

L'ASTRONOMIA

Què és l'astronomia?

L'astronomia és la ciència que té per objectiu l'estudi de l'univers, dels cossos que el constitueixen, de les posicions relatives que aquests ocupen, de les lleis que governen els seus moviments i de l'evolució que experimenten al llarg del temps. Aquesta disciplina comprèn tres branques principals: l'astronomia de posició i la mecànica celest, que s'encarreguen de determinar les coordenades dels astres i estudien la magnitud de la seva variació natural; l'astrofísica, en els seus aspectes aplicat i teòric, que estudia les lleis físiques que regeixen el seu comportament, i la cosmologia, que estudia les lleis generals de l'estructura, l'origen i l'evolució de l'univers com un tot.

Orígens de l'astronomia

Considerada la ciència més antiga, l'astronomia ha afavorit el desenvolupament d'altres moltes disciplines, tals com la matemàtica, la física, la geografia, etc. Les cultures antigues (babilònica, xinesa, egípcia, grega, índia, maia, etc.) posseïen coneixements astronòmics rudimentaris, limitats a l'observació a simple vista, aplicats amb fins pràctics o mítico-religiosos. Les teories astronòmiques de l'Antiguitat van estar dominades per l'autoritat d'Aristòtil (s. IV a.C.) i la creença en la immobilitat de la Terra. Els treballs d'observació més importants d'aquesta època són els de l'astrònom grec Hiparc (finals del s. II a.C.) l'obra del qual ha arribat fins als nostres dies, en la seva versió àrab o «Almagest» (s. IX), gràcies a Ptolomeu (finals del s. II d.C.). L'observació a simple vista, completada amb l'utilització d'instruments rudimentaris (astrolabis, ballestilles, etc.), va permetre establir l'esfericitat de la Terra, relacionar els moviments de la Lluna amb les marees, confeccionar els primers catàlegs estelars i determinar la llunyania a determinats cossos. Posteriorment, els treballs d'astrònoms com Nicolau Copèrnic, Tycho Brahe i Johannes Kepler van permetre l'establiment de les bases científiques d'aquesta disciplina, és a dir, de la teoria heliocèntrica, la confecció de taules astronòmiques i catàlegs molt extensos, l'establiment dels primers observatoris astronòmics permanents i la formulació de les lleis del moviment dels planetes (lleis de Kepler).

L'astronomia grega

A diferència d'altres pobles, els grecs no es van limitar a una observació contemplativa, sinó que van provar de construir models per explicar raonadament com podien entendre's les observacions realitzades.

Hom sol relacionar el sorgiment d'aquesta actitud científica amb Tales de Milet, que va néixer cap al 640 a.C. En una brillant primera etapa, els grecs van rebutjar fermament l'antiga idea d'una Terra plana.

Per retre compte del moviment diari del Sol i del tomb de la volta del cel hi havia dues explicacions: o la Terra estava fixa i el firmament feia una volta cada dia al seu voltant, o bé era la Terra la que feia una rotació sobre el seu eix i el firmament es mantenia fix. Els pitagòrics Filolau i Heràclides del pont, entre d'altres (segles V–IV a.C.) van optar per la solució basada en la rotació de la Terra.

Tanmateix, quan, al segle III a.C.; Eratòstenes va calcular amb notable exactitud el radi terrestre, l'opció de la rotació de la Terra es va fer insostenible: la Terra havia de girar a una velocitat tan gran que la Física de l'època no podia explicar, per exemple perquè els núvols i els ocells, encara que es desplaçessin en el mateix sentit, no es quedaven enrere.

L'altre moviment que havia de ser explicat era el desplaçament anyal del Sol al llarg de l'eclíptica. Aristarc de Samos, el segle III a.C., va suposar que era la Terra, i no pas el Sol, la que es desplaçava. Tanmateix, la idea d'una Terra movent-se per l'espai al voltant del Sol era tan contrària al sentit comú i a les concepcions de

l'època que va ser menyspreada. De fet, sempre s'havia considerat herètic admetre que la Terra fos un objecte més de l'univers.

Així, doncs, el model geocentrista va quedar sòlidament establert, especialment després de les aportacions de Plató i d'Aristòtil: una esfera, la Terra, se situava al centre geomètric d'una altra de molt més gran en la qual els estels es mantenien fixos.

