

UNITAT 2- ORIGEN I CONSTITUCIÓ DEL UNIVERS

1. Què saps de l'Univers

“La bellesa del Univers és només comparable al seu misteri”

➤ Abans de començar anem a veure quines idees tens sobre l'Univers

1. Què és per a tu l'Univers?
2. Creus que l'Univers és finit o infinit?
3. Creus que l'Univers està expandint-se o contraient-se?
4. Quantes dimensions té l'Univers?
5. Quines lleis físiques regeixen l'Univers?
6. Quina edat té l'Univers?
7. Com es diu la teoria que explica la seva formació?
8. Creus que hi ha Universos paral·lels?
9. I Una successió d'Universos en el temps?
10. Quina diferència hi ha entre astronomia i astrologia?
11. Són considerades les dues com a ciència?
12. Què és la cosmologia? En que es diferencia de l'astronomia?
13. Quin instrument ha estat indispensable per conèixer l'Univers?
14. Qui el va inventar?

2. Els diferents sistemes cosmològics

a) La cosmologia mítica

Des d'un principi l'home ha intentat contestar-se diversos interrogants:

1. Què és el que ens envolta, és real o és imaginari?
2. Què hi ha més enllà del que veiem?
3. Com està format el Cosmos (Univers)?
4. Com s'ha format aquest Cosmos?

Els primers homes van explicar l'Univers d'una manera mítica, recorrent a Déus o a forces de la naturalesa, aquestes explicacions van donar lloc a les "cosmogonies"

- **Cosmogonia:**

- **Cosmologia:**

Les cosmogonies poden ser de dos tipus:

- Les que expliquen l'origen de l'univers a partir de la intervenció de Déus. Busca'n alguns exemples
 - Mesopotàmia:
 - Egipte:
 - Grècia.
 - El Gènesis:
- Les que expliquen l'origen de l'univers a partir de forces de la natura. En aquest cas l'origen de l'Univers s'atribueix a un element de la natura anomenat "*arche*" que significa "principi"
 - Tales de Milet:
 - Anaximandre:
 - Anaxímenes:
 - Heràclit:
 - Pitàgores:
 - Anaxàgores:
 - Demòcrit:

b) La cosmologia aristotèlica (348-322 aC)



c) La cosmologia de Ptolomeu (s II dC)

d) La cosmologia de Copèrnic (1473-1543)



I en aquella època digueren:

La teoria de Copèrnic és una simple hipòtesi matemàtica que no explica la realitat física, no explica com és en realitat el Cosmos. A la vida diària no tenim evidències del moviment de la Terra, i les Sagrades Escripures ens diuen:

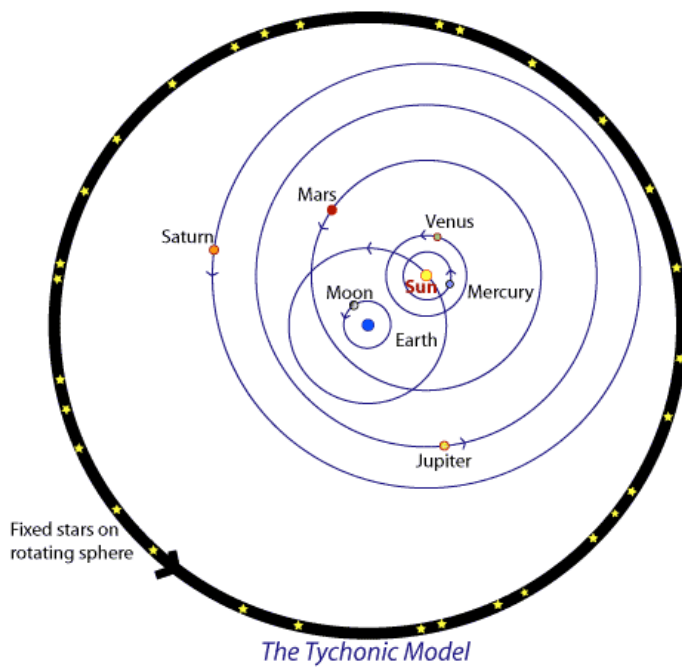
*“Josué va ordenar al Sol que s’aturés”
(Libre de Josué)*

