** i **reproduir-se**, és a dir, de realitzar les tres **funcions vitals**. La **vida** es pot definir com el conjunt d'aquestes tres qualitats o funcions.

La ciència que estudia els éssers vius és la **biologia**. Ho fa des de tots els punts de vista, des del molecular fins al d'ecosistema.

Característiques dels éssers vius

◆ Actuen espontàniament i amb una certa intencionalitat.

Aquesta actuació té com a objectiu realitzar les funcions vitals.

- La **nutrició** és la funció de captar matèria i energia de l'exterior, a fi de mantenir la seva estructura, créixer, desenvolupar-se i realitzar les funcions vitals.
- La **relació** és la funció de captar estímuls de l'exterior i elaborar-hi respostes adequades. Sense, els éssers vius serien incapaços de nodrir-se i de reproduir-se.
- La **reproducció** és la funció d'originar individus nous, iguals o semblants als progenitors.

◆ Són éssers molt complexos. Això és degut al fet que han de regular moltes reaccions químiques internes diferents i respondre adequadament a un gran nombre de substàncies externes. Els éssers vius estan constituïts per matèria orgànica i inorgànica.

- La **matèria orgànica** és aquella que està constituïda, bàsicament, per àtoms de carboni (C) i d'hidrogen (H). La majoria, a més, presenta àtoms d'oxigen (O) i de nitrogen (N). En la natura només es troba formant part d'organismes i els seus derivats naturals, com el petroli.
- La **matèria inorgànica** és la que no està constituïda, bàsicament, per àtoms de carboni i d'hidrogen. També rep el nom de matèria mineral, ja que forma els minerals, les roques i l'aigua.

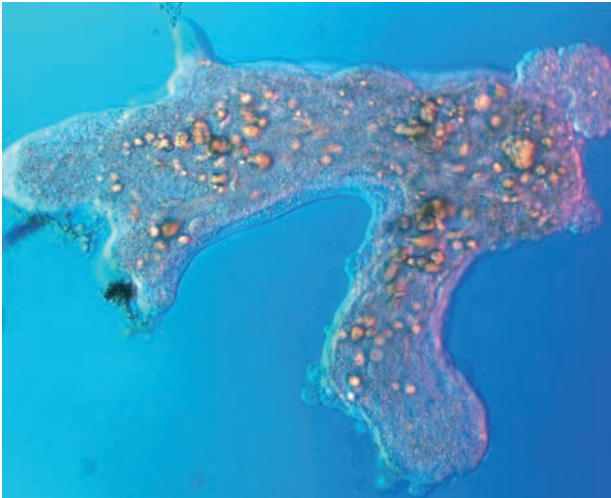
Metabolisme

Les molècules dels organismes reaccionen entre si i es transformen, amb la finalitat de formar la seva estructura i obtenir energia. El conjunt d'aquestes reaccions químiques s'anomena **metabolisme**.



Pingüí emperador.

- ◆ **Estan constituïts per una cèl·lula o més.** Els primers són els éssers unicel·lulars i els segons, els pluricel·lulars.
Des del punt de vista **estructural**, la cèl·lula és una estructura de matèria viva constituïda per una membrana, un citoplasma i material genètic (l'àcid desoxiribonucleic o ADN), que conté la informació sobre la seva estructura i funcionament.
Des del punt de vista **funcional**, la cèl·lula és la unitat més senzilla de matèria viva autònoma, ja que és capaç de nodrir-se, reproduir-se i relacionar-se per si mateixa.



Ésser unicel·lular. Ameba (Protozou).



Ésser pluricel·lular. Tortuga (Rèptil).

- ◆ **La informació biològica sobre la seva estructura corporal (anatomia) i el seu funcionament (fisiologia) es troba en els àcids nucleics.** Cadascuna de les unitats d'informació es denomina **gen**. Els gens d'un ésser viu són hereditaris, per la qual cosa passen del progenitor als seus descendents.
- ◆ **Els éssers vius mantenen relativament constant el seu medi intern.** El seu objectiu és intentar que no els afectin les variacions del medi ambient. Aquesta propietat s'anomena **homeòstasi**.

Activitats

- Quines són les característiques fonamentals dels éssers vius?
- Indica les diferències entre matèria orgànica i matèria inorgànica, i entre cèl·lula procariota i cèl·lula eucariota.
- Què és un gen?



Ésser pluricel·lular. Amanita muscaria (Fong).

Tipus de cèl·lules

Cèl·lules procariotes. Són les que no tenen nucli cel·lular diferenciat.

Cèl·lules eucariotes. Són les que tenen nucli, és a dir, tenen el material genètic envoltat per una membrana doble que es coneix com a embolcall nuclear.

3. L'origen de la vida i dels primers organismes

Les primeres explicacions històriques sobre l'origen de la vida i els éssers vius sostenen que els diversos éssers vius van ser creats per algun ésser superior. Avui dia s'entén que els textos religiosos pretenen mostrar la intervenció divina en la creació de la vida, però no explicar com s'ha originat la matèria viva, la qual cosa pertany a l'àmbit dels textos científics.

3.1 La teoria de la generació espontània

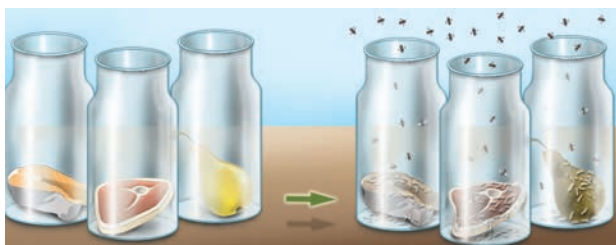
Aquesta teoria defensa que alguns éssers vius podrien originar-se a partir de materials inerts, com el fang, la suor, la carn en corrupció, etc. Aquesta hipòtesi va ser acceptada en el món científic durant segles. Entre d'altres, va ser sostinguda per **Aristòtil** (384-322 aC). Es creia que del fang es generaven les anguiles; de la pluja, les granotes; de la carn en putrefacció, els cucs i les mosques; etc. Fins i tot es van arribar a proposar fórmules per obtenir éssers vius. Així, **J. B. Helmont** (1577-1644) va afirmar que per aconseguir ratolins només calia embolicar grans de blat en una camisa bruta i suada i esperar uns 21 dies.

