

# Estrelles

Explica una antiga llegenda asteca que, molt de temps enrere, el cel nocturn era una enorme massa fosca en què l'única llum provenia de la Lluna i d'una preciosa serp de vidre anomenada Mixcóatl Ohtli. La Lluna era molt capritxosa, i encara ho és ara; unes vegades donava llum, però altres no; unes vegades ho feia bé, però la majoria de vegades ho feia molt malament. Així doncs, la serp de vidre va prendre la decisió de donar llum constantment; durant la nit il·luminaria des de ponent i al matí il·luminaria des de l'orient. Es diu que el camí que realitzava dia rere dia va quedar marcat per sempre al cel, i és el que avui coneixem com la **Via Làctia**. Però vet aquí que la Lluna, envejosa de la bellesa de la serp i de l'afecte que tots els homes li professaven, li va tirar una pedra molt grossa. La serp, que no va poder esquivar el cop, es va trencar en mil trossos. Els fragments que una vegada van ser la serp es van escampar per tot el cel, i són els punts de llum que anomenem *estrelles*.

En realitat, les estrelles no són els fragments de vidre de la serp Mixcóatl Ohtli, com explica la llegenda. Tampoc no són llàgrimes d'àngels, ni torxes portades pels habitants del cel, tal com diuen altres mites i faules. Avui en dia, gràcies a la ciència, disposem d'una imatge molt exacta de què són realment les estrelles. I què són, llavors? Bé, doncs les **estrelles** són enormes masses de gas incandescent que suren en l'univers, molt semblants al nostre Sol. Imagina't centenars de milers de sols escampats per l'univers, situats a una distància tan llunyana els uns dels altres que només és possible veure'ls com a petits punts brillants. Així són les estrelles.

El gas que forma les estrelles no és qualsevol gas. Aquest gas és compost principalment per partícules d'un element químic anomenat *hidrogen*, que és l'element químic més lleuger de tots.

## LA NOSTRA ESTRELLA: EL SOL

El Sol és la nostra estrella més pròxima. No hi ha grans característiques que distingeixin el Sol de la resta d'estrelles. No és la més brillant, però tampoc no és la que brilla menys. No és la més gran, però tampoc no és la més petita. És una estrella comuna i, no obstant això, per a nosaltres és la més important, perquè és la que possibilita que hi hagi vida a la Terra.

## OBJECTE DE SOMNIS

Des de la més remota antiguitat, les estrelles han aconseguit atraure l'atenció de l'ésser humà. Els navegants van trobar en les estrelles la guia per als seus viatges. Els agricultors van estudiar-ne el moviment al llarg de l'any per saber en quin moment havien de sembrar i en quin moment havien de collir. Els artistes van veure en la seva brillantor la inspiració màgica per a les seves obres. Va haver-hi també els que van creure veure en les seves trajectòries indicis del futur, i les van utilitzar com a elements per a l'endevinació.

## MILLOR EN COMPANYIA

Per algun estrany motiu, les estrelles presenten una marcada tendència a agrupar-se en parelles, formant el que es coneix com un sistema *doble*, també anomenat *estrella binària*. El comportament d'una binària és molt interessant i molt bell; vist des de l'exterior, fa la impressió que un sistema doble sigui format per dos ballarins girant al voltant d'un punt. Aproximadament uns dos terços de totes les estrelles que veiem són sistemes d'estrelles dobles. No sols això, sinó que fins i tot, de vegades, les estrelles s'agrupen en conjunts de tres, quatre o fins i tot més estrelles que giren al voltant d'un punt comú. A aquests sistemes se'ls anomena sistemes *ternaris*, *quaternaris* i, en general, sistemes *múltiples*.

## L'energia de les estrelles

Les estrelles llancen constantment grans quantitats d'energia a l'espai. Aquesta energia ha de provenir d'algun tipus de combustible emmagatzemat a la mateixa estrella. Ara com ara, els astrofísics han esbrinat que el combustible que les estrelles utilitzen per obtenir la seva energia és l'**hidrogen** que hi ha en el seu interior, on les altes temperatures i pressions (recordeu-ho: com en una olla de pressió) provoquen que pateixi una sèrie de canvis químics gràcies als quals es transforma en un altre element anomenat *heli*, alhora que desprèn una gran quantitat d'energia. Aquesta violenta reacció s'anomena *fusió nuclear*.