*“La Terra roman sempre al mateix lloc”
(Eclesiastès)*

*“El Sol s’aixeca i es pon tornant sempre
al lloc on s’havia aixecat” (Eclesiastès)*

e) Els descobriments de Galileu (1564-1642)

f) La cosmologia de Tycho Brahe (1546-1601)



model geoheliocèntric:

g) Els descobriments de Kepler (1571-1630)

h) La teoria de la gravitació Universal de Newton (1642-1727)

i) La teoria excèntrica de Harlow Shapley (1885-1972)

j) Hubble: el pare de la cosmologia (1889-1953)

3. L'Univers relativista: la quarta dimensió

Einstein va introduir un quart element a l'hora de descriure el que passa a l'Univers: el temps.

El concepte de relativitat i el camí fins la teoria de la relativitat d'Einstein

El concepte de relativitat ja existia i es coneixia com la Relativitat de Galileu. Per exemple, suposa que estiguis parat a l'andana d'una estació de trens i en un instant passa movent-se cap a la dreta un vagó de passatgers a la velocitat de 60 km / h pel que fa a tu, que et trobes detingut al costat de les vies . Per a un passatger assegut dins del mateix vagó aquest tren es mou a 0 km / h, és a dir, es troba detingut pel que fa a ELL, ja que tots dos es mouen junts. Aquest passatger pel que fa a TU, a quina velocitat de desplaçament? no hi ha dubtes, passa a la mateixa velocitat que el vagó, o sigui a 60 km / h.

Suposem ara que un segon passatger s'aixeca del seu seient i comença a caminar cap a la dreta a 10 km / h. respecte del vagó. A quina velocitat es mou això del passatger assegut, crec que tampoc hi ha dubtes, i és de 10 km. / h. doncs vagó-passatger assegut pertanyen al mateix sistema.

Bé, però, aquest passatger a quina velocitat es desplaça respecte a TU que et trobes sobre l'andana?. Per aquest cas, la velocitat del passatger serà de 70 km / h, és a dir, que com tots dos tenen el mateix sentit de desplaçament aquestes velocitats es sumen: $60 + 10 = 70$.

Si un altre passatger s'aixeca però camina cap a l'esquerra a 15 km / h, ara la velocitat del mateix respecte a la teva posició, serà de: $60 - 15 = 45$, perquè tenen sentits contraris.

La relativitat de Galileu, només consisteix a sumar velocitats utilitzant el signe (+) o (-) segons sigui el sentit de les mateixes. (En realitat la suma és vectorial, però per l'abast d'aquesta explicació arriba amb aquest definició)

Si s'inverteix la situació i ara el passatger desitja determinar la teva velocitat (que estàs sobre l'andana) respecte a la seva posició En aquest cas la situació és exactament la mateixa, per al passatger, és el qui es troba detingut i és l'andana qui es mou apropant-se cap a la teva posició a la velocitat de 60 km. / h és a dir són dues situacions totalment equivalent, cada observador té la seva pròpia visió de la situació, i cadascun prengué els mateixos valors abans calculats.

Per començar a donar-li propietats a aquests conceptes, en física es diu que cada objecte en moviment o detingut, té el seu propi marc de mesura o de coordenades, és a dir, que cada observador estudia i mensura la situació des del seu propi sistema de referència. Es pot dir que cada passatger té un sistema de referència, i tu que et trobes detingut també tens el teu. En el cas del passatger assegut, el sistema serà el mateix que el del vagó, perquè tots dos es mouen simultàniament. Cada un observa a la resta des de la seva pròpia ubicació, i sumarà o restarà les velocitats segons sigui el sentit del moviment dels diversos objectes estudiats. Quan tots els sistemes de referència es mouen respecte dels altres a velocitats uniformes, es diu que aquests sistemes són inercials. Resumint tot l'anterior, significa que **cada observador té el seu propi i únic sistema de referència**. Per exemple tu que estàs en aquest moment llegint aquest apunt, et trobes en repòs respecte al sistema de referència terra, és a dir, que el teu pel que fa al pis aquestes a zero de velocitat. Però