El metge italià **Francesco Redi** (1626-1698) va fer diversos experiments que demostraven que la idea de la generació espontània era errònia.

Mètode científic aplicat per Francesco Redi

- **Observació.** Va observar que els cucs només apareixien a la carn en procés de putrefacció si les mosques s'hi havien posat diversos dies abans.
- **Hipòtesi.** A partir d'aquesta observació va elaborar la hipòtesi que «els cucs procedeixen de mosques que posen ous a la carn podrida». Per comprovar la certesa de la seva hipòtesi va fer els experiments següents el 1668:

1



- **Experiment 1.** Va col·locar restes d'éssers vius en diversos recipients: els uns els va tancar i els va segellar amb cera i els altres els va mantenir oberts. El resultat va ser que només apareixien cucs als recipients oberts, en els quals podien entrar mosques adultes.

2



- **Experiment 2.** Va repetir l'experiment tapant alguns recipients amb un tros de gasa per permetre que hi entrés l'aire fresc, però no les mosques. El resultat va ser que van tornar a aparèixer cucs sobre la carn en putrefacció als recipients oberts, però no en els tapats amb gasa. Amb aquest experiment, Redi va comprovar que el que impedeix la presència de cucs a la carn és que les mosques no puguin posar-hi ous.

- **Conclusió.** Redi va arribar a la conclusió que els cucs procedeixen de les mosques i no de la generació espontània.
- **Teoria.** A partir d'aquí va establir la teoria següent: «Els cucs de la carn no s'originen espontàniament de la matèria morta, sinó que es formen a partir de mosques que posen els seus ous a la carn».

Més tard, **A. Leeuwenhoek** (1632-1723), l'inventor del microscopi, va comunicar que havia vist organismes microscòpics vius a l'aigua de pluja que havia recollit a la teulada de casa seva.

Això va fer que alguns científics admetessin la possibilitat que els microorganismes s'originessin per generació espontània.

El 1745, **J. T. Needham** (1713-1781) va introduir teixits vegetals i animals en flascons hermètics i els va escalfar. Diversos dies després va observar l'aparició de microorganismes, cosa que el va portar a defensar la hipòtesi de la generació espontània dels microbis.

Anys després, el 1769, **L. Spallanzani** (1729-1799) va repetir l'experiment i va demostrar que, si s'impedia que entrés aire als flascons escalfats, no hi apareixien microbis.

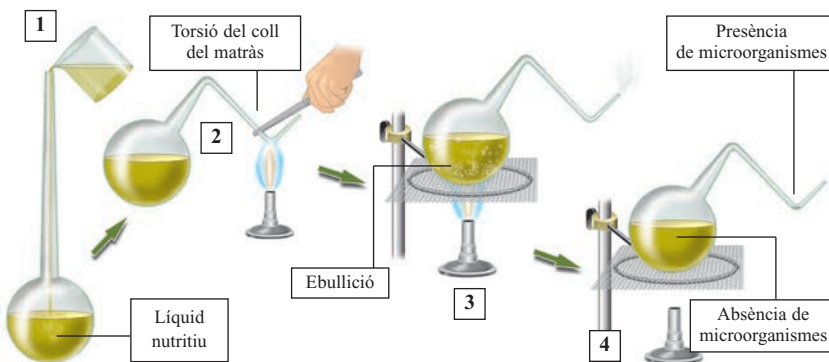
L'argument en contra era que, a causa de la falta d'aire, no apareixien els microbis. Per tant, la controvèrsia entre defensors i detractors de la generació espontània seguia oberta.

El 1860, el microbiòleg francès **Louis Pasteur** (1822-1895) va fer un experiment similar al que va efectuar Redi dos-cents anys abans i va demostrar que la teoria de la generació espontània de la vida era falsa. Pasteur va explicar que els microbis i les espores de fongs que contenia l'aire i que es dipositaven contínuament sobre els objectes eren els causants de la descomposició dels cadàvers dels organismes.



Louis Pasteur (1822-1895).

Experiment de Pasteur



1. Pasteur va introduir un brou de cultiu en un matràs, recipient de coll llarg i estret. **2.** Va escalfar el coll del matràs fins a corbar-lo en forma de coll de cigne, i va deixar l'extrem obert. **3.** Va bullir el contingut del matràs per matar qualsevol forma de vida. **4.** Va deixar que es refredés el brou. Va entrar-hi aire, però no es van dipositar microorganismes al brou.

Si el matràs es mantenia vertical, no es produïa la contaminació microbiana del brou, fins i tot després de molt temps, pel fet que els microorganismes no podien ascendir pel coll del recipient. Però si s'inclinava fins a posar en contacte el brou amb l'obertura del coll (plena de microbis), es produïa la contaminació microbiana del brou. Per tant, l'absència de vida al recipient vertical no era deguda a la destrucció d'algun principi vital per l'escalfament del brou, sinó que s'impedia que es contaminés.

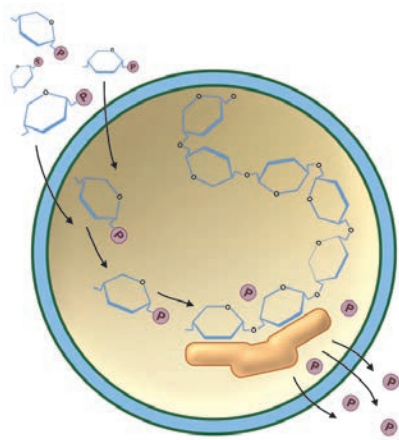
Amb aquest experiment, Pasteur va demostrar que «**tots els éssers vius procedeixen d'altres éssers vius**» i que la teoria de la generació espontània de vida no era certa.

