



# LLIÇONS I EXPERIÈNCIES PER A INICIAR-SE EN ASTRONOMIA

## 9. LES ESTRELLES

L'Univers és quelcom infinitament més gran que el nostre Sistema Solar i, en conseqüència, ofereix aspectes tant o més interessants que els astres veïns.

### Estructura universal

Podríem afirmar que l'Univers està estructurat com els països: L'infant sol viure en una casa o en un pis d'una ciutat o un poble. La casa o el pis és «el seu» Sistema Solar. Ell seria el Sol i al voltant seu té els familiars o les seves coses, que serien com els planetes o els satèl·lits. Més enllà hi ha altres cases o altres pisos, amb altres tantes famílies que configuren altres sistemes planetaris, també amb els seus sols i els seus planetes.

Però el gran conjunt de cases i blocs de pisos constitueix el poble o la ciutat. A l'Univers a estos conjunts els anomenem «**galàxies**» que, com en el símil, poden ser petites o grans. Després, un munt de ciutats i pobles que per a nosaltres constitueixen un país, a l'Univers són un «**cúmul**» o un «**supercúmul de galàxies**». I mentre tots els països constitueixen el món, tots els supercúmul de galàxies constitueixen l'**Univers**... conegut.

Les dimensions de tot això són enormes, impossibles de comprendre per al ser humà.

Al tractar del Sistema Solar hem dit que si el nostre Sol fos una boleta d'1 centímetre de diàmetre, l'estrella més pròxima estaria a Saragossa, a 300 quilòmetres de distància. Això seria en el cas de la més pròxima, la que «està aquí mateix». Hi ha estrelles molt més llunyanes que formen part de la nostra pròpia galàxia (o sigui, que estan dins de «la nostra ciutat»), però després les altres galàxies, al seu torn, estan molt lluny, com ho estan de nosaltres les altres ciutats del món.

### La velocitat de la llum

Quan es llença a la llunyania una pedra, tarda un cert temps a arribar al sòl o a xocar amb un obstacle, encara que aquest temps sigui molt breu. La pedra ha necessitat un temps per a fer el viatge des de la mà que la ha llançat fins al seu destí.

Les estrelles, com el Sol, emeten llum. Són les «làmpades» que il·luminen l'espai. La llum està feta de partícules, com «boletes», anomenades «**fotons**». Cada fotó és com la pedra que necessita un cert temps per a viatjar des de l'estrella que l'ha fabricat fins on vagi a parar. La velocitat a què viatgen els fotons és enorme; és la velocitat més alta coneguda: recorren 300.000 quilòmetres en un segon.

No hi ha res a l'Univers que pugui viatjar igual o més depressa que la llum.

### Experiència:

Ara uns mica de matemàtiques elementals, amb calculadora o sense:

1 - Mentre la pedra que hem llançat ha recorregut 10 metres en 1 segon, els fotons de llum recorren, en el mateix temps, 300.000 quilòmetres. Quantes vegades va més depressa la llum que la pedra?

2 - Des del Sol fins a la Terra hi ha 150.000.000 quilòmetres. Quants segons tarda la llum en recórrer-los? Quants minuts?

3 - Quants quilòmetres recorre la llum en un any?

4 - Quants quilòmetres hi ha des del Sol fins a l'estrella més pròxima, sabent que la llum tarda 4,3 anys en recórrer esta distància?

(Les respostes estan al final d'aquest apartat).

## Unitat de mesura

En la nostra vida quotidiana utilitzem el metre o el quilòmetre com a unitats de mesura de longituds, però en l'Univers ambdós unitats són massa petites, com s'ha pogut comprovar amb els exercicis sobre el Sistema Solar. Per això els astrònoms utilitzen l'«any llum» com a unitat bàsica de mesura per a les distàncies estel·lars. La grandària en quilòmetres de l'any llum ja l'heu calculat en l'exercici 3).

## Què són les estrelles?

Resposta: sols.

## Recordatori de conceptes bàsics:

Totes les estrelles són astres del mateix tipus que el nostre Sol o, la qual cosa és el mateix, el Sol és una estrella. La seva proximitat a nosaltres fa que la vegem gran i que ens transmeti calor.

