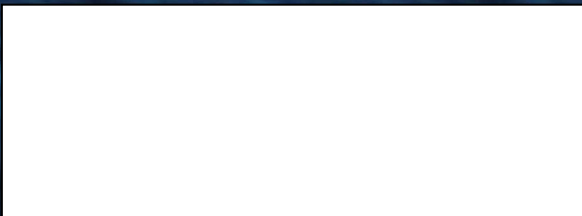


A romantic couple is seen from behind, looking up at a vast, starry night sky. The sky is filled with numerous stars and several bright shooting stars streaking across it. The overall color palette is a deep, cool blue. The couple is positioned in the lower right corner, with the woman on the left and the man on the right. The horizon line is visible in the lower third of the image.

TOTS PODEM CERCAR EL CEL

- CONEIXEM LA COSMOLOGIA -



“La cosa més esplèndida que podem experimentar és el misteri. És la font de tot veritable art i ciència. Aquell a qui aquesta emoció li és estrany, està com mort: els seus ulls estan tancats.”

Albert Einstein

ÍNDIX

1.	INTRODUCCIÓ	5
2.	OBJECTIUS GENERALS	7
	HISTÒRIA DE LA CONCEPCIÓ DEL SISTEMA SOLAR I DEL COSMOS.....	8
3.	HISTÒRIA DE LA CONCEPCIÓ DEL SISTEMA SOLAR I DEL COSMOS.....	9
3.1	L'ASTRONOMIA EN LA PREHISTÒRIA I L'ANTIGA EUROPA.....	9
3.2	L'ASTRONOMIA EN L'ANTIC EGIPTE I A BABILÒNIA	11
3.3	ASTRONOMIA EN L'ANTIGA GRÈCIA	12
3.4	L'ASTRONOMIA A ROMA.....	14
3.5	L'ASTRONOMIA ÀRAB I EN L'EDAT MITJANA.....	14
4.	ASTRONOMIA CIENTÍFICA	15
5.	L'ASTRONOMIA EN L'ACTUALITAT	22
	EL SISTEMA SOLAR.....	24
6.	EL SISTEMA SOLAR.....	25
6.1	FORMACIÓ DEL SISTEMA SOLAR.....	25
6.2	ASTEROIDES, COMETES I METEORITS	26
6.3	ORIGEN DELS PLANETES.....	27
6.4	MUNTAR UN SISTEMA SOLAR.....	28
6.4.1	TAULES	30
	SISTEMA TERRA-LLUNA-SOL: FASES I ECPLISIS.....	34
7.	LA TERRA, LA LLUNA I EL SOL; FASES I ECLIPSES	35
7.1	EL SOL	35
7.1.1	TAQUES SOLARS	36
7.1.2	PROTUBERÀNCIES SOLARS.....	36
7.1.3	EL VENT SOLAR.....	37
7.1.4	RELOTGE SOLAR I CALENDARI SOLAR	38
7.1.5	RELOTGE SOLAR.....	39
7.1.6	RELOTGE NOCTURN	41
7.2	LA LLUNA.....	44
7.2.1	LES FASES DE LA LLUNA.....	45
7.2.2	SELENOSCOPI	47
7.2.3	PAISATGE LUNAR	49
7.2.4	MAQUETA CRÀTERS LUNARS.....	50
7.2.5	MAPA DE LA LLUNA.....	51
7.3	ECLIPSIS	52
7.4	DETERMINACIÓ DE DIÀMETRES	53

7.4.1	MESURA DEL DIÀMETRE DE LA LLUNA.....	53
7.4.2	MESURA DEL DIÀMETRE DEL SOL.....	54
7.5	MAREES.....	57
	CONSTEL·LACIONS	60
8.	LES CONSTEL·LACIONS	61
8.1	REGLA PER MESURAR ANGLES	61
8.2	GONIÒMETRE HORIZZONTAL	62
8.3	PLANISFERI CELESTE PER LATITUD 40 ⁰	63
8.3.1	CONSTEL·LACIONS	63
8.3.2	PLANISFERI.....	65
	SIMULADORS DEL MOVIMENT DE LES ESTRELLES, EL SOL I LA LLUNA	69
9.	SIMULADORS DEL MOVIMENT DE LES ESTRELLS, EL SOL I LA LLUNA	70
9.1	SIMULADOR SOLAR	70
9.1.1	CONSTRUCCIÓ DEL SIMULADOR	70
	VIDA DE LES ESTRELLES.....	80
10.	VIDA DE LES ESTRELLES.....	81
10.1	LA PARAL·LAXI.....	81
10.2	CÀLCUL DE DISTÀNCIES ENTRE ESTRELLES PER PARAL·LAXI	82
10.3	LES ESTRELLES.....	85
10.3.1	LA SUPERNOVA.....	88
10.3.2	ESTRELLA DE NEUTRONS	89
10.3.3	UN PULSAR.....	89
10.3.4	FORAT NEGRE.....	91
	ASTRONOMIA FORA DEL VISIBLE	93
11.	LA PART DE L'ASTRONOMIA FORA DEL QUE ÉS VISIBLE	94
11.1	LENTS GRAVITACIONALS	94
11.1.1	SIMULACIÓ DE LA LENT GRAVITACIONAL AMB UNA COPA DE VI ..	96
11.2	CONSTRUCCIÓ D'UN ESPECTRÒMETRE	97
11.2.1	COM CONSTRUIR UN ESPECTÒMETRE.....	100
11.2.2	CÀLCUL DE LA VELOCITAT I DEL PERÍODE DE ROTACIÓ DE SATURN MITJANÇANT EL SEU ESPECTRE	103
	EXPANSIÓ DE L'UNIVERS.....	107
12.	L'EXPANSIÓ DE L'UNIVERS.....	108
12.1	L'ORIGEN DE L'UNIVERS.....	108
12.2	DESPLAÇAMENT AL ROIG.....	108
12.3	L' EFECTE DOPPLER.....	110

12.4	LLEI DE HUBBLE.....	111
12.5	LA TEORIA DEL BIG BANG.....	113
12.6	L'UNIVERS EN UN GLOBUS	113
12.7	NO HI HA UN CENTRE EN EXPANSIÓ.....	115
12.8	PERQUÈ LA NIT ÉS FOSCA ?.....	117
13.	CONCLUSIONS.....	119
14.	AGRAÏMENTS.....	121
15.	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	122
15.1	LLIBRES I MONOGRAFIES	122
15.2	PÀGINES WEB	122
15.3	PORTAL TEMÀTIC.....	124
16.	ANNEXES	125
16.1	ANNEXE 1. APLICACIÓ PRÀCTICA A LA CLASSE DE PRIMER D'ESO DE L'INSTITUT DE LA POBLA DE SEGUR.....	125
16.1.1	CONSTRUEIX EL TEU PROPI PLANISFERI.....	125
16.1.1.4	Planisferi celeste.....	129
16.1.1.5	Activitats i qüestions.....	129
16.1.1.6	Observacions i conclusions de la classe impartida a primer d'ESO. .	129
16.2	ANNEXE 2	130
16.2.1	RELOTGE SOLAR.....	131
16.2.2	RELOTGE SOLAR.....	132
16.2.3	RELOTGE NOCTURN.....	133
16.2.4	SELENOSCOPI	134
16.2.5	MAPA LUNAR.....	135
16.2.6	GENIÒMETRE HORITZONTAL.....	136
16.2.7	PLANISFERI	137
16.2.8	SIMULADOR SOLAR	139
16.2.9	ESPECTRÒMETRE	140
16.2.9.1	Espectre	141
16.2.10	UNIVERS EN EXPANSIÓ	142

1. INTRODUCCIÓ

Es podria dir que la meva afició pel cel nocturn remunta a la meva infantesa. Un dels regals que sempre esperava amb il·lusió era un telescopi. El fet de tenir una bona terrassa en un àtic i viure en un poble sense molta contaminació lumínica, ha fet que des de petita, em passes les nits a la cadira observant el cel celest. Fins i tot, algunes nits, havia tret el matalàs a fora per passar la nit sota aquells estels que em fascinaven.

Quan va ser l'hora de triar un tema de recerca per al meu treball, tot i les moltes consultes i consells, cap m'acabava de fer el pes. Totes les propostes tenien algun inconvenient o el tema no m'acabava d'apassionar.

En el primer trimestre de l'any passat, a les assignatures de física i química ens van manar llegir un llibre: *“Mariners que solquen el cel”*, de Vicent J. Martínez, el qual resumeix d'una manera molt entenedora els diferents esdeveniments i experiments sobre astronomia des de l'antiguitat fins l'actualitat.

A mesura que avançava la lectura, les meves curiositats sobre la cosmologia van augmentar. Quan el Xavier, el meu professor de física i química de l'any passat, em va començar a parlar de les múltiples possibilitats per fer un treball sobre aquest camp, vaig pensar que podia ser molt interessant.

Fer un treball d'aquest tema significava la possibilitat de dur a terme experimentacions astronòmiques amb una utilitat al nostre abast i poder fer moltes més pràctiques que permetien fomentar el meu aprenentatge en aquest àmbit. Res més fascinant que observar el cel i poder descobrir el que s'hi amaga.

Entendre l'univers és una tasca tant apassionant com possible. Einstein deia que *“l'aspecte més incomprendible de l'univers, és que és comprensible.”* La cosmologia, la ciència que estudia l'univers en el seu conjunt, al llarg del seu desenvolupament, ha fet canviar el nostre concepte d'univers. Per això, considero necessari promoure l'observació i els coneixements astronòmics en els nens i nenes des de petits. Per fer-ho és necessari que puguin disposar d'uns senzills instruments construïts a casa.

En el meu treball, es proposa que els alumnes entre nou i divuit anys realitzin alguns d'aquests experiments i aparells per a que després puguin dur a terme l'observació del cel des del seu propi centre educatiu o des de casa.

És important que la gent conegui de forma bàsica com s'ha introduït diferents instruments al llarg dels segles, d'on han sortit i com una cosa tan bàsica, s'ha fet necessària.

En aquest treball, donarem l'informació necessària amb el fi d'obtenir una col·lecció d'artefactes indispensables per les nostres observacions o per entendre l'univers. Tots aquests aparells són fets amb material bàsic com cartolines, paper, tisores o cola. No suposa una gran complicació construir-los ni tampoc utilitzar-los, igual que no suposa una gran despesa econòmica.

En definitiva, en aquest treball pretenem mostrar que a través d'experiments senzills es pot ensenyar la feina que van fer els científics per estudiar la composició de les estrelles, l'expansió de l'univers o el moviment dels planetes i també realitzar alguns models senzills.

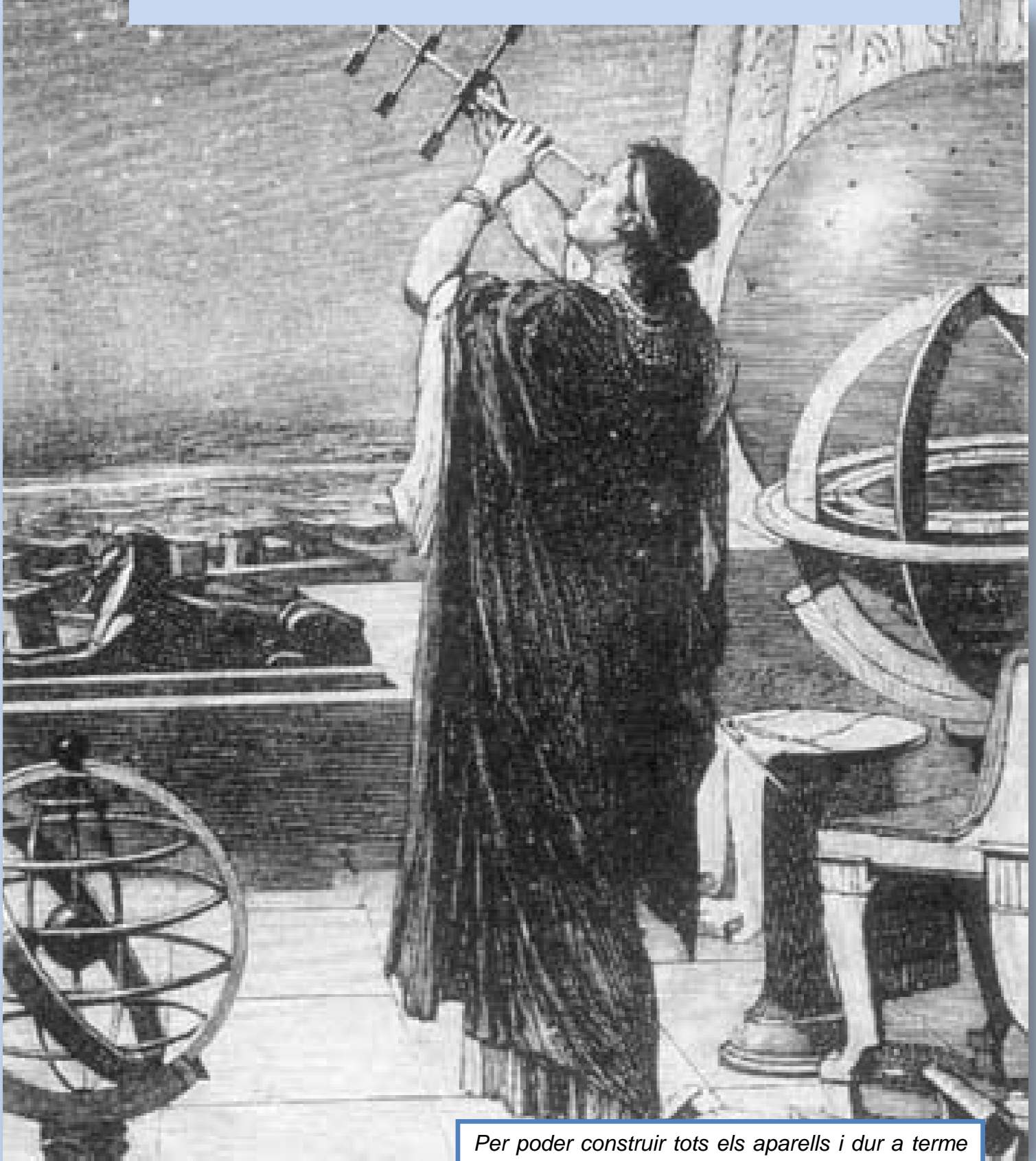
Tots podem cercar el cel, deixant a banda l'edat o els coneixements. Com deia Carl Sagan, "*Passem per la vida sense entendre gairebé res del món*", i l'objectiu d'aquest treball és intentar que això no passi.

2. OBJECTIUS GENERALS

Els objectius generals d'aquest treball són els següents:

- ❖ Veure l'evolució de la concepció del sistema solar i del cosmos al llarg del temps.
- ❖ Construir una sèrie d'aparells astronòmics de forma casolana.
- ❖ Mostrar les pautes i la teoria necessària per a la construcció de cada aparell.
- ❖ Impartir una classe teòrico-pràctica a alumnat de 1r cicle d'ESO on cadascú fabricarà el seu aparell, i s'explicarà el seu funcionament.
- ❖ Veure si els estudiants entre 9 i 18 anys poden ampliar els seus coneixements de cosmologia gràcies a aparells de construcció casolana.
- ❖ Assolir nous coneixements sobre astronomia .
- ❖ Disfrutar d'entendre el treball.

HISTÒRIA DE LA CONCEPCIÓ DEL SISTEMA SOLAR I DEL COSMOS



Per poder construir tots els aparells i dur a terme els diferents experiments, és necessari tenir una mica de coneixements històrics sobre la cosmologia al llarg del temps, des de la prehistòria fins l'actualitat, passant per la revolució científica.

3. HISTÒRIA DE LA CONCEPCIÓ DEL SISTEMA SOLAR I DEL COSMOS

Es podria dir que l'astronomia va aparèixer al mateix temps que la humanitat. Segurament, les dones i els homes primitius ja estaven fascinats pel gran espectacle que els hi ofería el cel cada nit. Com a conseqüència, aquells petits curiosos, van començar a buscar alguna explicació dels fenòmens astronòmics, associant-los amb la màgia, buscant al cel, alguns fenòmens succeïts a la Terra.

Molts anys d'observació van establir les bases científiques de l'astronomia, amb unes explicacions més pròximes i raonables sobre l'univers. Tot i així, les creences geocèntriques defensades per la religió i algunes creences polítiques, van fer que durant molt de temps s'establís un sistema erroni, cosa que va impedir que d'altres sistemes alternatius i estudis sobre noves teories poguessin avançar.

Tot i així, avui en dia, la gran evolució i la difusió de les teories científiques, han pogut separar definitivament la superstició (l'astrologia) i la ciència (l'astronomia).

3.1 L'ASTRONOMIA EN LA PREHISTÒRIA I L'ANTIGA EUROPA

A mesura que l'història avançava, també ho feia la curiositat de l'ésser humà respecte al dia i la nit, el Sol, la lluna i les estrelles. Aquesta curiositat va fer que es fessin certes preguntes i que arribessin a la conclusió de que els cossos celestes es mouen d'una forma bastant regular. Aquesta observació els va ajudar a definir el temps i a orientar-se. També altres problemes quotidians van poder ser resolts amb l'astronomia, com per exemple, establir amb precisió les èpoques apropiades de collita, les celebracions..etc.

Per als pobles primitius, el cel tenia una conducta força regular. El Sol, aquella gran massa de llum, separava el dia de la nit, sortia tots els matins des la mateixa direcció i es ponía sempre en la direcció oposada (per les mateixes

direccions i es posava per la direcció oposada.) Per la nit, es podien veure milions d'estrelles que seguien una trajectòria similar a la del Sol. Van poder comprovar que, en les zones temperades, el dia i la nit, no tenien la mateixa durada al llarg de l'any. En els dies més llargs, el Sol sortia més cap al Nord i ascendia més alt al cycle del migdia. En el dia que les nits eren més llargues, el Sol sortia més cap al Sud i no ascendia tant.

També, va ser molt important des d'un principi, el fet que la qualitat de la llum nocturna fos dependent de la fase lunar, i el cycle de vint-i-nou dies a trenta dies els va oferir una manera còmoda de mesurar el temps. D'aquesta forma, la majoria de calendaris primitius es basaven en el cycle de les fases de la lluna. Quant a les estrelles, per ells, eren punts molt brillants que conservaven la seva posició durant la nit. Creien que estaven fixes a una espècie de volta sobre la Terra. Però el Sol i la Lluna no hi havien d'estar inclosos.

Alguns pobles que van habitar Europa tenien coneixements avançats dels moviments dels astres, matemàtiques i geometria. Van realitzar diverses construccions per a la pràctica de l'astronomia observacional, van determinar els solsticis i equinoccis i van poder predir alguns eclipses.

Els astrònoms de les cultures megalítiques, van tenir uns coneixements realment sorprenents dels moviments dels astres i de la geometria pràctica. Tot això es demostra amb els grans grups de pedres erectes (algunes que pesaven més de 25 tones) disposades segons uns esquemes geomètrics molt regulars.

Stonehenge, és un monument prehistòric, preservat fins a l'actualitat, situat a



Wiltsire. Es creu que va ser construït en diferents fases al llarg d'uns sis-cents anys, entre el final del neolític i el principi de l'edat de bronze. Probablement és un monument relacionat amb l'observació astronòmica, ja que les pedres estan

II-lustració 1: Monument megalític de Stonehenge

alineades segons alguns patrons astronòmics. Serveix per indicar el principi de l'estiu, assenyala les posicions de la lluna i les direccions de sortida i posta de sol en determinats dies de l'any. La gran majoria de les pedres estan col·locades en relació amb la lluna i el Sol, segurament perquè els seus cicles són més senzills de predir que els de les estrelles. Aquest monument, entre molts d'altres, ens fa plantejar la remota i la gran importància que ha tingut aquesta ciència en la civilització.

3.2 L'ASTRONOMIA EN L'ANTIC EGIPTE I A BABILÒNIA



Il·lustració2: L'astronomia en el Antic Egipte

Els egipcis van observar que les estrelles realitzaven un gir complet amb poc més de 365 dies. A més a més, aquest cicle de 365 dies del Sol concordava amb les estacions, i ja abans del 2500a.C. els egipcis usaven calendaris basats en aquest cicle, per la qual cosa, cal suposar que utilitzaven l'observació astronòmica de manera molt sistemàtica.

El riu més important d'Egipte, el riu Nil, començava la seva crescuda en el moment en què l'estrella Sothis (la que nosaltres anomenem Sirius) es podia tornar a veure de nou poc abans que sortís el sol, després d'haver estat molt de temps invisible sota l'horitzó.

De finals de l'època egípcia, aproximadament 144a.C. són els papirs de Carlsberg, on es recull un mètode per determinar les fases de la Lluna, procedent de fonts molt antigues.

L'orientació dels temples i piràmides és una altra prova dels coneixements astronòmics dels egipcis. Es van construir piràmides com la de Giseh, alineada amb l'estrella polar,



Il·lustració 3: Piràmides de Giseh

amb la que era possible determinar l'inici de les estacions de l'any fent servir la posició de l'ombra de les piràmides. També van utilitzar estrelles per orientar-se en la navegació.

Els babilònics van estudiar els moviments del Sol i de la Lluna per perfeccionar el seu calendari. Solien assignar l'albada de cada mes, el dia següent de la lluna nova. Els babilònics van intentar calcular aquest fet anticipadament i no mitjançant l'observació.

Les primeres activitats astronòmiques que es coneixen dels babilònics, daten del segle VIII aC. Van mesurar amb força precisió el mes i la revolució dels planetes. L'observació més antiga d'un eclipse solar, procedeix dels Babilònics i es remunta el 15 de juny de 763 aC. Els babilònics van calcular el període dels eclipsis, descrivint el cicle de Saros, el qual encara avui s'utilitza. Van construir un calendari lunar i van dividir el dia en 24 hores.

De forma precisa, també calculaven les posicions planetàries, tant el seu moviment cap a l'Est com el seu moviment retrògrad.

3.3 ASTRONOMIA EN L'ANTIGA GRÈCIA

En els primers temps de la història de Grècia es considerava que la Terra era un disc en el qual al seu centre es trobava l'Olimpo i al seu costat a l'Okeanos, el mar universal. Les observacions astronòmiques tenien com a finalitat primordial servir com a guia per els agricultors, per això van treballar profundament amb el disseny d'un calendari que fos útil per a aquestes activitats.

L'obra de " Els treballs i els dies" d'Hesíodo informa sobre les constel·lacions que surten a l'alba en diferents èpoques de l'any, per indicar el moment oportú per sembrar o recol·lectar.

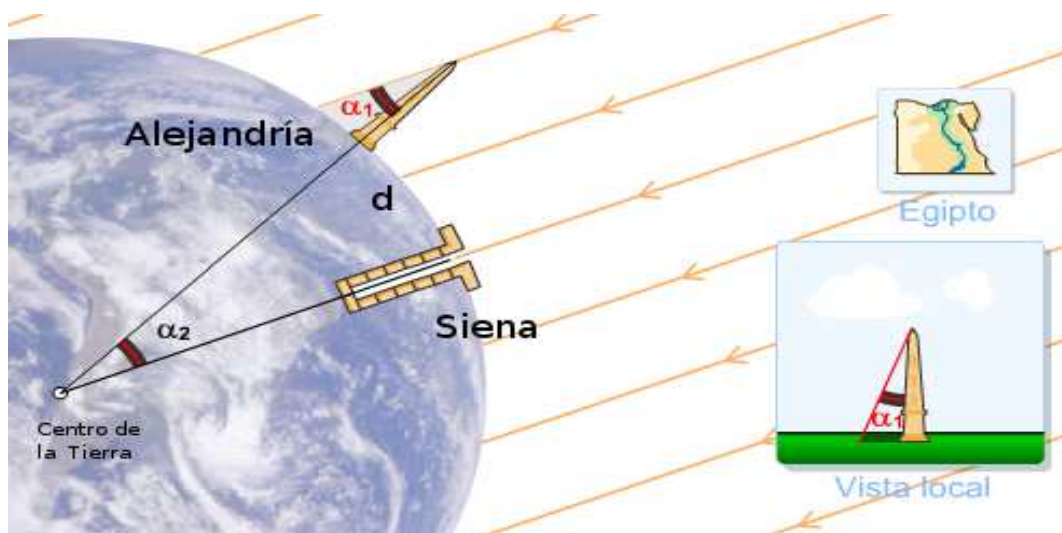
Les aportacions científiques gregues més importants estan associades a grans filòsofs com Tales de Milet i Pitàgores, tot i això, no es conserva cap document escrit. Tales va predir un eclipse total de Sol el 28 de maig de 585 a.C.

Aristarc de Samos, creia que els moviments celestes es podien explicar mitjançant la hipòtesis de que la Terra gira sobre el seu eix una vegada cada 24 hores, i que juntament amb els altres planetes, gira al voltant del Sol.

Aquesta teoria de Aristarc, va ser rebutjada per la gran majoria de filòsofs grecs. Confiaven més en la teoria coneguda com el sistema geocèntric, que va romandre instaurada durant uns 2.000 anys. Les seves bases eren que els planetes, el Sol, la Lluna i les estrelles es movien en òrbites circulars perfectes. La velocitat dels planetes, el Sol, la Lluna i les Estrelles són perfectament uniformes. I finalment, que la terra, es trobava al centre exacte del moviment dels cossos celestes.

Plató i un dels seus avantatjats alumnes, Aristòtil, van mantenir la idea de que el univers era un conjunt de 27 esferes concèntriques que rodejaven la Terra, la qual aquesta, també era una esfera. Teoria plantejada per Eudaxo. Tot i així, Plató i Aristòtil van afegir 55 esferes on, en el centre de les seves òrbites, es trobava la Terra immòbil.

Eratòstenes, va aconseguir estimar la longitud de la esfera terrestre mitjançant un argument trigonomètric força enginyós. Només en un dia de cada any, el sol s'alineava en una línia vertical sobre Siena. De fet això ho va poder comprovar en observar que un pou molt profund, només reflectia els raigs del Sol en aquest dia. I finalment, que aquets fenomen mai passava a Alexandria. En l'esquema seegüent, es pot observar el procediment que va utilitzar.



Il·lustració 4: Esquema del procediment utilitzat per Eratòstenes

Hiparc de Nicea va construir un observatori. Va inventar una diòptria especial per mesurar les variacions el diàmetre aparent del Sol i la Lluna. A més a més, va calcular la durada de les estacions de l'any i va construir una taula que mostrava la posició del Sol per cada dia de l'any que tindria utilitat per 600 anys. No només això, sinó que Hiparc de Nicea també va elaborar un catàleg d'unes 850 estrelles classificades segons la seva lluminositat segons un sistema de magnitud de brillantor i va descobrir amb precisió els equinoccis.¹

Un altre personatge important en la història de l'astronomia grega és Claudio Ptolomeu o Tolomeu. Va proposar el sistema geocèntric com la base mecànica celeste que va perdurar més de 1400 anys. Tolomeu afirma que els planetes descriuen òrbites circulars anomenades epicles, al voltant dels punts centrals a la vegada que orbiten en forma excèntrica al voltant de la Terra. Aquesta teoria és insostenible, tot i així els seus càlculs i matemàticament són correctes.

3.4 L'ASTRONOMIA A ROMA

L'astronomia en l'imperi romà, tant en la seva època pagana com en la cristiana, va donar molt poc, o casi bé cap impuls científic. Els coneixements astronòmics durant aquest període, són els que ja es coneixien en l'època hel·lènica. No obstant això, cal destacar el filòsof romà Lucrecio, del segle I a.C, i la seva famosa obra "De Rerum Natura" en la que trobem una concepció de l'univers molt propera a la moderna. Tot i així, Lucrecio no podia acceptar que la Terra era rodona.

3.5 L'ASTRONOMIA ÀRAB I EN L'EDAT MITJANA

La cultura àrab va ser la que després dels estudis Grecs va continuar amb les investigacions en l'astronomia amb fets molt importants com per exemple la

¹Equinocci: moviment de l'any en el que el Sol passa per l'equador i en el que el dia i la nit són igual de durada en tots els punts de la Terra

traducció de Almagesto² i la catalogació d'estrelles amb alguns noms que encara s'utilitzen en l'actualitat com l'estrella Rigel.³

A l'any 700, els Omeyes, una tribu frontera als àrabs, va construir un observatori astronòmic. Al-Mamún, va fundar un observatori astronòmic a Bagdad, a on es van desenvolupar estudis sobre la obliqüitat de l'Eclíptica. També van escriure un catàleg amb mesures molt precises dels astres.

En 1080 Azarquiel va elaborar "les taules Toledanes", utilitzades durant més d'un segle per establir el moviment dels planetes. Nasir al-Din al-Tusi, va modificar el model de Tolomeu, realitzant traçats de gran precisió en els moviments dels planetes.

L'astronomia grega es va transmetre cap a l'Est, als indis, àrabs i sirians després de la caiguda de l'imperi Romà. Al 1085, a l'any de la conquesta de la ciutat de Toledo pel rei Alfons VI, es va iniciar un moviment de traducció al àrab al llatí, cosa que va fer despertar l'interés per l'astronomia a tot Europa. Això va permetre que obres fonamentals de l'antiga cultura grega fossin rescatades de l'oblit i transmeses a l'Europa medieval a través d'Espanya.

Durant aquest període de temps, a Europa van dominar les teories geocèntriques de Ptolomeu i no es va presentar cap desenvolupament ni avanç important en l'astronomia. Només Johannes Müller va començar a realitzar i a reunir noves mesures i observacions.

4. ASTRONOMIA CIENTÍFICA

El segle XVI va suposar un gir dràstic en totes les àrees del coneixement, la literatura i també l'art. Després de l'Edat Mitjana, un mil·lenni negre i força inculte, Europa torna a mirar cap als clàssics, sobretot cap a l'antiga Grècia. En aquesta època comença el renaixement.

²Almagesto: és el nom llatinitzat d'un tractat d'astronomia escrit el segle II per Tolomeu d'Alexandria. Conté el catàleg estel·lar més complert de l'antiguitat.

³ Rigel: és la setena estrella més brillant del cel, amb una magnitud de 0,18.

Les aportacions de Nicolàs Copèrnic va suposar un canvi radical i un nou impuls per una ciència que estava adormida. Copèrnic va analitzar críticament la teoria de Tolomeu de l'Univers geocèntrica i va mostrar que els moviments planetaris es poden explicar millor si suposem que el Sol és el sistema central.



Il·lustració 5: Nicolàs Copèrnic

Al principi, la gent no va prestar gaire molta atenció a Copèrnic fins que Galileu va descobrir les proves sobre el moviment de la Terra, quan es va inventar el telescopi a Holanda. El 1609 va construir un petit telescopi de refracció⁴, amb el que va descobrir les fases de Venus, el que indicava de que aquest planeta girava al voltant del Sol. També va descobrir quatre llunes girant al voltant de Júpiter. Com a conseqüència, va començar a defensar el sistema de Copèrnic, la qual cosa el va portar davant d'un tribunal eclesiàstic. Tot i que se'l va obligar a negar les seves creences i a renegar dels seus escrits, aquesta teoria no va poder ser suprimida.

L'observador més important del segle XVI va ser Ticho Brahe, que tenia el do i els recursos econòmics necessaris per construir els aparells més precisos i avançats de l'època.

Les seves observacions van fer que Kepler tingués les eines necessàries per determinar les seves lleis del moviment celest. Kepler, el seu ajudant, va formular les lleis del moviment planetari, afirmant que els planetes giren al voltant del Sol i no en òrbites circulars amb un moviment uniforme, sinó amb òrbites el·líptiques a diferents velocitats, i que les seves distàncies relatives respecte amb el Sol estan relacionades amb el seu període de rotació.

Després de provar sense èxit, amb infinitat de formes geomètriques, va intentar-ho amb variacions del cercle: les el·lipsis, amb les quals concordava exactament les dades obtingues durant les observacions. Aquest fet contradeia els paradigmes pitagòrics que seguien sent correctes al cap de 2000 anys.

⁴Telescopi refractor: és un telescopi òptic que forma imatges d'objectes llunyans utilitzant un sistema de lents convergents en els quals la llum es reflecta.

Newton, gràcies a les observacions i teories de Kepler, Brahe i Galileo, per inducció, va formular les seves tres lleis simples del moviment i a la llei de la gravitació universal. A més a més, Newton va modificar els telescopis creant els telescopis reflectors Newtonians, que permeten l'observació d'objectes més tènues d'una forma més clara.

A partir d'aquest fet, l'astronomia va donar un gir fonamental i es van començar a descobrir, catalogar i descriure milions d'objectes celestes mai observats. En són una mostra el descobriment de la Nebulosa d'Andròmeda, l'estudi de les taques solars o el descobriment de l'anell de Saturn.

Després de l'època de Newton, l'astronomia es va separar en diferents direccions. La llei de la gravitació universal, l'antic problema del moviment planetari es va voler tornar a estudiar com una mecànica celeste. El perfeccionament del telescopi va permetre l'exploració de la superfície de planetes, el descobriment de moltes estrelles dèbils i el mesurament de distàncies estel·lars.

Un dels sistemes de medició més adequat era el de triangulació.⁵ En calcular en el angle de desplaçament i coneixent la distància que separa els dos punts d'observació es pot trobar la distància a l'objecte.

El 1718 Edmund Halley, un astrònom anglès, va descobrir tres de les estrelles més brillants: Sirius, Procyon i Arturo, la posició de les quals no es trobava registrada pels Grecs. Halley va arribar a la conclusió que les estrelles no es trobaven fixes en el firmament, sinó que es movien d'una forma independent. Aquest moviment era molt lent i tan imperceptible que, fins que no va poder usar el telescopi, semblava que es trobessin fixes.

L'any 1785, Herschel suggeriria que les estrelles es trobaven de forma lenticular en el cel. Si contemplàvem la Via Làctea, podíem veure un gran número d'estrelles; però si miràvem el cel en angles rectes, aviaríem relativament un número menor de cossos celestes. Herschel va deduir que els astres formaven un sistema planer, amb un eix longitudinal en direcció a la Via

⁵Mètode de triangulació: consisteix en realitzar dos observacions al mateix objecte en lloc diferents a la mateixa hora. Mètode també anomenat paralaxi

Làctea. Avui sabem que, dintre de certs límits, aquesta idea pot ser considerada correcta, i que anomenem al nostre sistema estel·lar Galàxia, un altre terme designat a la Via Làctea (galàxia, en grec, significa llet).

També durant aquest segle, Charles Messier publica un valuós catàleg d'objectes celestes amb aspecte nebulós, recopilat des de 1758 fins a 1784. Kant atribueix en el 1755 la gènesis del sistema solar en un procés mecànic. Lagrange estudia al 1788 el conegut problema dels tres cossos i alguns cossos especials amb solució. Laplace publica en el 1799 la seva "*Mecànica Celeste*" i descobreix la invariabilitat del eix major de les òrbites planetàries.

Giussepe Piazzaa va descobrir la nit de cap d'any de 1800/1801, entre Mart i Júpiter, el primer petit planeta batejat amb el nom de Ceres. A continuació, es van descobrir i motejar nombrosos petits planetes i asteroides.

L'any 1838, Fiederich Bessel, va realitzar la primera paral·laxi amb una estrella, donant com a resultat que es trobava a 11 anys llum⁶. Després es va estudiar l'estrella Alfa centaure des de l'hemisferi sud, amb una distància de 4.3 anys llum. D'aquesta manera la dimensió de l'univers es va estendre fins a l'infinit.

Friederich Bessel aconsegueix mesurar per primera vegada la distància d'una estrella fixa, 61 Cygni, a la constel·lació de Cigne. Bessel calcula la distància de 9.3 anys llum. Bessel dedueix al 1844, per les pertorbacions del moviment de la pròpia estella de Sirius, l'existència d'una companya desconeguda, que efectivament va ser observada l'any 1862.

Veverrier i Adams van predir l'existència de Neptú per les pertorbacions que sofreix el planeta Urà. Neptú va ser descobert l'any 1846 a l'Observatori de Berlín.

Joseph Fraunhofer, un vidrier de molta experiència i gran agudesesa visual, va arribar a fabricar els miralls de telescopi més perfectes de la seva època. Cap a

⁶Any llum: és una unitat de longitud que s'usa en la divulgació per indicar distàncies astronòmiques, com la distància entre estels i galàxies. Un any llum equival a la distància que la llum recorre en un any, que és aproximadament de 9,46 bilions de quilòmetres, això és, $9,46 \times 10^{15}$ metres.

l'any 1814, va utilitzar les línies espectrals de la llum i es va sentir extremadament fascinat per aquestes. Va detectar centenars de ratlles verticals en l'espectre del Sol i idèntiques irregularitats en els espectres de la Lluna i dels planetes.

Amb les observacions del espectre solar i els ralles obscures, amb la creació de l'anàlisi espectral i amb la introducció del mètode de la fotografia i els fotòmetres a mitjan del segle XIX, es va fundar una nova ciència anomenada astrofísica.

En el segle XX trobem un fort avanç en l'astronomia. Al arribar a aquest segle, diverses de les creences precoperniques havien ressorgit al parlar de galàxies, es considerava que el Sol es trobava al centre de la Galàxia, que constituïa l'univers sencer. Més allà de la Galàxia es considerava que no existia res més que un buit infinit.

El estudi de l'espectrometria de les nebuloses el·líptiques a principis de segle, va demostrar que no tenien característiques de ser núvols gasosos sinó més aviat característiques estel·lars, el que va senyalar que almenys algunes de les nebuloses espirals estaven formades per estrelles.

Harlow Shapley va estudiar les estrelles variables, cosa que el va portar a descobrir variables cefeides⁷. El cicle de variació de lluentor de aquestes estrelles estava directament relacionat amb la seva brillantor intrínseca, descobriment realitzat per una astrònoma anomenada Henrietta Swan Leavitt. Aquesta periodicitat de les estrelles cefeides va permetre conèixer la seva magnitud absoluta.

Shapley, al estudiar les variables dels cúmuls globulars⁸ i es va donar compte que la seva distància era major de la que es creia i que es trobava cap al centre de la galàxia, al calcular la seva distància al Sol, el qual tindria que estar localitzat a la perifèria de la Via Làctea. D'aquesta manera el Sol es va desplaçar del centre de l'univers conegut, a una perifèria d'aquest.

⁷Cefeides: és una estrella variable la qual la seva lluminositat varia periòdicament.

⁸Cúmul globular: un grup esfèric d'estrelles velles, que orbita entorn una galàxia com si fos un satèl·lit

Mentre que alguns astrònoms defensaven la teoria de els Universos Illa⁹, exposada per Kant i seguida per Herschel, no es tenien proves d'aquest fet. Tanmateix Edwin Hubble, el 19 de Febrer de 1924 va escriure a Shapley: "*Segurament t'interessarà saber que he trobat la variable cefeida a la nebulosa d'Andròmeda*". D'aquesta manera es va rebatre la idea de Shapley de una única galàxia, la nostra, com a constituent de l'univers sencer i va revelar la presència de altres galàxies en el espai.

A principis del segle XX Albert Einstein va proposar la seva teoria de la Relativitat General en la que es dedueix que el univers no és estàtic sinó que es troba en expansió, per contra, aquest fet no coincidia amb el que es creia que era realment un univers estàtic, d'aquesta manera, Einstein introdueix a la seva fórmula la constant cosmològica per adequar-la a les teories vigents.

Vesto Slipher, va ser l'encarregat d'estudiar el moviment circular dels núvols de gas durant la formació d'estrelles. A part de la rotació, va trobar que aquestes nebuloses tendien a viatjar cap al roig¹⁰, persistent en els seus espectres. Aquest fet es deu al efecte Doppler, que indica que les longituds d'ona emesa per un objecte que s'allunya de l'observador, s'allunyan cap al roig en l'espectre estudiat. No obstant això, Slipher no va trobar explicació a la seva troballa.

Novament va ser Hubble que al mesurar les distàncies de 25 galàxies va trobar una correlació directa entre la distància i el grau de corriment, en altres paraules, a la velocitat en la qual s'allunyaven. Hubble acabava de descobrir l'expansió de l'Univers.

El home que va unir les troballes de Slipher, Hubble i Einstein fou el matemàtic sacerdot anomenat Georges Lemaitre, quant al 1927 va publicar un article on desenvolupava la relació del desplaçament cap al roig amb un univers en expansió.

⁹Univers illa: avanç de anomenar-se galàxies, aquestes s'anomenaven " universos illa"

¹⁰Desplaçament cap al roig: el desplaçament cap al roig, designa el desplaçament d'un espectre cap a longituds d'ona més grans. Si té un origen cosmològic, s'associa a l'expansió de l'univers. En Anglès, aquest fet s'anomena *redshift*.

Per conseqüència, la comunitat científica va començar a pensar que si el univers es troba en expansió, algun cop tot devia estar unit en un punt de llum el qual van anomenar “ àtom primordial” i la seva expansió “ gran soroll”. Més tard, l'astrònom Fred Hoyle, el qual era contrari a aquesta proposta, el va nombrar respectivament “ Big Bang”. Així és com es coneix la teoria més més acceptada actualment com a l'origen de l'univers.

L'any 1933 ja s'havia començat a parlar d'un misteri com és la matèria fosca, amb els estudis del búlgar Fritz Zwicky. Aquests estudis deien que les galàxies s'agrupen en un cúmul. Per tal de que la galàxia quedi agrupada i es mantingui en aquesta formació cal molta força d'atracció gravitacional que sigui produïda per una gran quantitat de massa, amb una quantitat molt superior de la que tindria que haver-hi. Més tard s'hi trobaria una explicació.

A mitjan segle XX, els progressos en física van proporcionar nous tipus d'instruments astronòmics. Aquest instruments són sensibles a una gran varietat de longitud d'ona de radiació, inclosos els raigs gamma, els raigs x, els ultraviolats, els infrarojos i les regions de ràdio de l'espectre electromagnètic.