D'aquesta manera les estrelles consumeixen hidrogen per generar energia i, com a resultat d'aquest procés, es produeix un residu d'heli. En particular, el nostre Sol consumeix hidrogen

a un ritme de 700 milions de tones per segon. Una tona és un milió de quilograms, és a dir, el pes aproximat d'un camió. Això vol dir que, cada segon, el Sol consumeix una quantitat d'hidrogen equivalent a 700 milions de camions per segon!

També en el cas particular del Sol, i tenint en compte la quantitat d'hidrogen que s'estima que conté, els astrònoms calculen que el nostre astre rei encara disposa de combustible per continuar funcionant aproximadament 5.000 milions d'anys més. Això són molts anys, però què succeirà quan passin? Què li passarà al nostre Sol? Tranquils, hi ha una resposta per a aquest interrogant. Abans d'estar en condicions de respondre, però, caldrà que coneguem algunes característiques més de les estrelles.

## Classificació de les estrelles

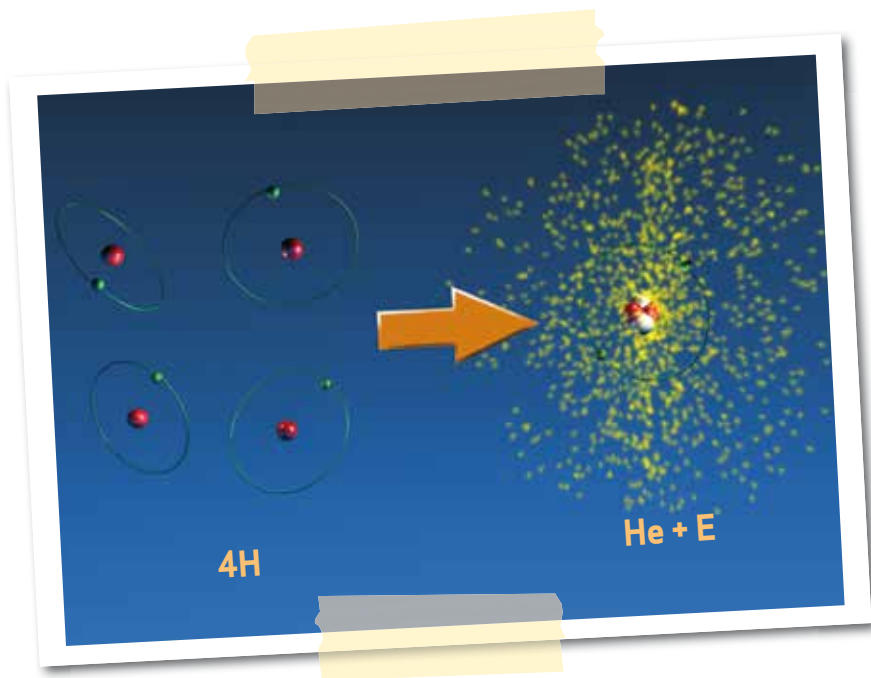
Malgrat la seva complexa estructura, des de la Terra les estrelles es perceben com a simples punts de llum. A simple vista, l'única cosa que sembla distingir les unes de les altres és si brillen més o si brillen menys. Precisament per això, la primera classificació que es va realitzar de les estrelles del firmament es va basar, justament, en la brillantor amb què les podem veure. Aquesta classificació rep el curiós nom de **magnitud**.

Les estrelles més brillants del firmament són de primera magnitud; és el cas de l'estrella Vega, la més brillant vista des de la Terra. Les estrelles de segona magnitud brillen una mica menys de la meitat que les estrelles de primera magnitud. Les estrelles de tercera magnitud brillen també una mica menys de la meitat que les estrelles de segona magnitud, i així successivament. Les estrelles

més dèbils que poden veure's a simple vista al cel nocturn són les estrelles de sisena magnitud.