Totes les estrelles van seguir un procés de formació com el del Sol: van nèixer de nebuloses compostes per gas i pols, formant primer una condensació, dita «**protoestrella**», que a l'augmentar de densitat va començar a escalfar-se i a emetre energia (llum i calor).

Però no totes les estrelles són de la mateixa grandària que el Sol.

## Tenen puntes les estrelles?

A força de dibuixar les estrelles amb cinc o sis puntes, els petits acaben desconcertats quan se'ls explica que són com el Sol i que tenen forma de globus. Però és que, a més, veuen les estrelles amb puntes en moltes fotografies (fig. 31).

Les puntes de les estrelles que apareixen a les fotografies són degudes a la difracció de la llum produïda per l'aranya (suport del mirall secundari) en els telescopis reflectors. Les aranyes de quatre braços donen lloc a quatre puntes, però les de tres braços donen lloc a sis puntes. Quan un plora i mira una llum, també la veu amb puntes perquè les llàgrimes en els ulls produeixen un efecte semblant.

## I el centelleig?

La llum que emeten les estrelles és constant. Les possibles oscil·lacions intrínseques (cas de les estrelles variables) no poden advertir-se més que amb observacions metòdiques i continuades durant llarg temps. Per tant, el centelleig (o tremolor) que veiem moltes nits no és un fenomen propi de les estrelles sinó un fenomen òptic produït per la nostra atmosfera. Els astronautes, estant a la Lluna, mai veuen centellejar les estrelles.

El centelleig, a més de produir la sensació que la llum de les estrelles vibra, també dona l'aparença que les estrelles tinguin puntes, especialment les més brillants, tant si es miren a simple vista com amb telescopi.

Sol dir-se que les estrelles centellegen i els planetes no. El fenomen, en realitat, afecta per igual a unes i altres; el que passa és que les estrelles, per estar tan lluny, sempre són punts molt petits (independentment de la seva lluminositat), mentre que els planetes, per estar a prop, es veuen més grans. Al tenir imatges més grans, l'efecte atmosfèric es fa menys evident a simple vista; no obstant això, amb el telescopi es veuen amb una contínua agitació i borrositat (turbulència).

## Grandària de les estrelles

El Sol és una estrella de grandària mitjana, tirant a petita. N'hi ha molt més grans i també molt més petites. N'hi ha més calentes i n'hi ha més fredes (en realitat caldria dir «menys calents»).

Hi ha estrelles que «viuen» durant poc de temps i n'hi ha que són molt llongeves (el Sol és d'aquestes últimes) perquè transcorren milers de milions d'anys abans no se'ls acaba el seu combustible (l'hidrogen, principalment). La duració de la vida d'una estrella depèn de la seva massa, és a dir, de la seva grandària: Paradoxalment, les de gran massa tenen una vida molt curta; les mitjanes, com el Sol, tenen la vida llarga. El Sol fa cinc mil milions d'anys que es va formar i encara li queden altres cinc mil milions d'anys de vida.



Fig. 31.- Les estrelles més lluminoses apareixen en les fotografies amb puntes o sense elles depenent del tipus de telescopi utilitzat.

## El color de les estrelles

Les estrelles són de colors, encara que quasi ningú no se n'adona si abans no se l'ha dit. De totes maneres, una estrella qualificada de «roja» es veu en el cel d'un color ataronjat suau, mentre que una estrella «blau» es veu blanc-blavosa. La causa és que als nostres ulls els resulta difícil distingir els lleus contrastos cromàtics quan hi ha baixos nivells de lluminositat. No així a la fotografia: les fotografies del cel solen mostrar a les estrelles amb els colors perfectament contrastats (fig. 32).

El color de les estrelles depèn de la temperatura que aquestes tinguin a la seva superfície. Les estrelles més calentes emeten llum de color blanc o blau; les més fredes, de color roig. Les intermèdies, com el Sol, de color groc.

Sorpren saber que el Sol és una estrella groga? Diguem que és d'un groc suau.

### Experiència:

Suposarem que al sostre o a la paret de la cuina (o d'una altra sala) hi ha un fluorescent blanc (ha de ser blanc-blanc, no com els tubs fluorescents qualificats «de llum natural»), i que el sostre està, al seu torn, pintat de blanc. Suposem, també, que hi ha una finestra o una sortida exterior a la que dona la llum del Sol.