Cap al 1976 Vera Rubin i Kent Ford, a Washington, van desencadenar l'enigma de la matèria fosca de fa 40 anys. Van veure que la velocitat de rotació de les galàxies espirals és la mateixa a prop del nucli que a les vores exteriors, i que es movien com discos rígids en comptes de fer-ho com el Sistema Solar on allò més proper al centre de la massa solar orbita més ràpid que els planetes llunyans i que explica la tercera llei de Kepler. L'única explicació possible a aquest fenomen és assumir que existeix més matèria que no podem veure.

Si sumem tot el que els astrònoms poden veure pel seu telescopi, estrelles, planetes, galàxies, etc, només forma part d'un 4% de la massa total de l'univers. La matèria fosca és un 23% de la massa total. Finalment, el 73% restant està format per energia fosca, relacionada amb l'expansió de l'univers.

L'any 1998, dos equips internacionals d'astrònoms que feia anys que estudiaven les supernoves en galàxies molt llunyanes anunciaren un descobriment sorprenent. L'observació d'aquestes supernoves aporta que l'univers no està minvant com a conseqüència de la gravitació, sinó tot el

contrari, augmenta amb el pas del temps: l'expansió s'accelera. La raó d'aquesta acceleració no és clara. La velocitat de l'Univers no està minvant com a conseqüència de la gravitació. Els cosmòlegs parlen d'energia fosca. Es tracta d'una energia que s'associa al mateix temps al buit, que actua com a gravetat repulsiva amb pressió negativa i que seria responsable de l'acceleració còsmica, curiosament, això és el que fa la constant cosmològica d'Einstein.

5. L'ASTRONOMIA EN L'ACTUALITAT

En l'actualitat sabem que vivim en un sistema solar localitzat en la perifèria de la Via Làctea composta per milions de sols, els quals formen part d'un grup galàctic anomenat grup local. Aquest, a la vegada, es troba en un supercúmulo de galàxies distribuïdes per un univers de més de 15 mil milions d'anys llum que es troba en expansió.

Molts avenços científics i tècnics ens obren noves portes a l'estudi de l'espai. Actualment tenim poderosos telescopis terrestres i orbitals, sondes interplanetàries que arriben fins al final del sistema solar i robots que es troben a la superfície d'altres planetes com Mart.

Els primers turistes espacials, l'any 2009 paguen molts milions de dòlars per viatjar a l'espai, incrementant cada vegada més el preu del bitllet.

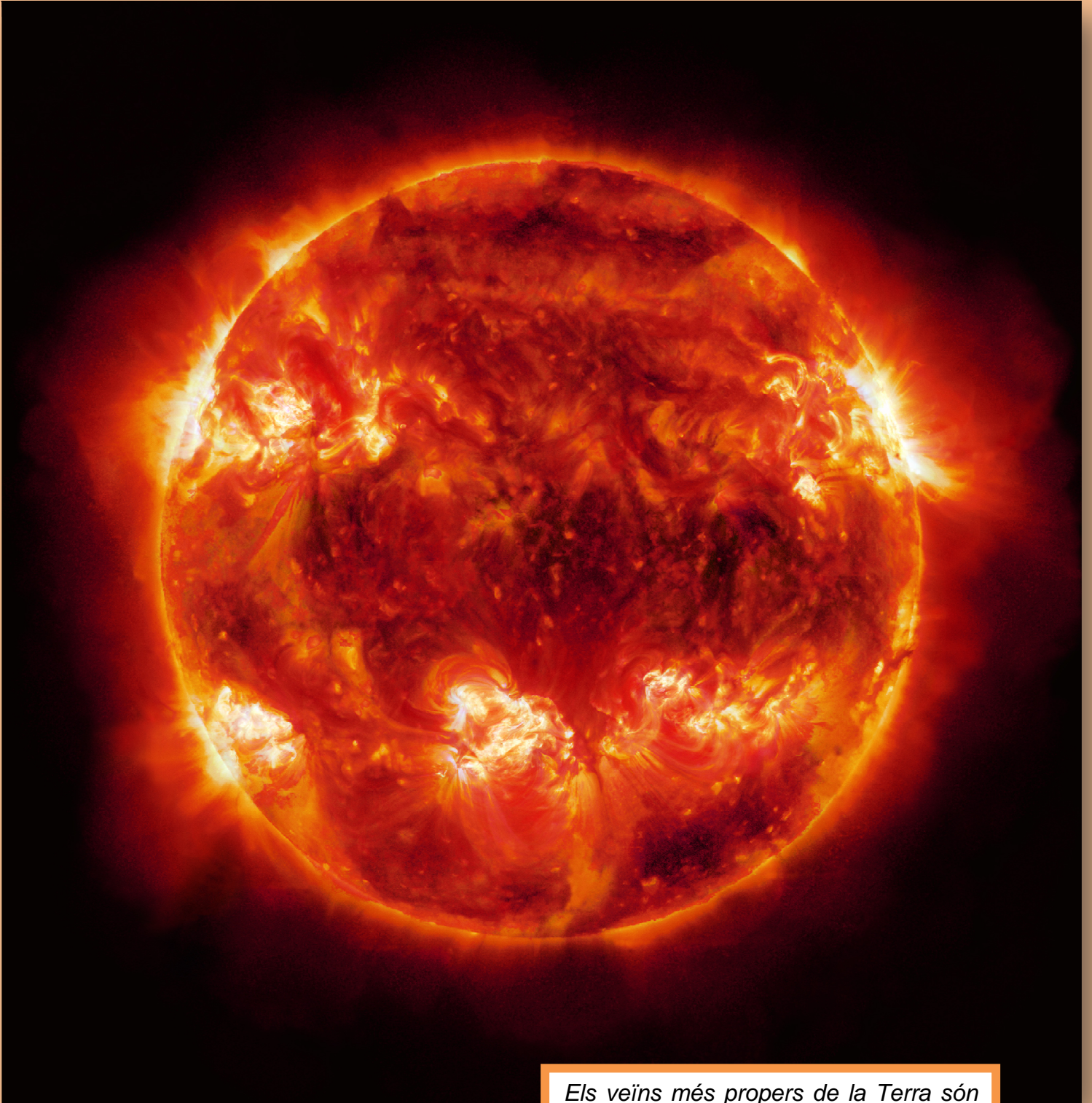
Durant tot el segle XXI, gran nombre de sondes espacials i telescopis han aportant grans nous coneixements, nous estudis i sobretot noves preguntes sobre el cosmos.

Fins i tot, s'ha arribat al punt de què actualment, una empresa holandesa anomenada Mars One, impulsi un projecte per crear una colònia habitable al planeta vermell.

Podem observar doncs, que gràcies a totes les aplicacions teòriques de les teories basades en observacions o sistemes matemàtics i físics, es van poder revelar una gran quantitat de teories, fenòmens i efectes. En conclusió, les

mesures astronòmiques han sigut i seran molt importants per acabar la concepció de l'univers, la seva formació i tota la evolució.

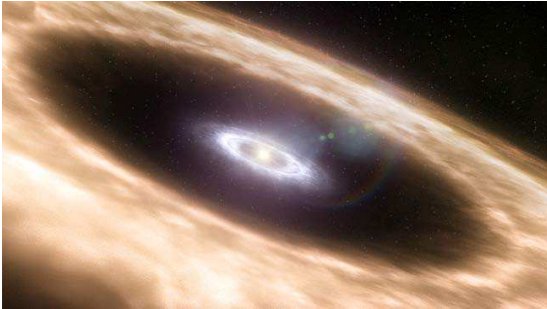
EL SISTEMA SOLAR



Els veïns més propers de la Terra són els planetes, els satèl·lits, els cometes i les roques que giren al voltant del Sol, l'astre rei. En aquest apartat podrem descobrir com es va formar el sistema solar i podrem construir la nostra pròpia maqueta d'aquest.

6. EL SISTEMA SOLAR

El sistema solar està format per un conjunt d'astres en òrbita al voltant del Sol, lligats per la força de gravetat, que es va crear a partir del col·lapse d'un gran



Il·lustració 6: Imatge del Sistema Solar.

núvol molecular, fa uns 4.600 milions d'anys aproximadament. Els objectes al voltant el Sol l'encerclen en una espècie de disc prim anomenat pla de l'eclíptica, que l'ocupen els 8 planetes, 162 satèl·lits naturals, planetes nans com Plutó, Eris i Ceres, i un in comptable nombre

d'asteroides, meteorits i cometes, envoltat pel medi interplanetari, format de gas i pols. Tot aquest conjunt està situat en un dels braços de la galàxia espiral Via Làctia, girant al voltant del seu centre des de 26.000 anys-llum de distància i a una velocitat de 220 km/s.

6.1 FORMACIÓ DEL SISTEMA SOLAR

Per als científics és difícil precisar l'origen del Sistema Solar. Podríem situar-lo aproximadament fa uns 4.650 milions d'anys. Segons la teoria de Laplace¹¹, un gran núvol de gas i pols es va contraure a causa de la força de la gravetat i va començar a girar a gran velocitat, probablement degut a l'explosió d'una supernova que es deuria trobar a prop.

¹¹ Simon Laplace, és famós per haver aplicat amb èxit la teoria de la gravitació de Newton als moviments planetaris en el Sistema Solar. Va demostrar que els moviments planetaris són estables i que les pertorbacions produïdes per la influència mútua dels planetes o per cossos externs, com els estels, només són temporals. Va tractar de donar una teoria racional de l'origen del Sistema Solar a la seva hipòtesi nebular de l'evolució estel·lar.



Il·lustració 7: Primers indicis de la formació del sistema Solar.

La majoria de la matèria es va acumular al centre del núvol de gas i pols. La pressió era molt elevada i els àtoms es van començar a partir, alliberant així una gran quantitat d'energia i formant una estrella. Al mateix temps uns remolins s'anaven definint, i al créixer, augmentaven la seva gravetat i recollien més material a cada volta.



Il·lustració 8: Continuació de la formació del sistema Solar.

També es produïen moltes col·lisions. Milions d'objectes s'apropaven i s'unien o xocaven amb violència i es trencaven en trossos. Aquest cops van ser constructius, i en sol 100 milions d'anys va aparèixer el Sistema Solar amb un aspecte més o menys semblant a l'actual. Seguidament, cada cos va continuar la seva pròpia evolució.

6.2 ASTEROIDES, COMETES I METEORITS

Asteroides, cometes i meteorits són runes interplanetàries, restes rocoses i gelats de la formació del Sistema Solar que solen viatjar a gran distància de la Terra, però es poden veure a simple vista quan estan a prop del nostre planeta.

Milions d'asteroides orbiten al voltant del Sol, normalment orbiten en un cinturó que es troba entre Mart i Júpiter. Generalment més grans que els meteorits i els cometes, els asteroides són restes de roca i metall la amplada dels quals pot ser anar des dels 100 metres a 960 quilòmetres.

Els cometes, de vegades comparats amb enormes boles de neu, estan compostos de roca, gel, pols, diòxid de carboni, metà i altres gasos. S'originen en el cinturó de Kuiper. A mesura que comencen a viatjar cap al Sol comencen a desfer-se. La calor solar vaporitza el gel deixant un halo¹² de pols i gas al voltant del nucli del cometa anomenat coma.

A mesura que s'acosten a Mart, els cometes comencen a formar cues, algunes de les quals poden arribar a tenir una longitud de milions de quilòmetres.

Els meteorits solen ser més visibles des de la Terra que els asteroides o els cometes. Aquests són els comunament coneguts com estrelles fugaces.

6.3 ORIGEN DELS PLANETES

Qualsevol teoria que pretengui explicar la formació del sistema solar, ha de tenir amb compte que el Sol gira lentament i només té un 1% del moviment angular, tot i tenir el 99'9% del total de la massa del sistema solar. Els altres planetes tenen el percentatge restant.

Hi han cinc teories considerades raonables sobre la formació dels planetes:

- ❖ La teoria de la acreció: ens diu que el Sol va travessar una immensa núvol estel·lar i en va sortir rodejat de pols o gas.
- ❖ La teoria dels proto-planetes: diu que inicialment hi va haver-hi un dens núvol interestel·lar que va formar un cúmul. Les estrelles resultants, per ser grans, tenen baixes velocitats de rotació, per altra banda, els planetes, formats per el mateix núvol, tenien velocitats superiors quan van ser capturats per les estrelles, incloent-hi el Sol.
- ❖ La teoria de la captura: explica que el Sol va interactuar amb un protoestel propera, traient la matèria d'aquesta. La baixa velocitat de

¹² Halo: Consisteix en un arc o una circumferència lluminosa que es produeix al voltant d'un astre, quan la llum d'aquest astre experimenta un fenomen de refracció per part de cristalls de gel en suspensió en la troposfera.

rotació del sol, s'explica a causa de la seva formació anterior a la dels planetes.

- ❖ La teoria Laplaciana Moderna: explica que la condensació del Sol contenia grams de pols sòlid, que, a causa del fregament amb el centre, van frenar la rotació solar. Seguidament la temperatura del Sol va augmentat i el pols es va evaporar.
- ❖ La teoria de la Nebulosa Moderna: es basa en l'observació d'estrelles joves rodejades de densos discos de pols que es van frenant. Al concentrar-se la major part de la massa al centre, els trossos exteriors, ja separats, rebien més energia i es frenaven menys, amb el que va augmentar la diferència de velocitats.

6.4 MUNTAR UN SISTEMA SOLAR

Els planetes rocosos presenten una superfície rígida que els fa diferents dels gegants de gas. Al principi, els planetes gasosos només eren un xic més gran que els rocosos, però com que això els hi donava un poder gravitatori superior, van atreure una quantitat extra de gas del Sol. D'aquesta manera van arribar a ser molt més grans que els planetes rocosos.

MERCURI	2mm
VENUS	7mm
TERRA	7mm
MART	3 mm
JÚPITER	72mm
SATURN	60mm
URÀ	22mm
NEPTÚ	22mm

Il·lustració9: Mesura aproximada dels planetes en la maqueta.

Per fer el Sol cal inflar un globus i cobrir-lo de paper de diari amb cola blanca o amb barreja de farina i aigua. Seguidament pintem el globus de vermell, groc i taronja per simular les flamarades. Tracem el anell de Saturn en una cartolina, el retallem, i els pintem més o menys tal i com és mostra a les figures deu, onze i dotze. Poc a poc anem dissenyant els planetes i pintant-los tal i com estan a les figures. Seguidament, enganxem els planetes a una superfície

sòlida com una cartolina o “porexpan” amb l’ajuda d’un escuradents. Col·loquem els planetes damunt de la cartolina o el porexpan en l’ordre correcte segons la distància en que es troben del Sol. Al costat del planeta, si podem enganxa-hi aquestes taules:

6.4.1 TAULES

MERCURI

Distància al Sol	57.940.000 km
Radi	2440 km
Duració del dia	58d 15h 30m
Superfície	74.797.000 km ²
Massa	328'5 10 ²¹ kg
Densitat	5'3g/cm ³
Gravetat	3'7m/s ²

VENUS

Distància al Sol	108.200.000 km
Radi	6.052 km
Duració del dia	116 d 18h
Superfície	460.234.317 km ²
Massa	4'869 10 ²⁴ kg
Densitat	5'24g/cm ³
Gravetat	8'87 m/s ²

TERRA

Distància al Sol	149.600.000 km
Radi	6.371 km
Duració del dia	23h 56m
Superfície	510.072.000 km ²
Massa	5'93 10 ²⁴ kg
Densitat	5'515 g/cm ³
Gravetat	9'8 m/s ²

MART

Distància al Sol	227.900.000 km
Radi	3.390km
Duració del dia	1d 0h 40m
Superfície	144.798.500 km ²
Massa	6'4185 10 ²³ g/cm ³
Densitat	3'934g/cm ³
Gravetat	3'771 m/s ²

JÚPITER

Distància al Sol	778.500.000 km
Radi	690911 km
Duració del dia	9h 56m
Superfície	61.418.738.571 km ²
Massa	1,898 10 ⁻²⁷ kg
Densitat	1'33 g/cm ³
Gravetat	27,74m/s ²

SAUTURN

Distància al Sol	1.433.000.000 KM
Radi	58.232 KM
Duració del dia	10h 39m
Superfície	42.700.000.000 KM
Massa	5'688 10 ⁻²⁶ kg
Densitat	690kg/m ³
Gravetat	10,44m/s ²

URÀ

Distància al Sol	2.877.000.000 km
Radi	25.362 km
Duració del dia	17h 14m
Superfície	8.083.079.690 km ²
Massa	86'81 10 ⁻²⁴ kg
Densitat	1,27g/cm ³
Gravetat	8,69 m/s ²

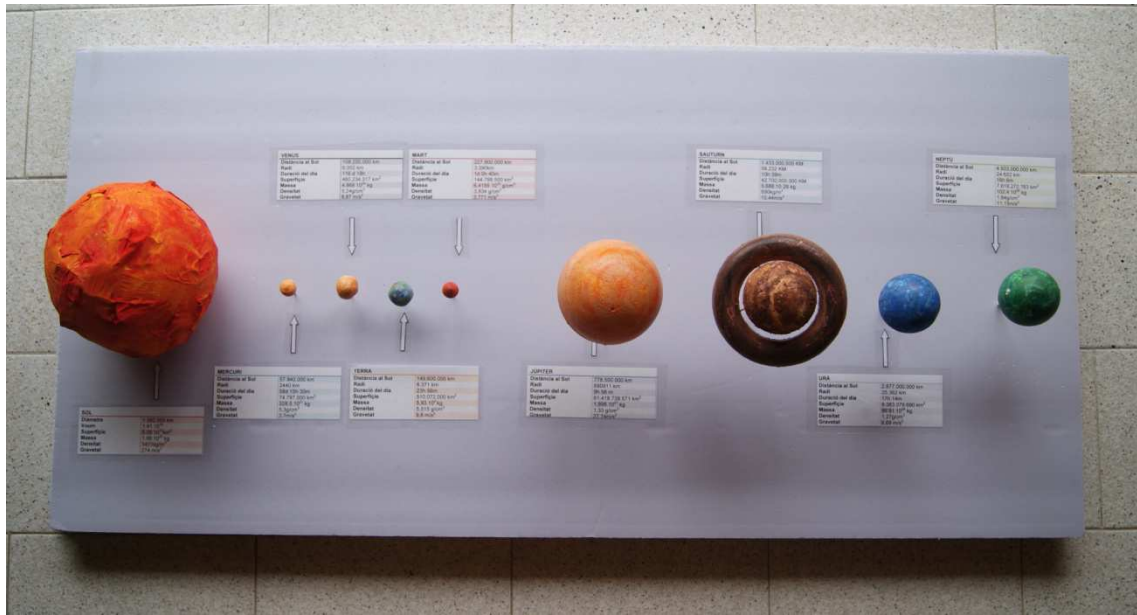
NEPTÚ

Distància al Sol	4.503.000.000 km
Radi	24.622 km
Duració del dia	16h 6m
Superfície	7.618.272.763 km ²
Massa	102,4 10 ⁻⁵⁴ kg
Densitat	1,64g/cm ³
Gravetat	11,15m/s ²

SOL

Diàmetre	1.392.000 km
Voum	1,41 10 ¹⁸
Superfície	6.08 10 ¹² km ²
Massa	1,98 10 ³⁰ kg
Densitat	1411kg/m ³
Gravetat	274 m/s ²

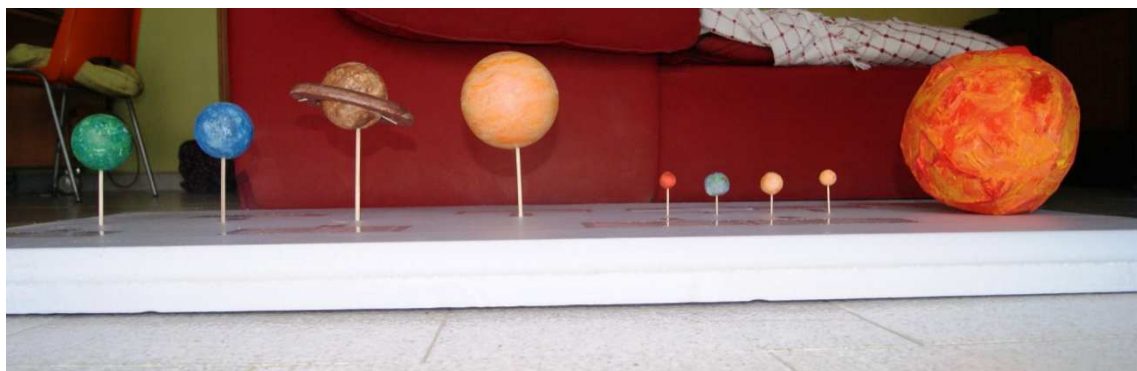
Al final, la maqueta del sistema solar queda d'aquesta manera:



Il·lustració 10: Picat de la maqueta del sistema Solar.

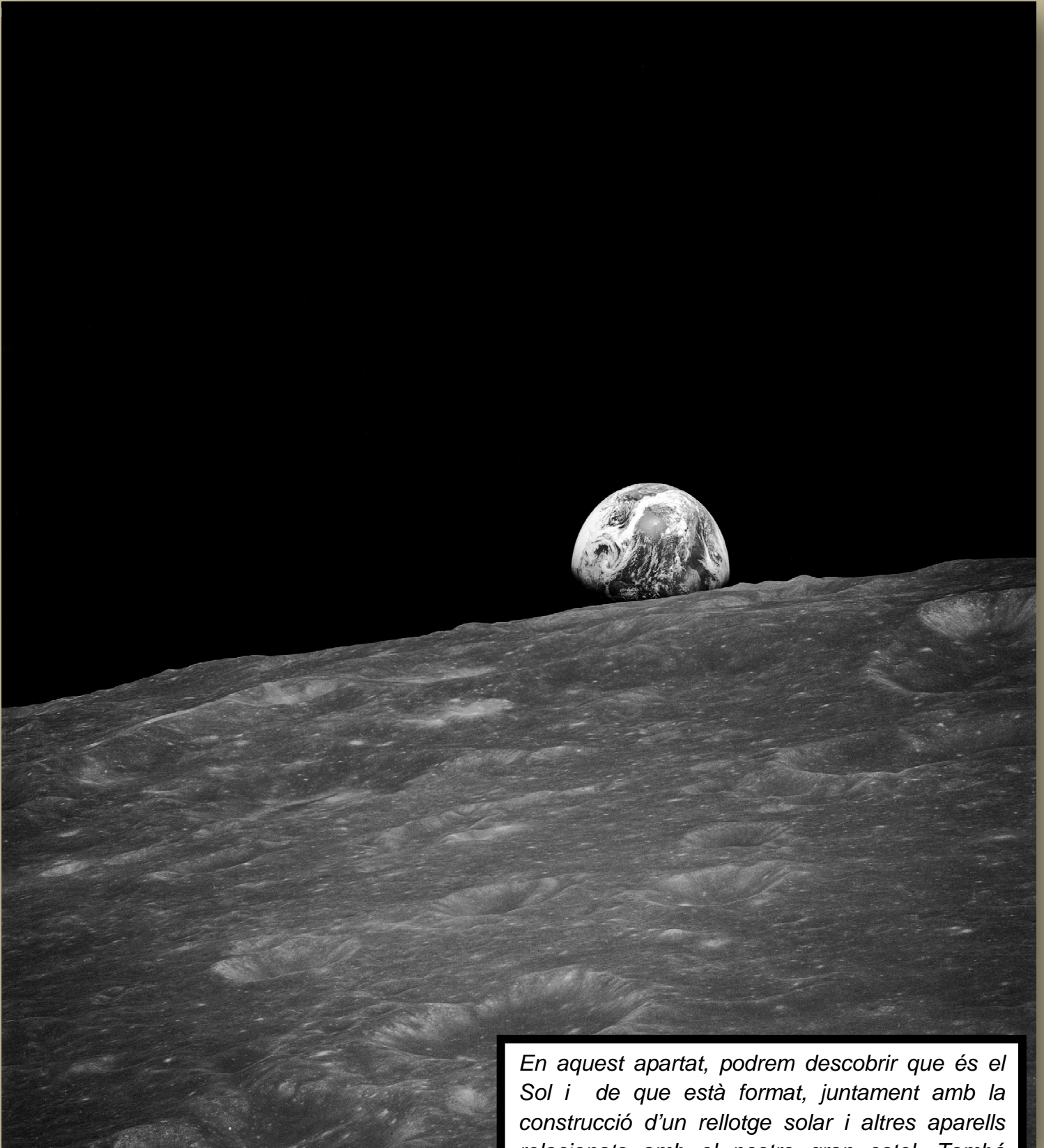


Il·lustració 12: Detall dels planetes Júpiter, Saturn, Urà i Neptú de la maqueta del Sistema Solar amb les corresponents taules.



Il·lustració 11: Pla general de la maqueta del Sistema Solar.

SISTEMA TERRA-LLUNA-SOL: FASES I ECPLISIS

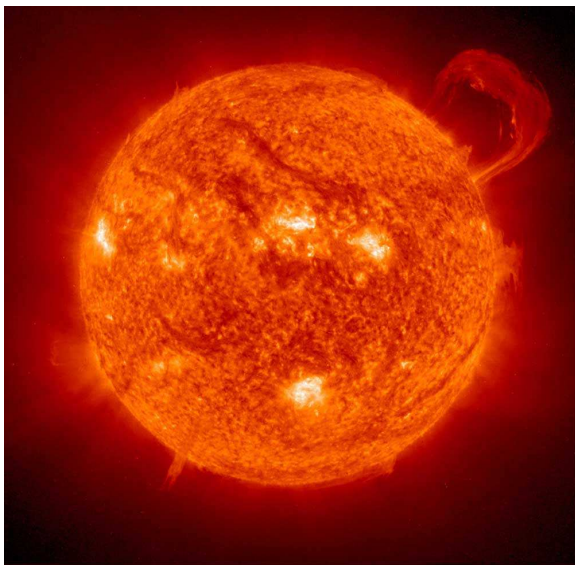


En aquest apartat, podrem descobrir que és el Sol i de que està format, juntament amb la construcció d'un rellotge solar i altres aparells relacionats amb el nostre gran estel. També trobarem informació sobre la lluna, les seves fases i sobre el seu paisatge. Coneixerem fenòmens relacionats amb aquesta, com són les marees, i ens endinsarem en una determinació experimental del radi de la Terra.

7. LA TERRA, LA LLUNA I EL SOL; FASES I ECLIPSES

7.1 EL SOL

El Sol és l'estrella més propera a la Terra i el major element del Sistema Solar. Les estrelles són els únics cossos de l'Univers que emeten llum. El Sol és també la nostra principal font d'energia, que es manifesta, sobretot, en forma de llum i calor.



Il·lustració 13: El Sol.

El Sol conté més del 99% de tota la matèria del Sistema Solar. Exerceix una forta atracció gravitatòria sobre els planetes i els fa girar al seu voltant.

El Sol es va formar fa 4.650 milions d'anys i té combustible per a 5.000 milions més. Després, començarà a fer-se més i més gran, fins convertir-se en una geganta vermella.

Finalment, s'enfonsarà pel seu propi pes i es convertirà en una nana blanca, que pot trigar un trilió d'anys a refredar-se.

L'energia solar es crea a l'interior del Sol, on la temperatura arriba als 15 milions de graus, amb una pressió altíssima, que provoca reaccions nuclears. S'alliberen protons (nuclis d'hidrogen), que es fonen en grups de quatre per formar una partícula alfa (nuclis d'heli).

Cada partícula alfa pesa menys que els quatre protons junts. La diferència s'expulsa cap a la superfície del Sol en forma d'energia. Un gram de matèria allibera tanta energia com la combustió de 2,5 milions de litres de gasolina.

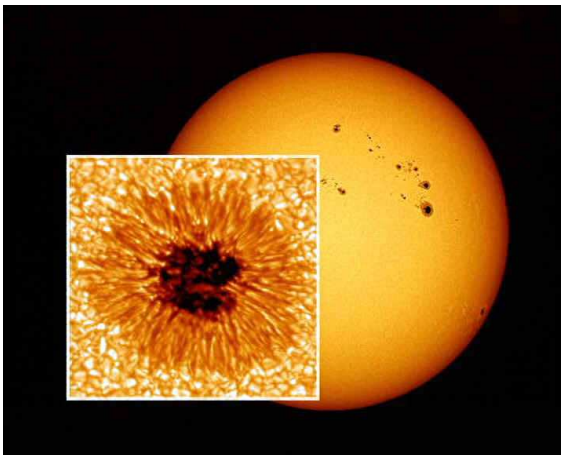
L'energia generada en el centre del Sol triga un milió d'anys per arribar a la superfície solar. Cada segon es converteixen 700 milions de tones d'hidrogen

en cendres d'heli. En el procés s'alliberen 5 milions de tones d'energia pura, per la qual cosa, el Sol cada vegada es torna més lleuger.

El Sol també absorbeix matèria. És tan gran i té tanta força que sovint atreu els asteroides i cometes que passen a prop. Naturalment, quan cauen al Sol, es desintegren i passen a formar part de l'estrella.

7.1.1 TAQUES SOLARS

Les taques solars tenen una part central obscura coneguda com umbra, envoltada d'una regió més clara anomenada penombra. Les taques solars són



Il·lustració 14: Ampliació de les taques solars.

fosques ja que són més fredes que la fotosfera que les envolta.

Les taques són el lloc de forts camps magnètics. La raó per la qual les taques solars són fredes no s'entén encara, però una possibilitat és que el camp magnètic en les taques no permet la convecció sota.

Les taques solars generalment creixen i duren des de diversos dies fins a diversos mesos. Les observacions de les taques solars va revelar primer que el Sol canvia en un període de 27 dies (vist des de la Terra).

El nombre de taques solars en el Sol no és constant, i canvia en un període d'onze anys conegut com el cicle solar. L'activitat solar està directament relacionada amb aquest cicle.

7.1.2 PROTUBERÀNCIES SOLARS

Les protuberàncies solars són enormes dolls de gas calent expulsats des de la superfície del Sol, que s'estenen a molts milers de quilòmetres. Les majors flamarades poden durar diversos mesos.

El camp magnètic del Sol desvia algunes protuberàncies que formen un arc gegantí. Es produeixen en la cromosfera que està a uns 100.000 graus de temperatura.



Il·lustració 15: Protuberàncies solars.

Les protuberàncies són fenòmens espectaculars. Apareixen en el limbe del Sol com núvols flamejants en l'alta atmosfera i corona inferior i estan constituïdes per núvols de matèria a temperatura més baixa i densitat més alta que la del seu voltant.

Les temperatures a la part central són, aproximadament, una centèsima part de la temperatura de la corona, mentre que la seva densitat és unes 100 vegades la de la corona ambient. Per tant, la pressió del gas dins d'una protuberància és aproximadament igual a la del seu voltant.

7.1.3 EL VENT SOLAR

El vent solar és un flux de partícules carregades, principalment protons i electrons, que escapen de l'atmosfera externa del sol a altes velocitats i penetren en el Sistema Solar.

Algunes d'aquestes partícules carregades queden atrapades en el camp magnètic terrestre girant en espiral al llarg de les línies de força d'un a un altre pol magnètic. Les aurores boreals i australs són el resultat de les interaccions d'aquestes partícules amb les molècules d'aire.

La velocitat del vent solar és de prop de 400 quilòmetres per segon en la rogalia de l'òrbita de la Terra. El punt on el vent solar es troba que prové d'altres estrelles es diu heliopausa, i és el límit teòric del Sistema Solar. És a unes 100 UA¹³ del Sol. L'espai dins del límit de la heliopausa¹⁴, contenint al Sol i al sistema solar, s'anomena heliosfera.



Il·lustració 16: Aurora boreal causada pel vent solar.

7.1.4 RELLOTGE SOLAR I CALENDARI SOLAR

Per poder construir el rellotge i el calendari solar, hem d'imprimir els dibuixos del rellotge i del gnòmon en una cartolina i retallam-los.

Duem el rellotge de sol a fora i alinea'l en direcció nord-sud. El gnòmon farà ombra sobre el diagrama del rellotge. L'angle de l'ombra mostrarà l'hora solar

¹³UA: Unitat astronòmica (UA). És una unitat de distància, aproximadament igual a la distància mitjana entre el Sol i la Terra. Equival, aproximadament, a 150 milions de quilòmetres.

¹⁴ Heliopausa: és el punt en el que el vent solar s'uneix al medi interestel·lar o el vent solar procedeix d'altres estrelles.

local, indicada pels nombres romans. La longitud de l'ombra proporciona una idea aproximada de la data, tal com indiquen les corbes horitzontals.

Es pot fer servir per a mostrar com canvia l'altura del sol en el cel en diferents èpoques de l'any, a una hora concreta.

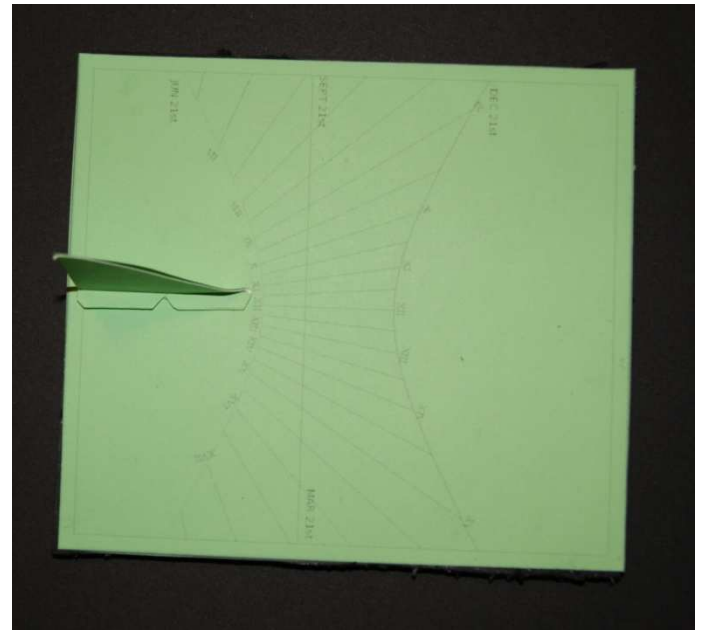
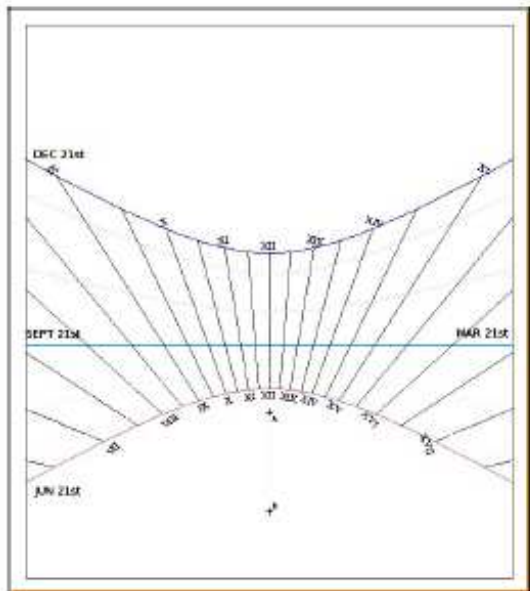
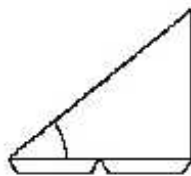


Fig. 1



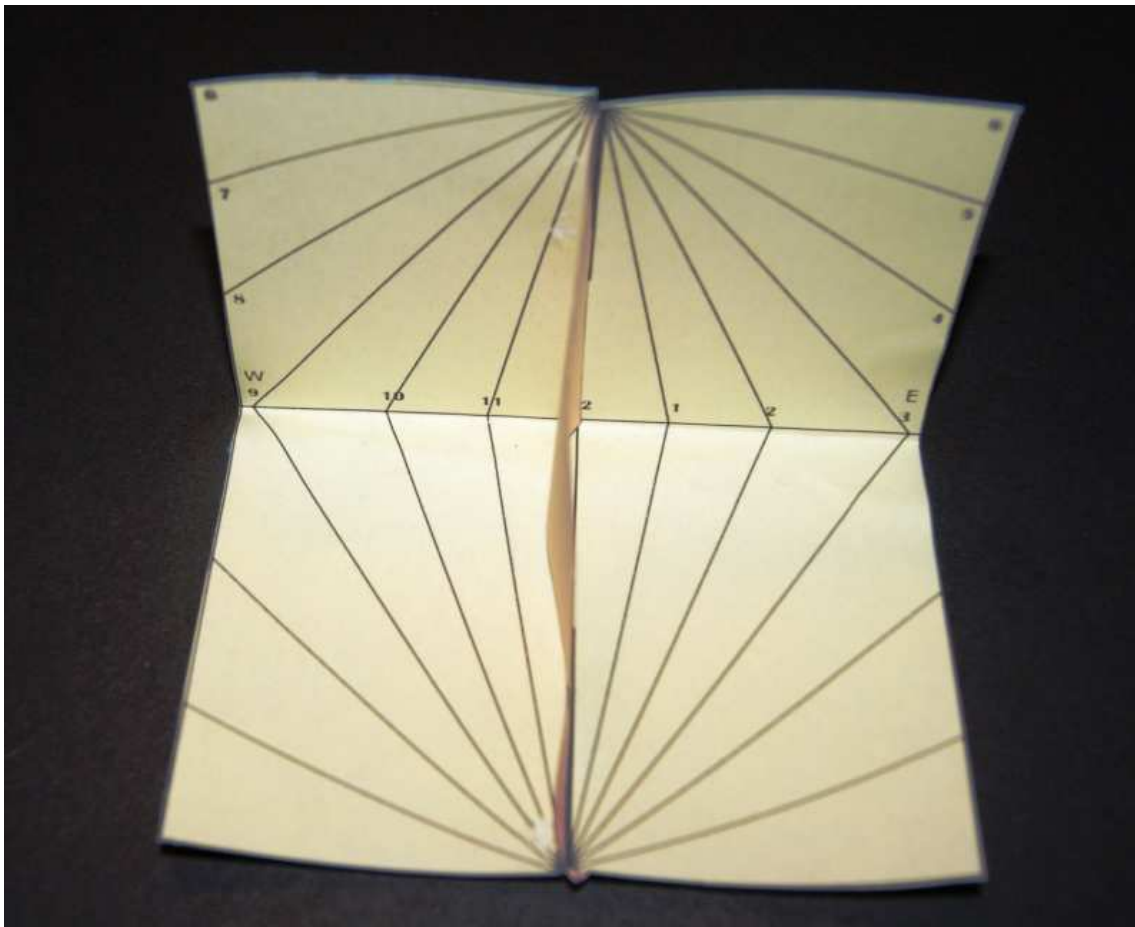
I-lustració 17: Plantilla del rellotge solar (plantilla a l'apartat 16.2.1 de l'annex 2) i resultat final del nostre rellotge solar.

7.1.5 RELLOTGE SOLAR

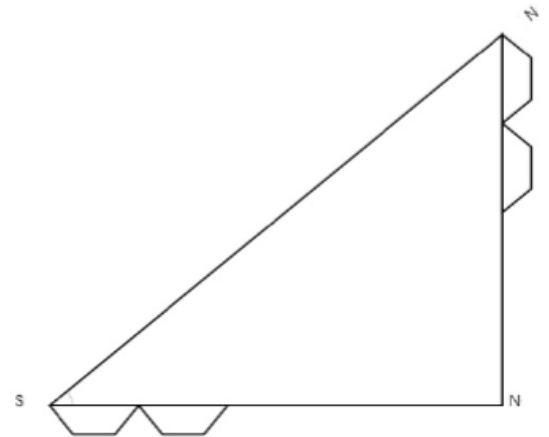
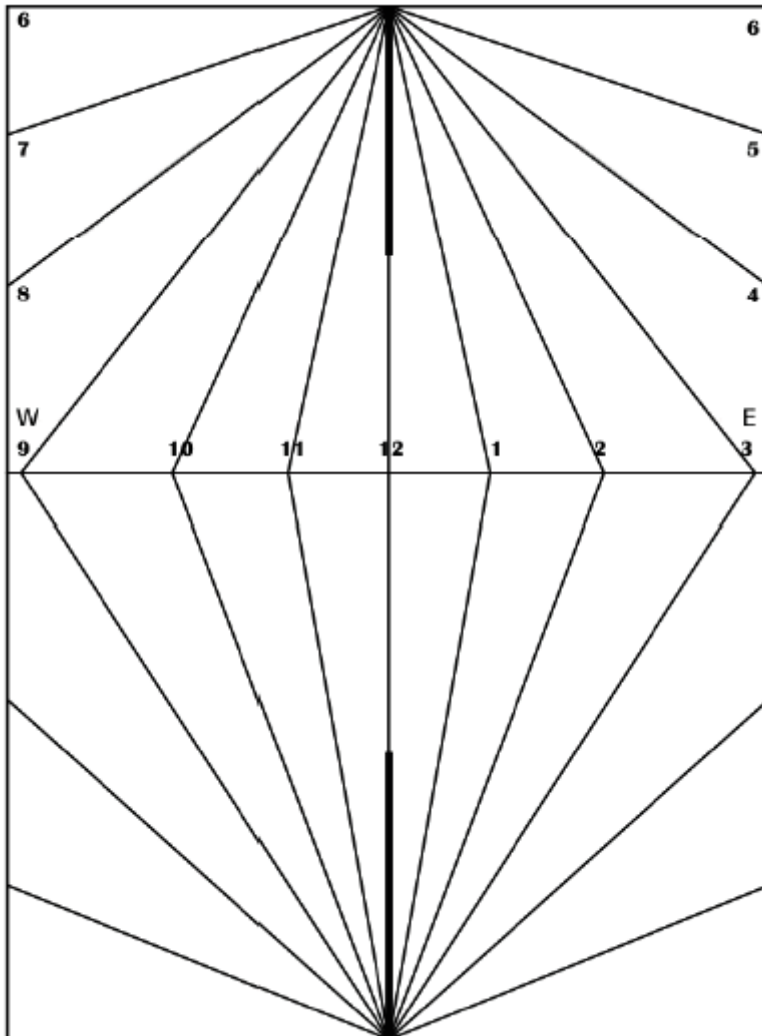
Per construir el rellotge solar, imprimim les dues parts del rellotge de sol sobre una cartolina i retallem-les.