3.2 La hipòtesi de l'origen de la vida a partir dels coacervats

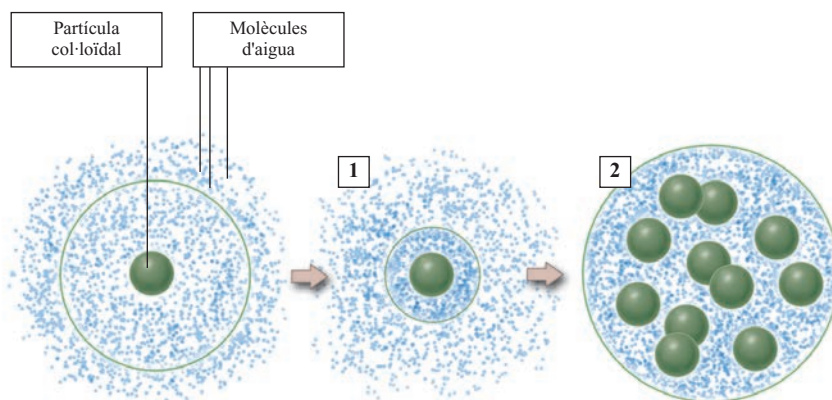
Després dels experiments de Pasteur, es va proposar que la generació espontània de vida sí que es podria haver donat en les condicions inicials del planeta.

El científic rus **A. Oparin** (1894-1980) sostenia que l'aparició de la vida va estar precedida d'una evolució química. Segons ell, l'atmosfera terrestre primitiva estava constituïda per hidrogen (H_2), aigua (H_2O), amoníac (NH_3), alguns hidrocarburs com el metà (CH_4), etc.; no va considerar que hi hagués diòxid de carboni. A partir d'aquestes substàncies, en refredar-se la Terra, es va originar una gran quantitat de molècules orgàniques (de C, H, O i N) que es van acumular a la hidrosfera i van constituir el **brou primitiu** (denominat així per J. B. Haldane).

Algunes d'aquestes molècules petites (monòmers) es devien combinar i formar molècules d'elevat pes molecular (polímers), les quals, al seu torn, s'unirien espontàniament per constituir microscòpiques estructures tancades, anomenades **coacervats**, formades per un embolcall i un medi intern que podria presentar enzims. Els coacervats tindrien un metabolisme molt senzill que els permetria créixer i dividir-se.



L'enzim fosforilasa s'uneix a molècules de glucosa i sintetitza midó, que constitueix l'estructura que delimita el coacervat, el qual, quan és molt gran, es divideix en dos.



Formació de coacervats

1. La partícula col·loidal atreu les molècules d'aigua properes formant una capa de molècules d'aigua adherides.
2. Les partícules col·loïdals es poden atreure i compartir les seves capes d'aigua i originar una capa d'aigua més àmplia que separaria el medi intern de l'exterior.

Oparin va aconseguir obtenir coacervats al laboratori que cresquesin i que es dividissin. El 1924 va arribar a la conclusió que els coacervats eren els precursors dels éssers vius.

El 1929, el científic l'anglès **J. B. Haldane** va arribar a unes conclusions similars a les d'Oparin, per la qual cosa se sol parlar de la **teoria d'Oparin-Haldane**.

La hipòtesi d'Oparin explica com es va poder passar de la matèria inorgànica a l'orgànica, però no com es passa de la no-vida a la vida, perquè no explica l'origen dels enzims interns dels coacervats ni com podrien evolucionar, ja que no tenen informació genètica.

3.3 La síntesi experimental de matèria orgànica senzilla

El 1952, **S. Miller** va confirmar experimentalment la hipòtesi d'Oparin. Va introduir en un matràs esfèric els gasos que presumiblement constituïen l'atmosfera primitiva (metà, amoníac, hidrogen i vapor d'aigua) i els va sotmetre durant una setmana a descàrregues elèctriques que simulaven les possibles tempestats elèctriques. Va mantenir el recipient a una temperatura pròxima a la de l'ebullició de l'aigua. Posteriorment, va comprovar que al recipient havien aparegut molècules orgàniques senzilles com glúcids, àcids grassos i aminoàcids.

3.4 La síntesi artificial de matèria orgànica complexa

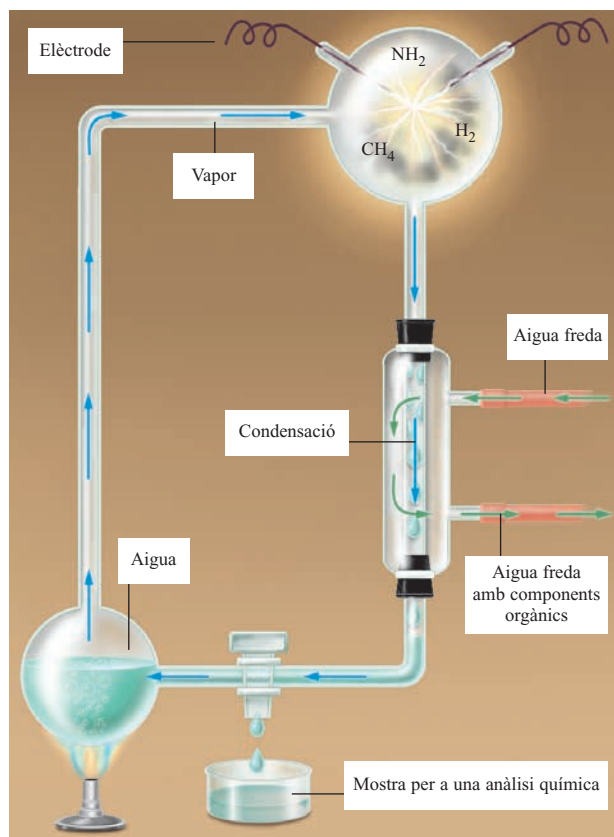
El científic americà **S. Fox** va considerar la possibilitat que, a les regions volcàniques pròximes al mar de la Terra primitiva, les barreges d'aminoàcids del brou primitiu es van escalfar i es van dessecar, la qual cosa va poder originar polímers d'aminoàcids, és a dir, proteïnes. Ho va comprovar experimentalment el 1958. Va introduir en un forn una porció de lava en què havia posat una barreja de 18 tipus d'aminoàcids i els va mantenir a 170 °C durant unes quantes hores. Va obtenir polímers d'aminoàcids similars a les proteïnes que va denominar **proteï-noids termals**, els quals formaven petites gotetes. Aquestes gotetes les va anomenar **microesferes**, que podrien ser capaces de captar energia del medi extern i dividir-se.

No obstant això, els experiments de Fox no explicaven com s'originaria la primera estructura viva, ja que les microesferes no presentaven molècules capaces de contenir i transmetre la informació biològica. Avui dia es pensa que aquestes molècules es devien formar en una de les primeres fases de l'evolució **protobiològica**.