imagina ara que algú t'està mirant des de la Lluna. Aquest observador va a concloure que la teva aquestes girant sobre un eix a la velocitat de 1vuelta/dia. Si seguim allunyant-nos, i algú s'atura al Sol, dirà que tens dos moviments un sobre el teu eix i un altre al voltant del sol, amb una velocitat que triga 365 dies en recórrer tota l'òrbita. Com pots observar cada observador des del seu propi marc de referència té les seves pròpies conclusions.

Unes línies més amunt quan parlàvem dels sistemes inercials, és important destacar, una de les seves principals característiques, i consisteix en què cada un d'aquests sistemes les lleis de la física es compleixen per a qualsevol observador que sigui dins o fora del sistema de referència en estudi.

De tot l'anterior, es pot concloure que no existeix cap sistema que es trobi totalment en repòs i puguem referenciar totes les mesures a aquest sistema especial. No hi ha en l'univers un sistema que sigui amo de la veritat absoluta de totes les mesures, ja que tots estan en moviment i cada un té la seva pròpia realitat.

Tornant ara a l'inici d'aquest apunt, per allà en els primers anys del segle XX, els científics estaven molt concentrats tractant de determinar les diverses propietats de la llum, com ara la velocitat exacta, la seva naturalesa, la seva energia, el seu mitjà de propagació, etc. En realitat ningú sàvia com cap per arribar d'un lloc a un altre. Així com el so fa servir l'aire per desplaçar-se, la llum que mitjà fa servir per moure?. La primera resposta va ser que utilitza un mitjà que es troba en tot l'univers, que és transparent, de baixa densitat i inunda tots els buits de l'espai, aquest mitjà es diu: ÈTER. Des de la seva proposta els físics es van posar a tractar de trobar-lo, perquè seria fantàstic trobar alguna cosa que es trobi fix en tot l'univers per tenir una referència fixa. Es van fer molts experiments, però l'èter no es va trobar mai

És aquí on entra en escena un jovenet alemany, estudiant avançat de ciències físiques a Zuric, dotat d'una genialitat especial, que li va permetre donar una explicació clara i correcta del que realment passava amb la llum, i els objectes que es mouen a velocitats properes. Aquest va ser **Albert Einstein**.

Einstein reformulà tota la física clàssica de Newton coneguda fins a aquest moment. D'aquí en més ***la teoria de la mecànica clàssica seria només un cas particular d'una mecànica més àmplia i general, anomenada més tard teoria de la relativitat, i que s'aplica a les partícules que es mouen a grans velocitats.***

A partir d'aquest moment Albert Einstein passaria a ser el físic més gran de la comunitat científica de tots els temps. Einstein va partir per a la seva teoria física des de dos postulats que tenen tot el poder per explicar la naturalesa de l'univers. (Els postulats són afirmacions sense demostració) Més tard aquests postulats van ser demostrats amb l'experiència.

- 1. La llum es mou sempre a velocitat constant de 300.000 Km/s independent de la velocitat de la font emissor. És a dir que res es pot moure més ràpidament que la llum. Reflexat matemàticament per la coneguda equació: $E = m \cdot c^2$***
- 2. No hi ha cap experiment possible en una nau que ens permeti saber si ens estem movent.***

Observa que el primer postulat ignora la relativitat de Galileu, on se sumen les velocitats.

Per exemple si sobre el tren un passatger treu una llanterna i envia un feix de llum, quina serà la velocitat del feix respecte al teu que aquestes detingut a l'andana. Segons Galileu seria: $300000 +$ la velocitat del tren. Doncs bé, Albert, demanant perdó a Newton, nega tota aquesta teoria i proposa una nova a partir d'aquests postulats. A partir dels postulats que Einstein havia formulat:

- la velocitat de la llum sempre seria constant de 300.000 km/s "surti a la velocitat que surti", no interessa la velocitat de la font.
- A més la llum no necessita d'un medi material per transportar, es mou a través del buit.