S'encén el fluorescent. Després s'agafa un mirall de mà i es juga «a la rateta», de manera que s'envii «la rateta» de llum solar al sostre, al costat del fluorescent. Es veurà que, entre ambdós, hi ha una considerable diferència de color; tant és així que el fluorescent (que és blanc) ara, per un efecte òptic, fa la impressió de ser blavós. El que succeeix és que la llum «de la rateta» (o sigui, la llum solar) no és blanca, sinó suaument groguenca.

Si l'experiment falla és que, sense saber-ho, es té un fluorescent «de llum natural». (Fig. 33).

### Explicació amb exemple:

A l'augmentar molt la temperatura de qualsevol element, aquest es posa incandescent i emet llum i calor. Al principi emet una lleugera llum marró, que és la que requereix una temperatura més baixa. Després, a mesura que la temperatura augmenta, passa a emetre llum roja, ataronjada, groga i, finalment, amb una temperatura altíssima, llum blanca.

Els forjadors ho saben molt bé: quan en la farga posen candent un ferro, primer es torna marró, després roig i després taronja o groc, que és quan ho treballen en l'enclusa. Quan s'excedeixen de temperatura, el ferro es posa «al roig blanc» (una expressió incorrecta, però popular). Així mateix, els que treballen amb soldadura elèctrica produeixen en el metall una temperatura tan elevada que la seva incandescència és de color blanc blavós, amb una intensitat tal que els obliga a protegir la seva visió amb filtres foscos com els que s'utilitzen per a mirar el Sol.

Les estrelles roges tenen una temperatura superficial d'uns 3.000°, les grogues, com el Sol, uns 6.000°, les blanques uns 10.000° i les blaves, temperatures molt superiors.

### Experiència:

Observar a la nit a simple vista el color de les estrelles. Ha de ser una nit relativament transpa-



Fig. 32.- Fotografia d'un grup d'estrelles (cúmulo M 67) en la que s'adverteixen els diferents colors.



Fig. 33.- Jugant a fer la «rateta»: Projectant amb un mirall de mà la llum del Sol sobre una paret blanca i al costat d'un tub fluorescent blanc, s'adverteix que la llum solar no és blanca, sinó lleugerament groguenca.

rent i neta, sense núvols ni boirines.

La millor manera per a advertir el color de les estrelles és comparar entre si a dues d'elles que siguin brillants i que tinguin colors oposats (per exemple: roig i blau). Si no es coneixen, es poden localitzar fàcilment amb l'ajuda d'un planisferi celeste (més endavant tractarem sobre això). Proposem una sèrie d'estrelles per a ser observades en les primeres hores de la nit:

#### Hivern o primavera:

- Alfa Orionis, Betelgeuse (roja), amb Beta Orionis, Rigel (blanca).
- Alfa Orionis, Betelgeuse (roja), amb Alfa Canis Majoris, Sirius (blanc-blavosa).
- Alfa Tauri, Aldebaran (ataronjada), amb Beta Orionis, Rigel (blanca).
- Alfa Orionis, Betelgeuse (roja), amb Alfa Aurigae, Capella (groguenca).

#### Estiu o tardor:

- Alfa Lyrae, Vega (blanc-blavosa), amb Alfa Scorpii, Antares (roja).
- Alfa Bootes, Arcturus (ataronjada), amb Alfa Cygni, Deneb (blavosa).
- Alfa Aquilae, Altair (blavosa), amb Alfa Scorpii, Antares (roja).

A través del telescopi, les millors comparacions de color es realitzen amb estrelles dobles, les components de les quals siguin relativament brillants. Les més típiques són:

**Primavera:** Èpsilon Bootes (groga i blau).

**Estiu:** Beta Cygni, Albireo (taronja i blau). Gamma Delphini (groga i verd).

**Tardor:** Gamma Andromedae (groga i blau).

## Evolució de les estrelles

El que unes estrelles siguin grans i altres petites, el que unes tinguin temperatures elevades i altres més baixes, depèn de la massa inicial, la qual cosa al seu torn determina el procés d'evolució.