3.5 La síntesi d'àcids nucleics

A partir de 1959, el científic català **Joan Oró** (1923-2004), seguint un protocol semblant al de S. Miller, però canviant la composició dels gasos que utilitzava aquest per altres d'abundants als cometes (àcid cianhídric, amoníac i aigua), va aconseguir sintetitzar les molècules que constitueixen els àcids nucleics. Segons Oró, els primers compostos orgànics es podrien haver format en part a la Terra i en part als meteorits i cometes que van caure sobre el nostre planeta. Una dada que sustenta aquesta hipòtesi és que els elements que componen les biomolècules (carboni, nitrogen, oxigen, sofre i fòsfor) es troben entre els més abundants a l'Univers, després de l'hidrogen, l'heli i el neó.

Oró va concebre que el primer ésser viu es devia originar a partir de l'acció conjunta de cinc macromolècules: un protoribosoma (estructura que sintetitza les proteïnes), una protoenzima, un proto-ADN o unproto-ARN (amb la informació biològica i capacitat d'autoduplicar-se), un proto-ARN de transferència i una membrana.

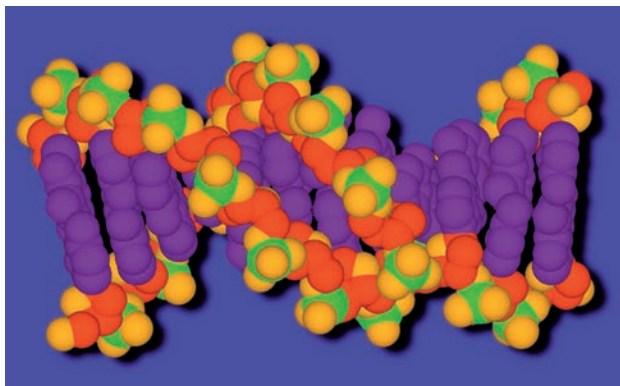


Esquema de l'aparell utilitzat per Stanley Miller.

3.6 Hipòtesis actuals sobre l'origen de la vida

Avui dia no se sap en quin ordre van aparèixer les estructures que van formar la primera unitat autònoma viva o **protobiont**, que seria l'avantpassat comú a tots els éssers vius.

El **protobiont** és concebut com un agregat de molècules produïdes de forma abiòtica, envoltat d'una membrana o d'una estructura similar, proveït d'un cert metabolisme i que era capaç de replicar-se.



Model de molècula d'ADN.

Hipòtesi d'Oparin actualitzada

L'atmosfera primitiva no era completament reductora, sinó que presentava una certa quantitat d'oxigen, com demostren els carbonats i òxids de ferro que s'han trobat en roques de fa 3 800 milions d'anys, quan va aparèixer la vida a la Terra. Aquestes substàncies no es podrien haver format en una atmosfera reductora.

L'atmosfera actual conté una quantitat de neó molt inferior a la que esperaríem. Se suposa que una caiguda incessant de meteorits va provocar la sortida de gasos pesats de l'interior de la Terra, i va modificar la composició de l'atmosfera primitiva, constituïda per

gasos molt lleugers. Els meteorits devien aportar gran part dels primers compostos orgànics.

Segons aquesta teoria, els components de protobiont que es van formar primer van ser les membranes; després, els coacervats; després, les proteïnes enzimàtiques i, finalment, els gens.

Hipòtesi d'Eigen o de l'ARN primitiu

M. Eigen, el 1981, va proposar que, a partir de nucleòtids solts, es va constituir la primera molècula (ARN) amb capacitat de contenir informació genètica, d'autoreplicar-se i de controlar els altres processos biològics.

Avui dia ja s'ha constatat que l'ARN és capaç de contenir informació, com passa en molts virus.

Durant el procés evolutiu, la funció de contenir la informació genètica passaria de l'ARN a l'ADN, que és una molècula més estable; i les funcions catalítiques, a les proteïnes enzimàtiques.

Tal com afirma aquesta hipòtesi, primer van aparèixer els gens en forma d'ARN; després, els enzims i, finalment, la membrana plàsmica.

Hipòtesi de Cairns-Smith o dels cristalls d'argila

L'any 1982, el científic A. G. Cairns-Smith va proposar la hipòtesi següent: els ions metàl·lics dels minerals de l'argila, en ordenar-se espontàniament durant la cristallització, provocarien una ordenació determinada dels aminoàcids que van constituir les primeres proteïnes enzimàtiques.

Després, l'argila i els enzims van quedar embolicats per una membrana. Durant el transcurs del procés evolutiu, la informació (ordenament) passaria dels minerals d'argila a l'ARN.

Segons aquesta hipòtesi, primer es van formar els cristalls dels minerals de l'argila; després, els enzims; després, les membranes i, finalment, els gens en forma d'ARN.

3.7 Els primers organismes

La primera cèl·lula procariota

Les roques més antigues que s'han trobat són el gneis d'Acasta (Canadà), de fa 4 030 milions d'anys. Aquestes roques mostren que en aquesta època la superfície terrestre ja s'havia refredat i era sòlida. D'altra banda, s'han trobat indicis de vida a les roques sedimentàries d'Isua (Grenlàndia) i fòssils de bacteris de fa 3 500 milions d'anys a Apex (Austràlia).

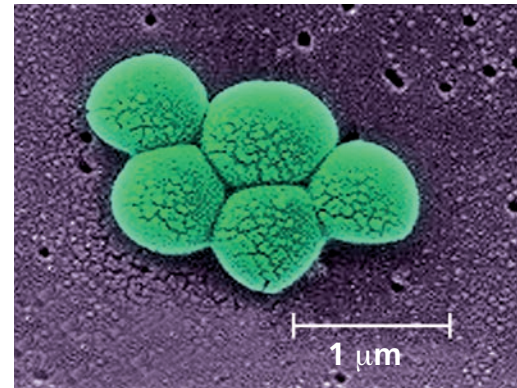
Aquestes dades fan pensar que l'evolució protobiològica, que va originar la primera cèl·lula, va ser un procés molt ràpid que va durar entre 200 i 500 milions d'anys, aproximadament.

Fins que va aparèixer la primera cèl·lula eucariota, la Terra va estar habitada únicament per organismes procariotes (bacteris).