Si la velocitat de la llum depengués de la velocitat de l'emissor, es tindria una forma de determinar el moviment uniforme, experiència que negaria al segon postulat. Per exemple, si fem un exercici mental, que tant li agradava a Albert:

- Suposa que vas sobre una nau que va augmentant ràpidament la seva velocitat i tu tens un mirall a la mà on et pots veure reflectit. Resulta que quan viatges a una velocitat superior a la de la llum, la teva cara desapareixerà del mirall perquè la llum que el teu rostre irradia ja no arriba al mirall (tu vas més ràpid i la llum es queda enredera).
- Suposa parat al fons d'un carrer des d'on pots observar l'altra punta de carrer. Cap a tu ve un cotxe a gran velocitat i pel carrer perpendicular se li acosta una moto, per evitar xocar el cotxe ha de fer una "S" per evitar la col·lisió. En aquest cas, si les velocitats es sumessin, la velocitat de la llum que emet el cotxe t'arribaria abans que la de la moto ja que aquest es dirigeix cap a tu. Per tant veuries a l'automòbil fer una "S en l'aire" sense saber perquè, ja que la llum de la moto encara no t'ha arribat.
- Això últim exemples són creacions mentals, però hi ha casos reals en l'univers, com el moviment d'estrelles, on s'ha determinat que els postulats anteriors es compleixen i que la velocitat d'una ona és sempre constant independent del centre emissor.

El 1905, Einstein, va haver d'acceptar que *cada sistema de referència té el seu propi espai-temps, i que la idea d'un temps absolut com ho havia plantejat dos segles abans Newton estava errat*. Matemàticament la velocitat és igual a l'espai dividit pel temps. Però ara bé, si la velocitat de la llum sempre havia de ser la mateixa, no quedava dubte que el nucli de la qüestió estava en aquests dos rígids conceptes, i que el sentit comú no ens deixava analitzar-los, perquè eren obvis. Com l'hora seria diferent, segons la mesuri parat a la vorera o dalt d'un cotxe en marxa?. No és això ridícul i sense sentit?.

Ara bé apliquem aquests nous conceptes nascuts dels postulats de l'Albert, a un altre exercici mental. Novament recorrerem a

- Suposa que una nau on hi ha un astronauta que emet un raig de llum cap al sostre amb una llanterna. El temps que triga en arribar al sostre és de un segon i la trajectòria és una línia recta cap a munt. Ara per seu costat passa una altra nau a 10.000 km/h , amb un astronauta a dintre que fa el mateix. Com veurà l'astronauta de la primera nau el moviment de la llum de la segona?. Veurà el desplaçament cap al sostre i el desplaçament en horitzontal de la nau, això crearà una trajectòria de la llum corbada. Però el fenomen és exactament el mateix vist des de dintre de cada

nau. Aplicant el postulat d'Einstein de que la velocitat de la llum és sempre la mateixa, l'astronauta de la primera nau calcularà un temps "a" per la trajectòria de la llum a la seva nau, i un temps "b" per la trajectòria de la llum a la nau de l'altre. Per al mateix fenomen els temps són diferents (perquè l'espai és diferent, i la velocitat es la mateixa). **El espai-temps és relatiu.**

Per a matematitzar això es va introduir un factor γ que mesura les diferències del temps. Quan l'astronauta de la primera nau calcula un temps d'un segons

t_1 = temps de l'esdeveniment 1 observat per l'astronauta 1 (el de dintre de la nau)

t_2 = temps de l'esdeveniment 1 observat per l'astronauta 2 (el de l'altra nau)

$$\gamma = \frac{t_2}{t_1}$$

Aquest factor és pot considerar pràcticament 1 a nivell dels moviments que nosaltres coneixem en que les velocitats són molt inferiors a la llum; per tant a aquest nivell es segueix complint les lleis de la mecànica clàssica

Però a mesura que augmenten les velocitats i s'aproximen a la velocitat de la llum, aquest factor és major que 1 i es va fent més gran, i quan arribem a la velocitat de la llum aquest factor serà infinit.