Fem dos talls al llarg de les línies gruixudes en negreta situades a les 12:00 h. Dobleguem el rellotge per la línia horitzontal, com es mostra en la foto. Inserim el triangle en els talls, doblegant les pestanyes per fixar-lo al rellotge de sol.

Portem el rellotge de sol a fora i orientem-lo en direcció nord-sud, mirant cap al sud. El triangle projectarà una ombra sobre el rellotge, que indicarà l'hora solar local marcada pel nombre corresponent.



Il·lustració 18: Rellotge solar.



Il·lustració 19: Rellotge solar (plantilla situada a l'apartat 16.2.2 de l'annex2)

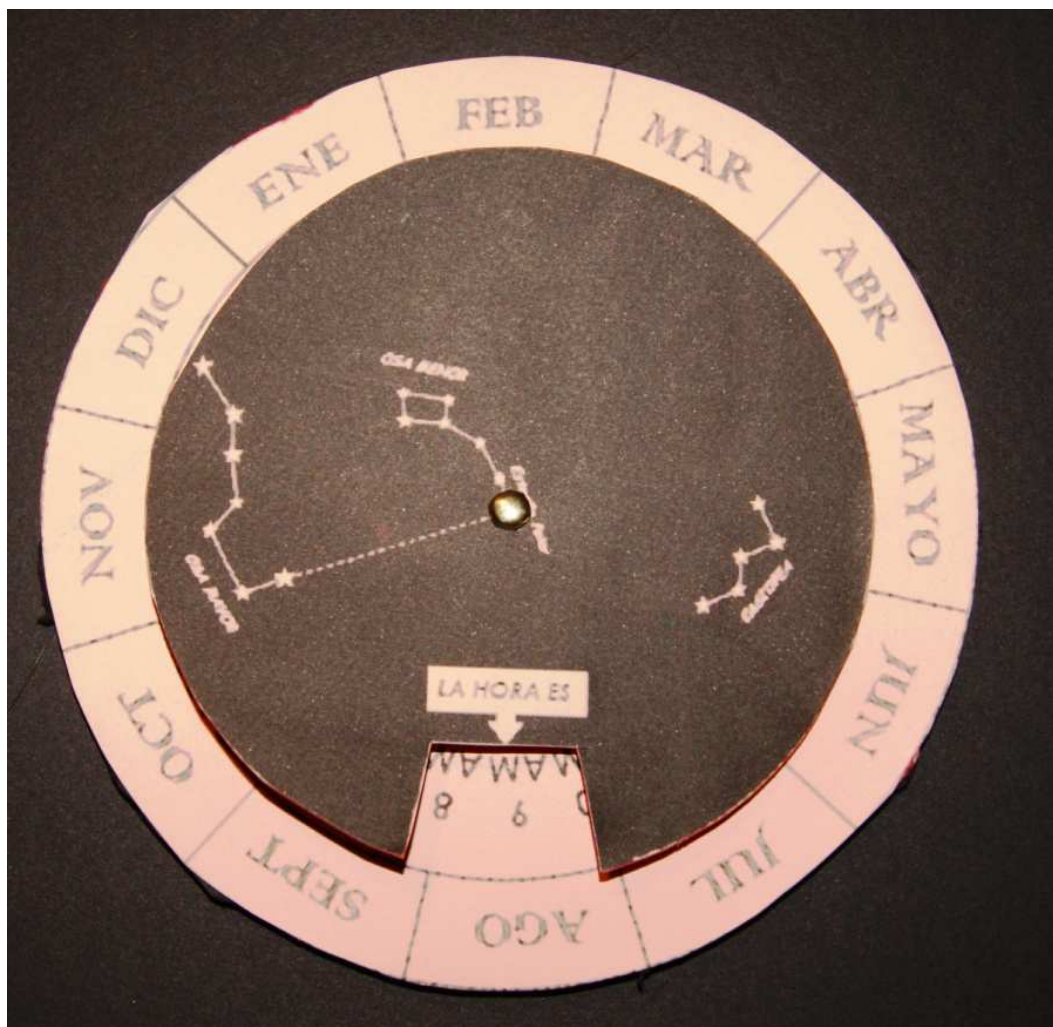
7.1.6 RELLOTGE NOCTURN

Per construir el rellotge nocturn, imprimim les dues peces del rellotge de la figura en una cartolina i retallem-les. Col·loquem la peça de les constel·lacions sobre la del calendari. Fem un orifici al mig de les dues peces i subjecta-les amb un enquadrador.

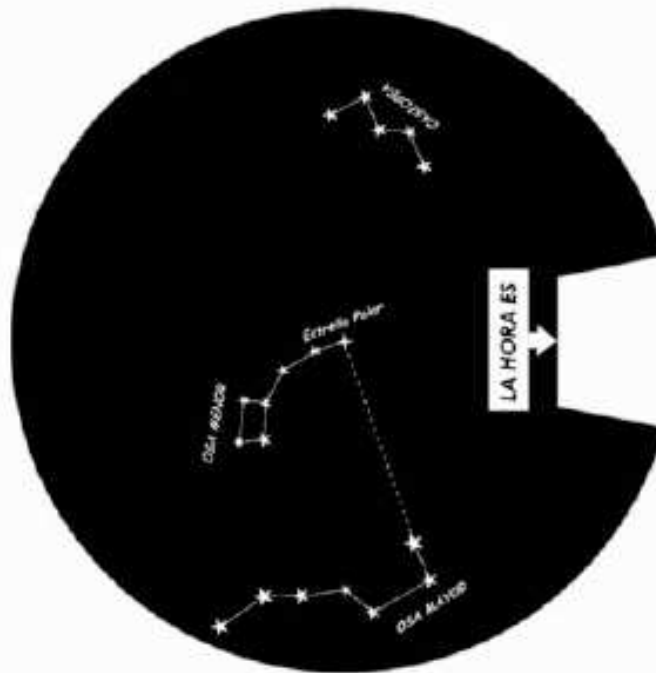
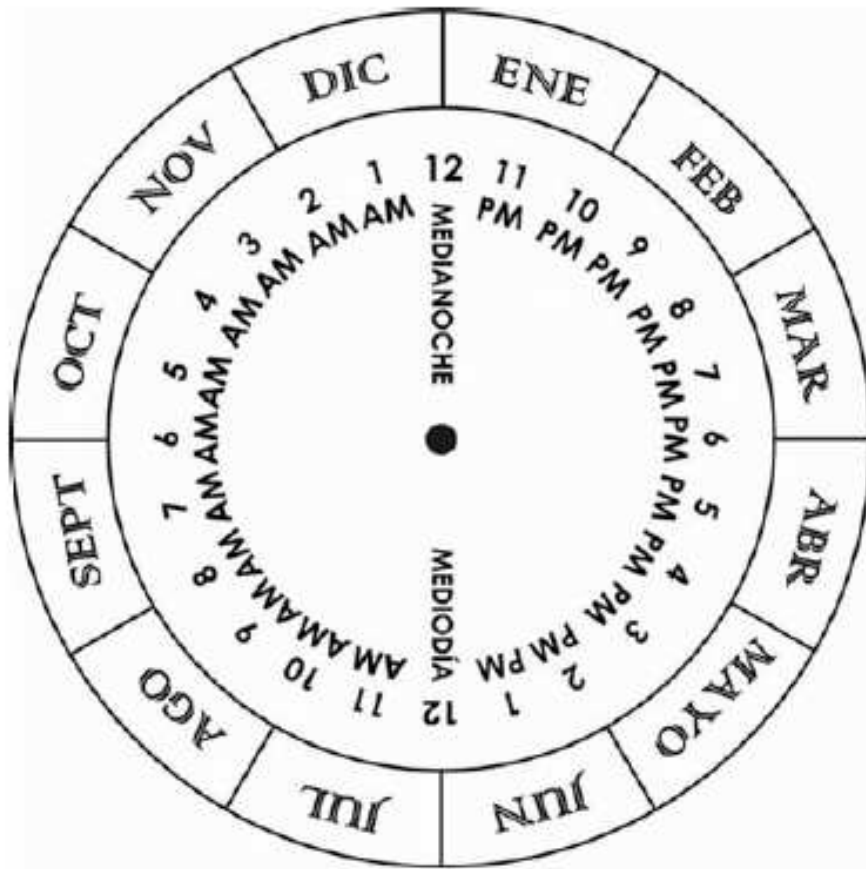
Quan el tenim construït, anem a l'aire lliure i posem-nos mirant cap al nord. Col·loquem el rellotge en posició vertical, amb el mes actual de l'any a la part superior. Aleshores, girem la carta estel·lar fins que les posicions de les tres

constel·lacions coincideixin amb les reals del cel en aquest moment. Ara ja podem mirar l'hora solar en la finestra.

Apuntar, que el rellotge nocturn depèn de la latitud i la longitud.



Il·lustració20: Rellotge nocturn.

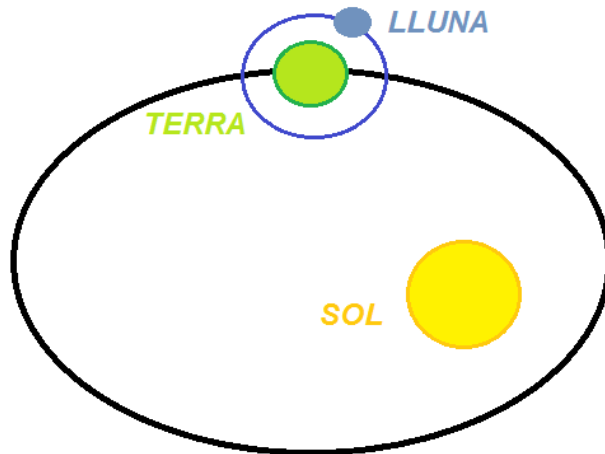


Il·lustració 21: Plantilla del rellotge noctur (la plantilla la podem trobar a l'apartat 16.2.3 de l'annex 2)

7.2 LA LLUNA

La Lluna és un dels cossos més grans del sistema Solar. La seva òrbita és gairebé circular (excentricitat $\epsilon = 0.05$) i el pla de la seva òrbita està inclinat 5° respecte del pla de l'òrbita de la Terra.

La distància mitjana entre el centre de la Terra i la Lluna és de 384 400 km. El



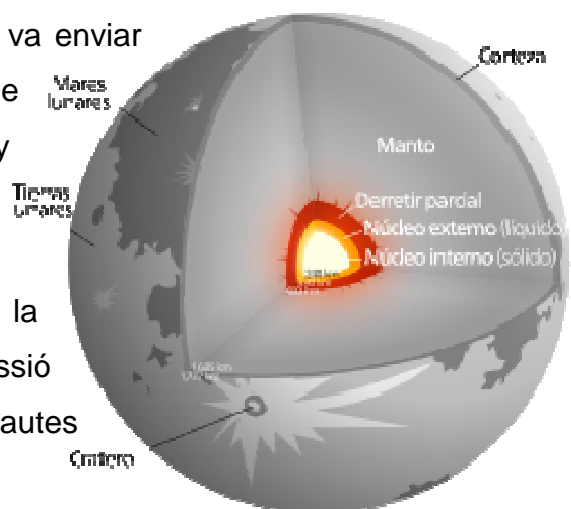
Il·lustració 22: Esquema on es pot observar el Sol, la Terra i la Lluna al voltant de la Terra.

seu període de rotació al voltant de la Terra és de 27.322 dies. El canvi de la posició de la Lluna respecte del Sol dóna lloc a les fases de la Lluna.

La Lluna sempre presenta la mateixa cara a qui l'observa des de la terra terrestre, a causa de que coincideix el període de rotació de la Lluna

al voltant del seu eix i el temps que triga a completar una òrbita al voltant de la Terra.

La Lluna és l'objecte celeste que més ha fascinat a l'espècie humana. L'antiga Unió Soviètica va enviar per primera vegada una nau automàtica que es va posar a la superfície de la Lluna l'any 1959. El 20 juliol 1969 Neil Armstrong acompanyat d'Edwin Aldrin van ser els primers homes que van caminar sobre la superfície de la Lluna en el marc de la missió Apollo 11. L'última vista dels astronautes americans a la Lluna va ser l'any 1972.



Il·lustració 23: Característiques de la Lluna

L'origen de la Lluna sembla incert, hi ha diverses teories:

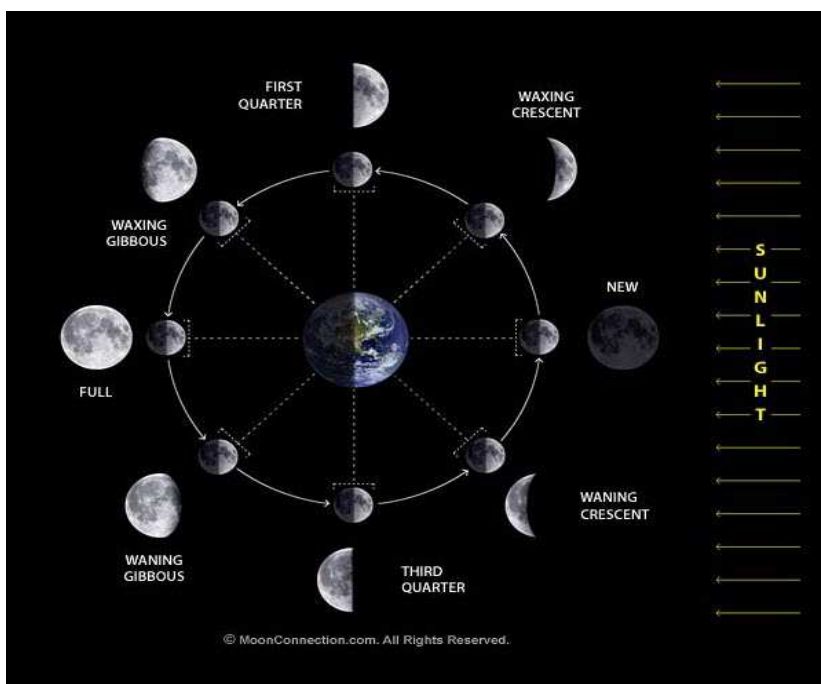
- ❖ Que es va formar al mateix temps que la Terra amb el material procedent d'una nebulosa
- ❖ Que un cos celeste es dividí en dues parts i es formaren a la Terra i la Lluna
- ❖ Que la Lluna es va formar en un altre lloc i va ser capturada per la Terra
- ❖ Que la Terra va col·lisionar amb un objecte celeste de grans dimensions (de la mida de Mart o major) i que la Lluna es va formar amb el material expulsat d'aquesta col·lisió.

L'última teoria, sembla, de moment, la més acceptada per la comunitat científica.

7.2.1 LES FASES DE LA LLUNA

Les fases de la lluna són les diferents il·luminacions que presenta el nostre satèl·lit en el curs d'un mes.

Segons la disposició en què es troben la Lluna, la Terra i el Sol, es veu



il·luminada una major o menor porció de la cara visible de la lluna. La lluna nova és quant aquesta està entre la Terra i el Sol i per tant no la veiem.

En el quart creixent, la Lluna, la Terra i el Sol

Il·lustració 24: Fases de la Lluna.

formen un angle recte, pel que es pot observar al cel la meitat de la Lluna, en el seu període de creixement.

La lluna plena o pleniluni passa quan la Terra se situa entre el Sol i la Lluna; aquesta rep els raigs del sol a la cara visible, per tant, es veu completa.

Finalment, en el quart minvant els tres cossos tornen a formar angle recte, per la qual cosa, es pot observar en el cel l'altra meitat de la cara lunar.

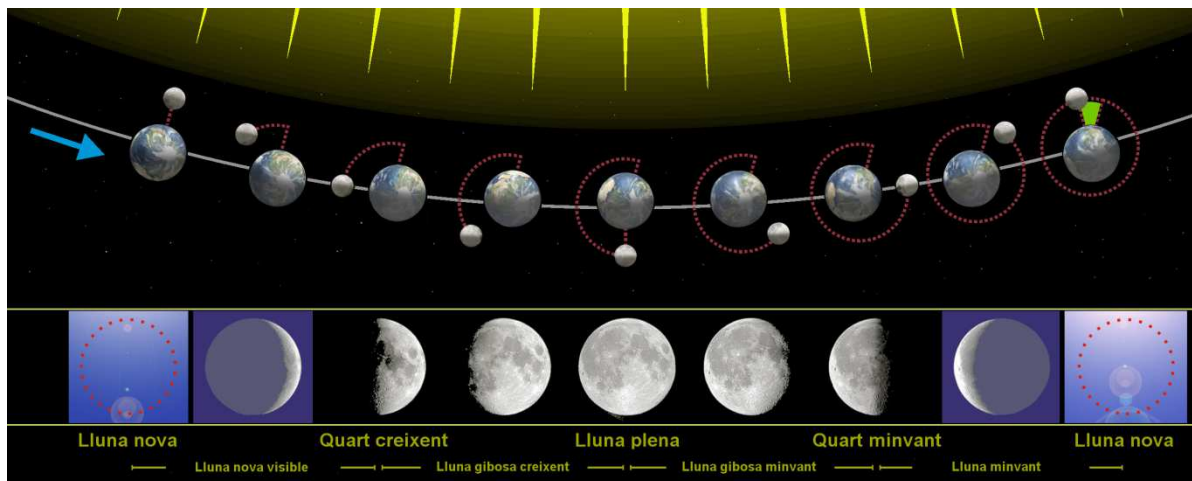
L'òrbita de la terra forma un angle de 5° amb l'òrbita de la lluna, de manera que quan la lluna es troba entre el sol i la terra, un dels seus hemisferis, el que nosaltres veiem, queda a la zona fosca, i per tant, queda invisible a la nostra vista: a això en diem lluna nova o noviluni.

A mesura que la lluna segueix el seu moviment de translació, va creixent la superfície il·luminada visible des de la terra, fins que una setmana més tard arriba a mostrar-nos la meitat del seu hemisferi il·luminat, és l'anomenat quart creixent.

Una setmana més tard percebem tot l'hemisferi il·luminat: és l'anomenada lluna plena o pleniluni.

A la setmana següent, la superfície il·luminada comença a decreixer o minvar, fins arribar a la meitat és el quart minvant.

Al final de la quarta setmana arriba a la posició inicial i desapareix completament de la nostra vista, per recomençar un nou cicle.



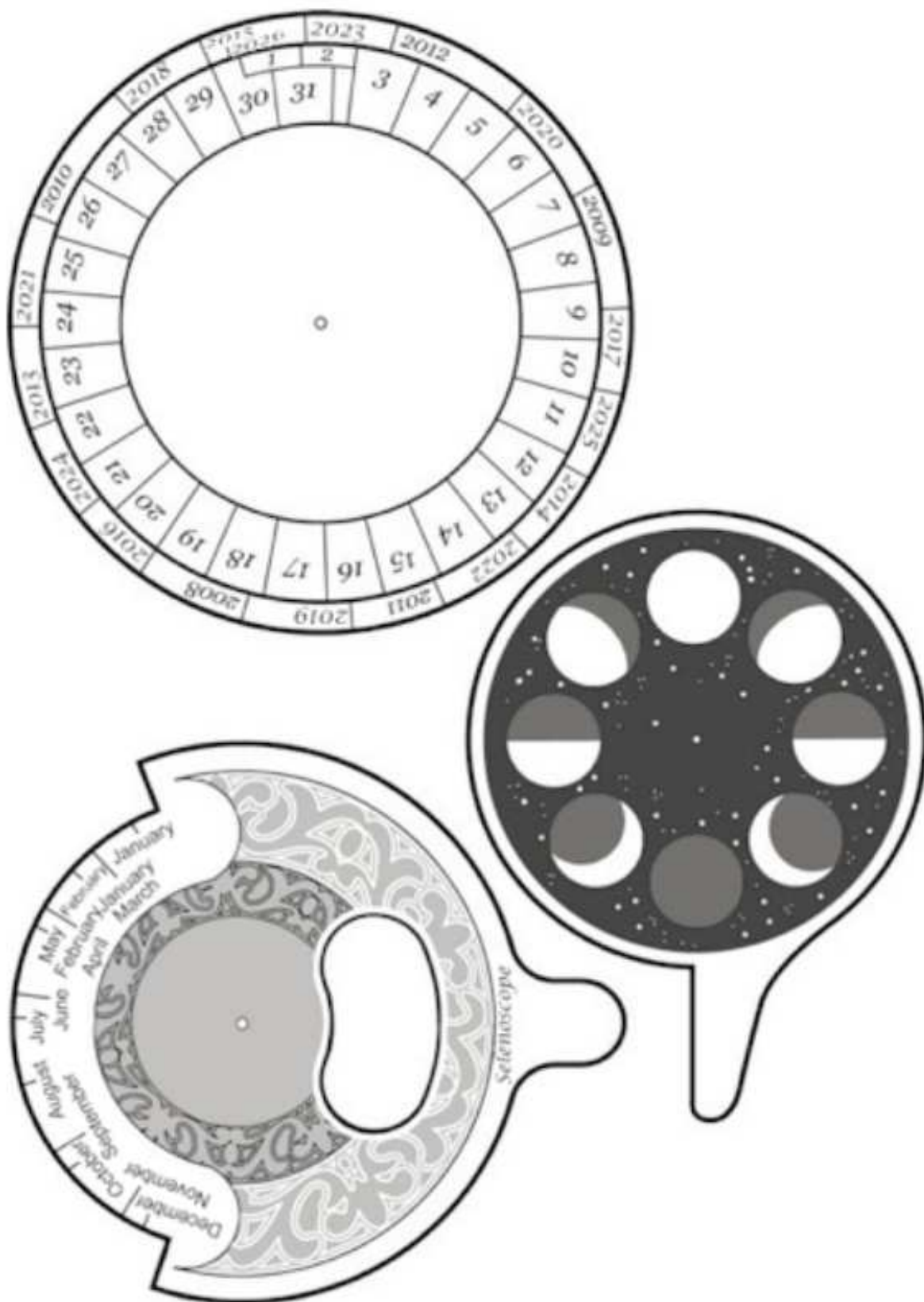
Il·lustració 25: Moviment de rotació de la Lluna. La Lluna gira sobre un eix de rotació que té una inclinació de $88,3^\circ$ respecte del pla de l'el·líptica de translació al voltant de la Terra. Atès que la durada del moviment de translació i del moviment de rotació és la mateixa, la Lluna presenta a la Terra constantment el mateix hemisferi. La Lluna tarda 27,32 dies en fer una volta sobre si mateixa.

7.2.2 SELENOSCOPI

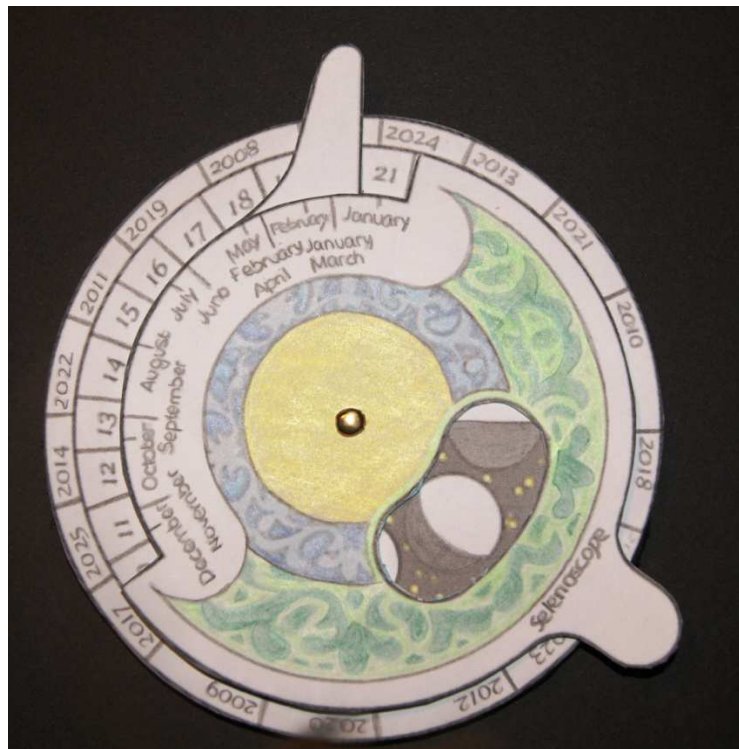
Per construir el selenoscopi imprimim les peces del selenoscopi que estan adjuntades al final, en una cartolina. Tallem la finestra amb forma de mongeta de la peça de la lluna. La part amb els anys és la inferior. Posem-ho damunt la peça de la lluna i, finalment, la dels mesos. Fem un forat al mig de les tres peces i subjectem-les amb un enquadernador.

Per fer-lo servir, posem la vora recta de la pestanya de la peça central al principi de la caixa on hi ha l'any seleccionat. Seguidament desplaçem la pestanya del calendari per alinear el mes amb el dia. Aleshores en la finestra apareixerà la fase lunar corresponent a la data triada.¹⁵

¹⁵ NOTA: Els mesos de Gener i Febrer estan repetits, perquè la lluna varia en eixos de dos mesos en els anys bixestos (anys de 366 dies, per exemple el 2012, i tots els divisibles entre 4, exepte els múltiples de 100 que no en siguin de 400.) Així, els mesos de Gener i Febrer estan situats baix la marca més curta, corresponent als mesos bixestos i els situats baix la marca més llarga als anys no bixestos.



Il·lustració 26: Plantilla del selenoscopi (la podem trobar a l'apartat 16.2.4 de l'annex 2)



Il·lustración 27: Selenosci.

7.2.3 PAISATGE LUNAR

La lluna no podria contenir vida ja que no hi ha aigua i no té atmosfera. Si no hi ha atmosfera no es produeixen fenomens meteorològics i per tant, les roques de la superfície lunar no han estat erosionades per la pluja o el vent, ni arrossegades per les mareas.

A la lluna hi ha centenars de milers de cràters i aproximadament mig milió d'aquests tenen més de 1.500 milions metres d'amplada. Molts d'aquests es troben envoltats per serralades que formen murs de milers de metres d'alçada i envolten els cràters..

Si observem la lluna amb els binocles, la superfície lunar està foradada per cràters de totes mesures que van ser provocats per incessants bombardeigs de meteorits que van tenir lloc poc després de la formació de la Lluna. Els fragments rocosos van colpejar la Lluna a gran velocitat, bo i formant cràters circulars molt més grans que ells mateixos.

7.2.4 MAQUETA CRÀTERS LUNARS

Per poder simular la creació dels cràters lunars, necessitem pedres, paper d'alumini, llauna, guix de motllo o argila blanca, aigua, gerro, paper i cullera.

Aboquem el guix del motlle dins d'una llauna coberta amb paper d'alumini, vesseu aigua poc a poc i ho estenem. Quan el guix augmenta de gruix, sense tornar-se dur, deixem caure les pedres, des de l'altura del pit.

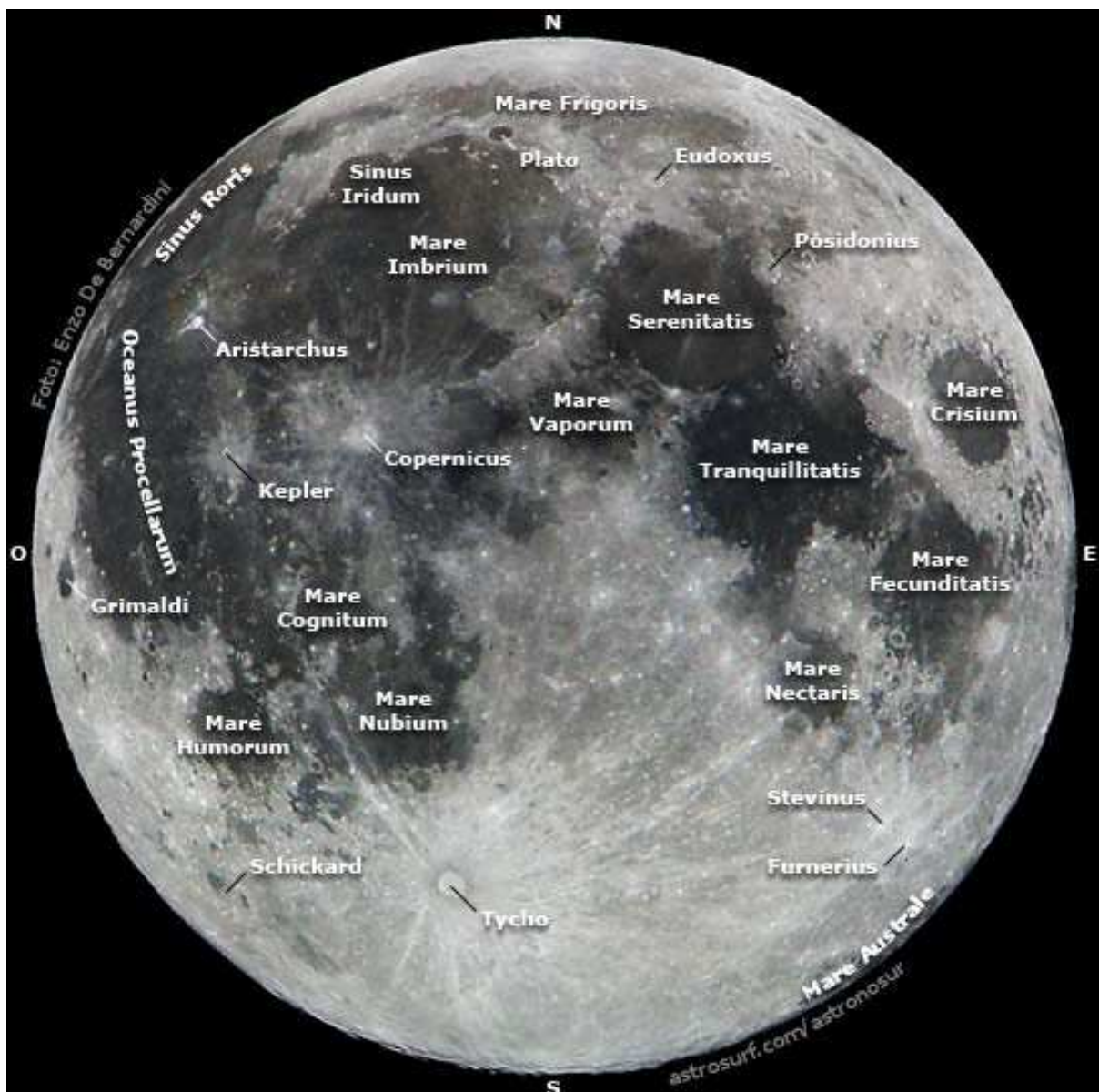


Il·lustració 28: Maqueta dels cràters lunars.

7.2.5 MAPA DE LA LLUNA

És interessant construir un mapa lunar on s'hi inclogui el nom dels mars i de alguns dels cràters que podem observar amb prismàtics o amb un petit telescopi.

Per construir-lo: es necessita una peça quadrada de cartró dur (de uns 20 x 20 centímetres) a on es pugi empegar el mapa de la lluna.



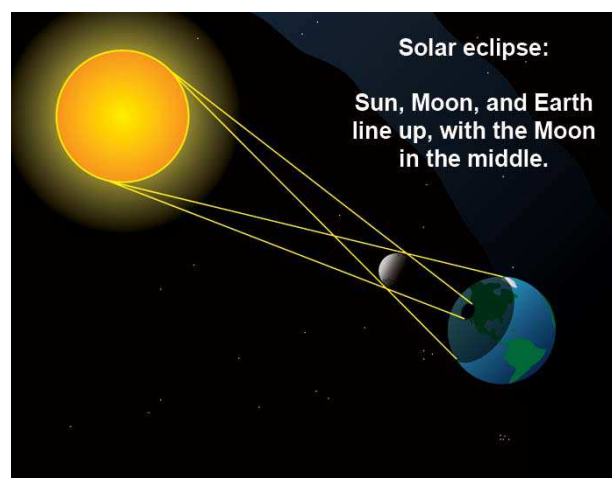
II-Il·lustració 29: Mapa lunar (podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.5 de l'annex 2)

El mapa de la Lluna s'ha de fer servir tal i com es mostra a la figura, ja que uns prismàtics o un telescopi inverteixen la imatge i també tot depèn de si estem observant des de l'hemisferi nord o l'hemisferi sud. En qualsevol cas, el més senzill és començar per identificar els mars, comprovar que la posició és correcta i després seguir identificant els altres accidents lunars.

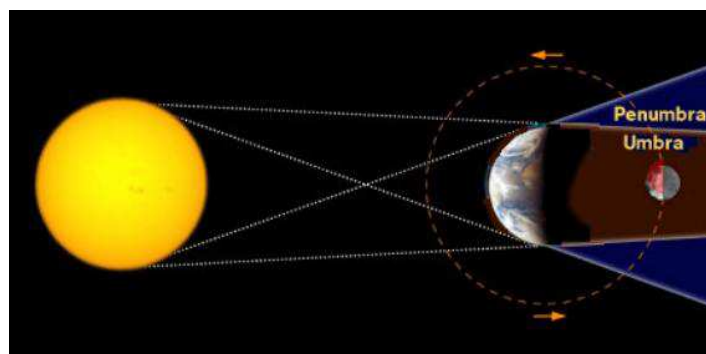
7.3 ECLIPSIS

Un eclipsi de Sol és produït quan el Sol és cobert per la Lluna que se situa entre el Sol i el nostre planeta. Aquests tipus d'eclipsi sempre tenen lloc amb la Lluna nova.

Els eclipsis de lluna són produïts quan la Lluna passa a través de l'ombra de la Terra. És a dir, quan la Lluna està en el lloc oposat del Sol, per tant, els eclipsis de lluna es donen sempre en la fase de la Lluna plena.



Il·lustració 13: L'eclipsi de Sol sempre és produït quan la Lluna està situada entre el Sol i la Terra.



Il·lustració 14: Els eclipsis de Lluna es produeixen quan la Lluna passa per l'ombra de la Terra. Llavors la Terra està situada entre el Sol i la Lluna.

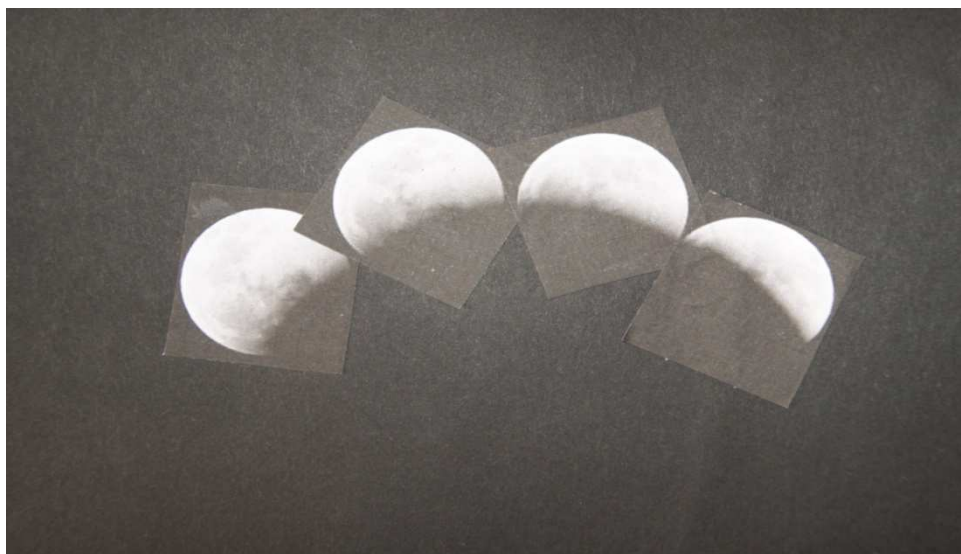
La Terra i la Lluna es mouen seguint òrbites el·líptiques que no estan al mateix pla. L'òrbita de la Lluna està inclinada uns 5° respecte del pla de l'el·líptica. Els dos plans interseccionen en una recta anomenada la línia dels Nodes. Els eclipses tenen lloc quan la Lluna està pròxima a la línia de Nodes.

7.4 DETERMINACIÓ DE DIÀMETRES

7.4.1 MESURA DEL DIÀMETRE DE LA LLUNA

Quan es produeix un eclipsi de Lluna, aquesta es torna fosca perquè travessa l'ombra de la Terra. Com que la distància de la Terra al Sol és tan gran, podem considerar que els raigs solars que arriben a la Terra són pràcticament paral·lels i per tant la mida de la Terra i de la seva ombra coincideixen.

Fem quatre fotografies d'un eclipsi de Lluna i les enganxem sobre una cartolina totalment negra, superposant-les, de manera que puguem veure l'ombra de la Terra. Els límits de l'ombra no són perfectament nítids, per això hem de retallar una altra cartolina circular, que no sigui negra, amb la mateixa forma i mida que l'ombra de la Terra. Normalment s'han de fer un parell d'intents per aconseguir la cartolina apropiada.



Il·lustració 30: Cartolina amb les quatre imatges de la

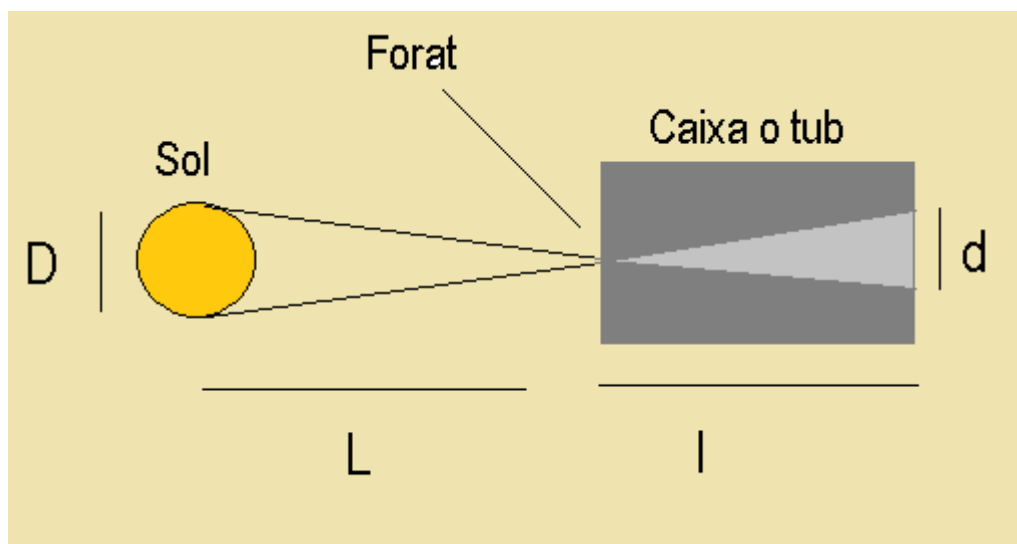
Seguidament, només tindrem que mesurar l'ombra de la Terra amb l'ajuda d'un regle, i podrem obtenir el radi.

7.4.2 MESURA DEL DIÀMETRE DEL SOL

El diàmetre del Sol es pot mesurar de diverses formes. A continuació podrem observar un senzill mètode fent servir un aparell casolà anomenat cambra fosca.

La cambra fosca es pot fer a partir d'una caixa de sabates o amb un senzill tub de cartró. Tot i així, si es fa amb un tub d'unes dimensions més grans, podrem aconseguir millor precisió.

El primer pas per construir la cambra fosca és el següent: hem de tapar amb paper vegetal un extrem del tub, i l'altre extrem el cobrim amb paper d'alumini, en el qual, amb l'ajuda d'una agulla, farem un petit porat. Seguidament, hem de dirigir el forat fet amb l'agulla i mirar per l'altre costat, on hi ha posat el paper vegetal. Amb l'ajuda d'un regle mesurem el diàmetre del Sol a l'ombra projectada. A partir d'aquest dibuix, es pot establir la relació següent:



Il·lustració 31: Esquema de la cambra fosca.

$$\frac{D}{L} = \frac{d}{l}$$

D'aquí podem treure el diàmetre del Sol, la fórmula seria la següent:

$$D = \frac{d \cdot L}{l}$$

Si sabem la distància del Sol a la Terra ($L=150.000.000$ quilòmetres) podem calcular el diàmetre del Sol (D), coneixent la longitud del tub (l) i el diàmetre (d) de la imatge del Sol sobre el paper vegetal. Recordem que el diàmetre del Sol és de 1392000 quilòmetres.

També, podem repetir l'exercici per determinar el radi de la lluna sabent que es troba a 400000 quilòmetres de la Terra.



II-lustració32: Cambra fosca.



II-lustració33: Imatge del sol reflectit a la cambra fosca

7.5 MAREES

La marea és el canvi periòdic de nivell del mar, produït principalment per les forces de marea que exerceixen el Sol i la Lluna. Quan aquest nivell és màxim s'anomena marea alta o plenamar, i quan aquest nivell és mínim s'anomena marea baixa o baixamar.

Dues marees altes successives estan separades per un període de temps de dotze hores i mitja, de manera que entre una plenamar i una baixamar passen sis hores i quart.

En els mars tancats o petits (com el Mediterrani) les marees són gairebé imperceptibles, però en els oceans i mars oberts, en canvi, hi pot haver diferències d'alguns metres entre la baixamar i la plenamar.