L'astronomia medieval

Amb la difusió del Cristianisme, l'observació astronòmica va disminuir enormement. L'interès per l'Astronomia es va limitar a aquells aspectes que semblaven poder confirmar els textos bíblics. L'Islam, contràriament, va tenir una actitud molt més oberta i no va combatre cap idea sobre el món.

De totes maneres, més que un gran nombre d'aportacions originals, la contribució decisiva dels àrabs a la cultura d'Occident es pot valorar per la preservació i el manteniment de l'esperit dels grecs.

Amb l'arribada dels àrabs a la península Ibèrica (s. VIII) es van anar estenent al món occidental els coneixements astronòmics i matemàtics de grecs i alexandrins. Amb el pas dels anys van començar a circular les versions latinitzades de les traduccions àrabs de les obres dels autors clàssics. Les concepcions geocèntriques de l'Aristòtil i Ptolemeu van ser acceptades sense reserves, tot s'hi van introduir algunes modificacions de caràcter bàsicament religiós. Una de les més notables va ser la de col·locar sobre de totes les esferes l'empiri o cel dels benaventurats i, al centre de la Terra, l'infern.

Inicialment es va imposar el model aristotèlic, però de mica en mica va anar guanyant terreny el sistema de Ptolemeu perquè oferia més garanties per al càlcul astronòmic i la construcció del calendari. De fet, l'estudi exhaustiu i rigorós de l'Almagest no va començar fins al segle XV. Aquesta circumstància va permetre de descobrir que el sistema ptolemeic tenia moltes imprecisions. Havien passat quasi quinze segles des de l'any 642 a.C. en què, es destruïren les últimes restes de la gran biblioteca d'Alexandria.

Però finalment hi havia les condicions oportunes perquè de la mà de Copèrnic s'iniciés una autèntica revolució, les conseqüències de la qual havien de superar àmpliament els límits de les ciències pures.

L'astronomia en el renaixement

L'astronomia va experimentar una verdadera revolució entre els ss. XVI i XVII gràcies als treballs de Galileu Galilei i l'aplicació, per primera vegada, de l'observació a ull nu dels cossos celestials. El posterior desenvolupament d'aquests instruments òptics i d'altres instruments astronòmics va permetre el descobriment dels planetes llunyans d'una gran varietat de cossos no visibles a simple vista (asteroides, galàxies, cúmuls, etc.), així com una notable expansió dels límits de l'univers observable. Quant als seus aspectes teòrics, la principal contribució es degué a la formulació de la llei de la gravitació universal per Isaac Newton, origen de l'anomenada mecànica celest. Aquesta teoria gravitatòria va permetre explicar l'origen de les marees i calcular amb precisió les trajectòries de la Lluna, els planetes i els cometes. Pel que fa a aquests destaca la predicció, feta per E. Halley amb 75 anys d'antelació, del retorn del cometa que ara porta el seu nom, la confirmació del qual, el 1759, va suposar la consagració definitiva de la llei formulada per I. Newton i dels mètodes de la mecànica celest. Aquesta disciplina, que va aconseguir un alt grau de perfeccionament entre els ss. XVII i XIX, va quedar definitivament assentada després de la localització del planeta Neptú (1846) a la posició predita pels càlculs.

L'astronomia moderna

La introducció de les tècniques fotogràfiques a partir del s. XIX el desenvolupament, a partir de la II Guerra Mundial, dels detectors d'ones de ràdio (radiotelescopi) va impulsar el desenvolupament de la principal branca

de l'astronomia, l'astrofísica, i va facilitar l'estudi de la composició, estructura i evolució dels cossos celests. En època recent, els avenços de l'astronàutica han permès situar instruments d'observació fora de l'atmosfera terrestre y superar d'aquesta manera les limitacions que aquesta imposa al pas de las radiacions corresponents a certes bandes de l'espectre electromagnètic (raigs gamma, raigs X, etc.), el qual ha portat l'astronomia d'altres energies. Entre els instruments capaços de captar certs rangs de la radiació electromagnètica, situats a bord de satèlits astronòmics, destaca el telescopi espacial Hubble.

L'evolució actual de l'astronomia es caracteritza per l'extensió del camp d'exploració més enllà de les bandes de freqüències visibles i del radi de l'espectre electromagnètic, pel desenvolupament de nous telescopis terrestres equipats amb òptiques múltiples i variables, i de nous enginyers espacials destinats a l'observació des de fora de l'atmosfera terrestre i a l'exploració dels cossos que formen el sistema solar.