Ja sabem que totes les estrelles neixen en el si d'una nebulosa composta per gas (hidrogen i heli, principalment) i pols. Quan dins de la nebulosa s'inicia una condensació, lògicament aquesta té una incipient força de gravetat que ja és capaç d'atraure altres partícules veïnes. D'aquesta manera la condensació (**protoestrella**) va creixent i va formant un nucli que augmenta de temperatura a mesura que s'incrementa la seva pressió (ja ho hem dit al tractar del Sol: quan se comprimeix un gas, aquest s'escalfa).

Quan la temperatura del nucli arriba a uns 10 milions de graus s'inicia el procés de «fabricació» d'energia que ja hem comentat al tractar sobre el Sol, un procés «**termonuclear**» que és relativament semblant al que empen les centrals nuclears per a la fabricació d'energia elèctrica. En les estrelles s'«enganxen» boletes (fusió nuclear), mentre que en les centrals se «trenquen» boletes (fissió nuclear).

**Per al tutor que vulgui ampliar el tema:** Les estrelles generen energia per fusió (cadena «protó-protó»), unint-se quatre àtoms d'hidrogen per a formar un d'heli, la qual cosa dona lloc a l'emissió de radiació gamma.

Aquí serà bo recopilar i recordar el que ja s'ha dit sobre la generació d'energia en el nucli d'una estrella: A l'infant que encara no sap què són els àtoms, se li pot recordar que tot gas està format per unes molt petites «boletes» (invisibles per ser tan petites) que no paren de moure's. Quan el gas es concentra, com és el cas del nucli d'una estrella, les «boletes» d'hidrogen s'acosten tant entre si que moltes d'elles s'uneixen de quatre en quatre per a formar altres més grans (heli). Al unir-se desprenen llum i calor que viatja per l'espai en forma de «fotons» (que són altres «boletes», encara més petites, a les que abans ja ens hem referit al tractar sobre la velocitat de la llum).

### Equilibri hidrostàtic

Ara es produeix el que podria semblar una altra paradoxa: quan un gas s'escalfa, tendeix a augmentar la pressió i a expandir-se. Segons això, al començar a tenir el nucli calent l'estrella que s'està formant hauria de disgregar-se i, per tant, no podria existir.

No obstant això, al mateix temps té lloc un fenomen invers: a l'anar augmentant la massa central (perquè capta més partícules de la nebulosa i perquè aquestes es comprimeixen), incrementa la

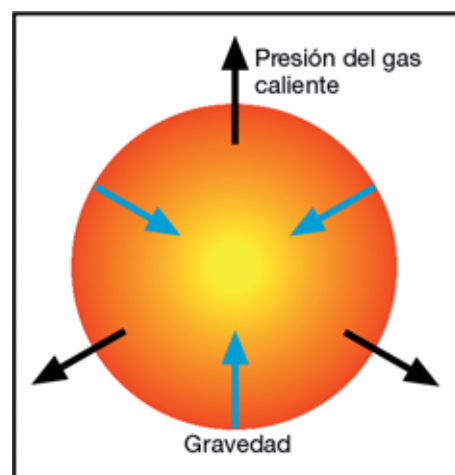


Fig. 34.- Raó de l'equilibri hidrostàtic en una estrella. La gravetat pressiona cap a l'interior i la pressió del gas calent cap a l'exterior.

força de gravetat i, en conseqüència, totes les partícules del gas tendeixen a caure cap al centre (el que es denomina «**col·lapse**»).

Tenim, en conseqüència, dos forces oposades que actuen al mateix temps: una que llença el gas cap a fora i una altra que ho fa cap a dins (fig. 34).

Què passa quan dos equips de infants estiren des dels extrems d'una corda per a competir a veure qui és capaç d'arrossegat cap a si a l'equip contrari? Si ambdós equips estan formats per un mateix nombre de infants i tots ells tenen la mateixa força, per molt que tirin la corda no es mourà de lloc.

Si una estrella té poca massa (és petita), la seva gravetat és menor que la d'una estrella de gran massa; recordem que la gravetat depèn de la massa. En el primer cas no cal «fabricar» tanta energia per a contrarestar la gravetat de la petita estrella, la qual cosa implica que la seva temperatura no és molt alta (a menor energia, menor temperatura) i, en conseqüència, el seu color serà rogenc.