El fenomen de les marees ja era conegut en l'antiguitat, però la seva explicació no va ser possible fins després de conèixer-se la llei de Newton de la Gravitació Universal l'any 1687:

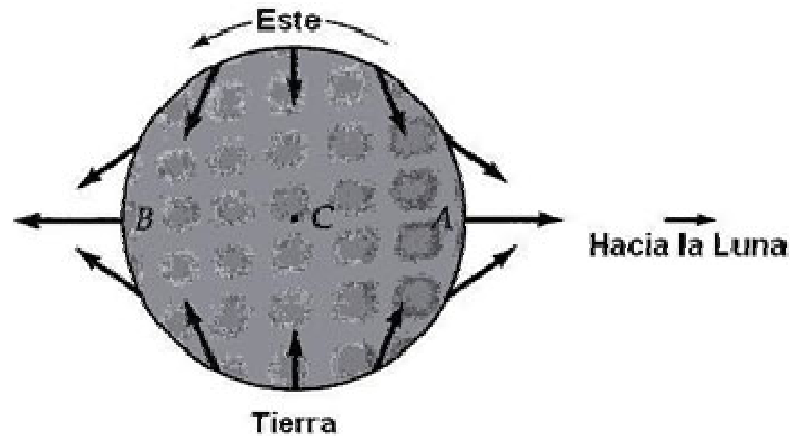
$$F_G = \frac{M_T \cdot m_{LL}}{d^2}$$

La lluna exerceix una força gravitacional sobre la Terra. Quan tenim una força gravitacional es pot considerar que existeix una acceleració gravitacional, que, d'acord amb la segona llei de Newton és ($F = m \cdot a$). Així l'acceleració de la Lluna sobre la Terra ve donada per :

$$a_g = G \cdot \frac{M_{LL}}{d^2}$$

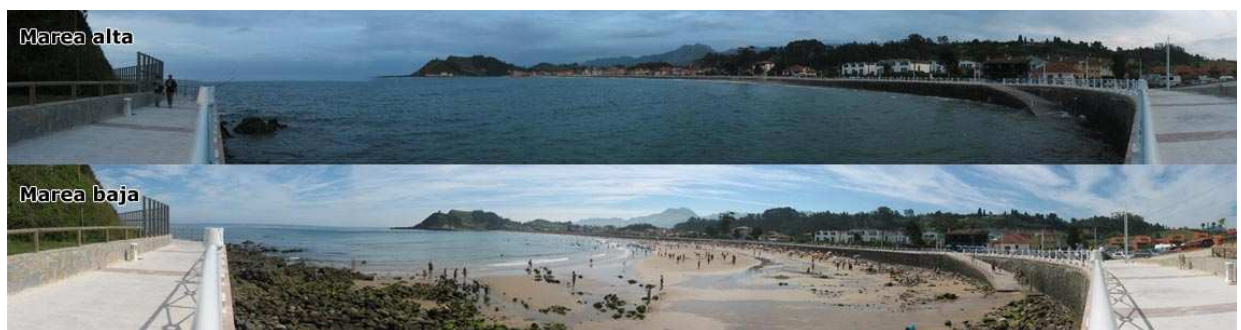
(d^2 és la distància entre la Lluna i un punt de la Terra.)

La part sòlida de la Terra és un cos rígid i per aquest motiu, es pot considerar tota l'acceleració sobre una part sòlida aplicada al Centre de la Terra. Tot i així, l'aigua és líquida i sofreix una acceleració diferenciada que depèn de la distància a la Lluna. Així, l'acceleració del costat més pròxim a la Lluna és major que el del costat més allunyat. En conseqüència, la superfície de l'oceà generarà una el·lipsoide.



Il·lustració 34: Efecte, sobre l'aigua, de l'acceleració diferenciada de la Terra en diferents àries de l'oceà.

Aquest el·lipsoide queda sempre amb la zona més allargada cap a la Lluna i la Terra girarà per sota. Així cada punt de la Terra tindrà dues vegades al dia una marea alta seguida d'una marea baixa. Realment el període entre marees és una mica superior a dotze hores i la raó és que la Lluna gira respecte de la Terra amb un període orbital sobre 29.05 dies. El que significa que recorre 360° en 2905 dies, així la Lluna avançarà en el cel prop de 12.2° cada dia, o sigui 6.6° cada 12 hores. Com que en cada hora la Terra gira sobre si mateixa sobre els 15° , 6.6° equivalen a vint-i-quatre minuts, cosa que fa que cada cicle de la marea sigui de dotze hores i vint-i-quatre minuts. Com que l'interval de temps entre marea alta i marea baixa és la meitat, el temps que correspon entre aquestes dues és de sis hores i dotze minuts.



Il·lustració 35: Imatge on és pot observar la diferència entre la marea alta i la marea baixa.

La Lluna és la que més influeix en les marees a causa de la seva proximitat. Tot i així el Sol també influeix en les marees. Quan la Lluna i el Sol estan en

conjunció (lluna nova) o en oposició (lluna plena) es donen marees vives. Quan la lluna i el Sol exerceixen atraccions gravitacionals perpendiculars (quart creixent o quart minvant) es donen les marees mortes.

CONSTEL·LACIONS

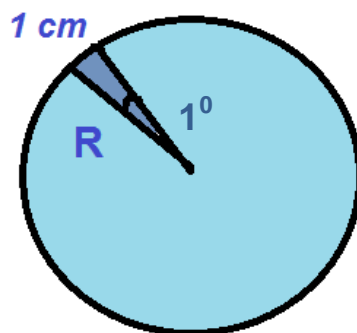


Aquest és un aparta ton se'ns explica com construir un geniòmetre. També podrem veure les constel·lacions més importants i aprendrem a construir un mapa celest.

8. LES CONSTEL·LACIONS

8.1 REGLA PER MESURAR ANGLES

Només considerant una simple proporció, es pot construir un instrument bàsic per mesurar angles en qualsevol situació. El nostre objectiu és saber la distància que sigui equivalent a un centímetre.



Il·lustració 36: El radi que ha de tenir per obtenir un aparell en el qual 1 grau sigui equivalent a un centímetre.

En la primera il·lustració, la relació entre la circumferència de longitud $2\pi R$ en centímetres, per 360° , amb 1 centímetre per 1 grau:

$$\frac{2\pi R \text{ cm}}{360^\circ} = \frac{1 \text{ cm}}{1^\circ}$$

$$\text{Pertant, } R = \frac{180}{\pi} = 57 \text{ cm}$$

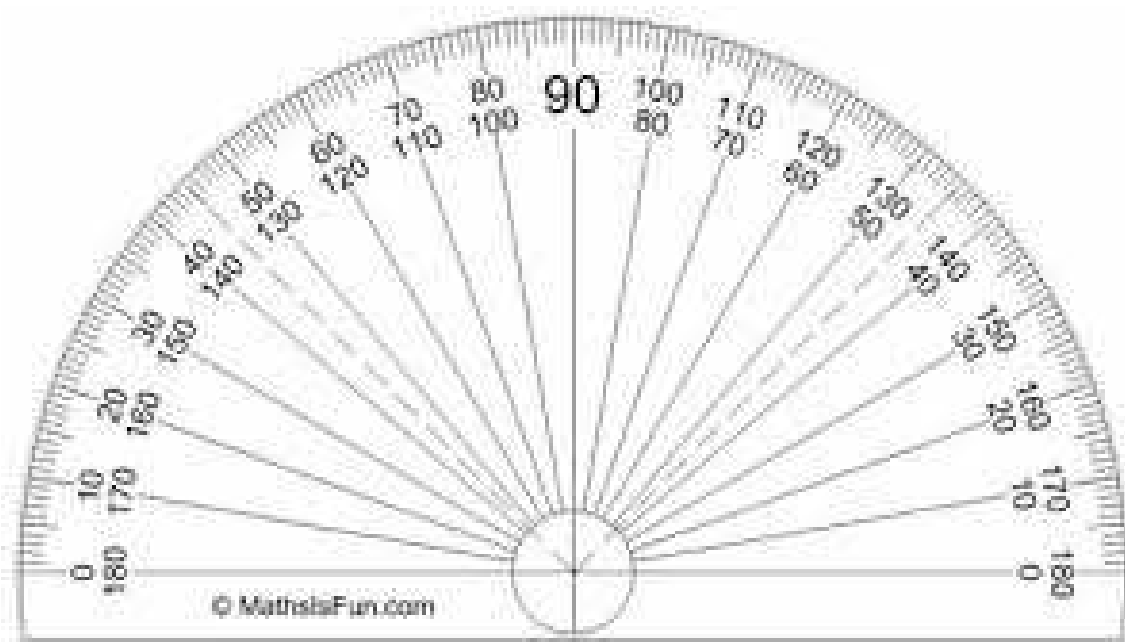
Per aconseguir l'instrument, és tan simple com agafar un regle, on hi posarem una corda de 57 centímetres de longitud. És molt important que la corda en qüestió no sigui extensible.

Per fer-lo servir, s'ha de mirar des del final de la corda, quasi tocant els nostres ulls, amb la cara per sota de l'ull. Es pot mesurar fent servir el regle i l'equivalent és 1 centímetre a un grau, si la corda està estirada.

8.2 GONIÒMETRE HORIZONTAL

Una versió molt simplificada del goniòmetre horitzontal es pot utilitzar per conèixer la segona coordenada necessària per determinar la posició d'un cos celeste.

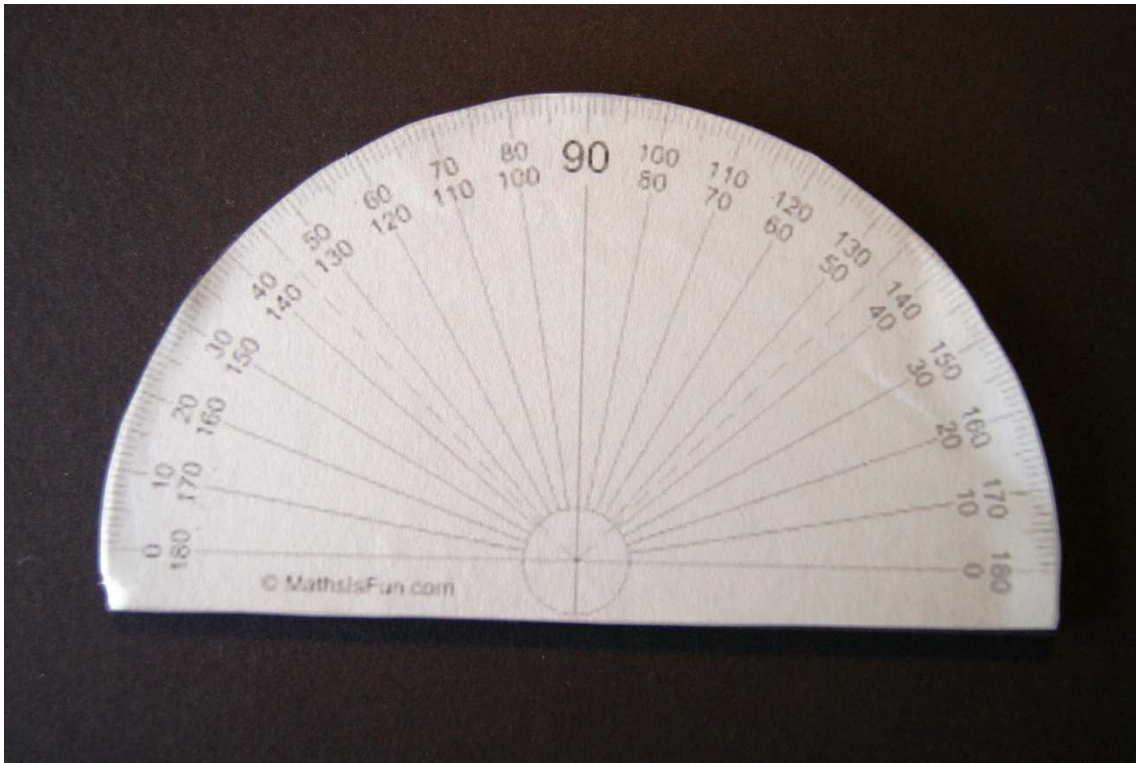
Per construir-lo, hem de tallar un rectangle de cartró d'uns 12 x 20 centímetres i enganxar-hi un semicercle de paper amb els angles indicats de forma que el diàmetre del semicercle estigui paral·lel amb el costat major del rectangle.



Il·lustració 37: Graduació de 180 graus per pegar el goniòmetre horitzontal (podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.6 de l'annex 2).

Utilitzant tres agulles, podem marcar dues direccions en el goniòmetre.

Si es vol mesurar l'azimut d'una estella hem d'orientar la línia de partida del semicercle de la direcció Nord-Sud. L'azimut és l'angle entre la línia Nord-Sud i la línia pel centre del cercle i la direcció del cos.



Il·lustració 38: Geniòmetre

8.3 PLANISFERI CELESTE PER LATITUD 40⁰

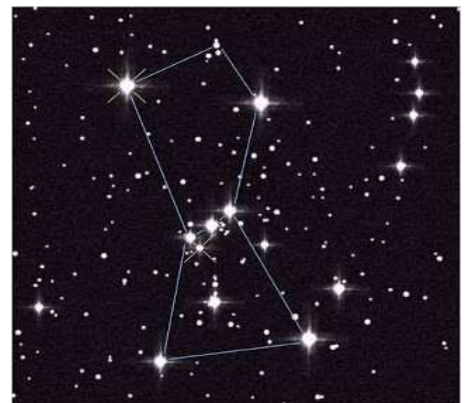
8.3.1 CONSTEL·LACIONS

Les constel·lacions són agrupacions imaginàries d'estrelles. Des de l'antiguitat la humanitat ha observat el firmament donant nom de figures mitològiques, d'animals o d'objectes a les 88 constel·lacions que en l'actualitat s'admeten.

Aquestes constel·lacions han servit als mariners i viatgers i viatgeres per orientar-se la nit i, també, per localitzar ràpidament la posició dels astres.

8.3.1.1 Orió

La constel·lació d'Orió (el Caçador) és una de les que millor es veuen en el cel nocturn i, segurament, la més coneguda. Les seves estrelles són visibles des d'ambdós hemisferis, per això, aquesta constel·lació és reconeguda a tot el món.

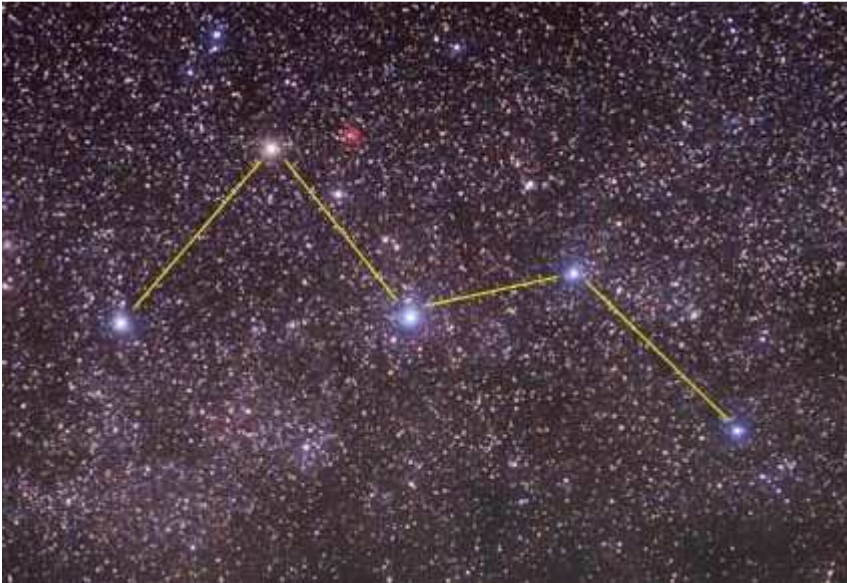


Il·lustració 39: Constel·lació d'Orió.

La constel·lació es pot veure al llarg de tota la nit durant l'hivern a l'hemisferi Nord. També és possible veure-la abans de l'alba des de finals del mes d'agost fins a mitjans del de novembre.

8.3.1.2 *Cassiopea*

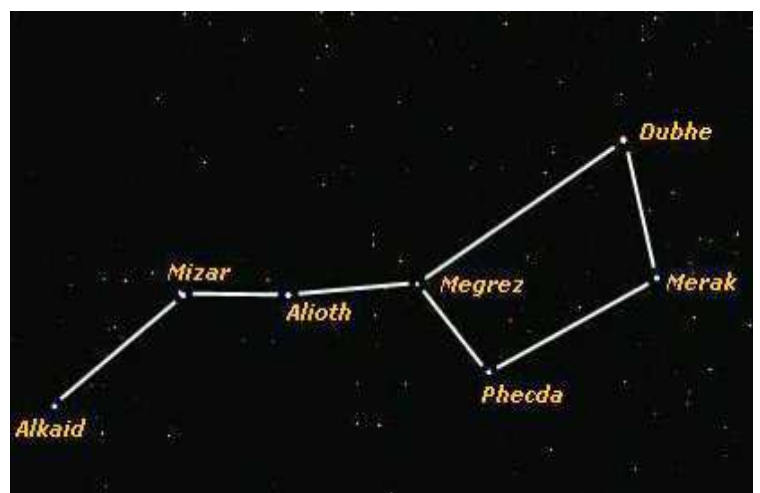
Cassiopea es distingeix fàcilment per la M que formen les seves estrelles més lluminoses. Està situada al costat oposat de l'estrella Polar mirant des de la Ossa Major. Cassiopea es pot utilitzar per confirmar ràpidament la direcció en què es troba el Pol Nord, ja que té una orientació concreta en el cel.



II-Il·lustració40: Constel·lació de Cassiopea.

8.3.1.3 *L'Ossa major*

L'OssaMajor és una de les constel·lacions més grans i, segurament, una de les més conegudes de l'hemisferi nord. Està situada a la meitat nord de l'hemisferi celeste i propera al Pol Nord. Té set estrelles que li donen la característica forma de "cassó".



Aquesta constel·lació també es

II-Il·lustració 41: Constel·lació de l'óssa major.

coneix popularment com "el carro" i és extraordinàriament fàcil d'identificar i clarament visible des de latituds del nord.

8.3.1.4 L'Ossa menor



Il·lustració42: Constel·lació de l'óssa menor.

Constel·lació famosa per contenir l'estrella Polar. Pocs són els que l'aconsegueixen localitzar i reconèixer al cel ja que està composta per estrelles que no són molt visibles. La seva estrella més famosa, la Polar, no és, al contrari del que es pensa, una estrella molt brillant. La Polar ocupa un modest 47^o lloc en la llista de les estrelles més brillants de tot el cel nocturn. Aquesta constel·lació la

podem localitzar utilitzant com a referència les dues estrelles més brillants de l'Ossa Major: Dubhe i Merak.

8.3.2 PLANISFERI

Per reconèixer les constel·lacions es fan servir els mapes d'estrelles que depenen de la latitud del lloc. Construïrem un d'ells encara que recomanarem ampliar-ho amb una fotocopiadora.

Podem imprimir-lo en la mida que vulguem, des d'A3 fins A5 , però, potser el d' A4 és el que té una millor relació,és a dir, que es llegeix prou bé i és més transportable .

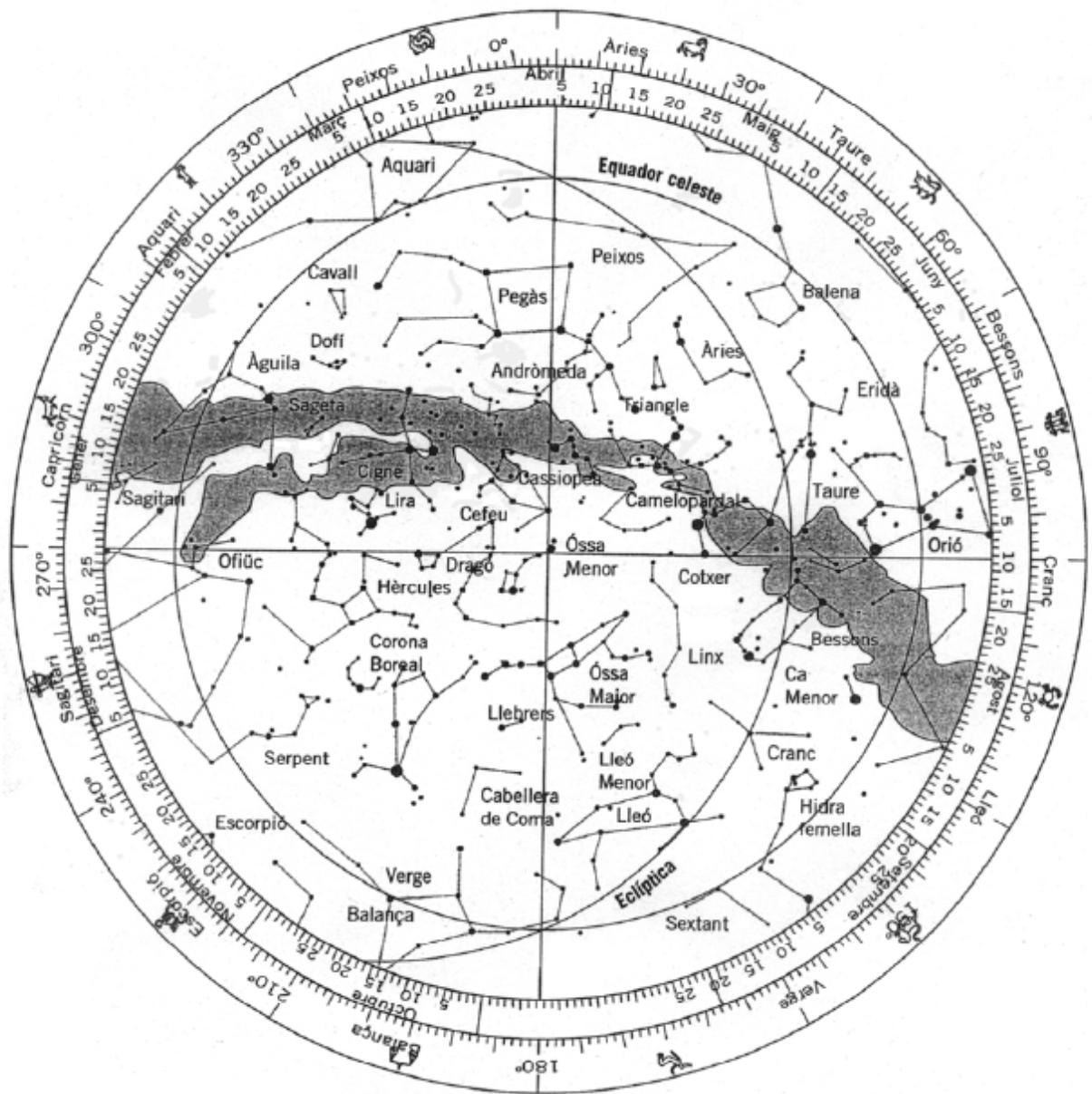
És convenient imprimir-lo en un paper amb un gruix superior a 150 g/m² perquè tingui rigidesa i no és fàcil malbé gaire ràpid.

El funcionament del planisferi és relativament fàcil. Fixem-nos que el cercle va marcat amb els mesos i dies de l'any. Fem coincidir la data actual amb l'hora del rellotge (o qualsevol que necessitis consultar) i tindrem a la finestra central les estrelles que podrem veure en aquest moment.

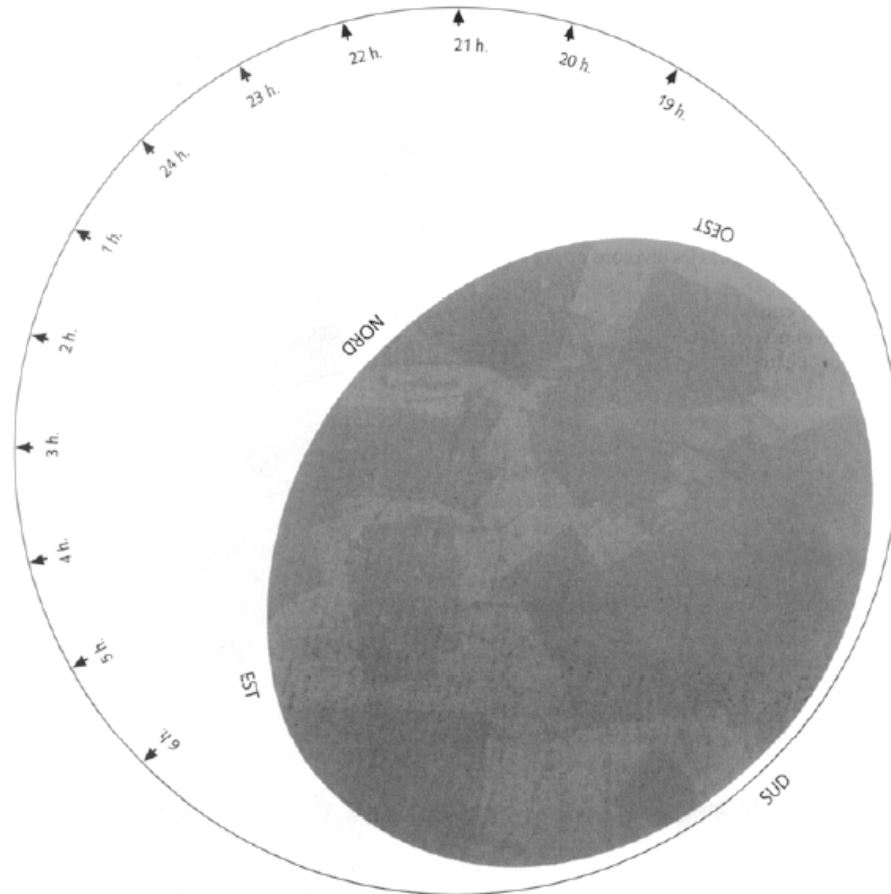
El planisferi té altres dades molt útils. La finestra central on s'observen les estrelles té marcats els horitzons nord, sud, est i oest per poder guiar-nos. A sota de la finestra, podrem veure els signes zodiacals així com altres símbols d'objectes.

HEM DE TENIR EN COMPTE QUE EL PLANISFERI ÉS UN "MAPA D'ESTRELLES" I QUE HEM D' AIXECAR-LO PER SOBRE EL NOSTRE CAP, NO ÉS COM UN MAPA DE LA CIUTAT.

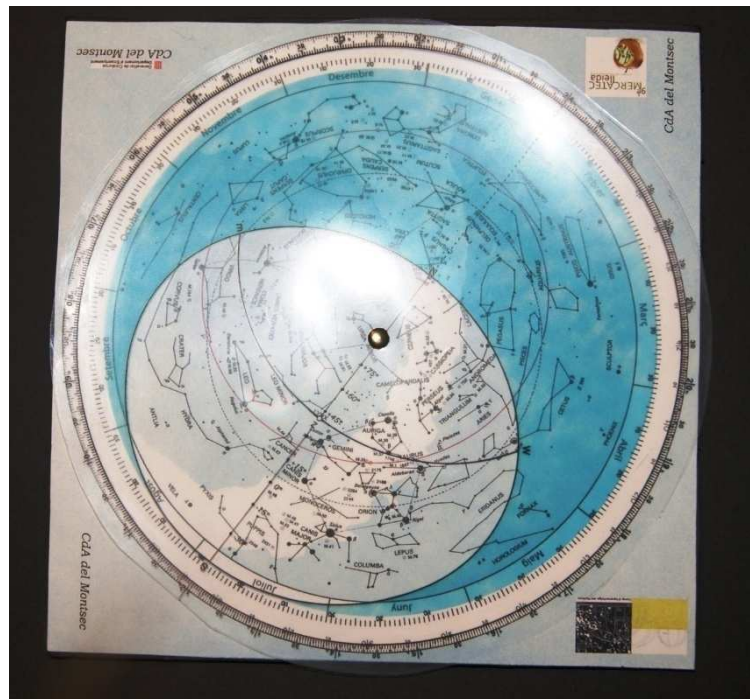
Retallem el cercle del mapa celestper fora, i després treiem la part fosca. Folrem la màscara amb el folre adhesiu per les dues cares. Enganxem el mapa d'estrelles a una base del cartró i ho retallem. Trobem el centre dels dos cercles i fem un senyal amb el llapis on després passarem l'enquadernador. Tanquem l'enquadernador i comprovem que la màscara gira correctament.



Il·lustració 43: Part central del plansiferi. (Podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.7 de l'annex 2)



Il·lustració 44: Planisferi



Il·lustració 45: Part dos del planisferi (podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.7 de l'annex 2)

SIMULADORS DEL MOVIMENT DE LES ESTRELLES, EL SOL I LA LLUNA

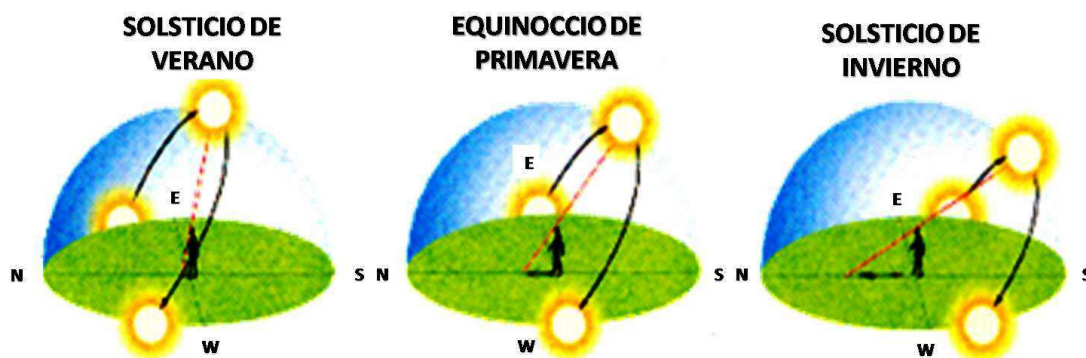


Es presenta un mètode senzill per explicar com s'observa el moviment de les estrelles, el Sol i la LLuna en diferents llocs de la superfície terrestre. El procediment consistirà en construir un senzill model que permetrà simular moviments a la vegada que permetrà modifica els diferents valors de la latitud del lloc en concret.

9. SIMULADORS DEL MOVIMENT DE LES ESTRELLS, EL SOL I LA LLUNA

9.1 SIMULADOR SOLAR

No és fàcil estudiar els moviments del Sol observats des de la terra. Tots sabem que el Sol s'aixeca i es pon cada dia, però la gent es sorprénquan descobreixen que el Sol surt i es pon per diferents llocs cada dia. També, és molt interessant considerar les diferents trajectòries solars d'acord amb la latitud local. A vegades pot ser difícil intentar explicar el fenomen del Sol de mitja nit o del pas solar per el zenit¹⁶. Especialment, el simulador pot ser molt útil per entendre el moviment de translació i justificar les estacions de l'any segons algunes latituds.



Il·lustració 46: Tres trajectòries diferents del Sol (solstici d'estiu, solstici de primavera i solstici d'hivern).

9.1.1 CONSTRUCCIÓ DEL SIMULADOR

Per construir el simulador solar, s'ha de considerar la declinació solar (que canvia diàriament). Per aquest motiu, s'ha de construir un simulador que doni la possibilitat de canviar la posició segons la època de l'any en que ens trobem (segons sigui la seva declinació). Llavors, per el primer dia de primavera i de tardor, la seva declinació serà 0° , el Sol s'estarà movent cap a l'equador. El primer dia d'estiu, la declinació del Sol serà positiva ($+23.5^{\circ}$) i el primer dia

¹⁶ Zenit: punt d'intersecció de l'hemisferi celeste situat sobre un observador/a amb la vertical astronòmica del lloc geogràfic d'aquest observador /a.

d'hivern serà negativa (-23.5°). Es necessari canviar aquest valor en el model si volem utilitzar-lo per estudiar les trajectòries del Sol.

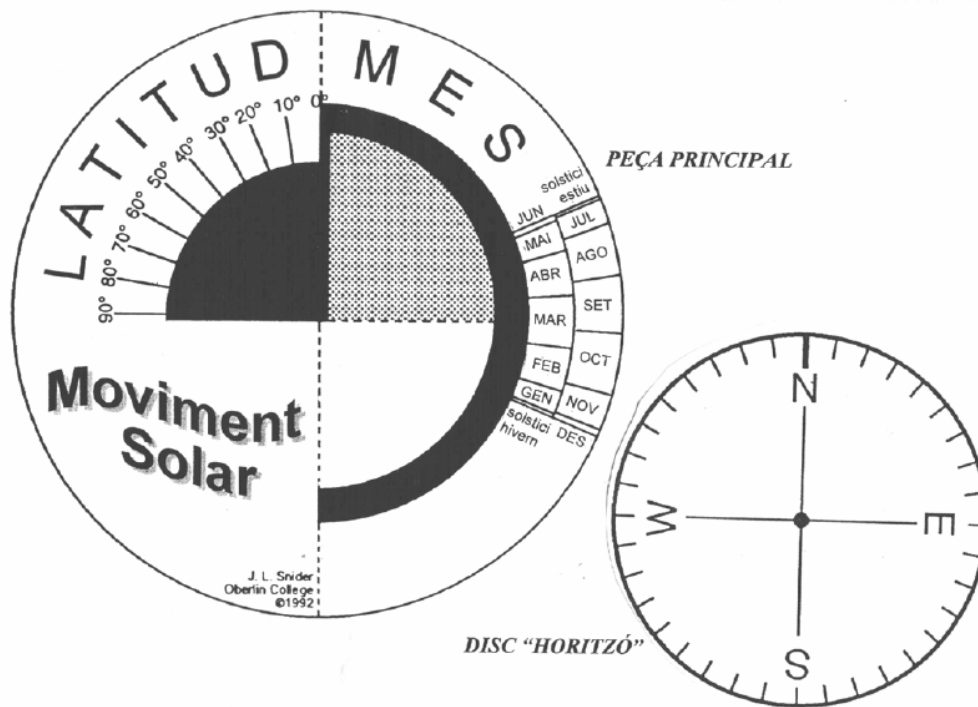
Una bona idea per obtenir un simulador robust i resistent, és enganxar les figures sobre una cartolina abans de retallar-los, així, aconseguirem un simulador més estable per fer-lo funcionar correctament. Una bona idea seria construir un simulador amb unes dimensions més grans per el professor i/o professora o el monitor i/o monitora, així, els alumnes que estiguin situats a una posició més llunyana, podran seguir correctament les explicacions.

Per construir el simulador per a l'hemisferi nord, primer hem de fotocopiar les plantilles i enganxar-ho sobre una cartolina més resistent. Seguidament hem de retallar tota l'àrea negra del tros principal. És recomanable utilitzar un cúter per a que no quedin imperfeccions, sinó, els alumnes més petits també poden utilitzar un punxó. El pas següent és doblar la peça principal per la línia puntejada. Doblem-ladiversos cops per a un millor ús del simulador. Realitzem un petit tall a la N del disc de l'horitzó. El tall ha de ser el suficientment gran com per a que la cartolina passi per el mig. A continuació, empeguem el quadrant de Nord-Oest del disc de l'horitzó sobre el quadrant gris de la figura principal. És molt important que el punt cardinal W coincideixi amb la latitud de 90° .



Quan introduïm la marca N del disc de l'horitzó dintre de la zona de la latitud, el disc de l'horitzó ha de romandre perpendicular a la peça principal. Per posar el Sol al simulador, podem fer servir un clip o qualsevol altre objecte. Aquí ja entra la imaginació de cadascú.

Il·lustració 47: Simulador Solar



Il·lustració 48: Plantilla del simulador (podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.8 de l'anexx2)

9.1.2 USOS DEL SIMULADOR

Primer de tot, abans de començar a utilitzar el simulador, hem d'introduir la latitud seleccionada. En el cas de Catalunya, aproximadament uns 40° .

Per parlar dels usos del simulador, ho dividirem en tres apartats:

- Les estacions; llocs en l'àrea intermèdia de l'hemisferi nord o sud
- Llocs en les àries polars
- Llocs en les àries equatorials

9.1.2.1 ESTACIONS

9.1.2.1.1 *Inclinació de la trajectòria del Sol sobre l'horitzó.*

Observant el simulador és fàcil adonar-se que el angle de la trajectòria del Sol sobre l'horitzó, depèn de la latitud. Si l'observador viu a l'equador, aquest angle és de 90° en una latitud de 0° com es la de l'equador. Si l'observador està vivint al Pol Nord o al Pol Sud (latitud de 90° o -90°), la trajectòria del Sol és paral·lela a l'horitzó. Generalment, si l'observador viu a una ciutat on la

latitud és X , la inclinació de la trajectòria del Sol a l'horitzó és $90-X$ cada dia. En les figures 49 i 50 podem verificar aquesta afirmació. La primera fotografia està presa a Lapònia, Finlàndia y l'altra figura, la número 4 a Gandia, Espanya. La latitud de Lapònia és més gran que la de Gandia, però l'inclinació de la trajectòria del Sol és més petita.



Il·lustració 50: Sortida del Sol a Lapònia, en Enontekiö, Finlàndia. L'angle de la trajectòria del Sol sobre el horitzó és la colatitud (90 -latitud). La foto és de Sakari Ekko.



Il·lustració 49: Sortida del Sol a Gandia, Espanya, amb una latitud de $+40^{\circ}$, l'angle de la trajectòria solar sobre l'horitzó és de 50° . Movent ràpidament el simulador, es possible mostrar la inclinació de la trajectòria del Sol. La foto és de Rosa M Ros.

9.1.2.1.1.2 *Altitud de la trajectòria del Sol depenent de les estacions*

9.1.2.1.1.2.1 *Per l'hemisferi nord*

Si utilitzem el simulador per la ciutat en la que ens trobem, és fàcil observar que la latitud del Sol sobre l'horitzó canvia d'acord a l'estació de l'any en que ens trobem. Un exemple seria el primer dia de primavera, la declinació del Sol és de 0° . Si situem el Sol en el 21 de març i movem el Sol, exactament sobre l'equador, des de l'horitzó del Est al sud i al Oest, podem veure que la trajectòria del Sol té una altitud determinada sobre l'horitzó.

Si per la mateixa latitud del lloc es repeteix el mateix experiment per el primer dia d'estiu, el 21 de juny, (una declinació de $+23.5^{\circ}$), quan movem el Sol segons el paral·lel respectiu des de la zona Est en l'horitzó al Sud i a l'Oest, podem observar que la trajectòria del Sol és superior que en el primer dia de primavera. Finalment, repetim l'experiment per la mateixa latitud el primer dia d'hivern, el 21 de desembre (una declinació de -23.5°). Podem veure que en

aquest cas la trajectòria del Sol és per sota. El primer dia de tardor, la declinació és 0° i la trajectòria del Sol serà segons l'equador de manera semblat a la del primer dia de primavera.

Per suposat, si modifiquem la latitud, la latitud de la trajectòria del Sol també canvia, però la més alta correspon sempre al primer dia d'estiu, i la més baixa al primer dia d'hivern. Això es pot observar en les il·lustracions següents.



Il·lustració 51: Trajectòries del Sol el primer dia d'estiu i d'hivern a Noruega. Clarament es pot observar que hi han moltes més hores de Sol a l'estiu que a l'hivern, ja que a l'estiu el Sol està molt més amunt que a l'hivern.

9.1.2.1.1.2.2 Per l'hemisferi sud

Si utilitzem el simulador per la ciutat en la que ens trobem, és fàcil observar que la latitud del Sol sobre l'horitzó canvia d'acord a l'estació de l'any en que ens trobem. Un exemple seria el primer dia de primavera, la declinació del Sol és de 0° . Si situem el Sol en el 21 de març i movem el Sol, exactament sobre l'equador, des de l'horitzó del Est al sud i l'Oest, podem veure que la trajectòria del Sol té una alçada determinada sobre l'horitzó.

Si per la mateixa latitud del lloc es repeteix el mateix experiment per el primer dia d'estiu, el 21 de juny, (una declinació de $+23.5^{\circ}$), quan movem el Sol segons el paral·lel respectiu des de la zona Est en l'horitzó al sud i a l'Oest,

podem observar que la trajectòria del Sol és superior que en el primer dia de primavera. Finalment, repetim l'experiment, per la mateixa latitud el primer dia d'hivern, el 21 de desembre (una declinació de -23.5°). Podem veure que en aquest cas, la trajectòria del Sol és per sota. El primer dia de tardor, la declinació es 0° i la trajectòria del Sol serà segons el equador de manera semblat a la del primer dia de primavera.

Per suposat, si modifiquem la latitud, la latitud de la trajectòria del Sol també canvia, però la més alta correspon sempre al primer dia d'estiu, i la més baixa al primer dia d'hivern.

Nota:

- Quan l'altitud del Sol és màxima, la llum i la radiació solar incideix més perpendicularment sobre l'horitzó. Per això, la nostra sensació de calor durant aquest període és que el clima és més calent, ja que l'energia es concentra en una àrea més petita.
- També durant l'estiu, el número d'hores solars és més gran que durant l'hivern, aquesta raó també fa que augmenti la sensació de més temperatura durant l'estiu.

9.1.2.1.1.3 *El sol surt i es pon per diferent lloc cada dia.*

Si observen les postes i les sortides del Sol, ens podrem adonar que el lloc per on surt i per on es pondrà el Sol avui, serà diferent que per on ho farà l'endemà. Particularment, la distància entre la sortida del Sol, o la posta d'aquest del primer dia de dos estacions consecutives, augmenta amb la latitud.



Il·lustració 52: Postes de Sol a Riga i a Barcelona el primer dia de cada estació. A l'esquerra l'hivern, al mig la primavera o tardor i a la dreta l'estiu. Les primeres tres il·lustracions son de la ciutat de Riga i les tres inferiors de la ciutat de Barcelona.

Es relativament fàcil simular aquesta observació amb el model. Hem de marcar la posició del Sol a cada estació per dos llocs diferents, per exemple 40° graus de latitud.

Nota:

- El sol no surt per el punt cardinal Est ni es pon per el cardinal Oest. És una idea generalitzada adoptada que realment no es certa. Només És certa en dos dies concrets de l'any, el primer dia de primavera i el primer dia de tardor en totes les latituds del Sol i surt i es pon exactament per els punts Est i Oest respectivament.
- Una altra idea que es compleix cada dia però molta gent no sap, és que el Sol passa per el punt cardinal del Sud al migdia, fet utilitzar durant molt de temps per l'orientació.