La primera cèl·lula eucariota

Els primers fòssils (no segurs del tot) de cèl·lules eucariotes són de fa 2 100 milions d'anys (mina Empire, a Michigan, Estats Units). Els primers fòssils segurs són de fa 1 500 milions d'anys (dolomia d'Amelia, a Austràlia). Amb aquestes dades és possible afirmar que l'evolució des dels procariotes fins als primers éssers unicel·lulars eucariotes va ser un procés molt lent que va durar entre 1 400 i 2 300 milions d'anys. Sobre la manera com es va originar la primera cèl·lula eucariota hi ha dues hipòtesis que no són excloents:

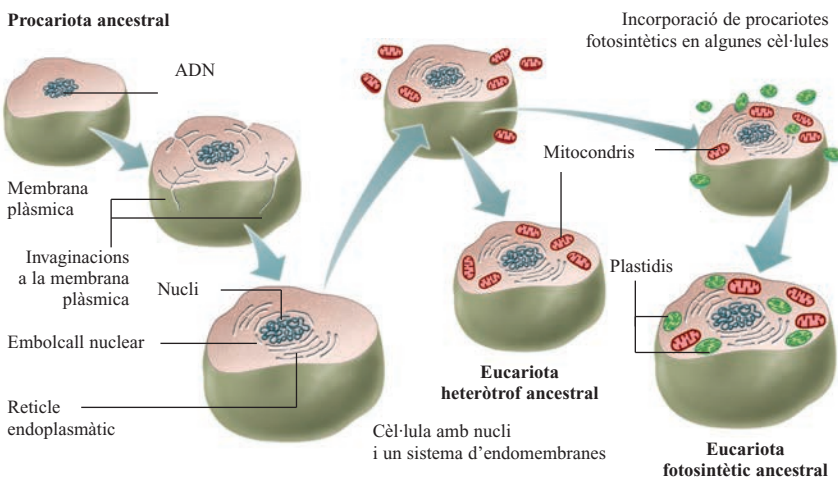
- ◆ **Hipòtesi autògena de Taylor i Dobson.** En compartimentar-se una gran cèl·lula procariota mitjançant membranes es van formar alguns orgànuls de la cèl·lula eucariota (nucli, reticle endoplasmàtic, aparell de Golgi i vacúols).
- ◆ **Hipòtesi de l'endosimbiosi en sèrie de Lynn Margulis.** Segons aquesta hipòtesi, la cèl·lula eucariota procedeix d'una cèl·lula ancestral anaeròbia que hauria englobat diverses cèl·lules procariotes entre les quals s'hauria establert una relació de simbiosi. Cadascuna s'hauria transformat en un orgànul cel·lular. Així, els cianobacteris originarien els cloroplasts; els bacteris aeròbics, els mitocondris; els bacteris espiroquetes, els cilis i els flagels; etc.



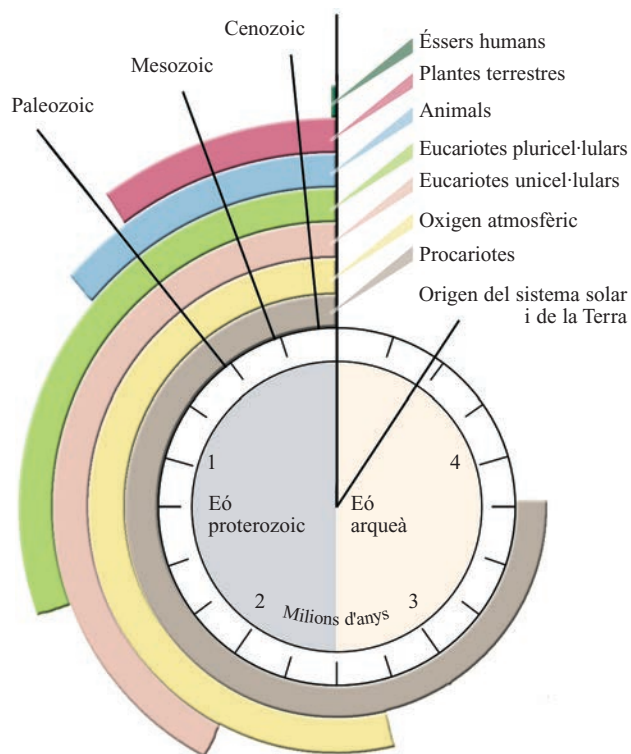
Els bacteris es troben entre els primers organismes procariotes que van poblar la Terra.



Representació de microfòssils trobats el 1992 en sílex a Apex (Austràlia).



Hipòtesi de l'origen de la cèl·lula eucariota per compartimentació i endosimbiosi.



Aparició de diferents tipus d'éssers vius.

Els primers eucariotes pluricel·lulars

Es considera que es van formar a partir d'organismes eucariotes unicel·lulars, que formaven **colònies** temporals, en el moment que van perdre la capacitat de separar-se. Les cèl·lules que integraven aquestes colònies es van especialitzar en funcions diferents, i van donar lloc als **teixits**. D'aquesta manera es van formar els organismes pluricel·lulars tant vegetals com animals.

Els primers possibles fòssils d'eucariotes pluricel·lulars són algues relativament petites de fa 1 200 milions d'anys. Els primers fòssils segurs són uns animals tous i de formes molt diferents de les actuals trobats a Ediacara (Austràlia) de fa entre 700 i 570 milions d'anys, i una sèrie abundant d'organismes, alguns d'estrany i uns altres de semblants als actuals, trobats als esquistos de Burgess (Muntanyes Rocoses, al Canadà) de fa 530 milions d'anys. El pas d'organismes eucariotes unicel·lulars a pluricel·lulars va ser un procés molt lent, d'uns 800 milions d'anys.

L'evolució del metabolisme

Segons ha estat possible deduir, els primers organismes eren **procariotes heteròtrofs fermentadors**. La fermentació, com que no necessita oxigen, és el procés metabòlic òptim per obtenir energia de

les molècules orgàniques, que constituïen el brou primitiu, en una atmosfera sense oxigen, com era la primitiva.

Quan aquestes molècules van començar a esgotar-se, van resultar més aptes aquells organismes, sorgits abans que això passés, que tenien la capacitat d'utilitzar la llum com a font d'energia, és a dir, els que eren capaços de fer la **fotosíntesi**.