- Llegeix "Un viatge en el temps" pag. 19 de teu llibre

La curvatura de l'espai-temps i els forats de cuc

5. L'origen de l'Univers:

Teoria del Big Bang

➤ Descripció:

➤ Fases:

Tempo	Fenómenos
<u>0</u>	
10^{-43} segons	
10^{-34} segons	
10^{-10} segons	
10^0 segons o 1 segon	
3 minuts	
300.000 anys	
1000 milions d'anys	
D'aquí endavant	

➤ Proves:

Radiació de fons de l'univers	
Expansió de l'univers	
Relativitat general	
Foscor del cel nocturn	
Presència d'elements lleugers	

Teoria de l'univers estacionari

6. Estructura de l'Univers

- **Galàxies:**

- **Nebuloses:**

- **Estrelles:**
 - **Nana blanca:**

 - **Gegant vermella:**

 - **Supernova**

 - **Estrella de neutrons:**

- **Planetes:**

- **Satèl·lits:**

- **Planetes nans:**

- **Plutòides:**

- **Altres cossos:**
 - **Cometes**

 - **Asteroides**

 - **Forats negres:**

 - **Púlsars:**

 - **Quàsars:**

 - **Antimatèria:**

LECTURA: ¿És l'Univers finit o infinit?

Edwin Hubble el 1929 ens va demostrar que les galàxies s'allunyaven les unes de les altres a causa del estirament del mateix espai que hi havia entre elles, de manera que alguna vegada en el passat haurien d'haver estat molt pròximes entre si. Des d'aquell moment fins ara han passat 13.700 milions d'anys segons estimacions realitzades amb el Fons Còsmic de Microones (FCM). Si l'espai mateix va ser minúscul en el passat i només ha passat un lapse de temps determinat, l'univers hauria d'haver crescut fins a un grandària finita. Però, per què diuen els científics que encara no sabem si és finit o infinit?

La veritat és que cometem un greu error en pensar que l'inici de l'expansió va succeir en un punt determinat, en un epicentre de l'univers. Pel *Principi Cosmològic* enunciat per **Albert Einstein** el 1915 sabem que l'univers és homogeni i isòtrop, la qual cosa vol dir que l'univers és igual en qualsevol punt de l'espai i que sembla el mateix en totes direccions, de manera que qualsevol lloc del cosmos pot ser el punt on es va iniciar l'expansió universal. Aquesta expansió va ocórrer en tots els punts de l'univers al mateix temps, de manera que encara que per nosaltres el Radi de Hubble fos de 13.700 milions d'anys-llum, fora d'aquest volum hauria també més llocs on també es va iniciar l'expansió. D'aquesta manera arribem al mateix problema, és l'univers finit o infinit?

Resulta que la finitud o infinitud de l'univers té a veure amb la geometria i amb la seva topologia. Segons dades recents obtingudes del FCM la geometria de l'univers és plana o euclidiana, és a dir que els angle de qualsevol triangle còsmic sumen 180° . D'aquesta manera es descarten possibles universos tancats i possibles universos hiperbòlics (amb forma de cadira de muntar).

La clau de la finitud o infinitud de l'univers és per tant la topologia d'aquest. Hi ha dos tipus d'estructures

- Univers simplement connex
- Univers múltiplesment connex.