Les estrelles més massives necessiten major producció d'energia per a equilibrar la gravetat i, per tant, la temperatura és molt alta. El seu color és blavós.

## La vida d'una estrella

No totes les estrelles «viuen» el mateix nombre d'anys. És molt fàcil d'entendre:

Quin d'aquestes dues estrelles viurà més temps?: La que té una massa petita i baixa temperatura, és a dir, la que desprèn poca energia, o la que té una massa gran, temperatura molt elevada i un enorme despreniment energètic?

Qualsevol infant respondrà correctament dient que la primera es gastarà menys de pressa que la segona i, en conseqüència, viurà més temps.

Una estrella de poca massa té menys combustible (hidrogen) en el seu nucli que una de gran massa, però viu molt més temps perquè el consumeix lentament. En canvi, l'estrella gran gasta tant de combustible per a poder equilibrar la gravetat, que el consumeix ràpidament.

Les estrelles petites poden arribar a viure uns cent mil milions d'anys. El Sol (que és una estrella mitjana) viurà uns deu mil milions d'anys, i les de gran massa només poden subsistir uns deu milions d'anys.

La major part del temps d'una estrella transcorre plàcidament transformant àtoms («boletes») d'hidrogen en heli. És com la vida d'una persona: durant uns pocs anys s'és infant, i quan s'arriba a adult la vida transcorre durant un període de temps molt més llarg. La vellesa torna a ser breu.

## Com és la «vellesa» d'una estrella?

Què succeeix quan l'hidrogen del nucli ja s'acaba perquè tots els seus àtoms («boletes») s'han convertit en «boletes» d'heli? El procés és diferent segons sigui la grandària de cada estrella:

### Estrelles petites

A l'acabar-se l'hidrogen del nucli, la màquina disminueix la seva producció i la temperatura del nucli baixa. En conseqüència, falla una de les dues forces que mantenen l'equilibri: des de dins ja no es pot pressionar al gas perquè vagi cap a fora i, llavors, com si flaquegessin les forces d'un dels dos grups de infants que estiren la corda, l'equip contrari, venç. En aquest cas, la gravetat obliga al gas restant de l'estrella a doblegar-se cap a dins. L'estrella inicia un lent procés de col·lapse, sense arribar a escalfar-se prou com per a permetre que l'hidrogen circumdant i altres elements entrin en fusió nuclear. L'estrella s'anirà refredant i acabarà essent molt petita, emetent poca calor; serà roja i continuarà disminuint de temperatura per a passar a emetre una lleugera llum marró... fins a apagar-se. Un residu de matèria freda quedarà en aquell punt de l'espai, sense que pugui veure's perquè no emet llum.

### Estrelles mitjanes (com el Sol)

Quan l'hidrogen del nucli s'esgota, molt poc abans del final de la vida de l'estrella, s'inicia també el procés de col·lapse, com en el cas anterior. Però com que aquesta estrella té més matèria que l'anterior, al col·lapsar-se el nucli per acció de la gravetat succeeix que la temperatura augmenta prou com perquè sigui ara l'heli, el gas format en la transformació anterior de l'hidrogen, el que inicia al seu torn el procés de fusió i d'emissió d'energia. Amb això l'estrella torna a inflar-se durant un cert temps a fi de disposar de més superfície per a dispersar l'energia sobrant. El resultat és una estrella «gegant roja». Amb el temps les capes externes es tornen inestables i l'estrella s'expandeix i es contrau cíclicament, augmentant i disminuint la seva emissió de llum. És una «**estrella variable**». (Nota: si s'indica a un infant que una estrella té variacions de lluminositat és molt probable que les confongui amb el centelleig, llevat que abans ja s'hagi explicat bé aquest fenomen.

Si no ha sigut així, vegeu el principi d'aquest capítol on es tracta el tema). Després d'aquest període d'inestabilitat, unit al consum total de l'heli, les capes externes acaben perdent-se per l'espai, i l'estrella es converteix en una «nana blanca». Les capes externes, al expandir-se, formen un tipus de nebulosa que es denomina impròpiament «**nebulosa planetària**» perquè antigament, vistes al telescopi, semblaven discos de planetes (fig. 35).