Fa uns 3 000 milions d'anys van aparèixer els cianobacteris, microorganismes que ja podien dur a terme una fotosíntesi més eficaç i que desprenia oxigen. Mitjançant aquest procés descomponien l'aigua (H_2O) per obtenir hidrogen (H), amb el qual reduïen el diòxid de carboni i així sintetitzaven matèria orgànica i alliberaven oxigen (O_2). Aquest gas no desitjat va enriquir l'atmosfera primitiva.

Els rajos ultraviolats del Sol van provocar la transformació de part d'aquest oxigen en ozó. Aquest gas constitueix una pantalla que no deixa passar els rajos ultraviolats, que hi ha en les radiacions del Sol, que són molt nocius per a les cèl·lules. El fet que hi hagi aquesta pantalla possibilita la vida fora de l'aigua.

Evidències de tot això són els **estromatòlits** de fa 3 000 milions d'anys, que són formacions laminars superposades en forma de cúpules de desenes de centímetres que formen els cianobacteris. També s'han de destacar les formacions d'òxids de ferro en bandes de fa 2 200 milions d'anys originades quan l'oxigen es va combinar amb el ferro de les roques.

La presència d'oxigen a l'atmosfera va afavorir el predomini dels éssers vius amb respiració aeròbica, gràcies a la qual obtenen una gran quantitat d'energia.

Activitats

9. Fes una descripció de l'experiment de Pasteur.
10. Què és l'atmosfera primitiva?
11. Què és un coacervat?
12. Segons la hipòtesi de l'endosimbiosi, com haurien aparegut els organismes eucariotes?

13. Què és l'univers observable?
14. Què és una galàxia?
15. Què és l'ou còsmic?
16. Explica què volem dir quan afirmem que l'Univers està en expansió.
17. Explica breument la teoria de la gran explosió o Big Bang.



Radiotelescopi. Austràlia.

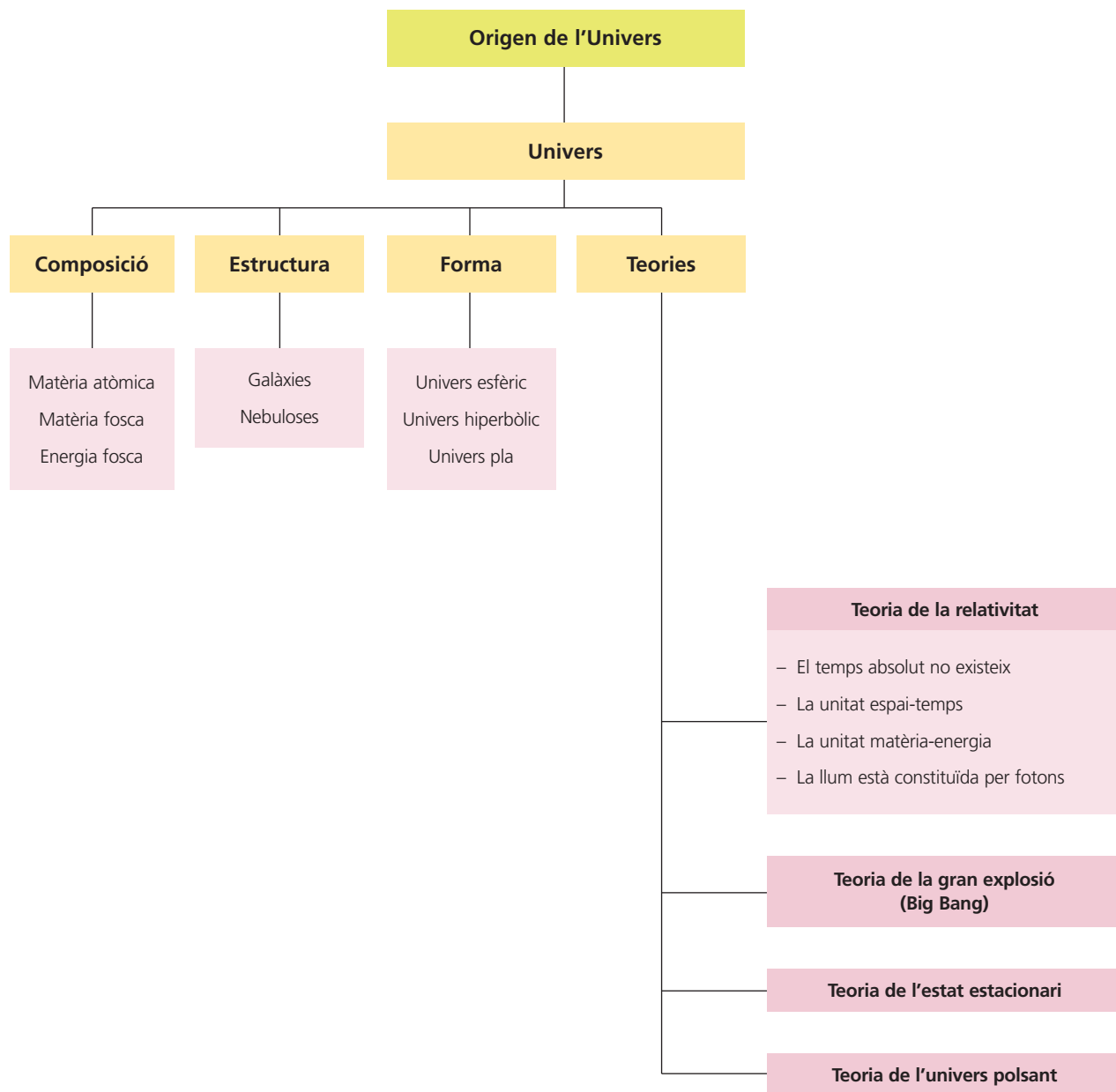
18. Per quin motiu s'ha descartat la teoria de l'univers polsant?
19. Defineix els conceptes d'ésser viu i de vida.
20. Indica tres característiques comunes als éssers vius i als éssers inanimats.
21. Diferencia els conceptes de fisiologia i anatomia en els éssers vius.
22. Defineix què són les funcions de nutrició, relació i reproducció.
23. Descric el concepte d'*homeòstasi*.
24. Quins són els passos principals que devien tenir lloc en l'evolució química fins que es va formar la primera cèl·lula?
25. Explica què era el brou primitiu i quins components principals tenia.
26. Explica les diferències entre els coacervats i les microesferes. En què s'assemblen?
27. Segons la hipòtesi de l'endosibiosi, com s'haurien originat els mitocondris? I els flagels?
28. Com s'haurien originat els orgànuls citoplasmàtics de les cèl·lules eucariotes segons la teoria autògena?
29. Explica com es formarien els primers éssers vius pluricel·lulars.
30. Quina característica important van haver d'adquirir les cèl·lules que van constituir els primers éssers vius pluricel·lulars?