Malgrat que avui en dia hi ha altres mètodes per classificar estrelles, la veritat és que l'escala de magnituds encara s'utilitza molt. Per què? Doncs per costum, perquè molts astrònoms han crescut utilitzant-la i perquè, per fer observacions des de la superfície de la Terra, és la més útil: ens permet donar mesuraments a simple vista, sense l'ús d'instruments cars.

L'**escala de magnitud** és una escala relativa, condicionada al fet que l'observació es du a terme des de la Terra. No obstant això, una estrella de primera magnitud pot ser més brillant que una estrella de segona magnitud, encara que a nosaltres, des del nostre lloc d'observació, ens sembli el contrari. Això passa perquè la



magnitud amb què nosaltres percebem una estrella depèn de dos factors: la brillantor pròpia de l'estrella i la distància que ens separa d'aquesta. Així, encara que dues estrelles siguin completament idèntiques i brillin igual, si una està més lluny de nosaltres que l'altra, nosaltres percebrem que brilla menys, i li assignarem una magnitud més petita. Això és el que significa que la magnitud és relativa. Per emfatitzar aquest fet, molts científics prefereixen utilitzar el nom de *magnitud aparent*.

Per pal·liar aquest efecte, els astrònoms han ideat una altra escala que elimina l'efecte de la distància. Aquesta escala és l'anomenada *magnitud absoluta*, i es defineix com la brillantor que tindria una estrella si fos observada a una distància de 33 anys llum. D'aquesta manera, la magnitud absoluta ja no depèn de la distància a l'estrella, sinó que mesura una cosa intrínseca a la mateixa estrella.

Quan els científics van disposar de mesures de les magnituds absolutes (també anomenades *lluminositats*) i altres característiques físiques importants, es van proposar fer un catàleg de totes les estrelles conegudes. Això van fer l'any 1905 els astrònoms Ejnar Hertzsprung i Henry Russell, els quals van classificar les estrelles en funció de la seva lluminositat i de la temperatura de la seva superfície. El resultat del seu treball va ser el cèlebre **diagrama Hertzsprung-Russell**, també conegut com a **diagrama H-R**, que mostrem en la pàgina següent.

En el diagrama hi ha dos eixos, un d'horitzontal i un de vertical. En l'eix vertical es representa la lluminositat d'una estrella, fent servir la magnitud absoluta, i no pas l'aparent. El motiu per utilitzar aquesta quantitat i no pas l'altra és que es vol relacionar la brillantor pròpia de l'estrella, i no

pas la brillantor percebuda des de la Terra. Les altes lluminositats estan ubicades a la part alta de l'eix, i les baixes lluminositats estan ubicades a la part baixa de l'eix. Com més cap amunt ens n'anem, estarem movent-nos cap a cossos de més lluminositat, i com més cap avall ens n'anem, ens trobarem estrelles més fosques.

L'eix horitzontal, d'altra banda, representa la temperatura de la superfície de l'estrella. Les temperatures altes estan situades a l'esquerra del diagrama, mentre que les temperatures baixes estan emplaçades a la dreta.

Cada punt del diagrama representa una estrella. Per classificar una estrella en el diagrama, caldrà mesurar la seva lluminositat i la temperatura de la seva superfície. Una vegada fet això, dibuixarem un punt en el diagrama. Com sabrem on hem de dibuixar aquest punt? Doncs, precisament, utilitzant els criteris anteriors. Les estrelles més brillants, segons l'escala de magnituds absolutes, estaran representades per punts a la part alta del diagrama, mentre que les estrelles menys brillants ocuparan les posicions més baixes. Paral·lelament, les estrelles més calentes estaran situades a l'esquerra, mentre que les estrelles més fredes tendiran a situar-se a la dreta del diagrama.