Les nanes blanques són estrelles extraordinàriament petites i extraordinàriament denses (pesades). La matèria està tan comprimida en el seu nucli que no existeix res a la Terra que tingui tanta densitat.

## Experiència:

Agafar qualsevol objecte de poc pes i d'1 cm<sup>3</sup> (un dau de parxís, per exemple) i donar-lo a l'infant perquè ho sospesi. Després donar-li un altre objecte de semblant volum, però més pesat; per exemple un dels imants utilitzats abans, o una boleta d'acer, o un caragol... Veurà la diferència que hi ha de pes per a un volum semblant entre un material de baixa densitat i un altre d'alta. Després cal convèncer l'infant que la matèria de les estrelles nanes blanques és molt més pesada que la bola d'acer o el caragol. Tan pesada que si es pogués fabricar una boleta amb matèria d'aquestes estrelles, tot i tractant-se d'un objecte tan petit, no hi hauria ningú capaç d'alçar-la del sòl. Una boleta d'1 cm<sup>3</sup> feta amb la matèria d'una estrella nana blanca podria pesar tant com un camió sencer, i inclús tant com un tren.

Finalment, la nana blanca va disminuint de temperatura molt lentament, refredant-se i apagant-se.

## Estrelles molt grans

Les estrelles que es van formar en nebuloses amb gran quantitat de gas i de pols, van adquirir immediatament una gran massa, i, en conseqüència, una altíssima temperatura. Són les estrelles «**gegants blanques**» o «**gegants blaus**». Inicialment tenen masses més de deu vegades superiors a la del Sol.

La primera part del procés l'efectuen com en el cas del Sol, encara que molt més ràpid: l'hidrogen es transforma en heli i després s'inicia la combustió d'aquest últim element, transformant-se en carboni. Però l'enorme pressió que hi ha en el nucli ocasiona després la transformació del carboni en oxigen... Durant una bona temporada va fabricant elements cada vegada més complexos a partir de les restes dels elements anteriors (... oxigen, neó, magnesi, sodi, silici, sofre...) Cada nou element queda en forma de capa rodejant el nucli, de manera que l'estrella és com una ceba. El procés acaba generant ferro, ja que els àtoms (les «boletes») d'aquest metall, quan s'uneixen entre si no emeten energia, sinó que l'absorbeixen.

En aquest procés l'estrella pot augmentar el seu volum fins a tenir 500 vegades el del Sol, convertint-se en el que es denomina «**estrella supergegant**» roja.

## Supernoves

Quan una estrella supergegant arriba a tenir el nucli de ferro, hem dit que ja no pot continuar més el procés de fabricació de nous elements. Llavors, de sobte, explota, produint el tipus de cataclisme més gran que pot donar-se en la Naturalesa. En uns breus instants llança a l'espai quadrilions de tones de matèria i enormes quantitats d'energia en forma de llum.

Afortunadament, les supernoves que detecten els astrònoms són molt llunyanes. Si explotés alguna de les estrelles que veiem en el cel (perquè si les veiem és que estan relativament prop del Sol), l'explosió arribaria a afectar-nos a tots nosaltres.

L'explosió d'una supernova succeeix d'improvís. On abans amb telescopi no es veia res o, en tot cas, es veia una estrella molt llunyana, apareix en poques hores una intensíssima llum, el fulgor de la qual té una curta duració: al cap de breus dies comença a disminuir, primer de forma ràpida, després més lentament, fins que després d'uns mesos ja emet tan poca llum que, de nou, passa inadvertida.



Fig. 35.- Nebulosa esfèrica formada entorn d'una estrella nana blanca en l'últim estadi de la seva vida. A aquest tipus de nebuloses se les anomena impròpiament «nebuloses planetàries» perquè antigament, vistes al telescopi, semblaven discos de planetes.