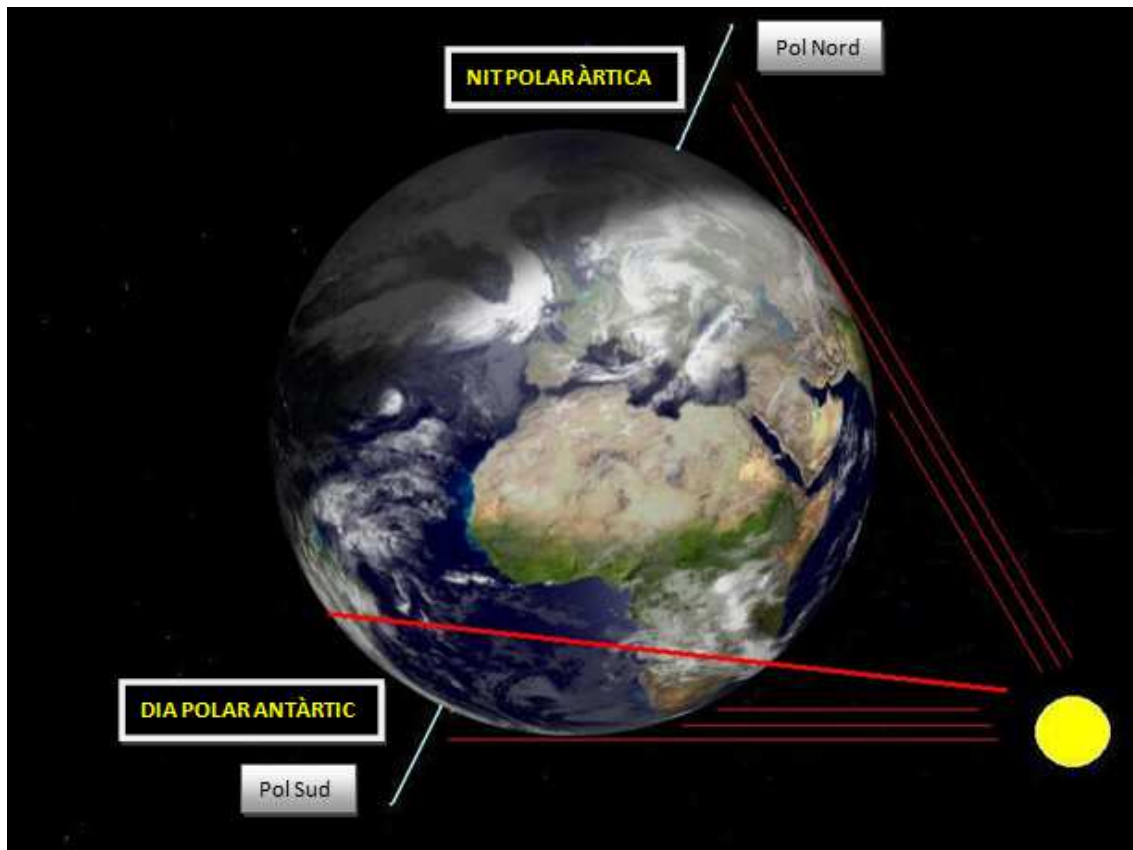
9.1.2.1.2 Llocs en àries polars: el sol de mitjanit

9.1.2.1.2.1 *Estiu i hivern polar*

Si introduïm la latitud polar, 90° al simulador, poden tenir tres possibilitats:

- Si la declinació del Sol és de 0° , el Sol s'està movent a l'horitzó que és, també, l'equador.

- Si la declinació correspon al primer dia d'estiu, el Sol s'està movent en paral·lel amb l'horitzó. Realment, tenim el Sol movent-se casi paral·lelament sobre l'horitzó des de el segon dia de primavera fins l'últim dia d'estiu. Això significa el mig any de llum solar.
- El primer dia de tardor, el Sol s'està movent una altra vegada per l'horitzó o per l'equador, però a partir del segon dia de tardor fins a l'últim dia d'hivern, el Sol es mou per diversos paral·lels per sota de l'horitzó. Això significa el mig any de nits.



Il·lustració 53: Els rajos de Sol rosen el Pol Sud (el dia Polar Antàrtic) i al Pol Nord, ara es la nit Polar Àrtica.

Per suposat, l' exemple anterior correspon a una situació força extrema, hi ha algunes altres latituds on les trajectòries solars no son paral·leles amb l'horitzó, però no tenen ni sortides ni postes de Sol perquè la latitud local és més alta. En aquest cas és quan parlem del Sol de mitjanit.

9.1.2.1.2.2 *El Sol de mitjanit*

Si introduïm al simulador la latitud de 70° , podem simular un fenomen anomenat el Sol de mitjanit. Per això, hem de situar el Sol el primer dia d'estiu, el dia 21 de juny en l'hemisferi nord o el dia 21 de desembre en l'hemisferi Sud, seguidament, podrem veure que el Sol no surt ni es pon aquest dia.

En aquesta data, la trajectòria del Sol es totalment tangent a l'horitzó, però mai està per sota d'aquest. Aquest fenomen s'anomena "el Sol de mitjanit", perquè també es possible observar el Sol durant la mitjanit.



Il·lustració 54: Trajectòria del Sol de mitjanit a Noruega. El Sol va baixant des de l'horitzó però no es pon fins que el Sol comença a pujar de nou.

En les latituds polars ($+90^{\circ}$, -90°), en particular, el Sol apareix sobre l'horitzó durant la meitat de l'any i per sota de l'horitzó durant l'altra meitat. Si fem servir el simulador, podem observar aquest fenomen.

9.1.2.2 LLOCS DE L'ÀREA EQUATORIAL: PAS PER EL ZENIT DEL SOL

9.1.2.2.1.1 *Pas per el zenit del Sol*

Com molta gent ja sap, en les zones equatorials no s'hi aprecien les estacions de l'any. La trajectòria del Sol és gairebé sempre perpendicular a l'horitzó i la latitud solar és pràcticament igual durant tot l'any i la durada dels dies també és molt similar.

Per altra banda, els països tropicals també tenen dies especials en el seu calendari. Aquests dies, són en els quals el Sol passa pel zenit. En aquests dies, la llum del Sol arriba com si fos una dutxa. La temperatura augmenta força i l'ombra de la gent desapareix sota dels seus peus. Aquests eren uns dies molt considerats per les cultures perquè podien ser apreciats per tots.

Hi ha dos dies de l'any en que podem trobar al sol al zenit. Fent servir el



Il·lustració 55: Ombra pròxima al zenit

simulador solar podem mostrar aquest fenomen i també és possible calcular, aproximadament, en quin dia tindrà lloc aquest fet en una determinada latitud.

Per exemple, si simulem un lloc de latitud 15°N , fent servir el simulador podem calcular aproximadament en quins dies

el Sol estarà al zenit al migdia. Per fer-ho, únicament necessitarem un bastonet que sigui perpendicular al disc de l'horitzó. Per exemple a Hondures, el pas del zenit és a finals d'abril i a mitjans d'agost.

VIDA DE LES ESTRELLES

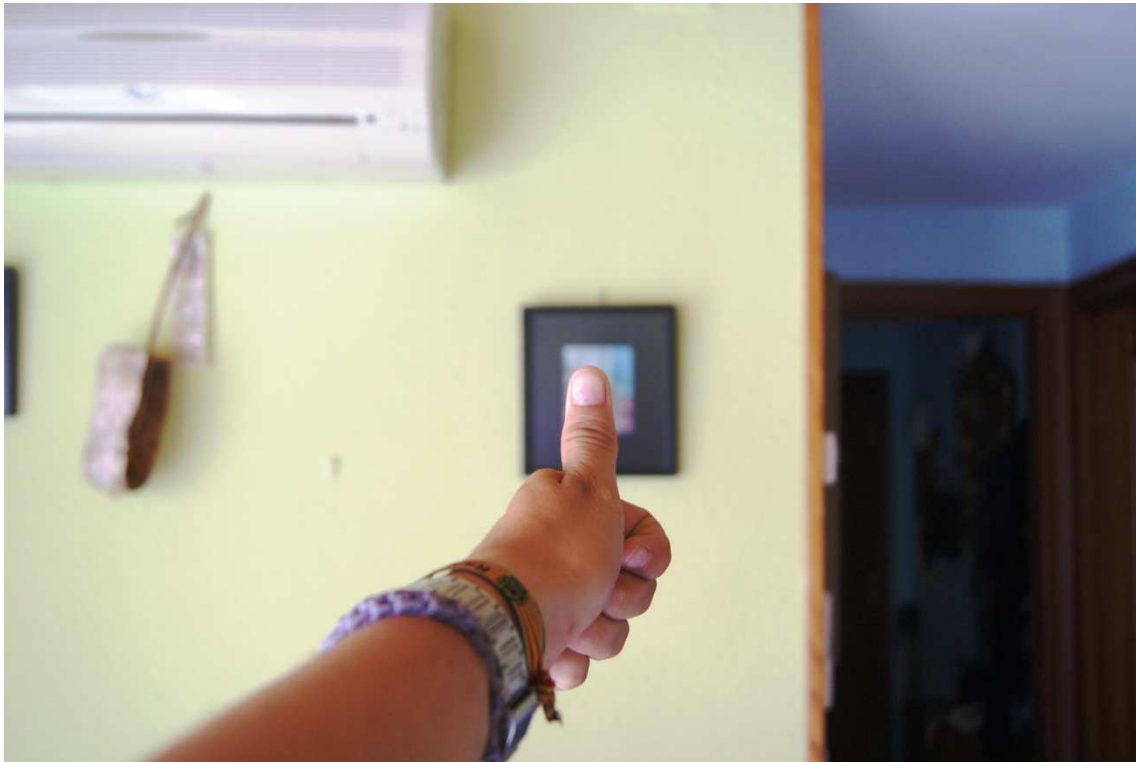


Per poder comprendre la vida de les estrelles, és necessari saber que són, com podem saber la distància a la qual es troben, com evolucionen i quines són les diferències entre elles.

10. VIDA DE LES ESTRELLES

10.1 LA PARAL-LAXI

La paral·laxi és un concepte que es fa servir en l'astronomia per calcular distàncies astronòmiques. Per poder entendre aquest concepte, podem realitzar un petit experiment. Situar-nos davant d'una paret amb un punt de referència al nostre davant: un armari, un quadre, porta, una fotografia, etc. Seguidament, estirem el braç davant de nosaltres i posem el dit polze en vertical, tal i com es mostra a la fotografia.



Il·lustració 56: El dit es troba exactament sobre el quadre amb la visió d'un ull.



Il·lustració 57: Amb el camp de visió de l'altre ull, el dit no es troba sobre el quadre.

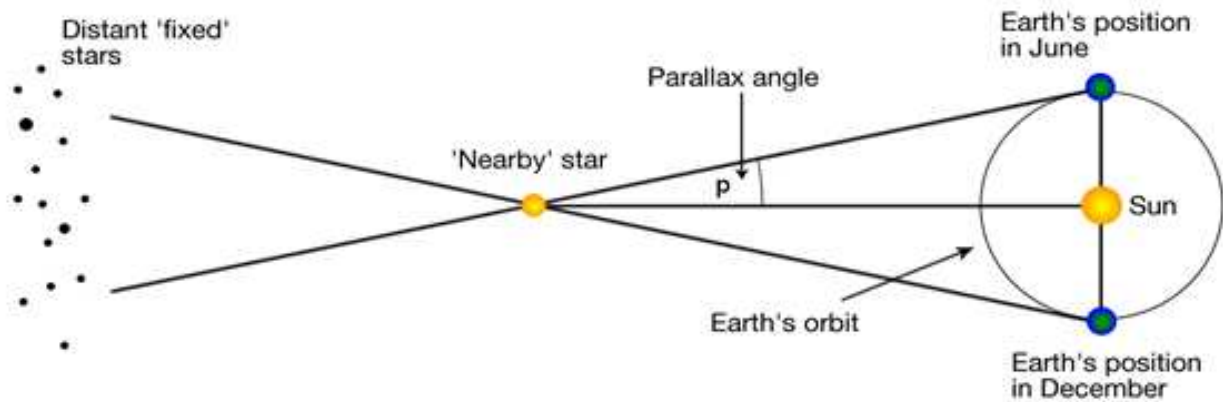
Si tanquem l'ull dret, veurem el dit sobre el punt de referència, per exemple. Sense moure el dit, obrirem el ull dret i tancarem l'esquerre. Llavors el dit apareix desplaçat sobre el fons, ja no coincideix amb el punt de referència, sinó que es troba desplaçat.

Per aquesta raó, quan observem el cel des de dues ciutats llunyanes, els cossos propers, com per exemple la Lluna, apareixen desplaçats respecte de les estrelles del fons que estan molt més lluny. El desplaçament és major com més separats estan els llocs des d'on s'agafen les observacions. Aquesta distància s'anomena línia de base.

10.2 CÀLCUL DE DISTÀNCIES ENTRE ESTRELLES PER PARAL·LAXI

La posició d'una estrella propera sobre el fons molt més llunyà, sembla que canvia quan es veu des de diferents ubicacions. Així es pot determinar la distància a les estrelles properes.

Per a què la paral·laxi funcioni, s'agafa com a distància base la major possible, que és el diàmetre de l'òrbita terrestre al voltant del Sol.



Il·lustració 58: L'angle de paral·laxi es l'angle sota el que es veu la distància Terra-Sol des de l'estrella.

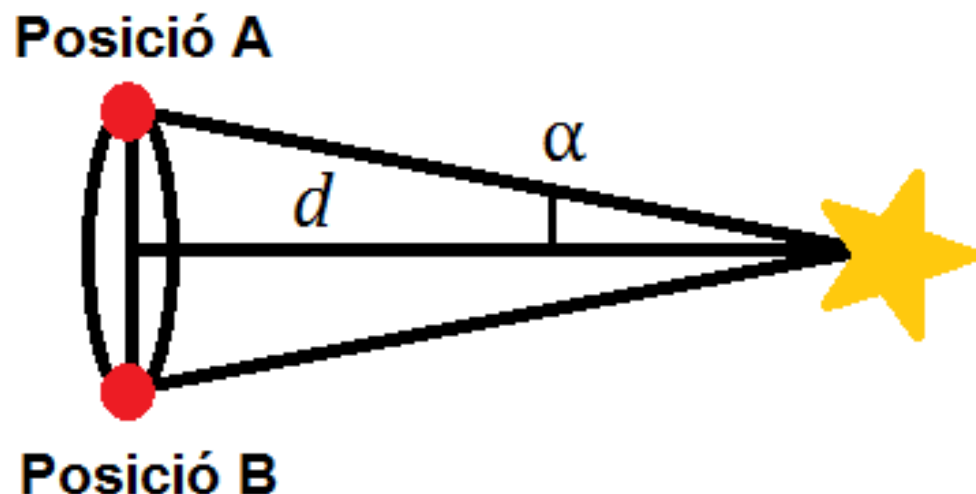
Per exemple, si observem una estrella pròxima respecte el fons estrellat, des d'una posició A i B des de l'òrbita terrestre, separades per sis mesos de diferència, podrem calcular la distància (d) a la que es troba l'estrella pròxima deduint la següent equació:

$$\tan \alpha = \frac{AB/2}{d}$$

Com que α és un angle molt petit, la seva tangent es pot aproximar a l'angle mig en radians:

$$d = \frac{AB/2}{\alpha}$$

La base del triangle $AB/2$ és la distància Terra-Sol, és a dir, aproximadament 150 milions de quilòmetres. Si tenim l'angle de paral·laxi (α), la distància a l'estrella, en quilòmetres serà $d = 150000000/\alpha$, amb l'angle α expressat en radians.



Il·lustració 59: Conegut l'angle es pot calcular la distància a l'objecte.

L'unitat utilitzada en distàncies en l'astronomia professional és el parsec. Si una estrella s'observés amb un segon d'arc, es diria que està a 1 parsec que equival a $1\text{pc}=3'26$ anys llum. Com més petit sigui la paral·laxi, més gran és la distància de l'estrella. La relació entre la distància (en parsecs) i la paral·laxi (en segons d'arc) és:

$$d = \frac{1}{\alpha}$$

Aquesta expressió és molt senzilla i per això s'utilitza amb tanta freqüència. Per exemple, l'estrella més propera té una paral·laxi de 0'76, per tant està a una distància de 1.31pc, que equival a 4.28a.l. La primera observació de paral·laxi d'una estrella la va fer Bessel al 1838. Fins llavors no es va poder mesurar amb precisió la distància de les estrelles encara que ja se sospitava que estaven molt lluny.

Actualment, la paral·laxi només es pot utilitzar per estrelles que es troben a 300 anys llum, més enllà d'aquest punt la paral·laxi és inapreciable, però hi ha altres mètodes per fer-ho.

10.3 LES ESTRELLES

Encara que la major part de l'espai que podem observar és buit, és inevitable que ens fixem en aquests puntets que brillen.

A causa de l'atracció gravitatòria, la matèria de les estrelles tendeix a



Il·lustració 60: Estrella Sirius

concentrar-se en el seu centre.

Però això fa que augmenti la seva temperatura i pressió. A partir de certs límits, aquest augment provoca reaccions nuclears que alliberen energia i equilibren la força de la gravetat, de manera que la mesura de l'estrella es manté més o menys estable durant un temps, emetent a l'espai grans

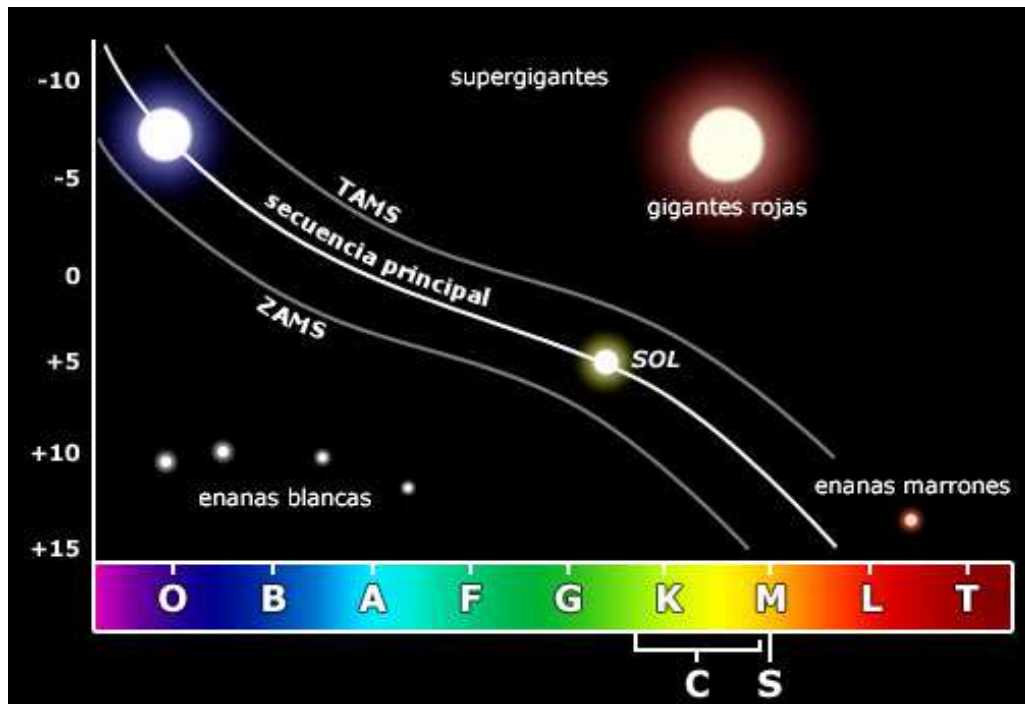
quantitats de radiació, entre elles, per descomptat, la lluminosa.

No obstant això, depenent de la quantitat de matèria reunida en un astre i del moment del cicle en què es troba, es poden donar fenòmens i comportaments molt diversos. Nanes, gegants, dobles, variables, quàsars, pulsars, forats negres...

L'estudi fotogràfic dels espectres estel·lars el va iniciar en 1885 l'astrònom Edward Pickering a l'observatori del Harvard College i el va concloure la seva amiga Annie J. Cannon. Aquesta investigació va conduir al descobriment que els espectres de les estrelles estan disposats en una seqüència contínua segons la intensitat de certes línies d'absorció. Les observacions proporcionen dades de les edats de les diferents estrelles i dels seus graus de desenvolupament.

Les diverses etapes en la seqüència dels espectres, designades amb les lletres O, B, A, F, G, K i M, permeten una classificació completa de tots els tipus d'estrelles. Els subíndexs del 0 al 9 es fan servir per indicar les successions en el model dins de cada classe.

ETAPES EN LA SEQÜÈNCIA DELS ESPECTRES	
CLASSE	DESCRIPCIÓ
O	Línies de l'heli, l'oxigen i el nitrogen, a més de les de l'hidrogen. Comprèn estrelles molt calentes, i inclou tant les que mostren espectres de línia brillant de l'hidrogen i l'heli com les que mostren línies fosques dels mateixos elements.
B	Línies de l'heli arriben a la màxima intensitat en la subdivisió B2. L'intensitat de les línies d'hidrogen augmenta de forma constant en totes les subdivisions. Aquest grup està representat per l'estrella Epsilon Orionis.
A	Comprèn les anomenades estrelles d'hidrogen amb espectres dominats per les línies d'absorció de l'hidrogen. Una estrella típica d'aquest grup és Sírius.
F	En aquest grup destaquen les anomenades línies H i K del calci i les línies característiques de l'hidrogen. Una estrella notable en aquesta categoria és Delta Aquilae.
G	Comprèn estrelles amb fortes línies H i K del calci i línies de l'hidrogen menys forts. També hi són presents els espectres de molts metalls, especialment el del ferro. El Sol pertany a aquest grup i per això a les estrelles G se'ls denomina "estels de tipus solar".
K	Estrelles que tenen fortes línies del calci i altres que indiquen la presència d'altres metalls. Aquest grup està tipificat per Arturo.
M	Espectres dominats per bandes que indiquen la presència d'òxids metàl·lics, sobretot les de l'òxid de titani. El final violeta de l'espectre és menys intens que el de les estrelles K. L'estrella Betelgeuse és típica d'aquest grup.



Il·lustració 61: Tipus espectrals d'estrelles segons els colors

Les estrelles més grans que es coneixen són les supergegants, amb diàmetres unes 400 vegades més grans que el del Sol, mentre que les estrelles conegudes com "nanes blanques" poden tenir diàmetres de només una centèsima del Sol, però, les estrelles gegants solen ser difuses i poden tenir una massa just unes 40 vegades major que la del Sol, mentre que les nanes blanques són molt denses malgrat la seva petita grandària.

La brillantor de les estrelles es descriu en termes de magnitud. Les estrelles més brillants poden ser fins a 1.000.000 de vegades més brillants que el Sol, les nanes blanques són unes 1.000 vegades menys brillants.

Les estrelles evolucionen durant milions d'anys. Neixen quan s'acumula una gran quantitat de matèria en un lloc de l'espai. Es comprimeix i s'escalfen fins que comença una reacció nuclear, que consumeix la matèria, convertint-la en energia. Les estrelles petites la gasten lentament i duren més que les grans.

Les observacions demostren que molts estels es poden classificar en una seqüència regular en què les més brillants són les més calentes i les més petites, les més fredes.

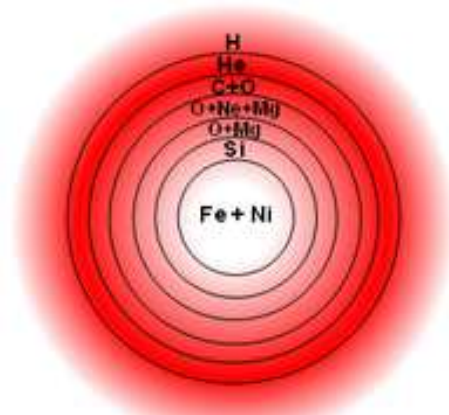
Les estrelles amb una massa molt més gran que la del Sol pateixen una evolució més ràpida, d'uns pocs milions d'anys des del seu naixement fins a l'explosió d'una supernova. Les restes de l'estrella poden ser un estel de neutrons.

No obstant això, hi ha un límit per la mida de les estrelles de neutrons, més enllà del qual aquests cossos es veuen obligats a contreure fins que es converteixen en un forat negre, del qual no pot escapar cap radiació.

10.3.1 LA SUPERNOVA

La supernova és la mort d'una estrella massiva. L'estrella comença per la fusió del nucli d'hidrogen per produir heli, passant després per la producció de carboni i així successivament produint elements cada vegada més pesats. El producte obtingut finalment és el ferro, la fusió del qual no és possible perquè en lloc d'expulsar energia, hauria d'absorbir-la.

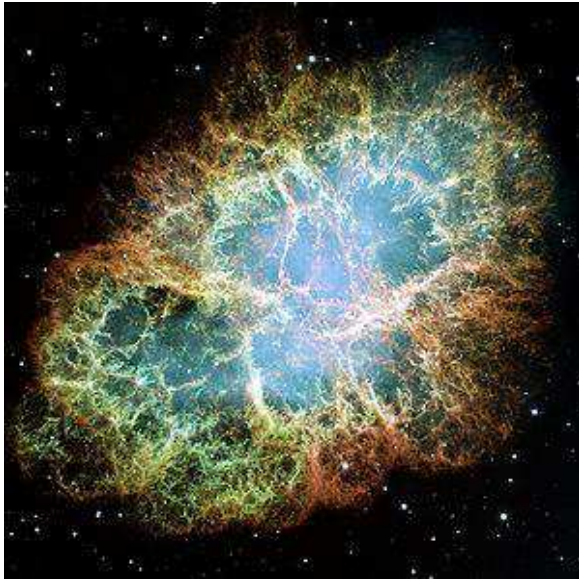
Aquestes reaccions és produeixen sempre al centre, quan encara queda material en la perifèria, per això l'estrella va adoptant una estructura de capes, amb els elements més pesats segons anem profundint.



Il·lustració 62: Composició d'una supernova.

Quan només queda ferro al centre, no són possibles altres reaccions nuclears i sense la pressió de radiació, l'estrella té un inevitable col·lapse gravitatori sobre ella mateixa, però aquesta vegada sense la possibilitat d'encendre res. En aquesta caiguda, els nuclis atòmics i els electrons es van ajuntant formant en l'interior neutrons que s'apilen. En aquest moment, tota la part central de l'estrella consisteix en neutrons

en contacte els uns amb els altres amb una gran densitat, i com que els neutrons estan en contacte els uns amb els altres, la matèria no es pot contraure més i la caiguda a velocitats de l'ordre de la quarta part de la velocitat de la llum, es para de cop produint un dels processos més energètics de



II-Il·lustració 63:Nebulosa de Cranc

l'Univers: una sola estrella en explosió pot brillar més que una galàxia sencera composta per milions d'estrelles.

En aquest procés es produeixen elements pesats com el ferro, el plom, l'or, l'urani...etc, que surten violentament disparats juntament amb l'altra part externa de l'estrella. A l'interior queda una estrella de neutrons girant a gran velocitat o un forat negre. La capa de gasos que

queda acostuma a formar nebuloses. Un exemple és la Nebulosa de Cranc, on en el seu centre hi ha un púlsar, o estrella de neutrons que gira a gran velocitat

10.3.2 ESTRELLA DE NEUTRONS

Una estrella de neutrons és el "cadáver" d'una estrella molt gran, format per l'explosió d'una supernova. No és gaire més gran que una desena de quilòmetres i està formada per una gran quantitat de neutrons apilats l'un sobre l'altre amb una gran densitat. Un didal d'aquesta matèria pesaria milions de tonelades.

10.3.3 UN PULSAR

Els estudis indiquen que un pulsar és un estel de neutrons petit que gira a gran velocitat. El més conegut està a la nebulosa de Cranc. La seva densitat és tan gran que, en aquestos, la matèria de la mida d'una bola de bolígraf té una massa de prop de 100.000 tones. Emeten una gran quantitat d'energia.

El camp magnètic, molt intens, es concentra en un espai reduït. Això ho accelera i ho fa emetre un feix de radiacions que, aquí, vam rebre com ones de ràdio a través de radiotelescopis.

Els pulsars van ser descoberts l'any 1967 per Anthony Hewish i Jocelyn Bell a l'observatori de ràdio astronomia a Cambridge.

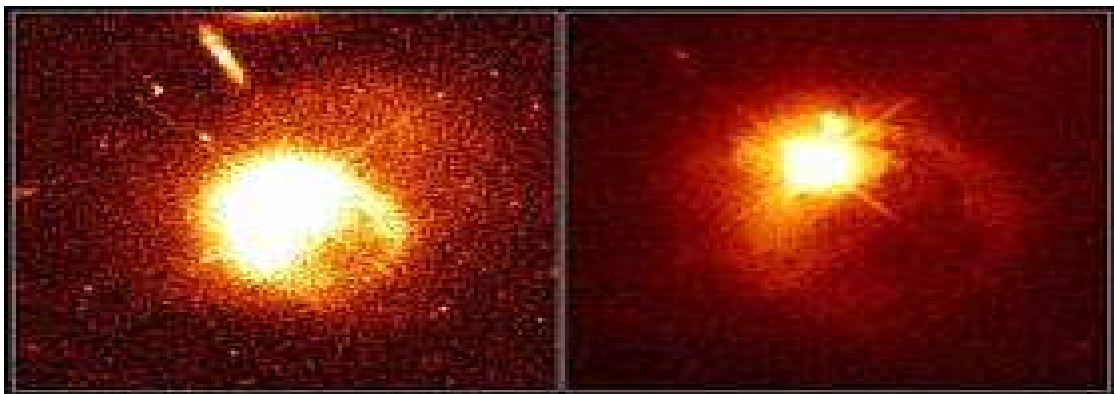
Els pulsars són estrelles de neutrons fortament magnetitzades. La ràpida rotació, per tant, les fa poderosos generadors elèctrics, capaços d'accelerar les partícules carregades fins a energies de mil milions de volts.

Aquestes partícules carregades són responsables del feix de radiació en ràdio, llum, raigs-X, i raigs gamma. La seva energia prové de la rotació de l'estrella, que han d'estar, per tant, baixant de velocitat. Aquesta disminució de velocitat pot ser detectada com un allargament del període dels pulsars.

Els pulsars s'han trobat principalment a la Via Làctea. Un escrutini complet és impossible, ja que els pulsars febles només poden ser detectats si estan pròxims.

Cada pulsar emet durant prop de quatre milions d'anys, després d'aquest temps ha perdut tanta energia rotacional que no pot produir polsos de ràdio detectables. Si coneixem la població total (1.000.000), i el temps de vida (4.000.000 d'anys), podem deduir que un nou pulsar ha de néixer cada quatre anys, assumint que la població roman estable.

Altres pulsars neixen en explosions de supernoves. Si tots els pulsars fossin nascuts en explosions de supernoves, podríem predir que hauria d'haver una supernova en la nostra Galàxia cada quatre anys, però això no està encara clar.



Il·lustració 64: Un pulsar és una estrella de neutrons en rotació

Durant molt de temps es va pensar que els pulsars eren senyals d'extraterrestres intel·ligents.

10.3.4 FORAT NEGRE

Són cossos amb un camp gravitatori extraordinàriament gran.

No es pot escapar cap radiació electromagnètica ni lluminosa, per això són negres.

Poden ser de dues maneres: cossos d'alta densitat i poca massa concentrada en un espai molt petit, o cossos de densitat baixa però massa molt gran, com passa en els centres de les galàxies.

Si la massa d'un estel és més de dues vegades la del Sol, arriba un moment en el seu cicle en què ni tan sols els neutrons poden suportar la gravetat. L'estel es col·lapsa i es converteix en un forat negre.

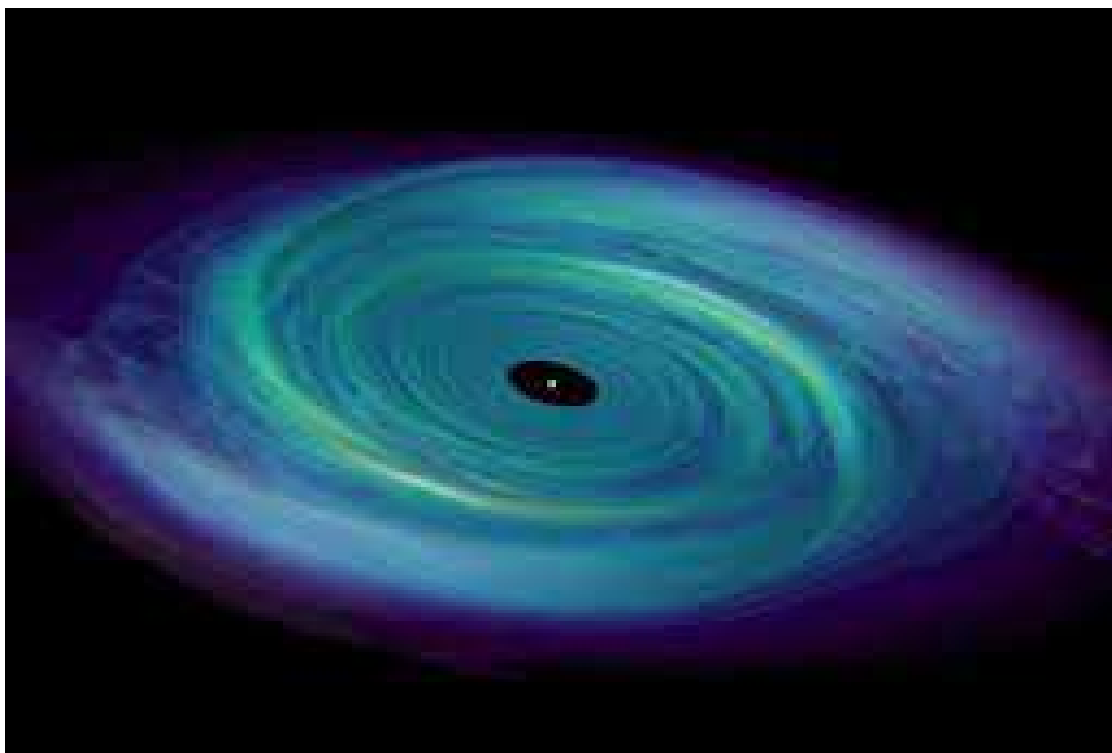
Si un component d'un estel doble (binari) esdevé forat negre, comença a prendre material del seu company. Quan el remolí s'acosta al forat, es mou tan de pressa que emet molts raigs X. Així, tot i que no es pot veure, es pot detectar pels seus efectes sobre la matèria propera.

Un forat negre no és etern. Encara que no s'escapi cap radiació, sembla que poden fer-ho algunes partícules atòmiques i subatòmiques.

Algú que observés la formació d'un forat negre des de l'exterior, veuria un estel cada cop més petit i roig fins que, finalment, desapareixeria. La seva influència gravitatòria, però, seguiria intacta.

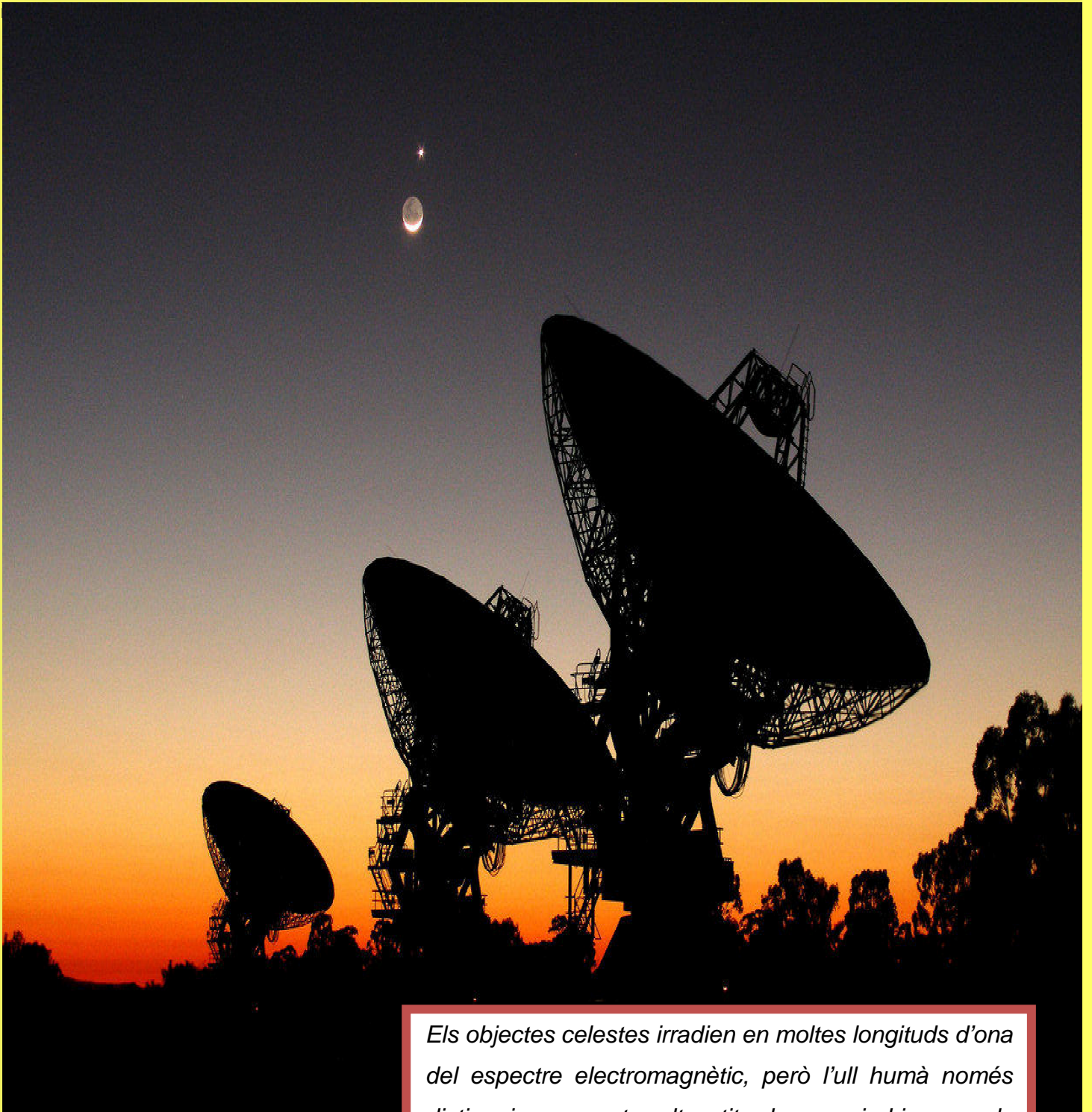
Com en el Big Bang, en un forat negre es dona una singularitat, és a dir, les lleis físiques i la capacitat de predicció fallen. En conseqüència, cap observador extern pot veure què passa a dins.

Les equacions que intenten explicar una singularitat han de tenir en compte l'espai i el temps. Les singularitats se situaran sempre en el passat de l'observador (com el Big Bang) o en el seu futur (com els colapses gravitatoris). Aquesta hipòtesi es coneix amb el nom de "censura còsmica".



Il·lustració 65: Simulació d'un forat negre

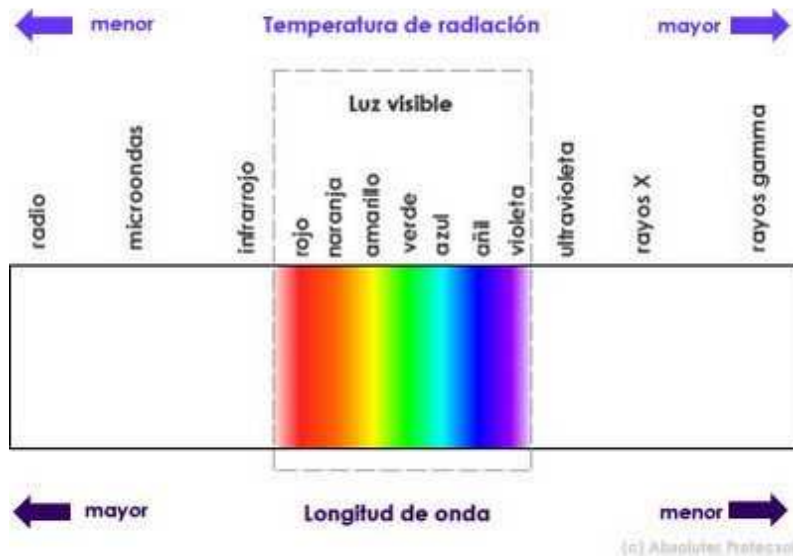
ASTRONOMIA FORA DEL VISIBLE



Els objectes celestes irradien en moltes longituds d'ona del espectre electromagnètic, però l'ull humà només distingeix una part molt petita, la que vindria a ser la regió visible. Hi ha varies formes de demostrar l'existència de la radiació electromagnètica que no podem veure, mitjançant experiments senzills. En aquest apartat, podrem introduir-nos en aquelles observacions més allà del que és observable amb un telescopi.

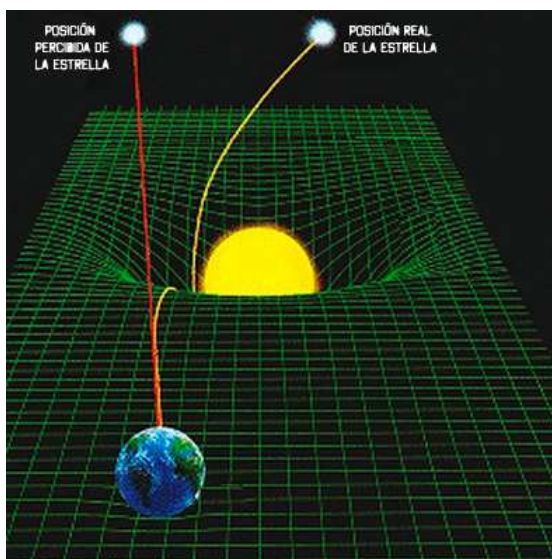
11. LA PART DE L'ASTRONOMIA FORA DEL QUE ÉS VISIBLE

Els objectes celestes irradien en moltes longituds d'ona de l'espectre electromagnètic diferent, però l'ull humà només en pot distingir una part molt petita d'aquestes, la regió visible. Però, tot i així, hi ha formes de demostrar aquesta radiació electromagnètica que no podem veure mitjançant uns certs experiments.