### LES MÉS BRILLANTS PRIMER

Potser us pot semblar una mica rar que els nombres més baixos indiquin brillantors més altes, però si pensem una mica, això no hauria de sorprendre'ns. Penseu en una cursa: el corredor que ha arribat el primer ha corregut més ràpid que el que ha arribat el segon. El que ha arribat el segon ha corregut més ràpid que el que ha arribat el tercer, i així successivament. Si recordem com donem les posicions d'arribada d'una cursa, mai no ens confondrem en parlar de les magnituds de les estrelles.

Així doncs, el cantó superior esquerre representa les estrelles més calentes i més brillants, mentre que el cantó inferior dret representa les estrelles més fredes i menys brillants. A l'extrem superior dret ens trobem estrelles fredes, però que proporcionen una gran quantitat de llum. Aquestes estrelles reben el nom de *gegants vermelles*, i en parlarem una mica més endavant. A l'extrem inferior esquerre s'acumula un cert tipus d'estrelles molt calentes, però que gairebé no brillen. Aquestes estrelles s'anomenen *nanes blanques*, i també tindrem ocasió de parlar-ne en un apartat posterior.

El que Hertzsprung i Russell van comprovar gràcies al seu diagrama és que la majoria d'estrelles se situen en una franja que va des de la part

superior esquerra fins a la inferior dreta, i que rep el nom de *seqüència principal del diagrama H-R*. Les estrelles que formen part d'aquesta franja són anomenades *estrelles de la seqüència principal*, per distingir-les de les nanes blanques i de les gegants vermelles, el comportament de les quals és una mica particular, tal com veurem a continuació.

### EL SOL EN EL DIAGRAMA

El nostre Sol és una estrella de la seqüència principal. De fet, i tal com pot apreciar-se en la figura, es troba més o menys a la meitat dels dos eixos, tant de l'eix de lluminositat com de l'eix de temperatura. El nostre Sol és, llavors, una estrella mitjana en tots els seus aspectes. Va començar a cremar hidrogen fa uns 4.600 milions d'anys i en l'actualitat es troba a mig camí de les seves expectatives de vida.

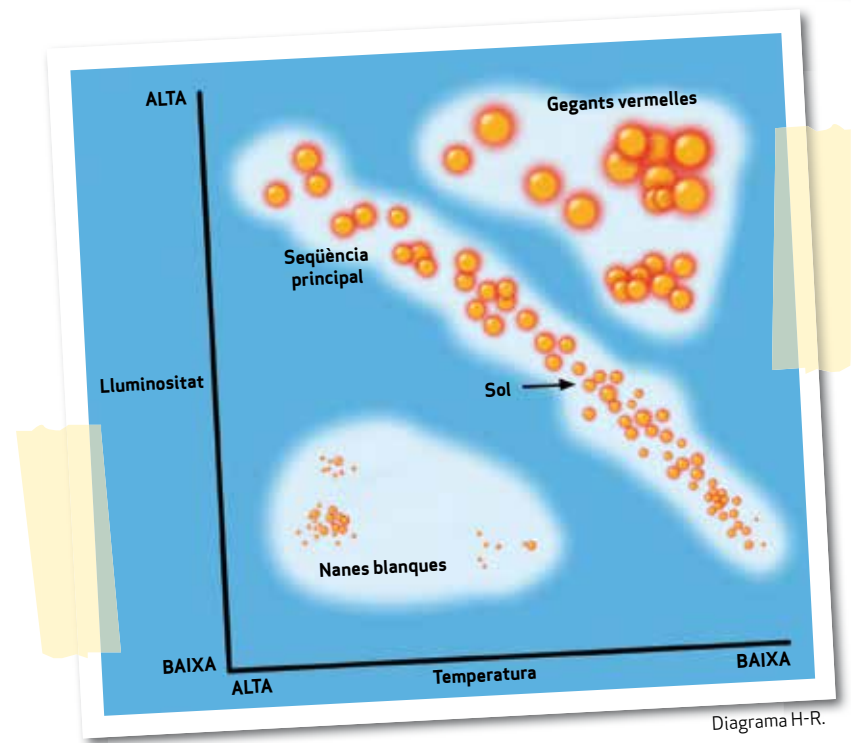


Diagrama H-R.