Després de l'explosió el que queda és un nucli estel·lar molt petit i extraordinàriament dens, i tota la resta de matèria s'ha escampat per l'espai formant una nebulosa. Aquesta estrella és encara més densa que les nanes blanques, a pesar de que ja hem dit que un dau de parxís de matèria de les nanes blanques pot pesar més que un camió. A aquesta estrella generada per la supernova, tan densa i tan petita, se la denomina «**estrella de neutrons**».

En la fig. 36 es mostra una explosió.

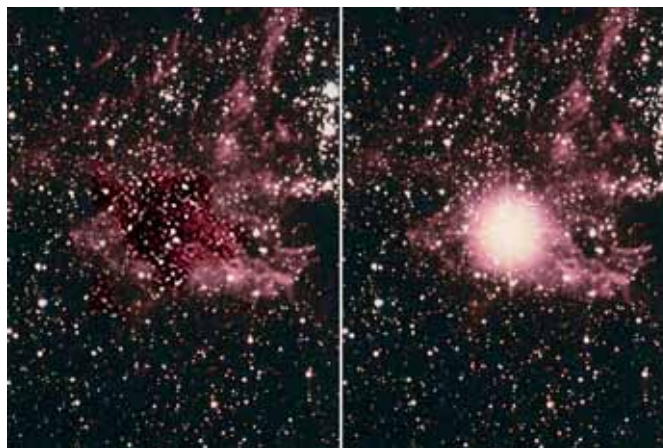


Fig. 36.- Abans i després de l'explosió d'una supernova succeïda el 1987.

## Experiència

Cal tocar la taula, que està feta, per exemple, de fusta. Cal tocar la làmpada, que, potser, és metàl·lica. Cal tocar el sol, que és de silicat... cal tocar el propi cos. I cal formular aquesta pregunta: D'on ha sortit tota aquesta matèria?

Resposta: **del nucli d'una o de moltes estrelles.**

Excepte l'hidrogen i l'heli, que poden procedir de qualsevol nebulosa, tots els altres materials s'han creat en l'interior d'estrelles o en l'explosió de supernoves. Quan es produeix l'explosió tots els elements es dispersen per l'espai i «embruten» les nebuloses de les quals, en el futur, naixeran noves estrelles i, al seu voltant, possiblement planetes com el nostre.

És a dir, la major part de les partícules que formen el nostre cos han estat en l'interior d'alguna estrella.

## Supernoves en sistemes dobles

La supernova que hem descrit es denomina de tipus II, però hi ha estrelles que exploten per altres causes. En les de tipus I, el motiu és un robatori de menjar que, al final, causa un empatx.

En efecte, no totes les estrelles es troben aïllades a l'espai, com és el cas del Sol. Hi ha moltes estrelles que estan associades a altres, és a dir, que estan pròximes entre si i donen voltes una entorn d'una altra de la mateixa manera a com ho fa un planeta entorn del Sol.

Si l'estrella principal és una nana blanca, la seva força de gravetat és enorme i és capaç d'atraure cap a si la matèria d'una estrella companya, que pot ser una gegant roja, és a dir, una estrella molt voluminosa. La nana «roba» i es «menja» matèria de la gegant.

Menjar molt engreixa. La matèria robada es va acumulant al voltant de l'estrella «lladre». A l'augmentar la massa i la temperatura, arriba un moment en què també explota. En aquest cas l'explosió és tan intensa com en el cas anterior, però no queda ni rastre de l'estrella.

## Forats negres

Hem dit que una estrella de neutrons és un astre extraordinàriament petit i extraordinàriament dens, pesat. El dau de parxís fabricat ara amb matèria d'estrella de neutrons pesaria molt més que un tren sencer.

Al tractar sobre la gravetat ja hem dit que la seva força depèn de la massa. Quanta major sigui la massa (o el pes d'un objecte), major és la capacitat d'atracció. I com més compacta estigui (major densitat), més s'intensifica la gravetat.

Les estrelles de neutrons més massives se «col·lapsen» fins a formar el que es denomina «**forat negre**». Però, què és un forat negre?

## Explicació:

Perquè un coet fugi de la gravetat de la Terra ha de sortir a 11 km/s. En la Lluna, com que té menys massa i, per tant, menys gravetat, un coet pot sortir amb menor velocitat per a escapar de la seva gravetat. En conseqüència, quant major sigui la gravetat, major és la velocitat de fuga requerida.