Il·lustració 66: Les diferents longituds d'ona.

11.1 LENTS GRAVITACIONALS



Il·lustració 67: Si l'espai no és pla sinó corbat, el camí més curt entre dos punts és una corba

És fàcil arribar a la conclusió que la llum es propaga en línia recta en un espai pla, ja que aquesta trajectòria és la més curta entre dos punts.

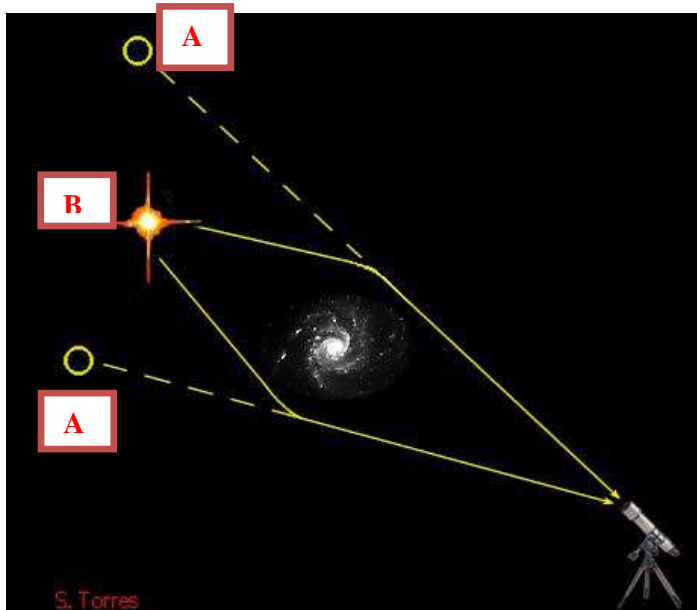
Albert Einstein va dir en la seva teoria que la llum sempre buscava la trajectòria més curta. Tot i això, l'espai no és pla, per tant és relativament fàcil trobar-se un punt en el qual l'espai estigui corbat. Llavors, el camí més curt no està en línia recta. Per mostrar-ho als estudiants, ho podem fer amb l'ajuda d'un globus



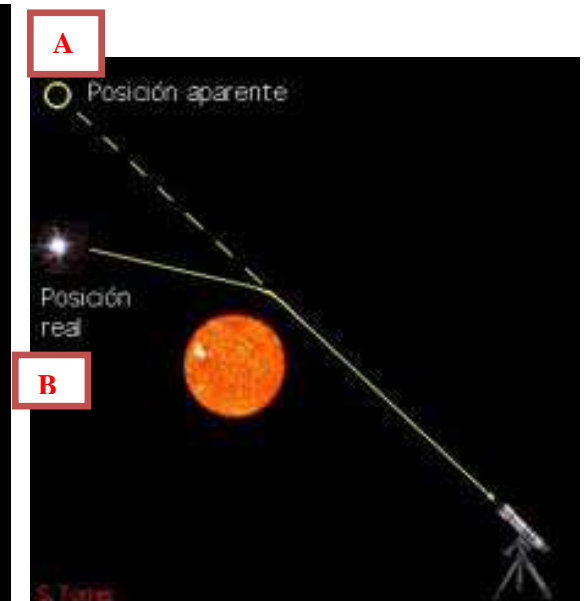
Il·lustració 68: El camí més curt sobre una superfície terrestre no es una recta.

terraqui o qualsevol esfera.

Per generalitzar-ho, ens podem imaginar les lents gravitacionals com una simple lent ordinària, però en què la desviació de la llum és produïda per una gran massa que hi ha en el camí de la llum anomenada deflector.

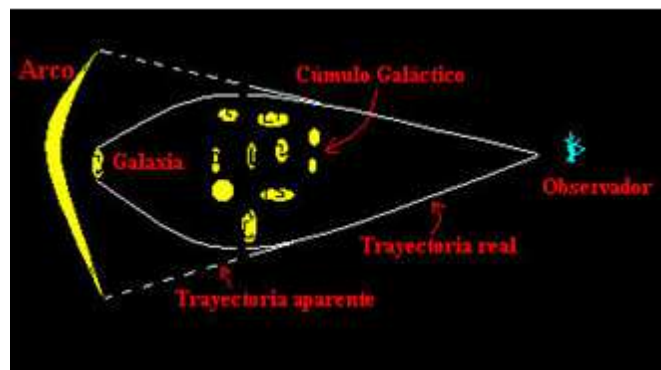
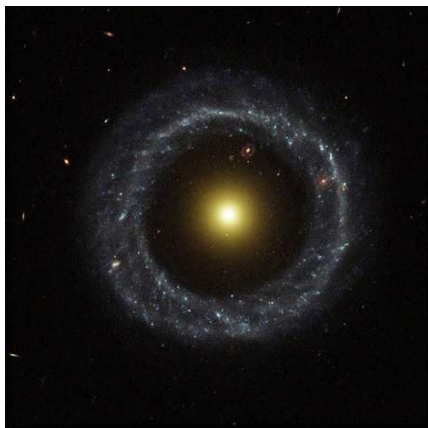


Il·lustració 70: El reflector seria el Sol. Al punt A hi hauria l'estrella aparentment i al lloc B és on es trobaria en realitat.



Il·lustració 69: A l'observador li sembla que li arriben els rajos lluminosos des de dos llocs diferents i veu dos imatges.

El que fan les lents gravitacionals és produir una corba en els rajos de llum que fan els objectes. Si són objectes puntuals, com estrelles, sembla que estiguin en un lloc diferent del que estan realment o fins i tot, poden produir múltiples imatges dels objectes. Per altra banda, si tenim cossos molt extensos com galàxies, les imatges apareixen deformades com arcs brillants.



Il·lustració72: L'arc o anell es produït en enfocar un objecte no puntual amb una extensió espacial

11.1.1 SIMULACIÓ DE LA LENT GRAVITACIONAL AMB UNA COPA DE VI

Una activitat que podem dur a terme perquè els alumnes puguin entendre que és una lent gravitacional és utilitzant una copa de vi. Aquest objecte ens permetrà mostrar com la matèria pot introduir deformacions a les imatges o objectes que estem observant.

Per poder-ho dur a terme necessitarem una copa de vi llisa. La situarem sobre un paper mil·limetrat i observarem a través del vi blanc (també és pot utilitzar suc de poma).

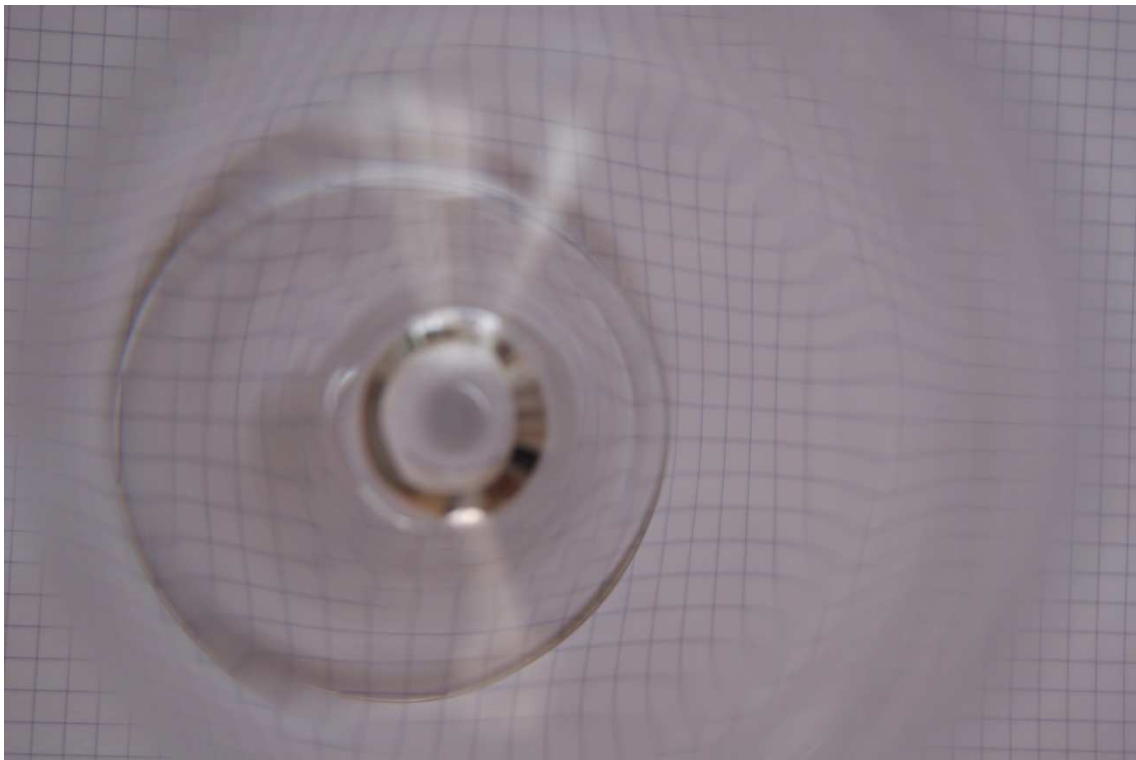
També, amb la copa de vi, podem simular l'anell d'Einstein¹⁷. Per fer-ho, és suficient agafar una llanterna, situar-la a l'altra costat de la copa de vi negre i veure el raig de la llum que passa a través d'aquesta.

Si observem la llum, podem veure-la i moure-la de dreta a esquerra i de a dalt a baix. Observarem que la llum produeix imatges repetides i en alguns casos

¹⁷En astronomia, un anell d'Einstein és un fenomen òptic que consisteix en la pertorbació dels rajos de llum emesos per una font lumínica. Aquesta pertorbació és provocada per la presència d'un cos massiu situat entre l'emissor lluminós i el receptor. Aquest cos massiu ha de comptar amb un camp gravitatori suficientment potent com per poder desviar l'avanç dels rajos de llum; pot ser un planeta, una estrella, una galàxia, un cúmulo de galàxies, un forat negre, etc. Els anells d'Einstein són una de les conseqüències de la teoria de la relativitat general, publicada pel físic alemany Albert Einstein l'any 1915.

podrem observar arcs. Aquest fet és la conseqüència que la copa està actuant com una lent que deforma la trajectòria de la llum. En particular podem observar una petita figura o un punt vermell brillant, quatre punts vermells o un arc entre els punts rojos.

També podem simular la lent gravitacional observant el peu d'una copa. Si posem el peu de la copa sobre un paper mil·limetrat i observem a través d'aquest, podem veure la deformació de la quadrícula.



Il·lustración 73: Copa de vi sobre una quadrícula.

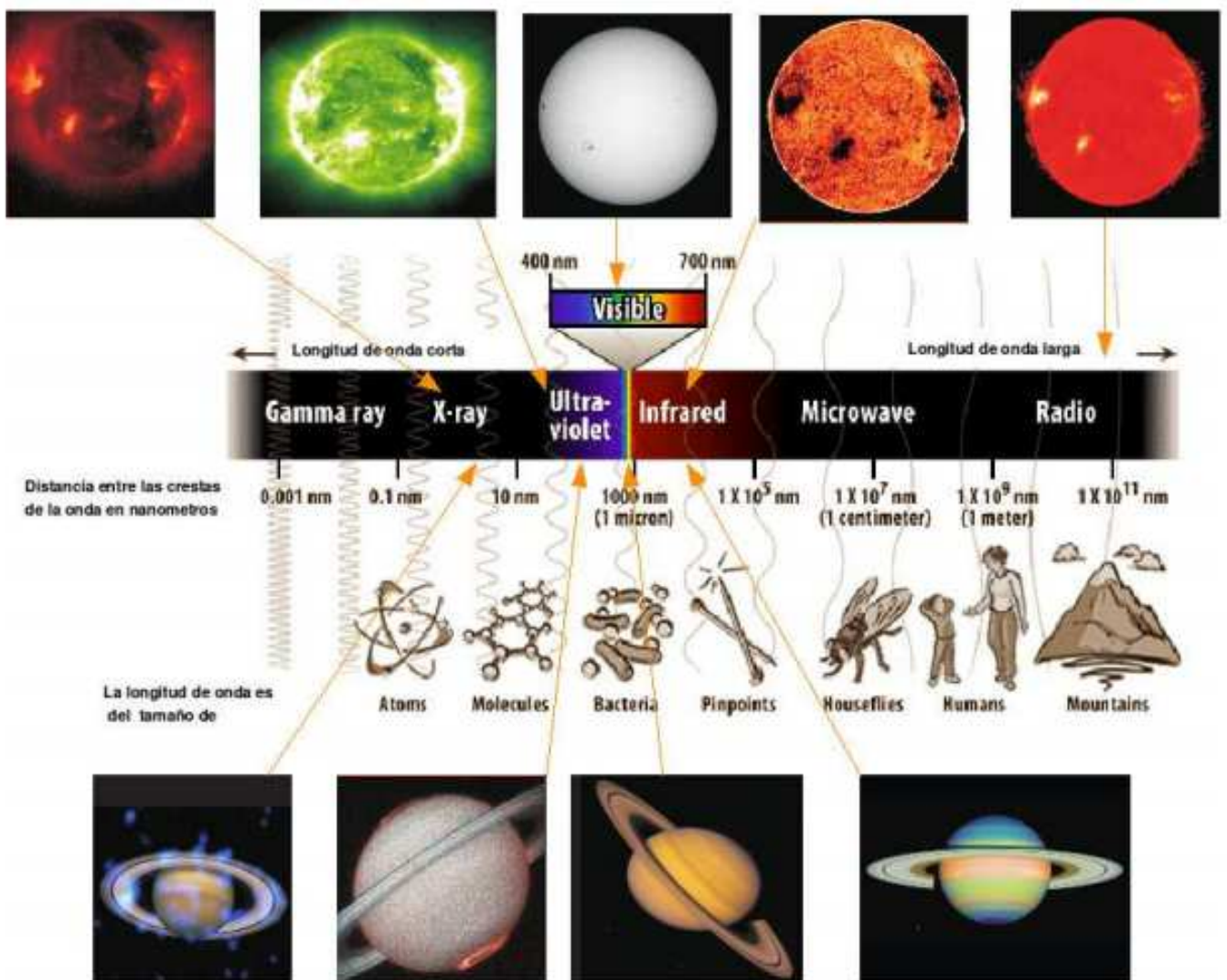
Si movem lentament, de dreta a esquerra, el peu de la copa sobre un objecte, anirem reproduint els diferents objectes reals observat en les lents gravitacionals.

11.2 CONSTRUCCIÓ D'UN ESPECTRÒMETRE

L'espectre electromagnètic o espectre és el rang de totes les radiacions electromagnètiques possibles. Cada objecte té una radiació electromagnètica diferent, i l'espectre és la manera en què aquest es distribueix.

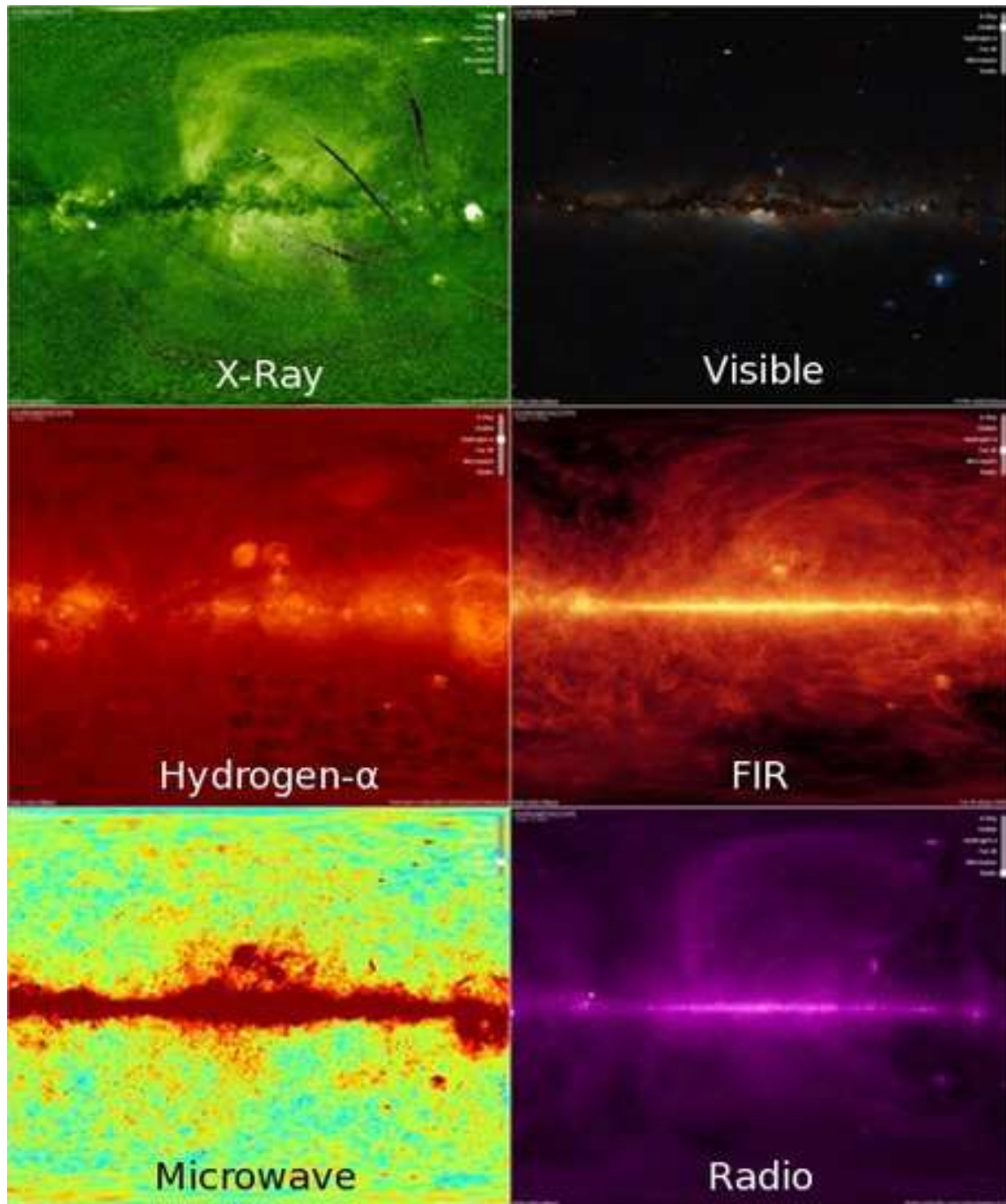
En la figura següent, es poden observar les diferents regions d'un espectre. S'hi pot observar la mesura entre les crestes de la ona, l'anomenada longitud d'ona (λ) i alguns objectes de mesures varies: àtoms, mosques, muntanyes... per fer-nos una idea de les dimensions de les ones.

També, a la mateixa il·lustració, és possible apreciar com es "veuen" el Sol i Saturn si els observem en unes longituds d'ona que els nostres ulls no poden detectar. Aquestes fotografies estan fetes amb aparells sensibles a aquelles longituds d'ona.



Il·lustració74: Diferents longituds d'ona

A l'univers, hi ha materials que estan a temperatures molt més baixes que les de les estrelles, per exemple, les nebuloses. Les nebuloses no emeten una radiació visible, però sí que poden ser detectades mitjançant unes longituds d'ona llargues, com les microones, les ones de ràdio o els infrarojos.



Il·lustració 76: La nostra galàxia, la Via Làctea fotografiada des de diferents longituds d'ona.

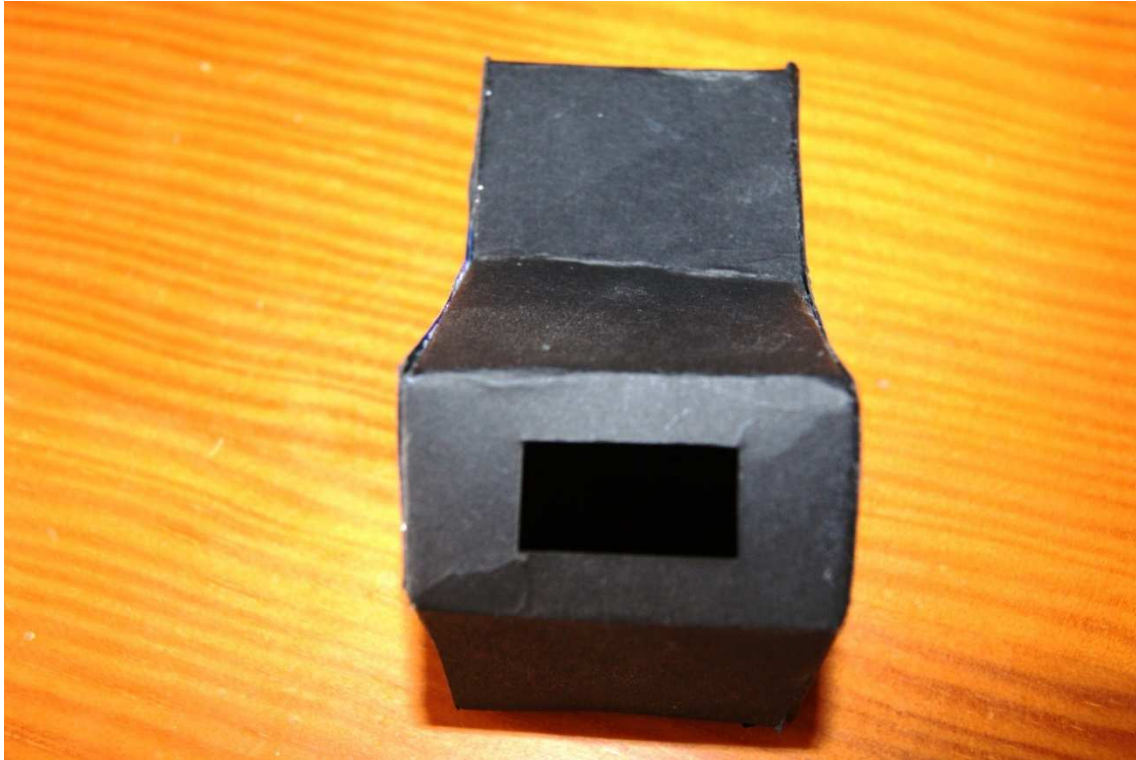
L'observació "multi-ona", per als astrònoms significa observar l'univers en totes les regions de l'espectre electromagnètic. Aquest fet ens permet tenir una imatge molt més clara de l'estructura, temperatura, energia i també confeccionar models molt més realistes i vinculats a la seva evolució.

Una bombeta que desprèn llum blanca, està composta de tots els colors. La llum que desprenen les bombetes que contenen gas, com per exemple els fluorescents, les faroles o les bombetes de baix consum, només conté uns colors determinats. Quan separem els colors de la llum, obtenim un espectre. En el cas dels gasos està compost per un conjunt de línies de colors. Cada tipus, té un espectre propi, vindria a ser com l'empremta digital de cada compost que hi ha en el gas. Si amb un espectròmetre observem la llum d'una galàxia llunyana, les línies d'hidrogen i altres gasos es veuen desplaçades cap al roig, com més lluny està la galàxia.

11.2.1 COM CONSTRUIR UN ESPECTRÒMETRE

Per poder entendre i veure com funciona un espectròmetre, n'hem de fabricar un. Per fer-ho haurem d'agafar un CD o un DVD, i amb l'ajuda d'unes tisores tallar-ne un tros amb forma de formatge. El CD o DVD ha de ser platejat per la cara que no es grava, és a dir, el CD o DVD no ha d'estar gravat ni ser blanc ni de cap altre color. Si utilitzem un CD hem de treure la capa metàl·lica utilitzant l'ajuda d'una cinta adhesiva o ratllant prèviament la superfície. Si utilitzem un DVD, no és necessari treure la part metàl·lica, només hem de separar en el tros tallat la capa de plàstic superior de la inferior i doblegar-lo una mica.

Seguidament, fem una fotocòpia, la de la figura 10. És aconsellable fer-ho amb mida A3 ja que serà més precís. Retallem la plantilla per la línia negra exterior i fem un forat al rectangle situat a la part inferior. Seguidament, amb l'ajuda d'un ganivet o qualsevol altre estri que talli, tallem una petita línia entre els quadres a i d. A continuació, en el lloc deixat per al CD, amb forma circular, enganxem el tros de CD o DVD que anteriorment havíem preparat. Finalment enganxem les pestanyes fins que la caixa estigui ben tancada i no entri llum per les escletxes ni per cap altre orifici que no sigui el mirador i la línia feta expressament.

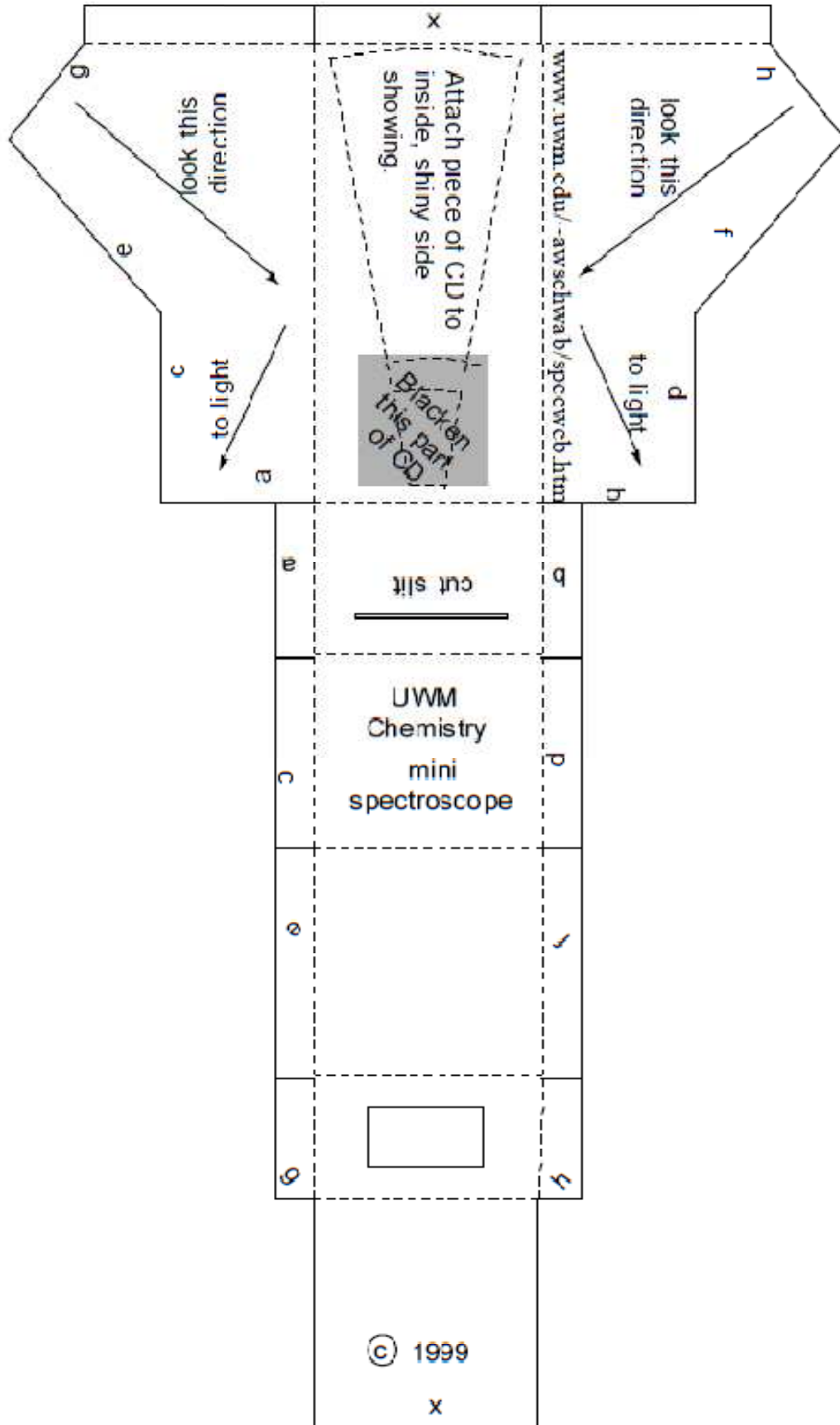


Il·lustració 77: Espectròmetre

Ara que l'espectròmetre ja està construït, mirem a través de l'obertura, enfocant la línia a un tub fluorescent. Clarament podrem veure unes línies d'emissió de gasos que contenen aquest tipus de bombetes. Si no aconseguim veure res, anem movent l'espectròmetre d'una banda a l'altra del fluorescent o làmpada fins que apareiguin les línies.

També es poden mirar les faroles del carrer, tant les taronges (de sodi) com les blanques (de vapor de mercuri). També es pot observar la llum del Sol.

Si és molt complex i/o no podem construir un espectròmetre podem descompondre la llum i fer un arc de Sant Martí. Per fer-ho necessitem una mànega i un difusor i posar la llum del Sol darrere.



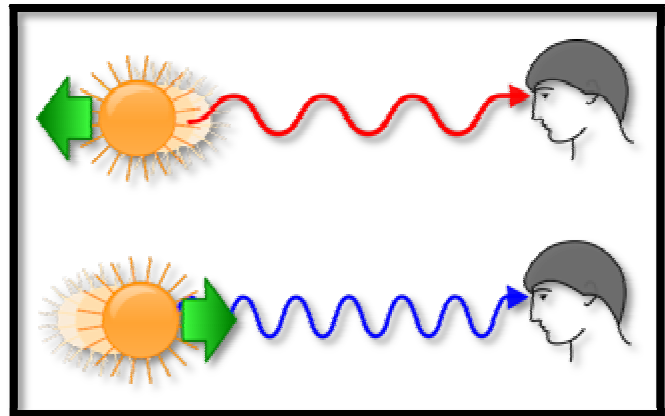
Il·lustració78: Plantilla per el espectòmetre. Si és busca més informació, aquesta plantilla ha estat extreta de la pàgina següent: <https://pantherfile.uwm.edu/awschwab/www/specweb.htm> (Podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.9 de l'annex 2)

11.2.2 CÀLCUL DE LA VELOCITAT I DEL PERÍODE DE ROTACIÓ DE SATURN MITJANÇANT EL SEU ESPECTRE

11.2.2.1 Fonaments teòrics

Quan tenim una font que emet una ona (sonora, electromagnètic, etc) l'efecte Doppler és la diferència entre la longitud d'ona emesa i la longitud d'ona que percep l'observador, causada per el moviment relatiu entre la font i l'observador.

En el cas de la llum, el moviment d'aproximació entre la font lluminosa i el receptor produeix un desplaçament de les ratlles de l'espectre cap a la part violeta, mentre que un allunyament de la font, en provoca un desplaçament cap al vermell.



Il·lustració 79: Desplaçament al roig i al blau

L'efecte Doppler es pot emprar en l'estudi del moviment dels astres. Quan la font de radiació s'apropi a l'observador, aquest rebrà un nombre més gran d'ones per unitat de temps. Per tant, veurà una freqüència més elevada que si la font restés quieta: la longitud d'ona es desplaça cap al blau i l'ultraviolat. Contràriament, si la font i l'observador s'allunyen es veurà un desplaçament cap a longituds d'ona més grans, és a dir, cap al vermell. Si ens proposem mesurar aquest desplaçament, haurem d'utilitzar un espectre molt ben conegut, anomenat de referència.

11.2.2.2 Disseny experimental

11.2.2.2.1 Descripció de l'experiment

Per dur a terme aquest experiment, necessitarem el espectre de Saturn i dels seus anells. Farem una comparació entre les línies de l'espectre de l'esfera de Saturn i l'espectre de referència per observar la inclinació degut al moviment de

rotació del planeta. Calcularem la velocitat de rotació de uns punts situats sobre l'equador de Saturn. Per aquest motiu, utilitzarem les fórmules de l'Efecte Doppler- Fizeau. Seguidament intervindrem en l'espectre on utilitzant-ne dues línies de l'espectre de referència i mesurant la seva distància a la fotografia, en determinarem l'escala. Substituint a la fórmula obtindrem la velocitat de rotació i finalment, amb l'ajuda del radi i un raonament matemàtic, podrem calcular el període de rotació de Saturn.

11.2.2.2.2 Procediments

Clarament podem observar que les línies de l'espectre de l'esfera de Saturn estan inclinades i paral·leles mentre que les de l'espectre de referència no ho estan. Aquesta inclinació és deguda al moviment de rotació del planeta. Un extrem de l'equador del planeta s'apropa a l'observador (amb una velocitat relativa a la que li donarem el valor negatiu $-v_r$) mentre l'altre s'allunya (amb una velocitat relativa a la que li donarem el valor positiu v_r). Per al primer, i segons l'efecte Doppler-Fizeau (sense oblidar que la velocitat v utilitzada a la fórmula ha d'estar multiplicada per 2), la longitud d'ona observada λ_{ob1} sembla més curta que el seu valor en repòs λ_e .

$$\frac{(\lambda_{ob2} - \lambda_e)}{\lambda_e} = \frac{-2 \cdot v_r}{c}$$

Per al segon:

$$\frac{(\lambda_{ob2} - \lambda_e)}{\lambda_e} = \frac{2 \cdot v_r}{c}$$

Per a guanyar precisió, estudiarem els dos punts extrems del diàmetre, la velocitat radial dels quals és més gran, i utilitzarem les fórmules de l'efecte Doppler-Fizeau. Restant les dos fórmules anteriors es pot obtenir:

$$\frac{(\lambda_{ob2} - \lambda_{ob1})}{\lambda_e} = \frac{4 \cdot v_r}{c}$$

On aïllant la velocitat de rotació $\longrightarrow v_r = \frac{c(\lambda_{ob2} - \lambda_{ob1})}{4 \cdot \lambda_e}$

Ara hem de determinar sobre l'espectre de la figura de baix, els valors de λ_{ob1} , λ_{ob2} i λ_e . Primer utilitzant dues línies de l'espectre de referència i mesurant la seva distància a la fotografia, en determinarem l'escala.

En àngstrom per mil·límetre mesurem 93,00 mm entre les línies 4494,57 Å i 4466,54 Å.

El càlcul dona per l'escala: $4494.57 - 4466.54 = 28.03 \text{ Å/mm}$

Mesurem la diferència entre les abscisses dels punts extrems d'una mateixa línia d'espectre:

Mesura en l'escala $\rightarrow 28.03 \div 93 = 0.301 \frac{\text{Å}}{\text{mm}}$

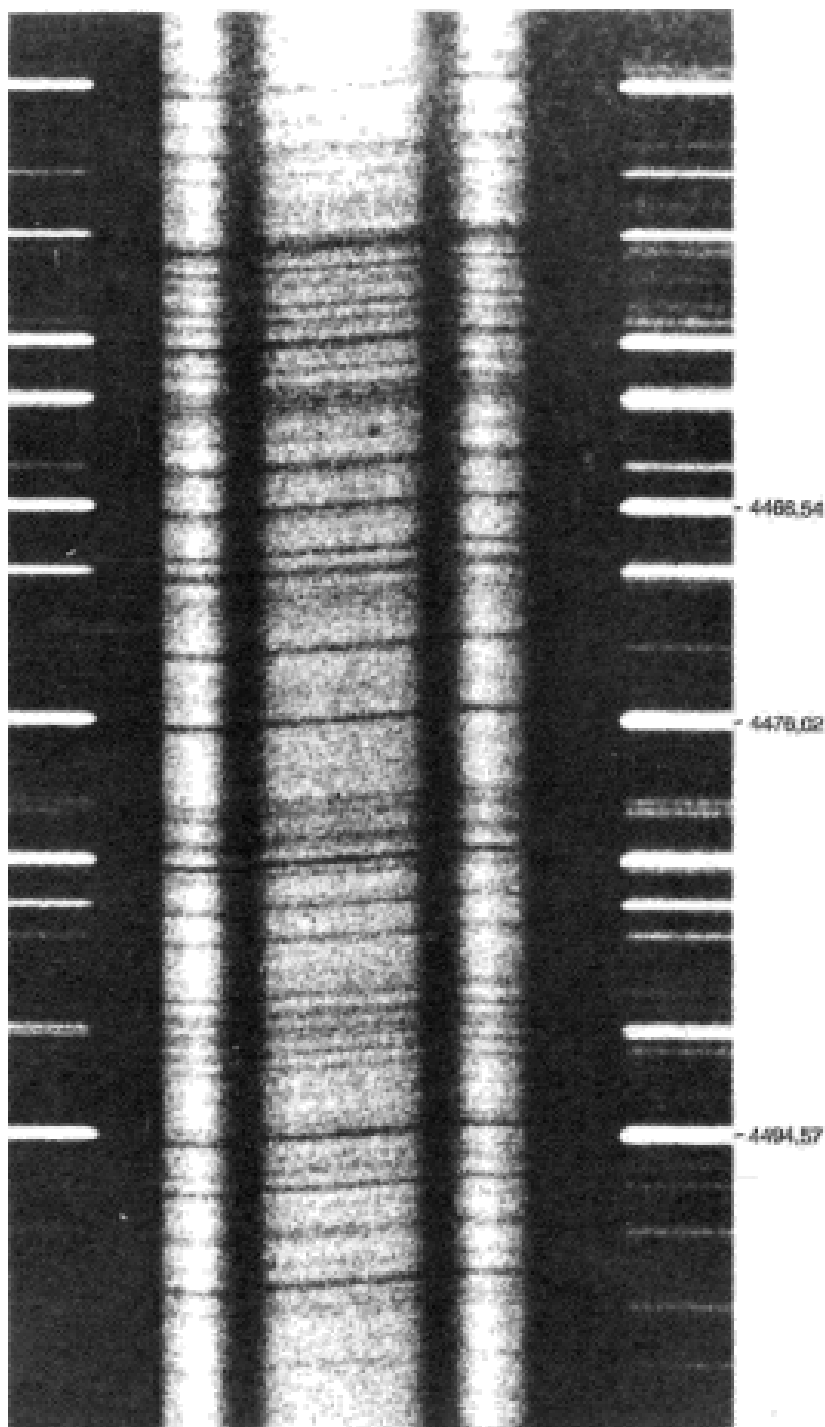
Agafem un valor mitjà per λ_e i seguidament podrem trobar un valor aproximat de la velocitat de rotació:

$\lambda_e = 4480 \text{ Å}$ (Valor mitja)

$$v_r = \frac{(0.59) \cdot 3 \cdot 10^8}{4 \cdot 4480} \longrightarrow = 9.9 \cdot 10^3 = \boxed{10 \text{ km/h}}$$

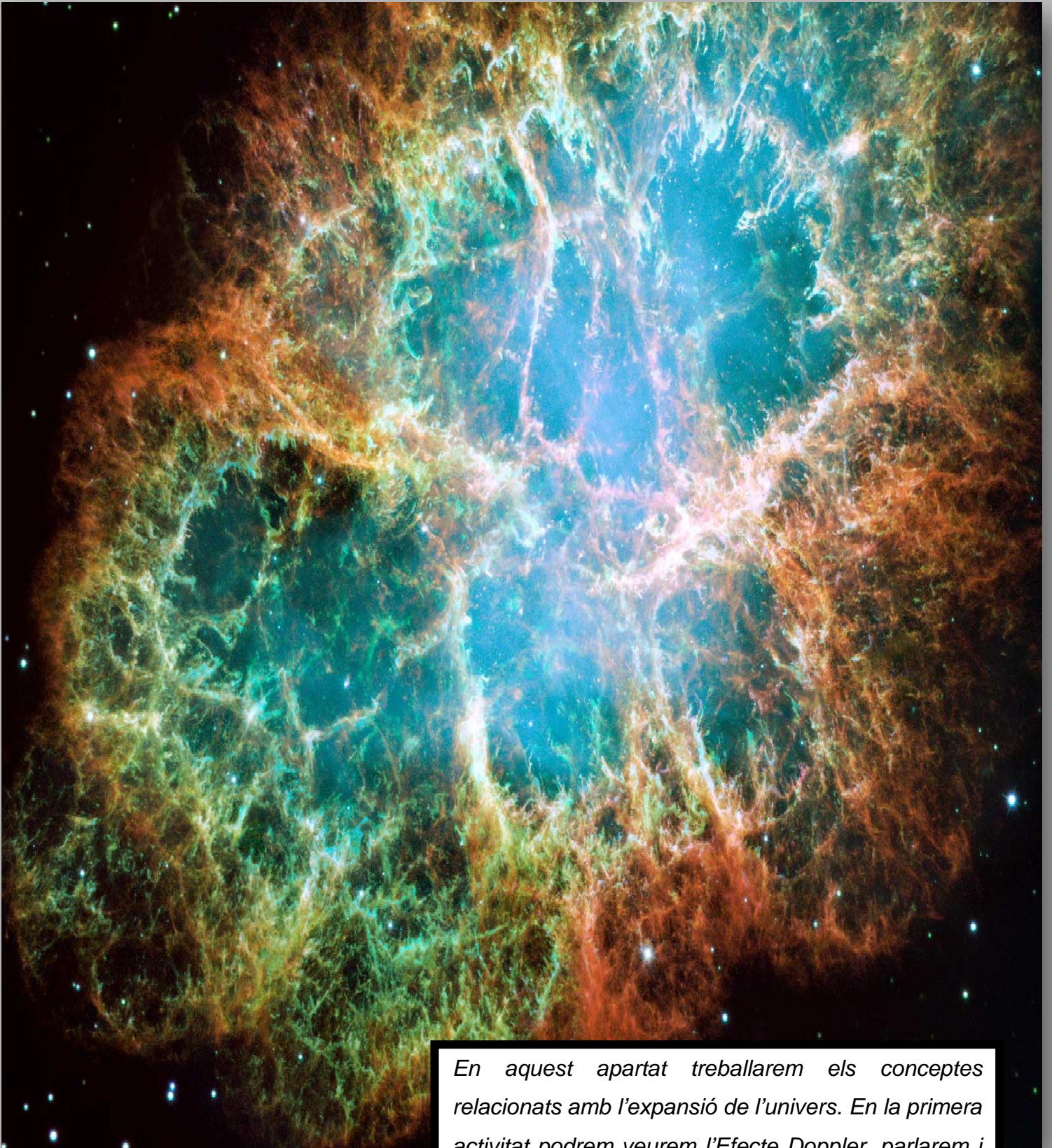
Per deduir el període de rotació T del planeta Saturn, utilitzarem la velocitat de rotació calculada i el radi del planeta $R = 6,04 \cdot 10^4 \text{ km}$. Sabem que $2 \cdot \pi \cdot R = v_r \cdot T$ i en conseqüència podem deduir:

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v_r} \longrightarrow T = \frac{2 \cdot \pi \cdot 6.04 \cdot 10^4}{10} = 37950.44 \text{ s} \cdot \frac{1h}{3600s} = \boxed{10.54h}$$



Il·lustració80: Detall d'un espectre del planeta saturn i els seus anells.
(Observatoire de Haute Provence, 24/07/1962) (Podem trobar l'espectre a l'apartat16.2.9.1 de l'annex 2)

EXPANSIÓ DE L'UNIVERS



En aquest apartat treballarem els conceptes relacionats amb l'expansió de l'univers. En la primera activitat podrem veurem l'Efecte Doppler, parlarem i analitzarem l'expansió de l'univers i també podrem calcular la constant de Hubble entre moltes altres coses que descobrirem mitjançant senzills experiments

12. L'EXPANSIÓ DE L'UNIVERS

12.1 L'ORIGEN DE L'UNIVERS

Com la majoria de gent sap, la teoria més acceptada sobre l'origen de l'univers es coneix amb el nom de Big Bang: hi va haver un moment singular original, en el qual es va iniciar una expansió del propi espai. Però no són les galàxies que es mouen a través d'un espai, sinó que és l'espai que hi ha entre elles el que s'està expandint, produint així un moviment de les galàxies. Per aquesta raó, no podem parlar d'un centre de l'univers, igual que tampoc podem parlar d'un centre de la superfície terrestre.