Què significa això?. Per comprendre imaginem-nos que l'univers fos d'una sola dimensió, és a dir una línia recta i que els éssers que l'habituen són només punts unidimensionals. Els punts només podrien moure en les direccions oposades, de manera que cada adreça ens portaria a llocs nous i inexplorats si la línia és infinita. D'això se'n diu **univers simplement connex** ja que només es disposa d'una única direcció per arribar a un determinat lloc. Si la línia fos finita podrien donar-se dos casos, que hi hagués dos extrems (vores de l'univers) o que aquests extrems s'unissin entre si formant-se un cercle. Segons el Principi Cosmològic, no hi ha un centre de l'univers, ni existeix una vora, ja que tots els llocs de l'univers són iguals i té el mateix aspecte miris en la direcció que miris. D'aquesta manera si l'univers fos finit no tindria vores, així doncs l'univers unidimensional representat per una línia recta finita, hauria de tenir els seus dos extrems o vores units formant un cercle. Els punts o ens unidimensionals podrien arribar a un mateix lloc seguint dues direccions diferents. A això se li denomina **univers múltiplesment connex**.

Anàlogament un univers de dues dimensions o pla, podria ser **infinit i simplement connex**, o **finit i múltiplesment connex** formant una esfera. Seria com la superfície de la Terra per la qual podem arribar al pol nord tant en direcció nord com en direcció sud.

Ara ve el difícil, que és extrapolar això a un univers tridimensional, que és en el que vivim. Si fos **simplement connex seria infinit**, però **si fos múltiplesment connex seria finit** i tot i així no tindria vores. Mai arribaríem al final de l'univers ja que sempre arribaríem al mateix lloc anem en la direcció que anem.

La conclusió que es treu d'això és que l'univers podria ser infinit o finit però múltiplesment connex. Hi ha diverses línies d'argumentació que donen suport a la finitud de l'univers, una és el Principi de Mach, el qual estableix que tota la matèria de l'univers proporciona la inèrcia dels cossos, de manera que si l'univers fos infinit, la inèrcia o resistència dels cossos al moviment, seria infinita i res podria moure. **Però el més acceptat és un univers euclidià finit i múltiplesment connex,** encara que no està descartat l'univers infinit.

No obstant això, una conseqüència que es deriva de l'existència d'aquest univers, és que cada galàxia estaria reflectida en un o diversos punts de l'univers. Això seria lògic en un univers finit múltiplesment connectat, ja que la llum d'una galàxia que seguís qualsevol direcció es tornaria a ajuntar en el punt oposat de l'univers, en el qual veuríem una còpia exacta de la mateixa galàxia.

Els astrònoms s'han dedicat a buscar les imatges d'aquestes galàxies en diferents punts de l'univers, però la tasca és realment complicada ja que les diferents imatges de les galàxies mostrarien moments diferents en la seva història i haurien de reconèixer-les. D'aquesta manera, recentment s'ha desenvolupat un mètode anomenat Cristal·lografia Còsmica, que consisteix en realitzar un histograma amb les distàncies entre els cúmuls de galàxies. Si les imatges es repetissin periòdicament l'histograma mostraria una sèrie de màxims que representarien la mida real de l'univers. Ja s'ha fet el primer histograma amb els cúmuls de galàxies fins a distàncies de 2.000 milions d'anys-llum, però el resultat és que a aquesta distància l'univers no és finit i interconnectat. El segon histograma es farà en base a les dades recollides per l'Estudi Digital Sloan del cel que pretén cartografiar el cosmos molt més enllà dels 2.000 milions d'anys-llum.

RESUM DE CONCEPTES

- Astrologia
- Cosmogonia
- Cosmologia
- Teoria geocèntrica i defensors
- Teoria heliocèntrica i defensors
- Teoria geoheliocèntrica i defensors
- Teoria excèntrica i defensors
- Concepte d'Univers: És un sistema físic tancat, en el sentit que no interactuen res que hi hagi fora d'ell, format per matèria i energia situats en un espai i temps i que és regeix per relacions causals.
- Univers infinit i finit però multiconnex: és finit en el sentit que té vores, però infinit en el sentit que sempre arribaríem al mateix lloc, no podríem assenyalar un principi i un final
- Univers en expansió
- Efecte Doppler
- Teoria de la relativitat
- Física quàntica
- Quantum
- Principi d'incertesa de Heisenberg
- Fotó
- Big Bang i proves
- Estructura de l'univers