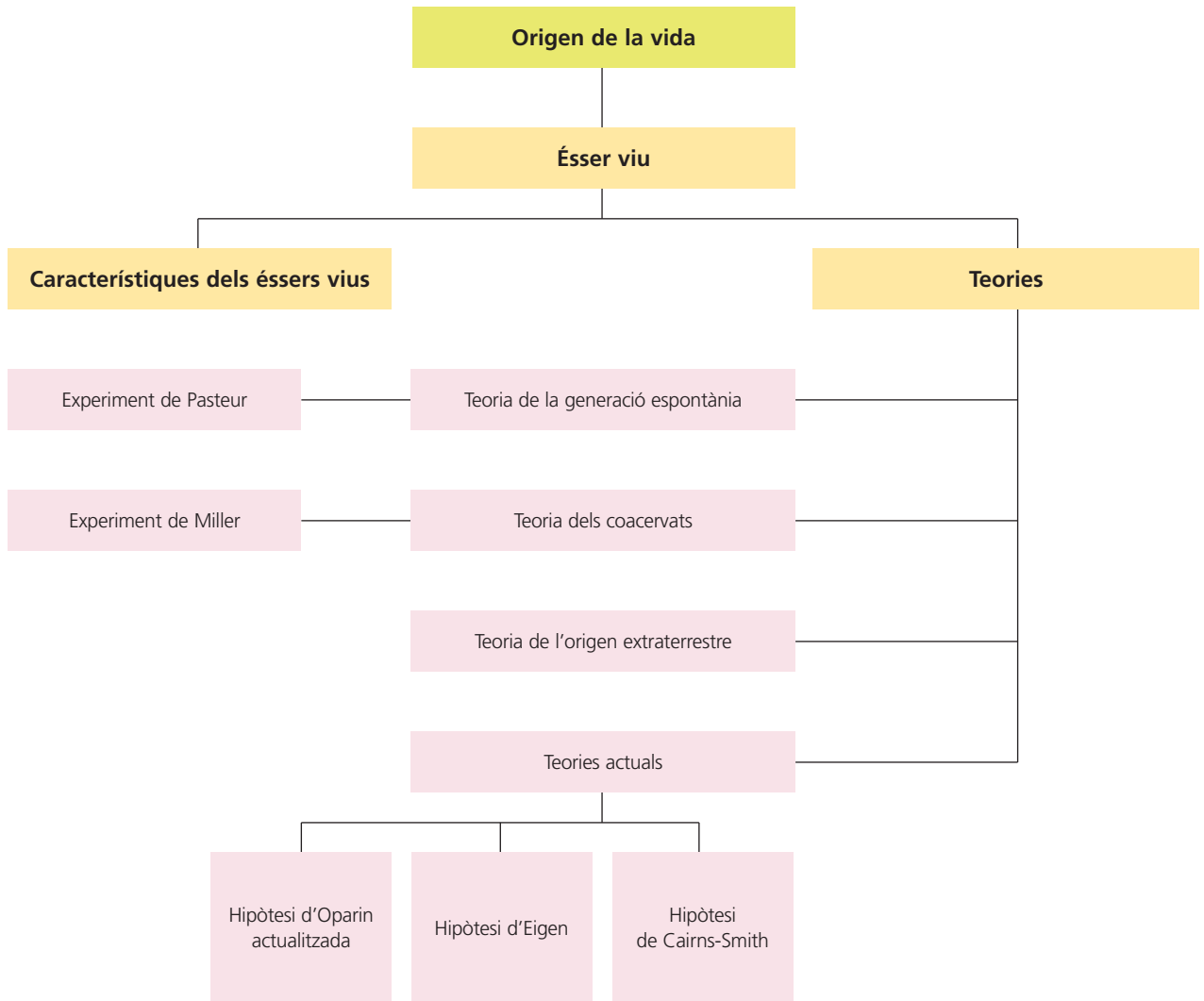
31. Explica com es formarien els primers éssers vius pluricel·lulars.
32. Ordena la relació de grups d'éssers vius següent segons la seva aparició i desenvolupament, des dels més antics fins als més moderns.
 - Eucariotes unicel·lulars
 - Eucariotes
 - Procariotes
 - Plantes
 - Eucariotes pluricel·lulars
 - Animals
33. Indica que tipus d'éssers vius vivien a la Terra fa 1 500 milions d'anys.

Reflexió i debat

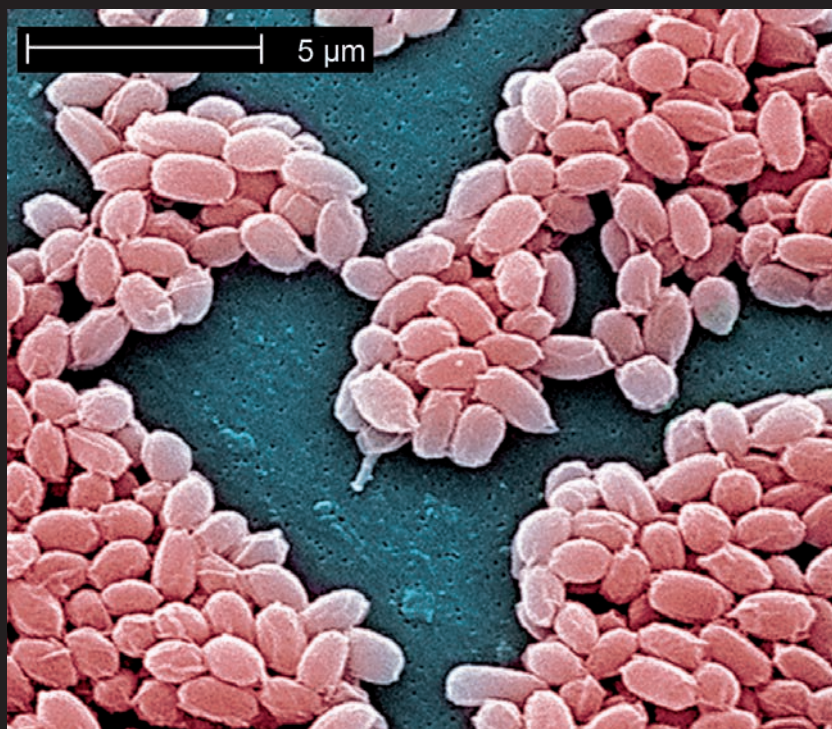
34. Indica les conseqüències principals referents a la concepció de l'Univers derivades de la teoria de la relativitat d'Einstein.