La distància d'una galàxia és directament proporcional a la seva velocitat de recessió. La constant que relaciona aquestes dos magnituds és l'anomenada constant de Hubble. La llei de Hubble ens relaciona de forma lineal la distància d'una galàxia amb la velocitat amb la que s'allunya.

La primera prova del Big Bang va venir amb l'observació del desplaçament al roig en els espectres de les galàxies, però finalment, la prova que va donar més credibilitat a aquesta teoria va ser la detecció de la radiació de fons de microones.

12.2 DESPLAÇAMENT AL ROIG

El 1929, l'astrònom E. Hubble va postular que l'univers s'expandia de manera que cada galàxia s'allunya de nosaltres a una velocitat proporcional a la seva distància, com més feble és la brillantor de la galàxia, major és la seva velocitat d'allunyament. Aquest fenomen es va comprovar en totes les direccions, sense que es pogués saber on estaria situat el centre i/o les bores d'aquest gegantí sistema de galàxies.

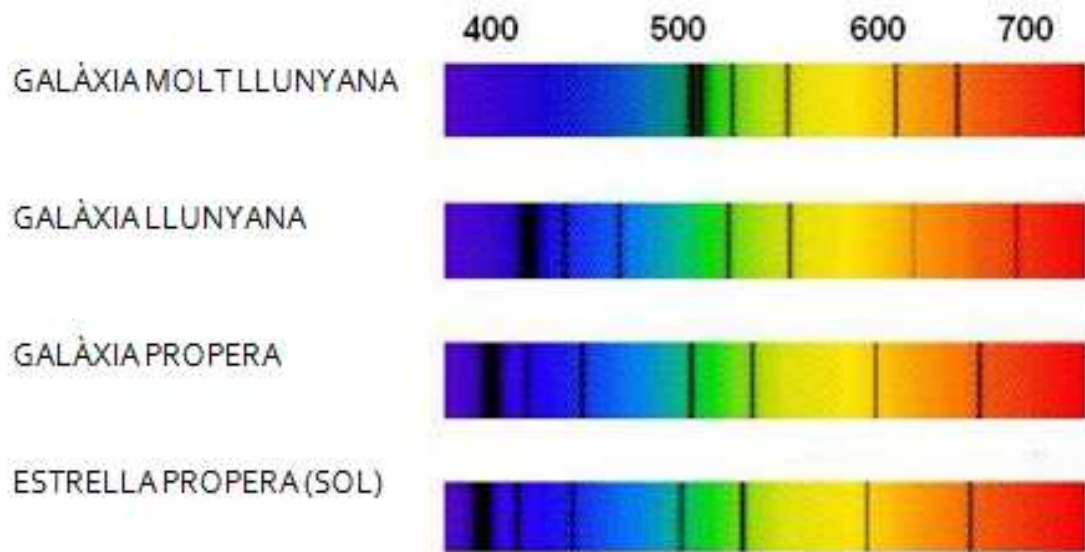
Usant aquest descobriment com a eina de càlcul, si s'aconsegueix mesurar la velocitat d'una galàxia allunyant-se, es pot deduir la seva distància respecte de l'observador.

Aquest fenomen es pot comparar amb un globus que s'està inflant, dins del qual hi ha partícules de pols: a mesura que augmenta de grandària, és a dir, les parets del globus s'estenen, les partícules de pols de l'interior s'allunyen unes de les altres. Una cosa semblant passaria en l'espai: cada partícula de pols en el globus equival a una galàxia de l'univers. Cal destacar la dificultat que sorgeix llavors per assenyalar el centre del sistema estant ubicats nosaltres en una d'aquestes partícules. La velocitat d'una galàxia s'obté a través del seu espectre, en els espectres dels astres apareixen línies relacionades amb els elements químics presents. Si l'astre es mou, les línies dels seus espectres es mouen de la seva posició natural. Si l'astre s'allunya, les línies es van desplaçant cap a la zona de les longituds d'ona llargues, identificades amb el color vermell, per aquesta raó, quan es parla del desplaçament cap al vermell de les galàxies, s'està indicant l'allunyament de les mateixes.

Però de forma equivalent, si l'astre s'acosta, les línies es corren cap a la zona de longituds d'ona curta, és a dir, cap al blau.

Es pot dir llavors que la distància a cada galàxia és proporcional al seu desplaçament cap al vermell i, per tant, és equivalent a la seva velocitat d'allunyament.

DESPLAÇAMENT CAP AL ROIG



Il·lustració 81: Com més lluny està l'objecte, el seu espectre està més allunyant cap al vermell, el que també ens està dient que està allunyant a una velocitat molt més gran que nosaltres.

12.3 L' EFECTE DOPPLER

L'efecte Doppler s'aprecia quan una font d'ones es mou. Per a un observador en repòs la freqüència de les ones és major quan la font s'acosta i menor quan s'allunya. Per exemple, un cotxe en moviment emet el so (soroll) del motor. Apreciem un so més agut (de major freqüència) quan s'acosta i més greu (de menor freqüència) quan s'allunya. Això dóna lloc a aquest so tan característic dels cotxes de Fórmula 1 quan passen davant de les càmeres.

Per reproduir aquest efecte, podem utilitzar un rellotge despertador. L'introduïm dins d'una bossa de tela i ho lliguem a una corda. Si el fem girar sobre els nostres caps es pot sentir quan s'acosta a l'espectador, la lés més petita i el soroll és bastant més agut. Quan s'allunya, la lés més llarga i el so és més greu.

Aquest efecte Doppler és el que tenen les galàxies amb l'expansió. Les galàxies no es mouen a través de l'espai, sinó que es l'espai que es mou entre elles en expandir-se.

12.4 LLEI DE HUBBLE

Com ja s'ha comentat abans, va ser *Edwin Hubble* qui es va adonar l'any 1930 de què com més llunyana és una galàxia més ràpidament s'allunya de nosaltres. El fet que veiem allunyar-se les galàxies de nosaltres, no vol dir que nosaltres siguem el centre de l'univers, cosa que s'havia pensat durant molt de temps a l'antiguitat.

Si l'espai s'expandeix cap a totes les direccions, significa que donant marxa enrere en el temps, la matèria hauria d'haver estat concentrada en un punt inicial.

Així va ser com *George Lemaître* va establir el model de l'univers més acceptat avui en dia: hi va haver una gran explosió original i en aquesta encara hi som. En aquesta expansió és el propi univers el que es va dilatant.



Il·lustració 82: George Lemaître

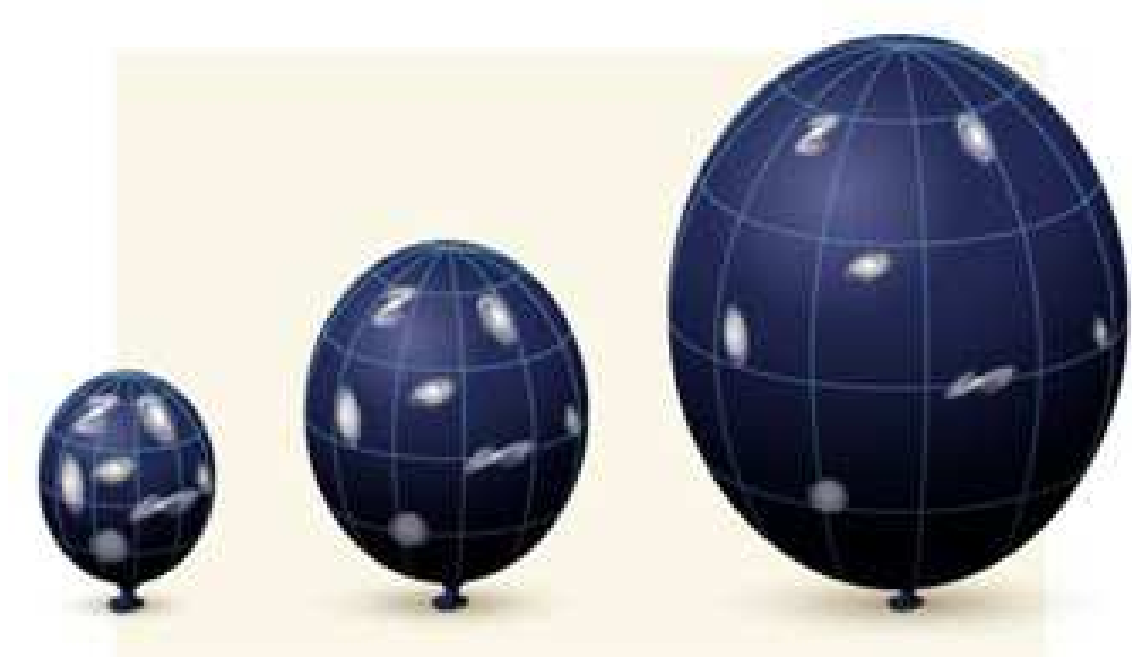


Il·lustració 3: Edwin Hubble

Per tant, la velocitat de recessió aparent d'una galàxia i la distància a la que està és proporcional. La constant que ho relaciona és la constant de Hubble. Relaciona la velocitat amb la qual s'allunya amb la distància:

$$v = H \cdot d$$

Per determinar el seu valor, només necessitem saber la velocitat i la distància d'algunes galàxies. La velocitat amb la qual s'allunyen les galàxies és fàcil de mesurar mitjançant el desplaçament al roig, però la distància a la que es troba ja és una mica més difícil de determinar. La constant de *Hubble* oscil·la entre els 50 i 100 km/s per Megaparsec¹⁸. Però el valor més acceptat és aproximadament $70 km/s$, el que ens indica que l'edat de l'univers és aproximadament 13.700 milions d'anys.



Il·lustració 4: Segons passa el temps, l'espai s'expandeix i la matèria que conté es va separant entre si.

¹⁸ Parsec: el parsec (*pc*) és una unitat de longitud utilitzada en l'astronomia. El seu nom deriva de l'anglès *parallax of one arc second*. 1 parsec = 206.265 ua = 3,2616 anys llum = $3,0857 \times 10^{16}$ m.

12.5 LA TEORIA DEL BIG BANG

La teoria del Big Bang és la més acceptada per la comunitat científica, tot i així, hi ha qui posa en dubte aquesta teoria perquè hi ha detalls que encara queden sense explicació. El nom de la teoria li va posar *Fredy Hoyle*.

De l'observació d'un univers en expansió, arribem a la conclusió que en un principi es va haver de produir una explosió, que va donar origen a l'espai i al temps tal i com el coneixem avui. Però, què ho va produir? Perquè va succeir? La ciència no dóna resposta a aquestes preguntes perquè només dóna funcionament del que ja existeix. La ciència sí que intenta explicar com es van produir els fets a partir del Big Bang, però no el perquè existeix la matèria. Aquest tipus de preguntes corresponen als filòsofs que tracten la metafísica.

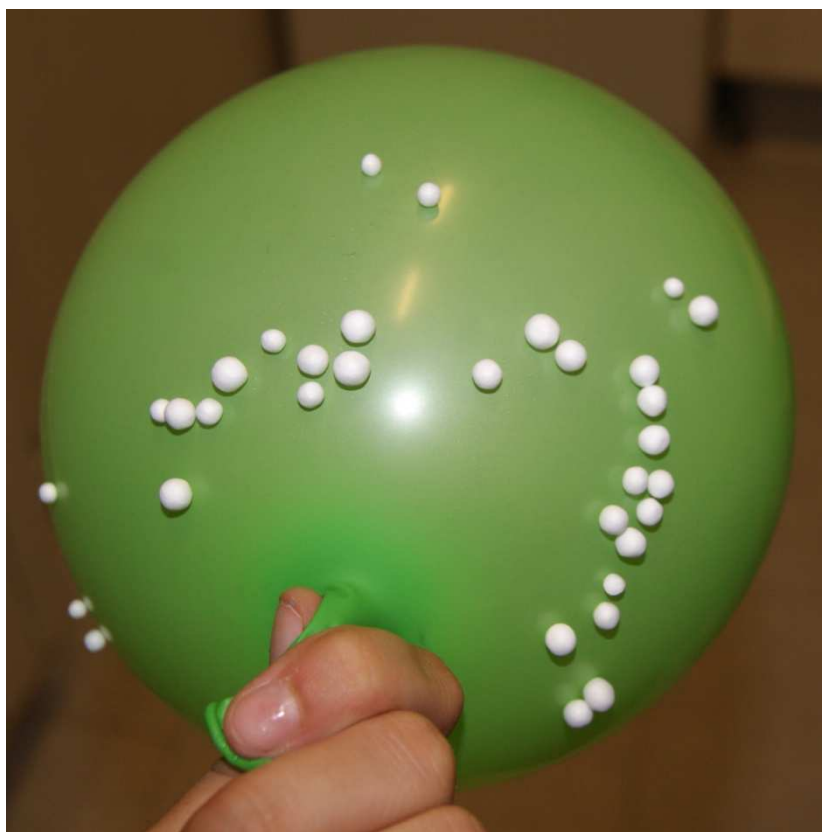
12.6 L'UNIVERS EN UN GLOBUS

En l'expansió de l'univers, és l'espai que hi ha entre les galàxies el que s'expandeix. Les pròpies galàxies no s'expandeixen i tot el que està unit fortament a la gravetat no augmenta la seva vida.

Per poder explicar això, hi ha un experiment molt fàcil de fer, en el qual només es necessita un globus i monedes o boles de "porexpan ". L'únic que hem de fer és inflar el globus una mica i adjuntar les monedes a la superfície. Seguidament, continuem inflant el globus fins al màxim possible i observarem com les monedes s'aniran separant les unes de les altres. Aquest és un model molt senzill de l'expansió de l'univers.



Il·lustració 83: Globus amb les boles de porexpàn, més desunflat.



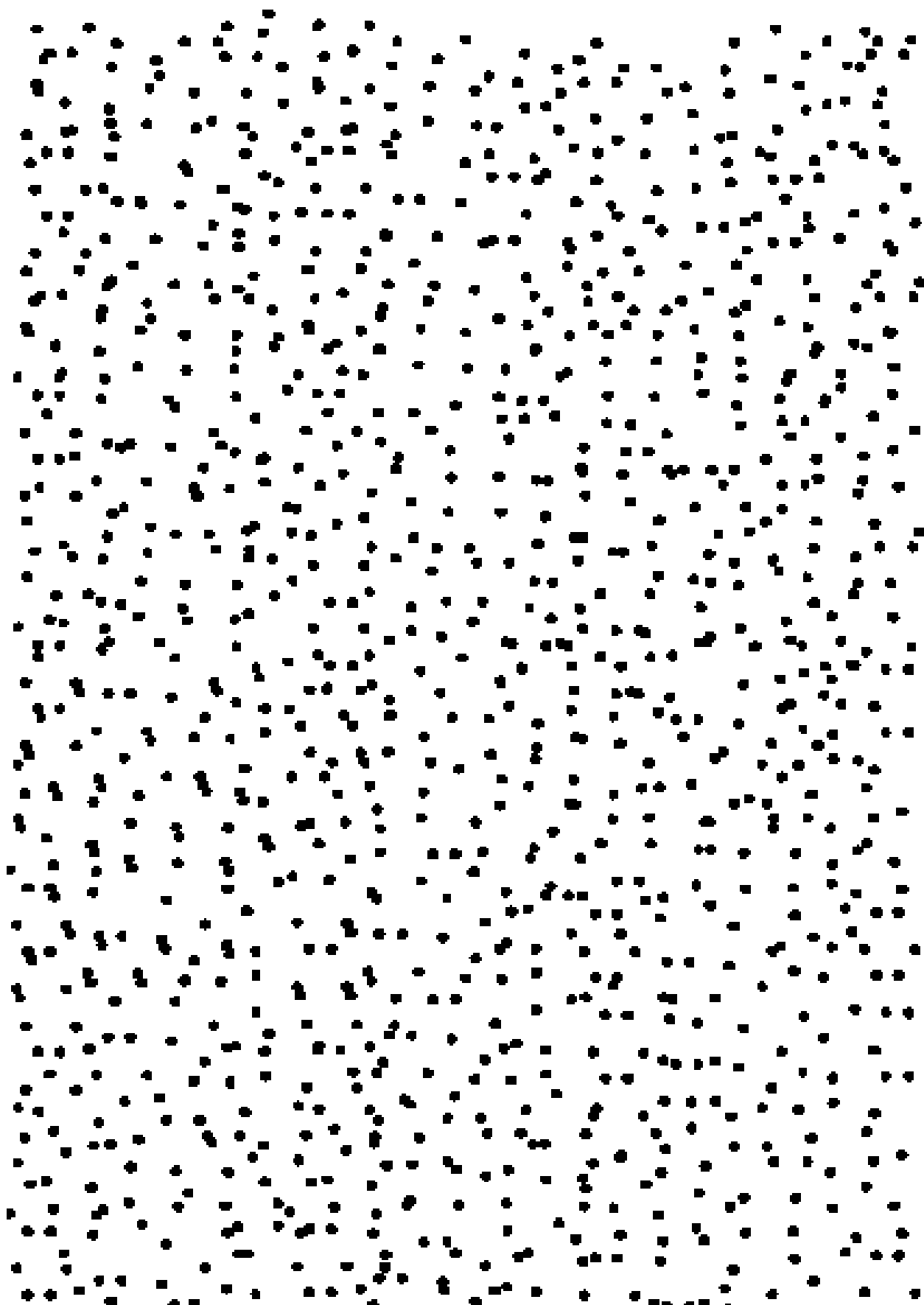
Il·lustració 84: Globus amb les boles de porexpàn, més unflat.

12.7 NO HI HA UN CENTRE EN EXPANSIÓ

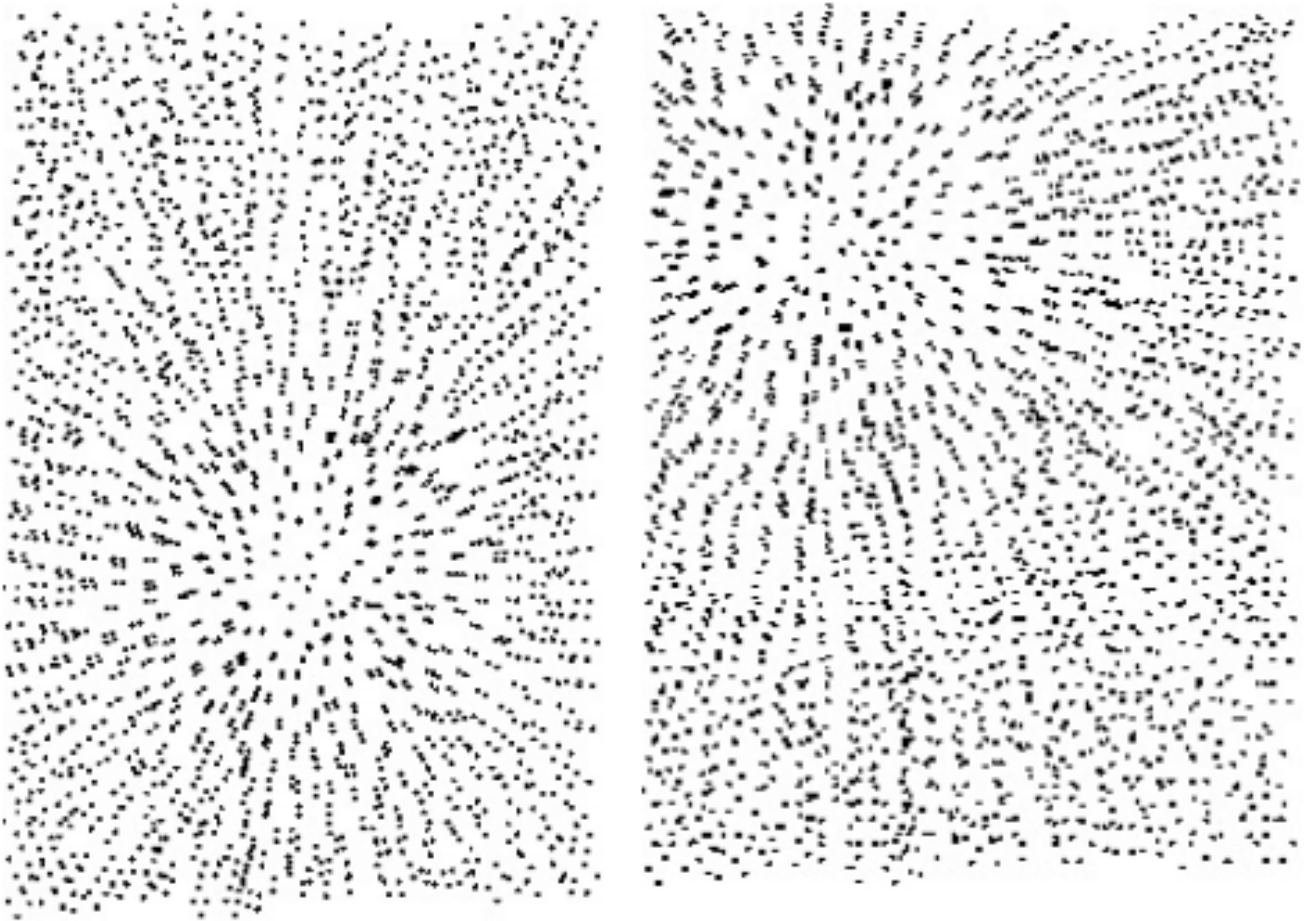
La il·lustració 85 és un dibuix amb molts punts que simula una galàxia en un moment determinat. Primer de tot, hem de realitzar una fotocòpia amb un paper transparent d'aquesta figura i després una altra fotocòpia dels punts amb un paper transparent i lleugerament ampliada (per exemple a 105 %).

Quan ho superposem, obtenim una imatge que representa l'espai expandint-se en el temps. Hi ha un punt en què les dues transparències coincideixen i s'observa el desplaçament radial dels altres punts. Semblarà com si els punts s'allunyessin més ràpid com més lluny estan del punt conscient.

Però si el punt conscient és un altre, passa el mateix. Així passa a l'espai: des de la nostra galàxia veiem que tots s'allunyen de nosaltres i molt més ràpid com més lluny està l'observador. Sembla que estiguem al centre de l'univers, però no és això, ja que qualsevol observador situat a una altra galàxia veuria el mateix i li semblaria estar el centre, però realment, no hi ha cap centre.



Il·lustració 85: Fotocopia aquesta pàgina amb un paper vegetal i després fes-ho augmentada un 105%(Podem trobar la plantilla a l'apartat 16.2.10 de l'annex 2)



Il·lustració 86: En la primera imatge podem observar la superposició de dos transparències amb una de elles ampliada un 115%(concretament) i en la segona imatge hem fet coincidir un altre punt en el qual també ens dona la sensació que tots els altres s'allunyen d'aquest.

12.8 PERQUÈ LA NIT ÉS FOSCA?



Il·lustració 87: Heinrich Olbers

Kepler al 1610 ja s'havia plantejat aquesta pregunta com a demostració que l'univers no és finit. Edmund Halley, un segle després va trobar algunes zones en el firmament especialment brillants i va proposar que el sol no brilla uniformement durant les nits perquè a pesar de que l'univers és infinit, les estrelles no es

distribueixen d'una manera uniforme.

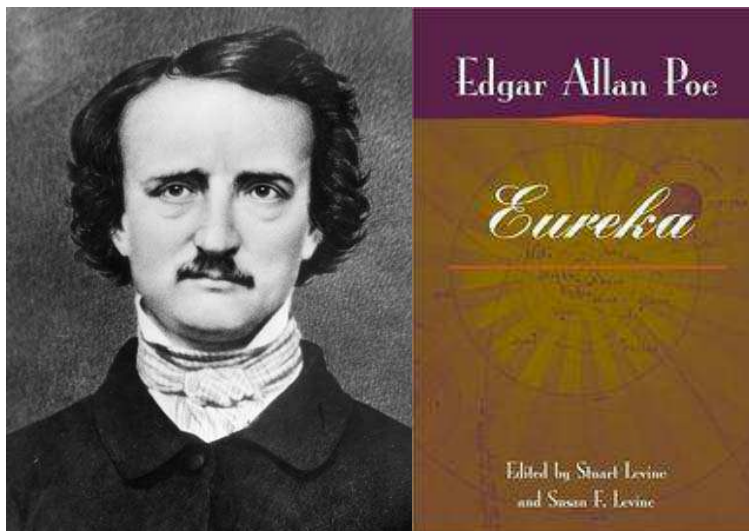
La nit es fosca perquè el Sol no hi és i la llum dels estels no és suficient per fer brillar el cel nocturn, però per què?

Aquesta situació rep el nom de la paradoxa d'Olbers ja que va ser Heinrich Olbers qui el 1823 la va fer popular. Aquesta paradoxa estableix que són incompatibles l'obscuritat del cel nocturn i l'existència d'un univers infinit i estàtic. En altres paraules, si l'univers fos infinit i no estigués ni en contracció ni en expansió, llavors el cel nocturn hauria d'estar completament il·luminat, sense regions obscures.

L'autor contemporani que millor ha escrit la història d'aquest enigma ha sigut Edward Harrison al seu llibre *Darkness at Night: A riddle of the Universe*. Harrison pensava que la llum dels estels era massa feble per a ser visible als nostres ulls com a conseqüència de les enormes distàncies que els separaven de la Terra.

Però al final, resulta curiós que el primer que va intuir la veritable raó de la foscor de la nit no fos un científic sinó un poeta. L'escriptor americà Edgar Allan Poe en el seu assaig *Eureka*.

“L'única manera de comprendre els espais buits d'estels que els nostres telescopis troben en innumerables direccions seria suposant que la distància al fons invisible fóra tan immensa que cap raig de llum, que provinguda d'allà, hagi estat encara capaç d'arribar a nosaltres.”



L'interval de temps transcorregut des que començaren a brillar fins ara no ha estat suficient per a què la seva radiació recorri la immensa distància que els separa de nosaltres.

Il·lustració 88: Edgar Allan Poe i del seu llibre *Eureka*.

13. CONCLUSIONS

Després d'haver realitzat aquest treball, puc arribar a les següents conclusions:

- ❖ Veure l'evolució de la concepció del sistema solar i del cosmos al llarg del temps.
 - ❖ Construir una sèrie d'aparells astronòmics de forma casolana.
 - ❖ Mostrar les pautes i la teoria necessària per a la construcció de cada aparell.
- He pogut presentar en el treball l'evolució històrica de la concepció del sistema solar, i construir els aparells astronòmics casolans que m'havia proposat.
- He constatat que els estudiants entre nou i divuit anys poden incrementar els seus coneixements de cosmologia gràcies a petits experiments pràctics i a simuladors astronòmics.
- He demostrat que no és necessari utilitzar grans aparells amb un cos econòmic molt elevat o llegir molts llibres sobre astronomia per poder comprendre una mica sobre l'univers que ens envolta. Únicament es necessita paciència, dedicació i sobretot curiositat.
- Una de les conclusions més importants seria que és convenient que l'alumnat tingui un mínim coneixement astronòmic des de l'etapa primària. La gent adulta, per la nit, segur que mirem més d'un cop el cel, però ja no tenim tanta curiositat com abans. Per aquest motiu, considero necessari el fet de donar petites explicacions o introduir un tema sobre astronomia en els primers cursos de la ESO, per fomentar les inquietuds i dedicacions dels infants.
- Per altra banda, dur a terme aquest treball m'ha desvetllat, des d'un punt de vista força proper, la importància de la física i les matemàtiques en el camp de l'astronomia i el valor que tenen les aplicacions pràctiques de qualsevol teoria o plantejament científic. Cada petit experiment dut a terme a l'antiguitat ha servit per aportar grans descobriments a l'actualitat.

A tall de conclusions i comentaris més personals, voldria destacar que un dels problemes més greus amb què m'he trobat a l'hora de realitzar aquest treball és la meva mala traça a l'hora de construir objectes. Més d'una vegada he hagut de repetir-los, canviar de plantilla, i comprar molts fulls i cartolines per a poder tronar a fer un determinat aparell o experiment.

Una anècdota a destacar, és que en l'activitat de l'expansió de l'univers, per explicar aquest fenomen amb el globus, el més adequat era fer-ho amb petites boletes de porexpàn. Actualment, aquest material, si no és en llocs molt especialitzats no es pot trobar fàcilment. Per poder fer l'experiment, vaig passar per totes les fontaneries i ferreteries del poble, però tothom em deia que era difícil de trobar, però que si amb algun paquet ho rebien, me'n guardarien. Durant setmanes vaig anar visitant totes les botigues de la Pobla per a veure si havia arribat alguna cosa. Fins i tot vaig anar a la drogueria a buscar anti-polilles de porexpan, però tenien unes dimensions més grans de les que necessitava. Finalment, al cap d'un més, la meva mare, cansada de les boles de porexpàn, va remenar per tota casa, fins i tot a dintre del puf. Allí va ser on vam descobrir que hi havia dintre del puf en el qual seia cada dia: petites boletes de porexpàn.

Alumnes passats em descrivien el treball de recerca com un sofriment de segon/primer de batxillerat, però en el meu cas ha sigut entretingut i sobretot satisfactori. He pogut treballar les manualitats amb la meva mare i així passar més temps amb ella. He pogut explicar als meus amics i amigues curiositats que desconeixien, i també compartir alguns coneixements. He pogut viure l'experiència de preparar-me i dur a terme una classe a nens i nenes de primer d'ESO i sobretot he obtingut coneixements i ha tornat la meva curiositat sobre el cel. Aquest treball m'ha ampliat les meves nocions i també capacitats. Per aquest motiu, estic molt orgullosa de la feina duta a terme i també del resultat.

14. AGRAÏMENTS

Aquest treball no hauria estat possible sense l'ajut de moltes persones que desinteressadament m'han ajudat al llarg de tot el procés de recerca.

Primerament, vull expressar el meu agraïment a la meva tutora, Carmen Schouten per haver-me orientat al llarg de tot el treball. Sense els seus suggeriments, comentaris i observacions, no hauria estat possible la recerca.

Faig arribar el meu agraïment també a Xavier Benlliure, el meu professor de física i química del curs 2012-2013, sense el qual no hagués dut a terme aquest treball. També donar-li les gràcies per tot el material que m'ha proporcionat i les hores de feina proporcionades desinteressadament fins i tot sense trobar-se actualment al centre.

Gràcies, també, a la meva mare que m'ha ajudat a buscar el material necessari per la construcció dels aparells i també per aportar la part econòmica del treball. Però sobretot, per suportar les meves grans frustracions en alguns casos, la seva paciència, l'encoratjament en tot moment i per acompanyar-me al llarg de la recerca.

També m'agradaria donar el meu agraïment a la Lorena Payà, per deixar-me dur a terme la classe pràctica a l'alumnat de primer d'ESO.

També a la Bàrbara Chalamanch per la seva ajuda en la portada i a la Laia Fontelles i a l'Ivana Emilova per les seves aportacions personals.

Finalment, vull donar la meva gratitud a totes aquelles persones que no he esmentat, però què, d'una manera o altra, m'han encoratjat ajudat generosament a dur bona part d'aquest treball.

Moltes gràcies a tothom.

15. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

15.1 LLIBRES I MONOGRAFIES

VICENT J. MARTÍNEZ. *Mariners que solquen el cel*. Edicions Bromera, gener de 2001

HARRY FORD. *Joves astrònoms*. Barcelona. Editorial Molino, 1998

ANDREAS SHULZ[et al.] *Estrellas*. Barcelona. Guías de campo Blume,2003

IAN RIDPATH I WIL TIRION.*Guía celeste mensual*.Barcelona. Ediciones Omega,1987

EUSEBI COROMINA. *El treball de recerca*. Barcelona, 2000

15.2 PÀGINES WEB

ASTROMÍA. *Historia de la astronomía* [En línea]

<<<http://www.astromia.com/fotohistoria/>>>[Consulta: 22 d'abril de 2013]

JM SOFT. *Eratóstenes mide el radi de la Tierra* [En línea]

<<<http://mimosa.pntic.mec.es/jgomez53/matema/practica/eratostenes.htm>>> [consulta: 27 d'abril de 2013]

ASTROMÍA. *Claudio Ptomeo* [en línea]

<<<http://www.astromia.com/biografias/tolomeo.htm>>>[Consulta:27 d'abril de 2013]

WIKIPEDIA. *Almagesto* [En línea] <<<http://es.wikipedia.org/wiki/Almagesto>>>[Consulta:27 d'abril de 2013]

VIQUIPÈDIA. *Rigel* [En línea] <<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Rigel>>>[Consulta: 27 d'abril de 2013]

VIQUIPÈDIA. *Telescopi refracto* [En línea]

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Telescopi_refractor>>]Consulta: 27 d'abril de 2013]

VIQUIPÈDIA. *Cúmulo Globular* [En línea]

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/C%C3%BAmul_globular>> [Consulta: 29 d'abril de 2013]

RIIE. *Universos islas* [En línea]<<<http://riie.com.mx/?a=35924>>> [Consulta:29 d'abril de 2013]

VIQUIPÈDIA. *Desplaçament cap al roig* [En línia]

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Despla%C3%A7ament_cap_al_roig>>[
Consulta:29 d'abril de 2013]

WIKIVERSITY. *La astronomía del siglo XXI* [En línia]

<<http://es.wikiversity.org/wiki/Astronom%C3%ADa/Historia_de_la_Astronom%C3%ADa/Unidad_IV#La_astronom.C3.ADa_en_el_siglo_XXI>>[Consulta: 29 d'abril de 2013]

DIGITS DEL NÚMERO BIT. *Matèria fosca*[En línia]

<<<http://www.digits.cat/colaboracions/materia-fosca> >>[Consulta:29 d'abril de 2013]

ASTTROMIA. *Saturn: el seus anells i el seu espectre*[En línia]

<<<http://www.astronomia2009.es/Documentos/AdeAstronomas/cuadernos/SATURN.pdf> >> [Consulta: 6 de març de 2013]

JOUSCOUT. *Saturn: El senyor dels anells* [En línia]

<http://www.jouscout.com/astro/ssolar/saturn.htm> [Consulta:6 d'abril de 2013]

PHOBOS. *Efecte doppler* [En línia] <http://phobos.xtec.cat/jautrand/doppler/>

[Consulta: 6 de març de 2013]

ENCICLOPÈDIA CATALANA. *Enciclopèdia*. [En línia]

<<http://www.enciclopedia.cat/cerca?s.q=zenit&mode=federated&search-go=Cerca#.UdP_zPmGFfE>> [Consulta: Diversos dies de consultes]

NETWORK FOR ASTRONOMI SCHOOL SECUNDARY. *Simulador solar*. [En línia]

<<<http://sac.csic.es/astrosecundaria/complementario/actividades/modelos/SIMULADOR%20SOLAR.pdf>>> [Consulta:13 de juliol de 2013]

ASTROSPACE. *Las estaciones*.[En línia]

<<http://www.astroaspe.es/las_estaciones.htm>> [Consulta: 18 de juliol de 2013]

DIGITS . *Espectre electromagnètic*. [En

línia]<<<http://www.digits.cat/colaboracions/espectre-electromagnetic>>>
[Consulta:24 de juliol de 2013]

UNIVERSO CUÁNTICO. *Efecto Doppler y corrimiento hacia el rojo*. [En línia]

<<<http://universocuantico.wordpress.com/2009/01/30/efectos-doppler-y-corrimientos-al-rojo-redshift/>>>[Consulta: 1 d'agost de 2013]

VIQUIPÈDIA. *La paradoxa D'Ibers* [En línia]

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Paradoxa_d'Olbers>> [Consulta: 12 d'Agost de 2013]

MULTAK, JASEM. *Color i temperatura de les estrelles*[En línia]
<<<http://docs.kde.org/stable/ca/kdeedu/kstars/ai-colorandtemp.html>
>>[Consulta:15 d'Agost de 2013]

ASTROMIA. *Evolución de las estrellas*[En línia]
<<<http://www.astromia.com/universo/evolestrellas.htm>>> [Consulta: 15 d'Agost de 2013]

FRANCISCO GARCÍA, ÀNGEL. *La Luna* [En línia]
<<<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/celeste/luna/luna.htm>>>[consulta: 3d'Octubre de 2013]

ASTROMIA. *Fases de la Luna*<<<http://www.astromia.com/tierraluna/fasesluna.htm>>>[Consulta: 3 d'Octubre de 2013]

OBSERVATORI ASTRONÒMIC. *Selenoscopi, relotge solar Icalendari solar.* [En línia]
<<http://observatori.uv.es/index.php?option=com_content&view=category&id=60&Itemid=98&layout=blog>>[Consulta: 3 d'Octubre de 2013]

ASTROMIA. *El Sol* [En línia]<<<http://www.astromia.com/solar/sol.htm>>> [Consulta: 3 d'Octubre de 2013]

ASTROCOSMOS. *Planisferi* [En línia] <<<http://astrocosmos.es/planisferio-astrocosmos/>>>[Consulta: 3 d'Octubre de 2013]

ASTROMIA. *Piere Simon Laplace*[En línia]
<<<http://www.astromia.com/biografias/laplace.htm>>> [Consulta: 3 d'Octubre de 2013 de 2013]

NATIONAL GEOGRAPHIC . *Cometas y asteroides*; [En línia]
<<<http://www.nationalgeographic.es/science/space/asteroides-cometas-y-meteoritos>>> [Consulta:9 d'Octubre de 2013]

ASTROMIA. *Diccionari d'astronomia* [En línia]
<<<http://www.astromia.com/glosario/halosolar.htm>>>[Consulta: 12 d'Octubre de 2013]

15.3 PORTAL TEMÀTIC

VA DE CIÈNCIA. *Anells d'Einstein* [blog]
<<<http://vdciencia.blogspot.com/2012/04/anells-deinstein.html>>>[Consulta:23 de juliol de 2013]

16. ANNEXES

16.1 ANNEXE 1. APLICACIÓ PRÀCTICA A LA CLASSE DE PRIMER D'ESO DE L'INSTITUT DE LA POBLA DE SEGUR

16.1.1 CONSTRUEIX EL TEU PROPI PLANISFERI

Data de la sessió: 31 d'Octubre de 2013

Curs: 1 d'ESO

Durada: 1 hora

16.1.1.2 Planificació de la sessió

Duració teoria i explicació muntatge: 20 minuts

Temps de muntatge del planisferi: entre 10 i 15 minuts

Activitats, qüestions i preguntes: 25 minuts

16.1.1.3 Conceptes teòrics

16.1.1.3.1 Constel·lacions

Les constel·lacions són agrupacions imaginàries d'estrelles. Des de l'antiguitat la humanitat ha observat el firmament donant nom de figures mitològiques, d'animals o d'objectes a les 88 constel·lacions que en l'actualitat s'admeten.

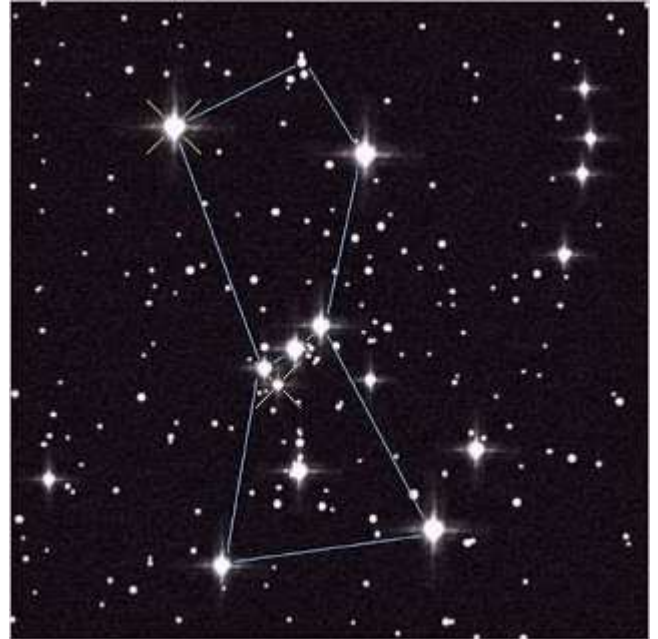
Aquestes constel·lacions han servit als mariners i viatgers per orientar a la nit i, també, per localitzar ràpidament la posició dels astres.

Les constel·lacions han servit als mariners i viatgers per orientar-se i per localitzar la posició dels astres.