Sabem que la llum viatja a tres-cents mil quilòmetres per segon i que res pot viatjar més ràpidament. Si la força de gravetat d'un astre és tan elevada que la velocitat de «fuga» ha de ser major que tres-cent mil km/s, d'ell no en podrà sortir res, ni tan sols la seva pròpia llum. Per això no el veurem.

Si a aquest astre se li aproximen partícules de gas o algun altre astre més petit, aquest caurà forçosament atret per

la gravetat del principal. Mentre cau emet radiació, però després ja no, ja que entrarà a formar part del forat negre.

No sols hi ha forats negres deguts a les explosions de supernoves. També n'hi ha deguts a enormes concentracions de matèria, com els que estan en el centre de galàxies. O sia, tot objecte d'enorme massa i d'enorme densitat és susceptible de convertir-se en un forat negre, no permetent la sortida de la seva llum.

## Les agrupacions d'estrelles

Hem explicat que una estrella neix d'una nebulosa, però normalment no neix sola. En una nebulosa solen formar-se moltes estrelles al mateix temps que després estan més o menys agrupades. Mirant el cel de nit poden veure's varis d'aquests grups.

Hi ha, fonamentalment, dos tipus d'agrupacions estel·lars: les estrelles dobles (o múltiples) i els cúmuls estel·lars. Ambdós obeeixen al fet que quan es van formar les seves estrelles ho van fer dins d'una mateixa nebulosa o d'una mateixa massa de gas i pols. Per això les estrelles estan pròximes entre si, en el primer cas formant un sistema de dos, tres o poques més estrelles, i en el segon cas formant grups de centenars o de milers d'estrelles.

Un símil: un sistema estel·lar doble o múltiple equivaldria a un nen o a una nena amb el seu germà o amb els seus germans. Un cúmul equivaldria a tots els infants d'una classe o d'un col·legi.

### Experiència:

De nit i, si fa falta, amb l'ajuda d'un planisferi celeste, localitzar a simple vista grups d'estrelles d'ambdós tipus. Uns binoculars poden ser, en aquest cas, un instrument molt útil; també ho pot ser el telescopi, a pocs augments, per a mirar cúmuls i a mitjana potència per a mirar sistemes dobles.

#### Estrelles dobles:

##### A l'hivern o primavera:

Zeta Ursae Majoris (magnitud 2a) (\*). Separació: 12'

Theta Tauri (magnitud 3,5). Separació: 6'

Theta Orionis (magnitud 5a, 5a, 5a i 7a). Cèlebre «Trapezi», sistema quàdruple. Amb telescopi.

##### A l'estiu o tardor:

Beta Sagittarii (magnitud 4a) (\*). Separació: 22'

Gamma Ursae Majoris (magnitud 3a) (\*). Separació: 17'

Zeta Scorpii (magnitud 4a). Separació: 8'

Mu Scorpii (magnitud 3a). Separació: 6'

Épsilon Lyrae (magnitud 4a). Separació: 3'

(L'asterisc \* indica que aquestes dues estrelles no són, en realitat, un sistema físic, sinó una «parella òptica», és a dir, dues estrelles que semblen juntes per efecte de perspectiva. Però poden servir perfectament com a exemple de l'aspecte que tenen els sistemes dobles).

La separació s'indica en minuts d'arc ('). La Lluna té un diàmetre aparent de 30'.

#### Cúmuls oberts:

##### A l'hivern o primavera:

Doble Cúmul (Perseus). Amb binoculars o telescopi.

M 45 «Les Plèiades» (Taurus). A simple vista o amb binoculars.

«Les Hyades» (Taurus). A simple vista.

M 44 «El Pessebre» (Càncer). Amb binoculars o telescopi.

##### A l'estiu o tardor:

M 35 i M 39 (Cygnus). Amb binoculars.

---

## RESPOSTES a les preguntes sobre la velocitat de la llum

- 1.- 30 milions de vegades.
- 2.- 500 segons, o sigui 8,33 minuts.
- 3.- 9.460.800.000.000 (quasi 9,5 bilions de quilòmetres).
- 4.- 40.681.440.000.000 (quasi 41 bilions de quilòmetres).