Esquema navegable en el CD.



Els bacteris, autèntics habitants de la Terra



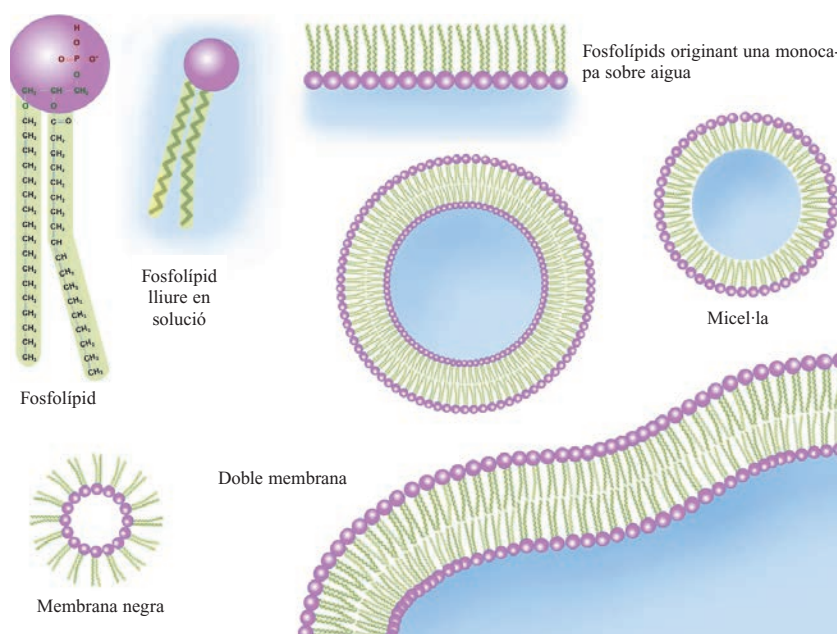
Els bacteris es troben entre els primers éssers procariotes que van aparèixer a la Terra.

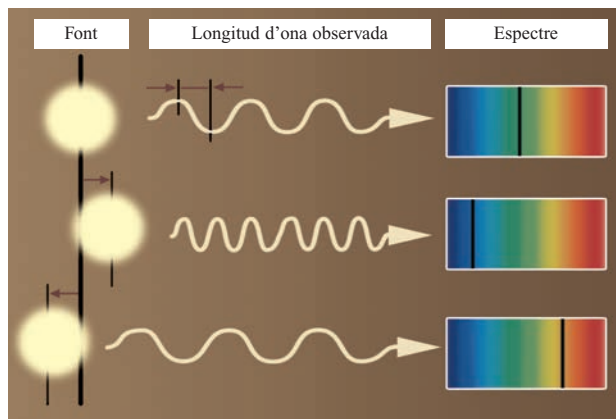
Avui dia, aquests organismes continuen existint, són els més abundants i els que tenen més possibilitats de sobreviure. Per això, alguns científics, com L. Margulis, afirmen que els bacteris són els autèntics habitants de la Terra.

Utilitat dels liposomes

El **liposoma** és un exemple de **protobiont**. En agitar fosfolípids i colesterol dispersos en aigua es poden formar membranes molt semblants a les cel·lulars. Quan es tanquen sobre si mateixes originen un liposoma.

Avui dia, aquestes estructures s'utilitzen per facilitar l'entrada en la cèl·lula de medicaments, cosmètics i fins i tot gens.





Efecte Doppler en les ones electromagnètiques.

L'efecte Doppler

A mitjan segle XIX el físic **C. Doppler** va descobrir que, quan una font d'ones s'acosta a un observador, aquest rep progressivament més ones, i que quan la font s'allunya, rep cada vegada menys ones.

Aquest efecte és degut al fet que, en acostar-se, com que el so es desplaça en la mateixa direcció que el cotxe, les ones es comprimeixen i l'espectador rep més ones per unitat de temps. Al contrari, quan s'allunya, el so es desplaça en sentit contrari al cotxe, les ones s'allarguen i percep menys ones per unitat de temps.

Com que la llum és una ona electromagnètica, també presenta efecte Doppler.

En l'espectre de la llum, la franja de color blau correspon a la longitud d'ona més petita i la de color vermell a la de longitud d'ona més gran.

A partir d'aquesta experiència es dedueix que les ones de llum de color vermell que procedeixen de galàxies llunyanes, indiquen que s'estan allunyant de la Terra.

La possibilitat de vida extraterrestre

S'han descobert un centenar de planetes en diferents sistemes solars. Aquest fet permet a alguns científics pensar en la possibilitat de trobar un astre amb les condicions adequades per presentar alguna forma de vida.

L'índex de vida que resulta més fàcil de detectar és la presència d'oxigen d'origen fotosintètic a l'atmosfera.

Així, l'astre Europa, una de les llunes de Júpiter, té una temperatura superficial de -170°C i una atmosfera amb oxigen d'origen no biològic.

Amb la sonda *Galileo* (1995-2003) s'ha pogut observar que aquest astre conté una gran quantitat d'aigua salada sota una capa de glaç de 30 km de gruix, aproximadament. Si aquesta massa d'aigua presentés una font d'energia seria possible l'existència d'alguna forma de vida.



Joan Oró (1923-2004) va ser un gran especialista en exobiologia.

Aquesta disciplina científica s'ocupa d'estudiar la possibilitat de vida fora de la Terra, a l'Univers.