16.1.1.3.2 Orió

La constel·lació d'Orió (el Caçador) és una de les que millor es veuen en el cel nocturn i, segurament, la més coneguda. Els seus estrelles són visibles des d'ambdós hemisferi, per això, aquesta constel·lació és reconeguda a tot el món.

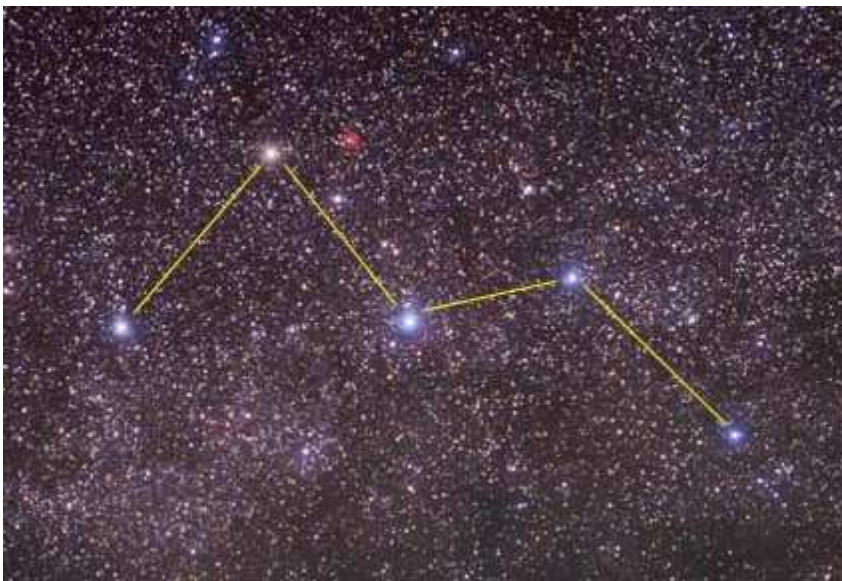
La constel·lació es pot veure al llarg de tota la nit durant l'hivern a l'hemisferi nord. També és possible veure-la abans de l'alba des de finals del mes d'agost fins a mitjans del de novembre.



Il·lustració 89: Constel·lació d'Orió.

16.1.1.3.3 Cassiopea

Cassiopea es distingeix fàcilment per la M que formen les seves estrelles més lluminoses. Està situada al costat oposat de Estrella Polar mirant des de la Ossa Major. Cassiopea es pot utilitzar per confirmar ràpidament la direcció en què es troba el Pol Nord, ja que té una orientació concreta en el cel.



Il·lustració90: Constel·lació de Cassiopea.

16.1.1.3.4. L'Ossa major

L'Ossa Major és una de les constel·lacions més grans i, segurament, una de les més conegudes de l'hemisferi nord. Està situada a la meitat nord de l'hemisferi celeste i propera al Pol Nord. Té set estrelles que li donen la característica



forma de "cassó". Aquesta constel·lació també es coneix popularment com "El Carro" i és extraordinàriament fàcil d'identificar i clarament visible des de latituds del nord.

Il·lustració 91: Constel·lació de l'óssa major.

16.1.1.3.5. L'Ossa menor



Il·lustració 92: Constel·lació de l'óssa menor.

Constel·lació famosa per contenir l'Estrella Polar. Pocs són els que l'aconsegueixen localitzar i reconèixer al cel ja que està composta per estrelles que no són molt visibles. La seva estrella més famosa, la Polar, no és, al contrari del que es pensa, una estrella molt brillant. La Polar ocupa un modest 47^o lloc en la llista de les estrelles

més brillants de tot el cel nocturn. Aquesta constel·lació la podem localitzar utilitzant com a referència les dues estrelles més brillants de l'Ossa Major: Dubhe i Merak (mira el punt de la quinzena titulat "Orientació de dia i de nit").

16.1.1.4 Planisferi celeste

Un planisferi celest és una espècie de mapa estel·lar en forma de 2 discs que giren sobre un eix comú. Pot ajustar per mostrar les estrelles visibles en un dia determinat. Es emprat per al reconeixement d'estrelles i constel·lacions

16.1.1.5 Activitats i qüestions

- ❖ Quina constel·lació podrem veure avui a la nit a les 10 hores? I a les 3 del matí?
- ❖ Quina constel·lació veurem el dia de Nadal?
- ❖ Quina constel·lació ens pot ajudar a orientar-nos? Perquè? Quan la podem veure?
- ❖ Quines són les constel·lacions que podem veure independentment de l'hora i de l'estació de l'any?
- ❖ El dia del vostre aniversari, quines constel·lacions podrem veure? Coincideix amb el teu signe del zodíac?
- ❖ Quina serà la primera constel·lació que veurem avui a la nit? I quina serà la última?

16.1.1.6 Observacions i conclusions de la classe impartida a primer d'ESO.

Després de dur a terme la sessió amb els alumnes de la Pobla de Segur de primer d'ESO, he pogut comprovar que la funció del professorat no és gens fàcil. Encara que els nens es van portar molt bé, pensava que tindriem més facilitat a l'hora de construir el planisferi.

Per motius de material, vam decidir escollir un planisferi en el qual no es necessitava fer servir folre ni tampoc enquadernador. Per altra banda, li faltaven el nom complet de les constel·lacions, únicament estaven les inicials, fet que va complicar una mica més les activitats.

Un altre fet destacable és que consideràvem que després de l'óssa major, la més coneguda seria Orió, però no va ser així. Únicament a un grup reduït

d'alumnes feien referència a aquelles constel·lacions. Per tant, va quedar demostrat que les més conegudes són l'óssa major i l'óssa menor.

També dir que el temps de teòrica únicament va durar 10 minuts, no 20 com els que jo havia contat de bon principi. Igual passa amb el temps de muntatge, pensàvem que seria de 15 minuts, però va ser el que va treure més temps a la sessió, va durar 25 minuts.

Finalment, dir que ha sigut una experiència molt profitosa pel treball i sobretot emocionat, ja que no era jo qui rebia la classe, sinó que jo era la professora.

16.2 ANNEXE 2

En aquest annex, es troben totes les plantilles dels diferents aparells i activitats del treball.

16.2.1 RELLOTGE SOLAR

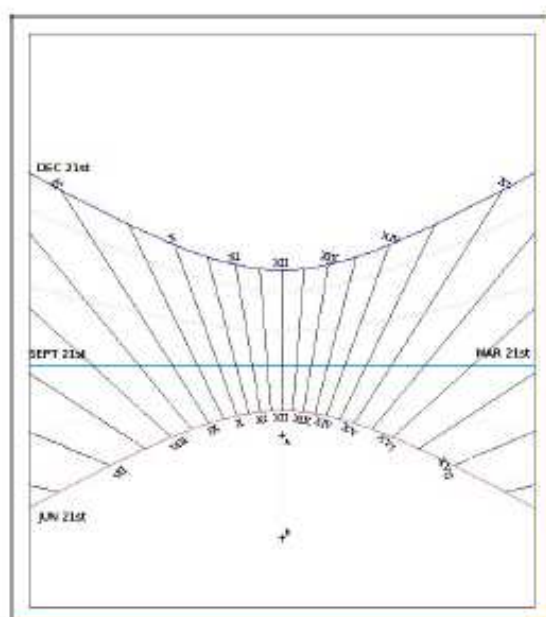
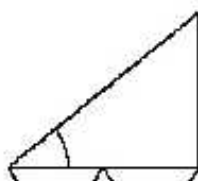
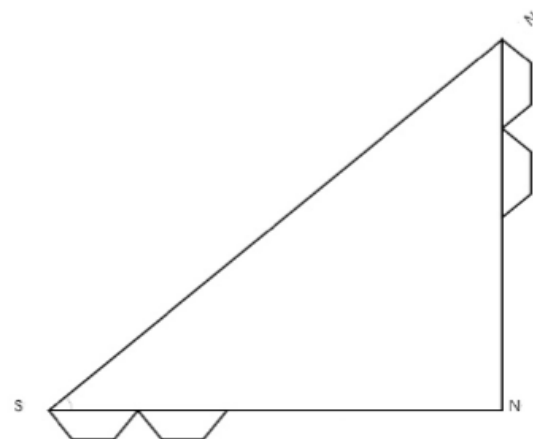
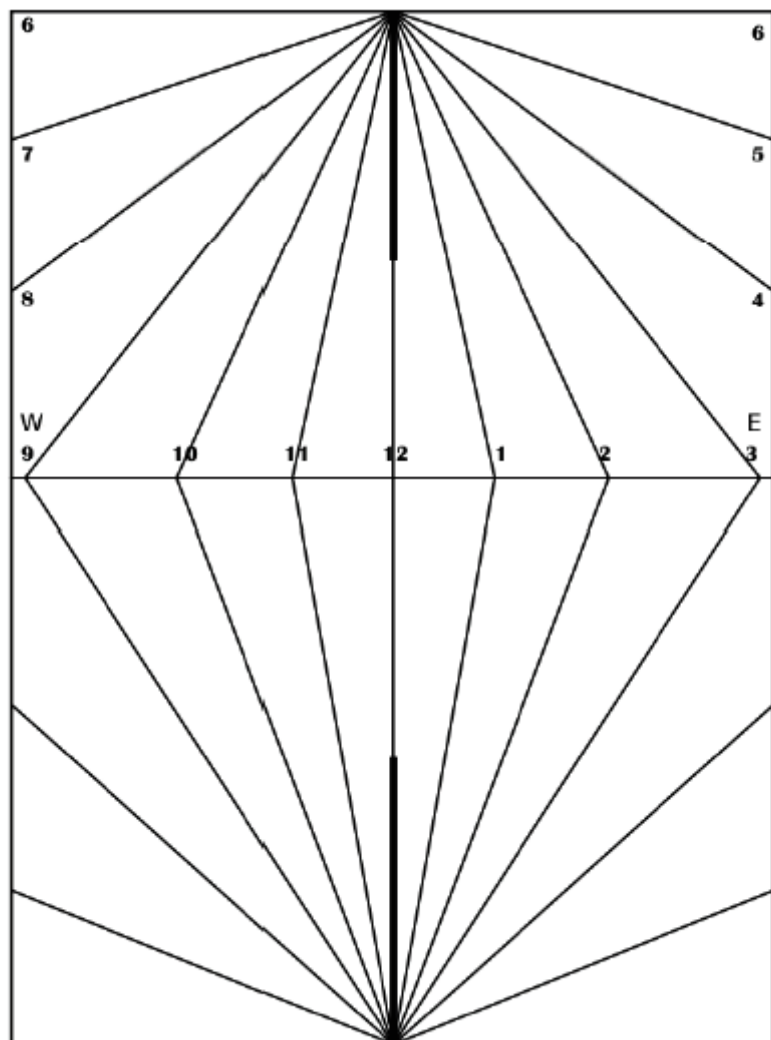


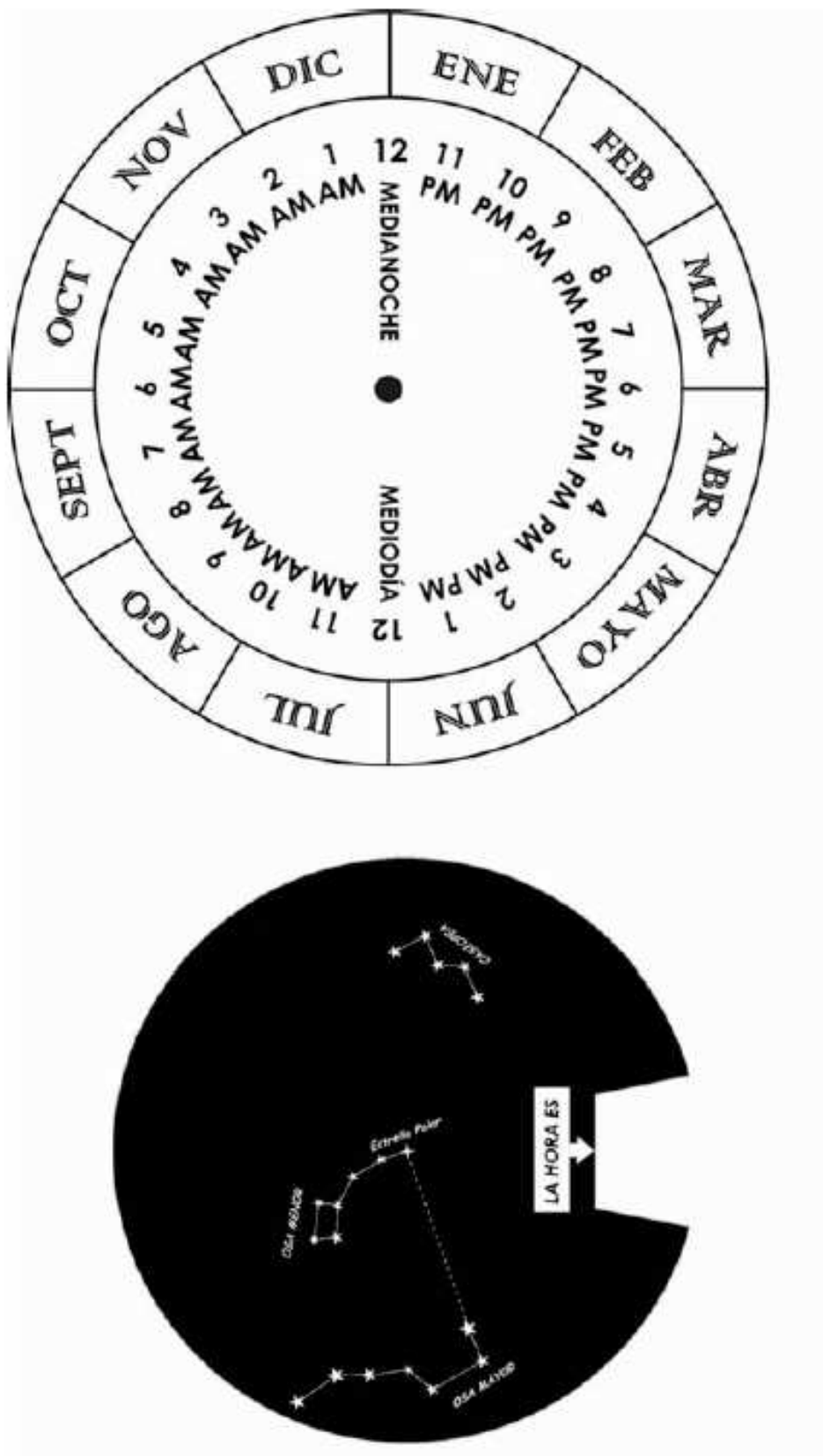
Fig. 1



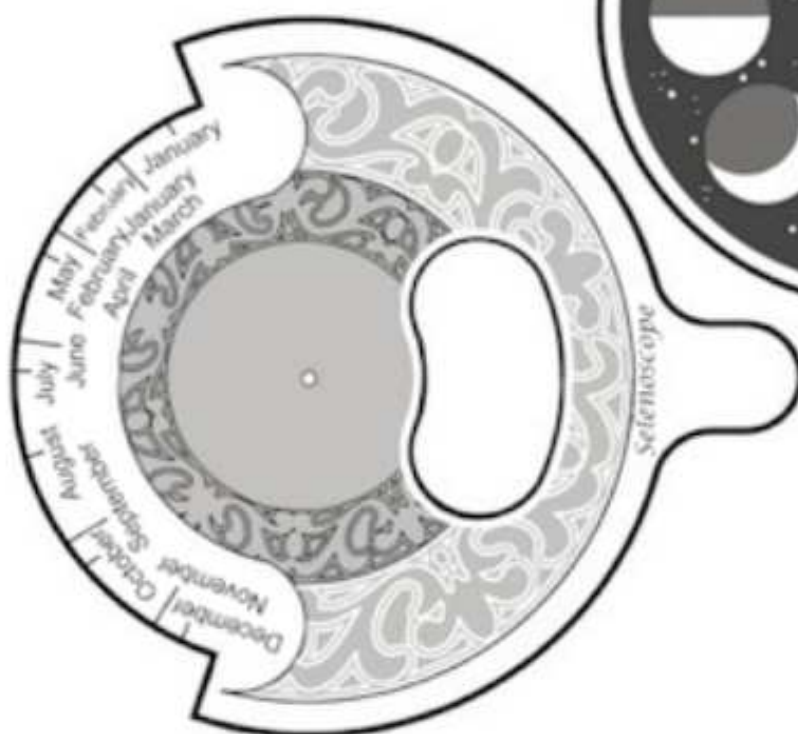
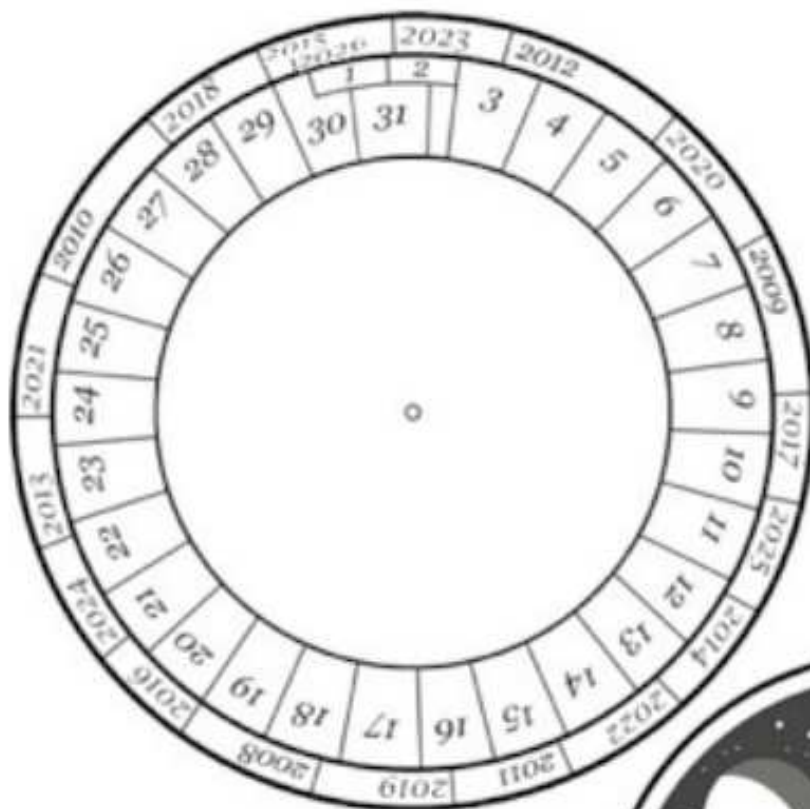
16.2.2 RELLOTGE SOLAR



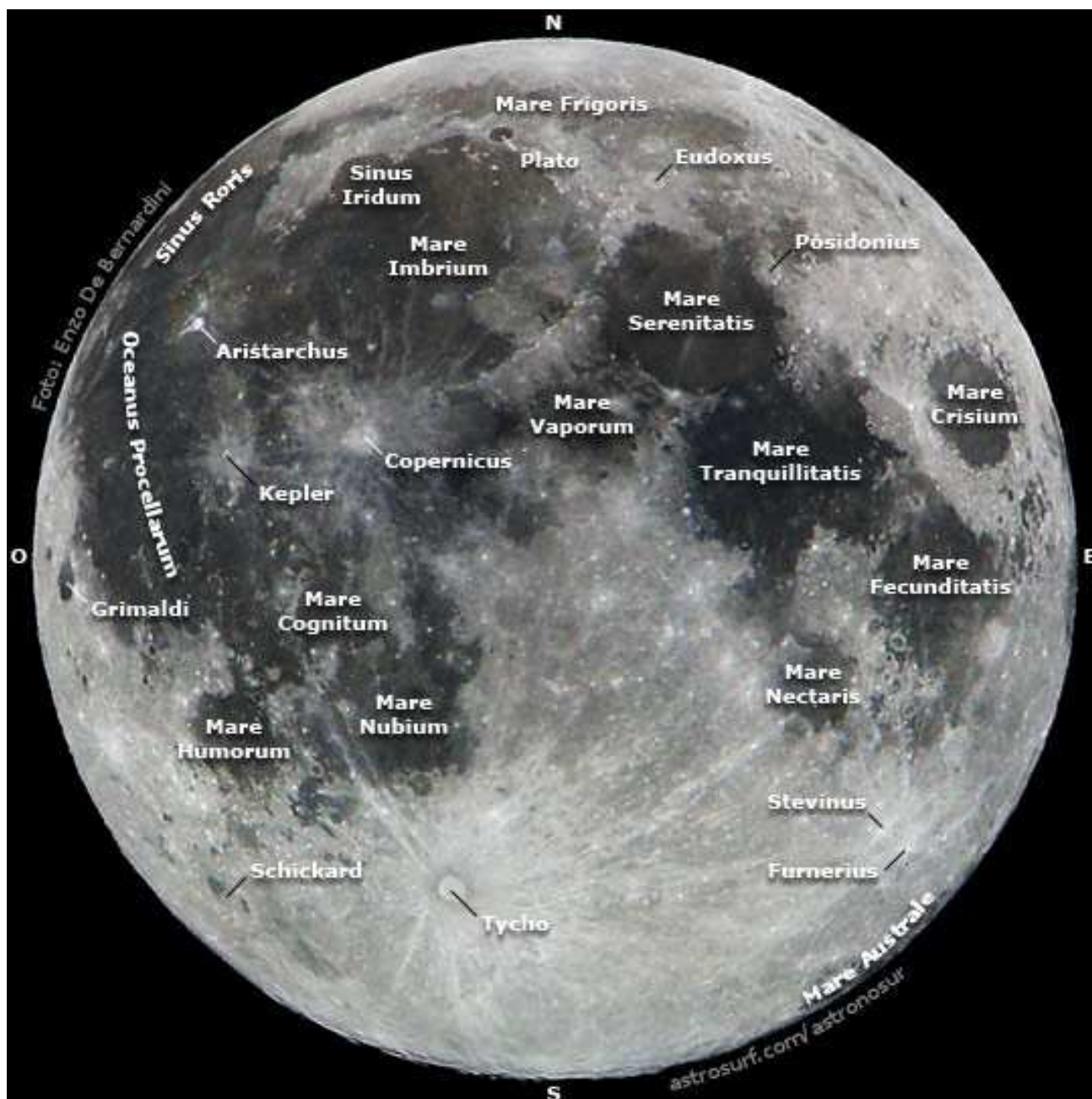
16.2.3 RELLOTGE NOCTURN



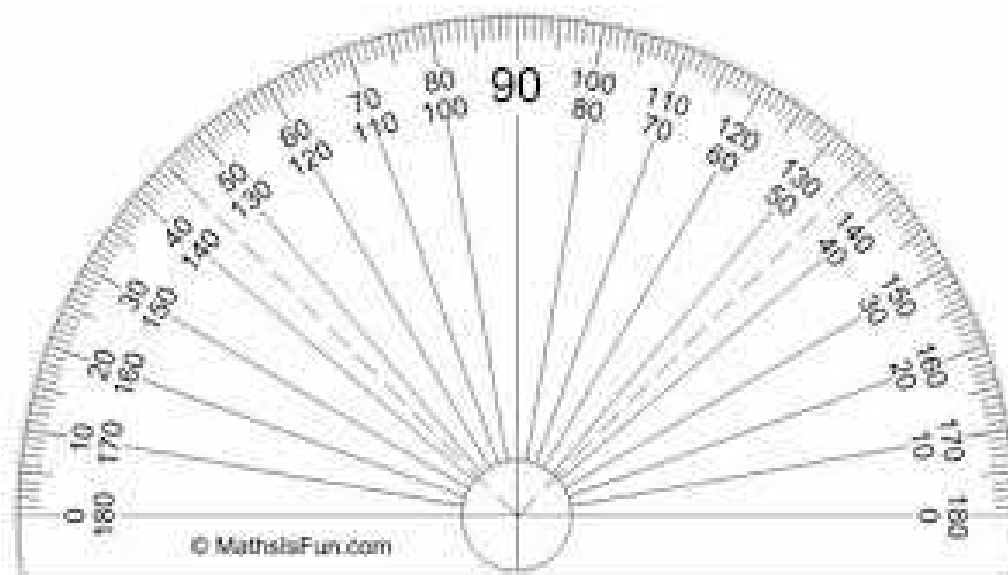
16.2.4 SELENOSCOPI



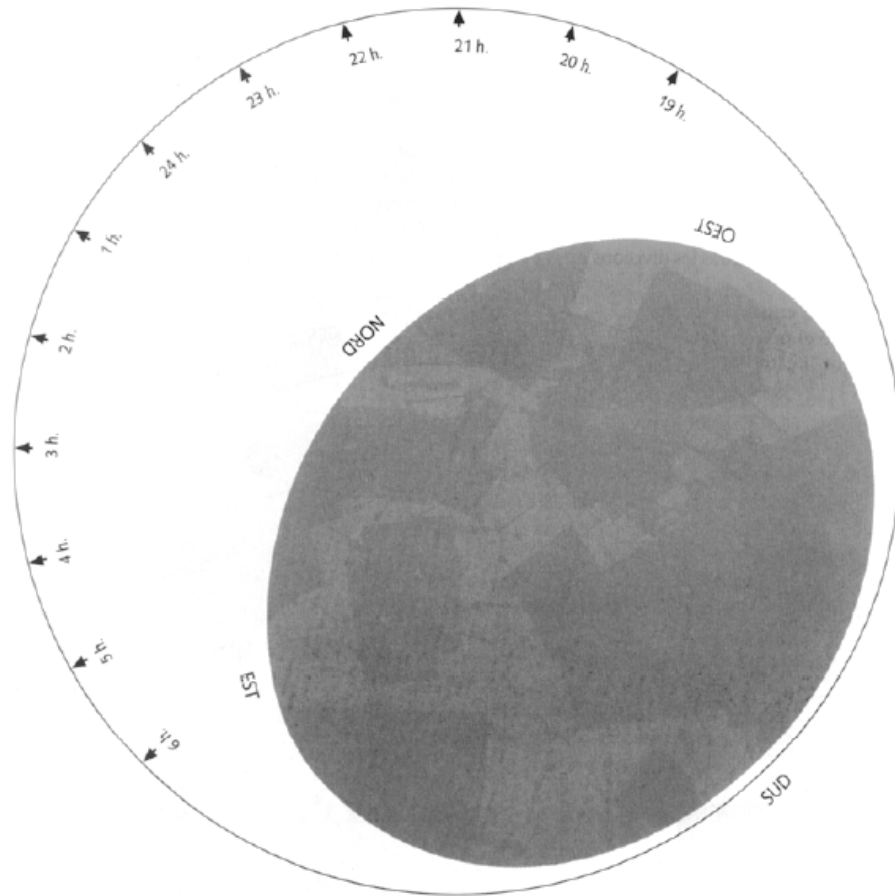
16.2.5 MAPA LUNAR

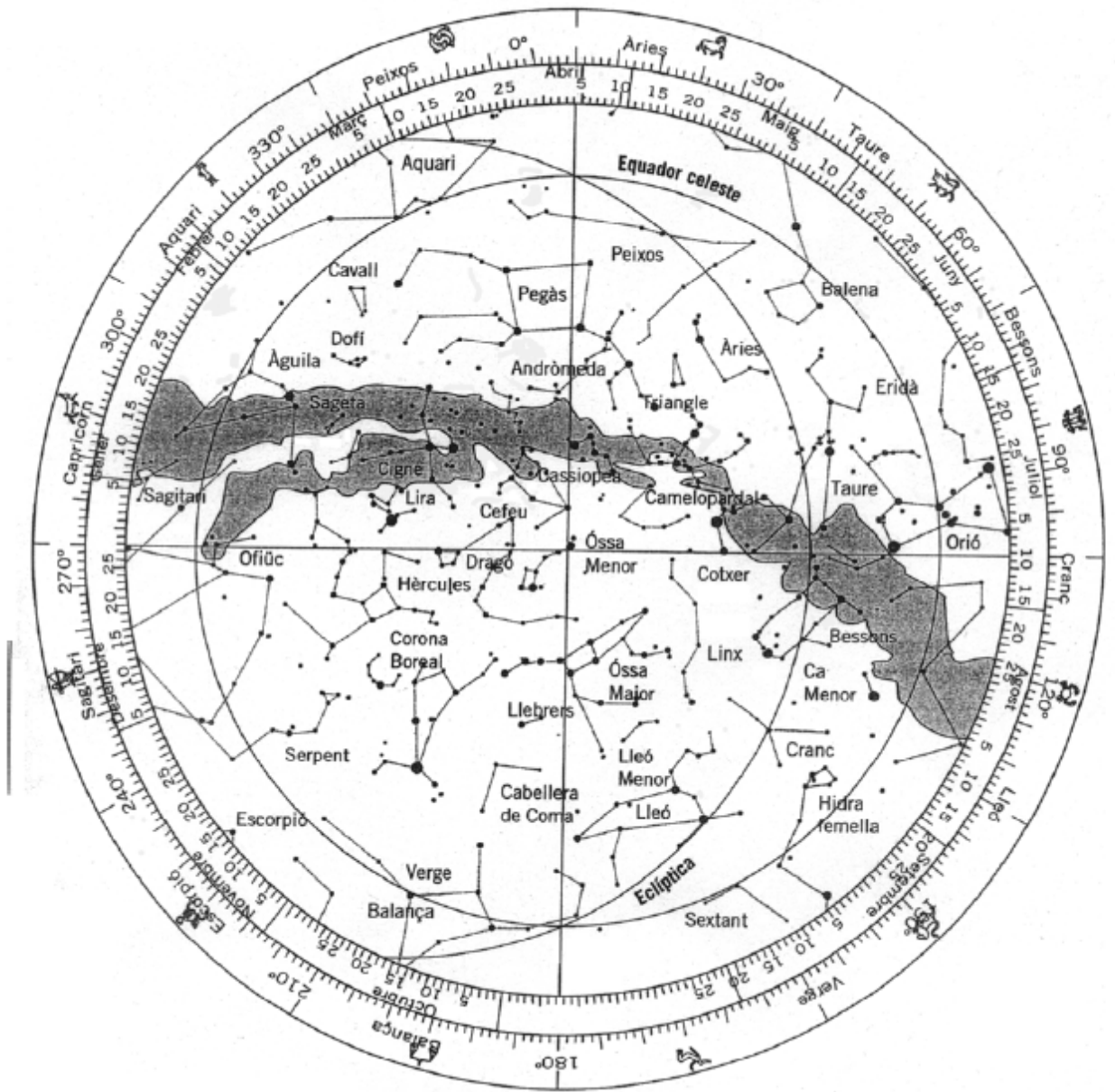


16.2.6 GENIÒMETRE HORIZONTAL

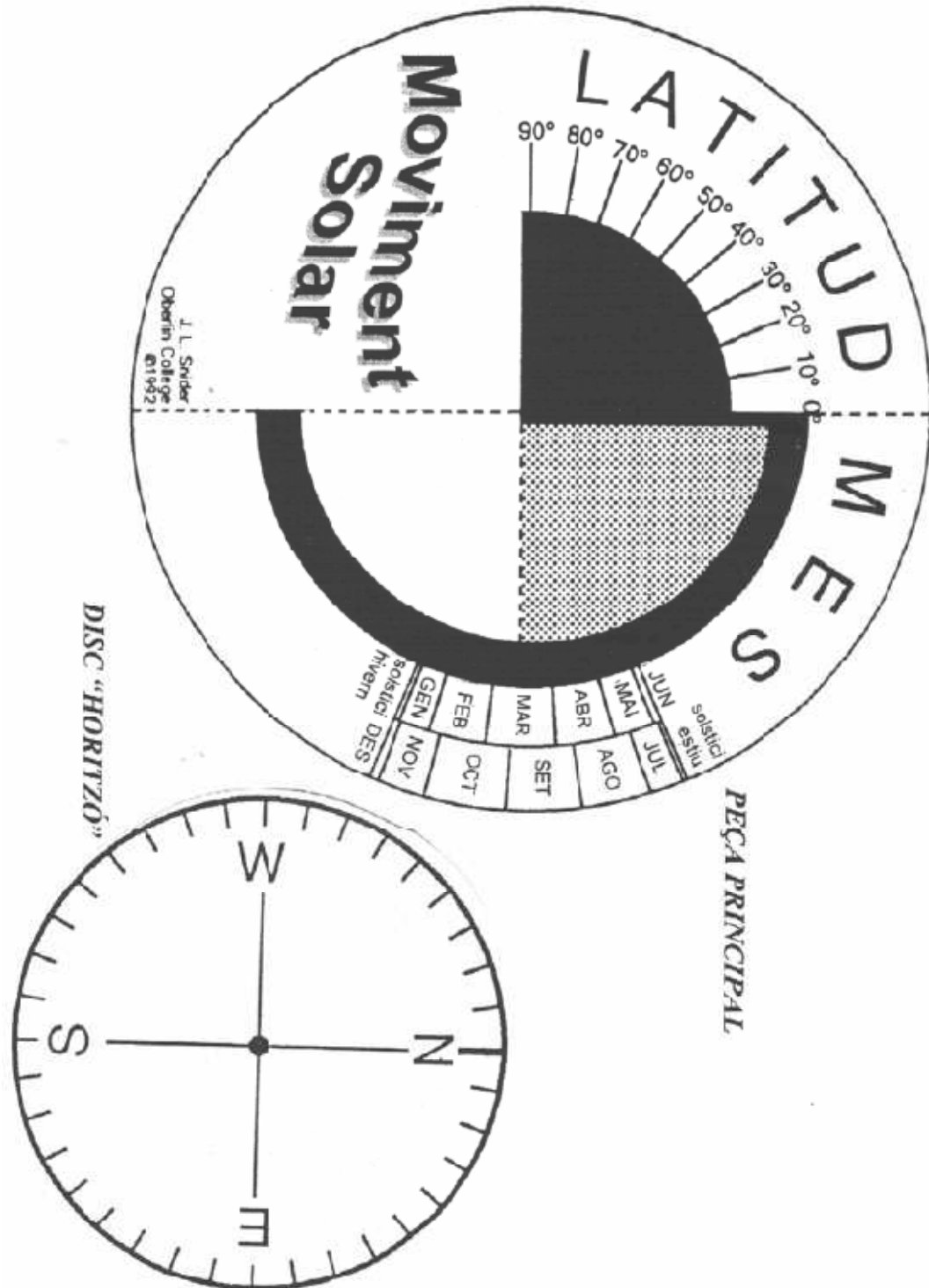


16.2.7 PLANISFERI

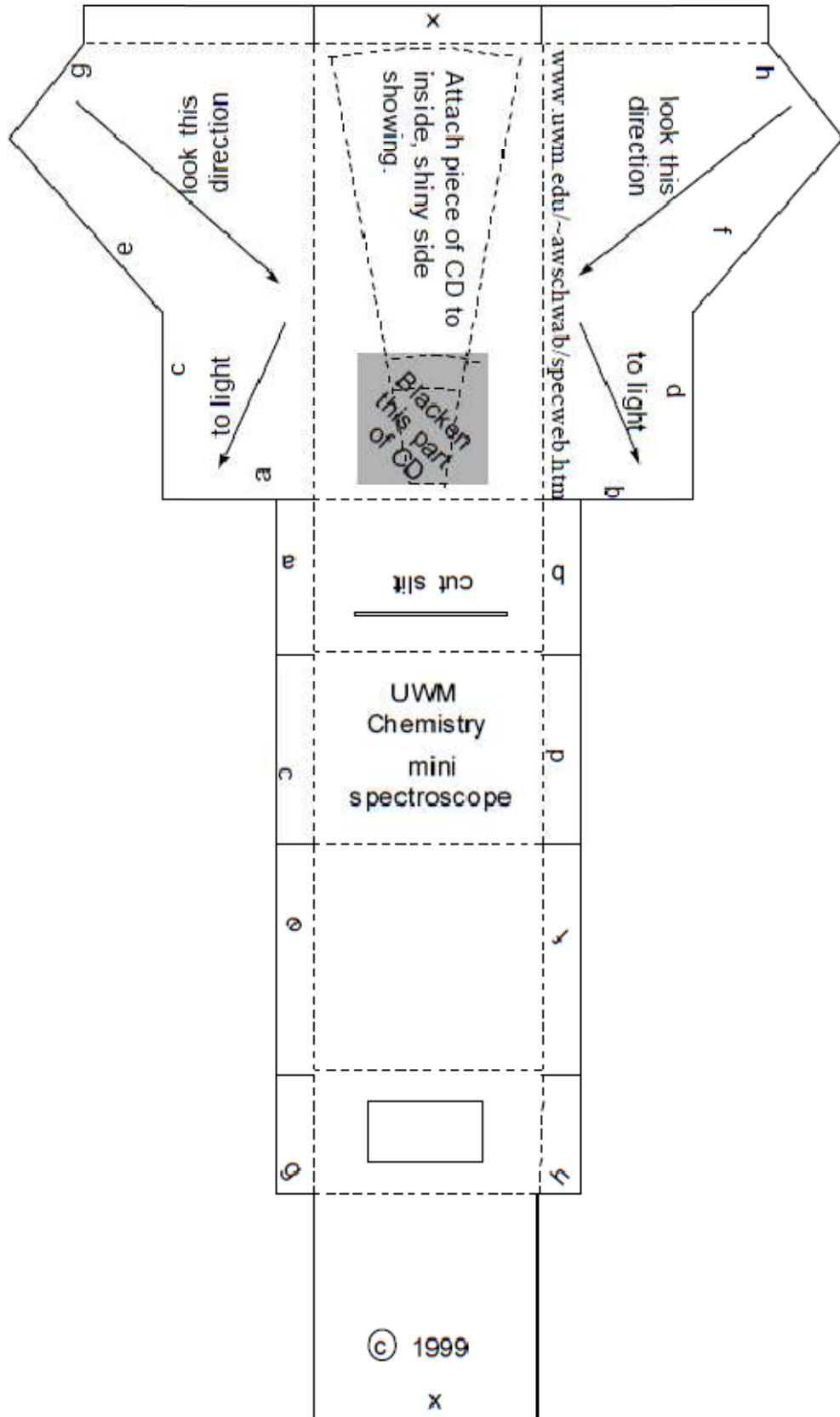




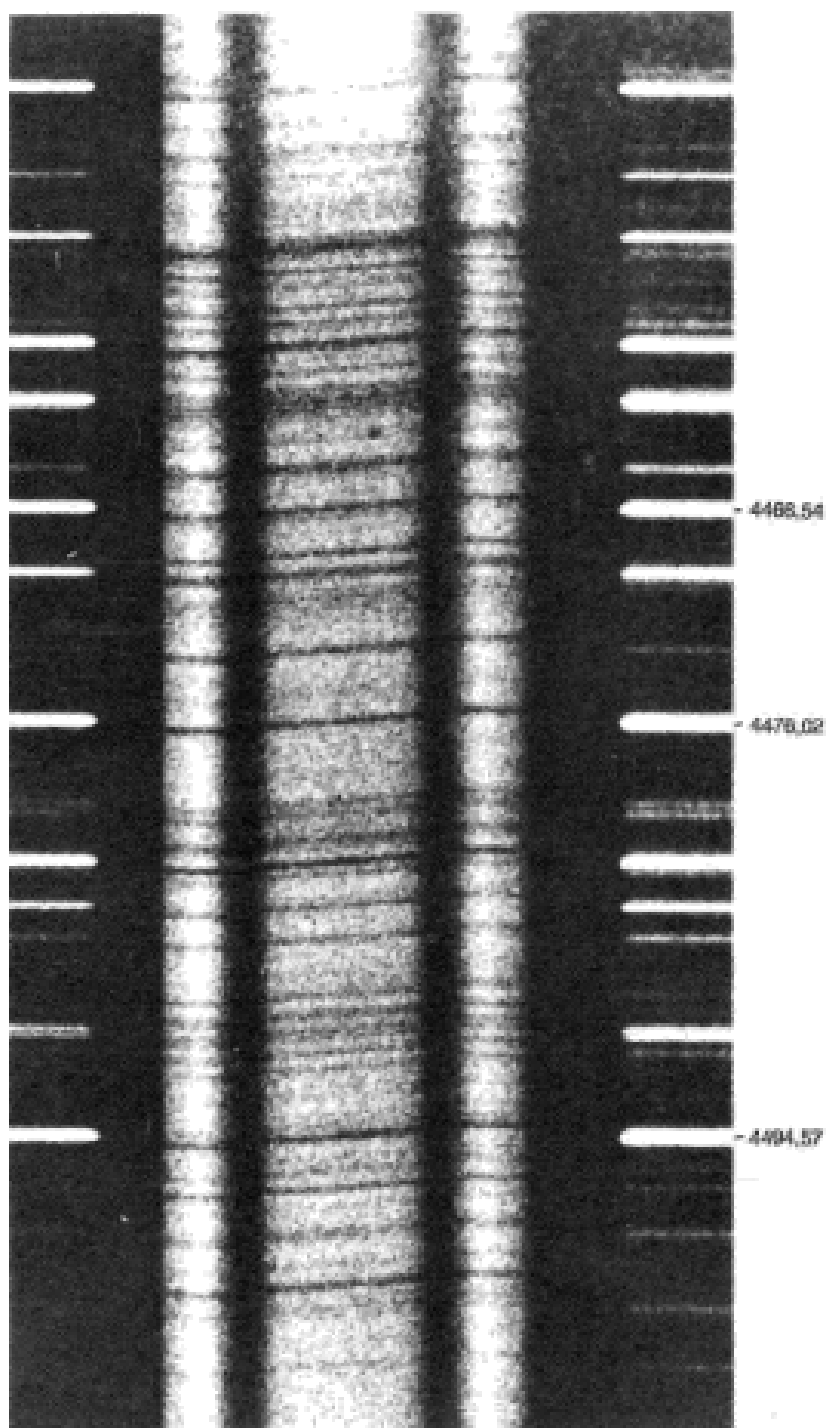
16.2.8 SIMULADOR SOLAR



16.2.9 ESPECTRÒMETRE



16.2.9.1 Espectre



16.2.10 UNIVERS EN EXPANSIÓ