L'estructura de l'univers

L'univers és tot allò que existeix. Des de la Terra que hi ha als nostres peus fins als estels més llunyans, tot forma part de l'univers. L'univers és tan immens que conté infinits estels. Tanmateix, el que més ni abunda és l'espai buit.

Des de la Terra podem observar l'espai i estudiar l'univers. En qualsevol direcció podem veure-hi estels. Hi ha més estels a l'univers que qualsevol altra mena de cos celest: estels en grups enormes anomenats galàxies, i estels en diferents etapes de la seva existència, incloent-hi fins i tot un estel que té planetes. Malgrat la immensitat de l'univers, només coneixem un lloc on hi ha vida: el planeta Terra.

Les nebuloses són núvols gegantins de pols de color fosc. Són visibles perquè la pols priva el pas de la llum que ve de darrere de la nebulosa, de manera que podem veure la seva silueta. L'univers conté moltes nebuloses que no ens permeten veure'n diferents regions.

La manera més senzilla d'imaginar-nos l'univers és pensar en una esfera que no para de créixer, de manera que tot el que conté va allunyant-se cada cop més entre si. Més enllà de l'univers no hi ha res, perquè l'univers conté tot el temps i l'espai.

La superfície terrestre: elements geomètrics (pols, paral·lels).

La Terra gira entorn d'un eix invertit quasi 24 hores en donar una volta completa. Aquest moviment va permetre a Isaac Newton determinar que la forma de la Terra no era exactament esfèrica, sinó la d'una elipse de revolució, és a dir, una esfera aixafada pels pols.

L'eix de rotació talla la superfície terrestre en dos punts que s'anomenen pols.

La circumferència màxima perpendicular a l'eix terrestre s'anomena Equador.

Les circumferències màximes que passen pels pols s'anomenen meridians.

Les regions limitades per dos meridians s'anomenen husos.

Les circumferències paral·leles a l'equador s'anomenen paral·lels.

Coordenades terrestres

Com que és una superfície terrestre, els eixos no són dues rectes paral·leles, sinó que són dues circumferències màximes que formen un angle de 90° entre elles. Sembla lògic que una d'elles serà l'equador terrestre, i l'altra un meridià, que per acord internacional agafem el meridià de Greenwich. Les coordenades s'anomenen latitud

i longitud i l'origen és el punt de tall de l'equador i el meridià de Greenwich.

La longitud d'un punt és la mida de l'arc comprès entre el meridià de Greenwich i el meridià que passa pel punt. Es medeix en una escala de 0° a 180° indicant si es troba a l'est o a l'oest del meridià de Greenwich.

La latitud d'un punt de la superfície terrestre és l'arc del paral·lel entre l'Equador i el punt. Es medeix en una escala de 0° a 90° indicant si es troba al nord o al sud de l'Equador.

Usos horaris

Per unificar els horaris de tot el món la superfície terrestre està dividida en 24 husos geomètrics convencionals que són resultat de la divisió de l'esfera terrestre en 24 meridians equidistants. A partir del meridià de Greenwich (meridià d'origen) estan numerats del 0 al 23 en sentit oest a est. El meridià d'origen es troba al mig de l'hus 0.

Cada hus horari té una amplitud de 15° (uns 1.665 km.), i cada punt de l'hus té la mateixa hora legal. Europa té tres husos horaris o tres hores convencionals: l'hus 0, hora d'Europa Occidental; l'hus +1, hora d'Europa Central; i l'hus +2, hora d'Europa Oriental. Alguns països com el Canadà, EUA o Rússia estan dividits en varis husos, és a dir, varies hores convencionals, a causa dels seus vastos territoris.

El canadenc Danfors Fleming ja proposà l'any 1878 la divisió en husos, però aleshores la seva proposta no tingué efectes immediats.

L'esfera celest

Aquells que vivim a l'hemisferi Nord de la Terra podem veure la meita nord de l'esfera celest. Els estels que es veuen en una nit qualsevol depenen de la latitud de l'observador, del dia, de l'any i de l'hora de l'observació. Els estels propers al centre del mapa del cel s'anomenen circumpolars i poden veure's tot l'any. L'Estel Polar (Estel del Nord) sembla trobar-se exactament sobre el Pol Nord.

Els que viuen a l'hemisferi Sud veuen la meitat sud de l'esfera celest. Els estels visibles en una nit determinada depenen de la altitud de l'observador, del dia, de l'any i de l'hora de la nit. Un dels estels de l'hemisferi Sud celest és l'Alfa Centauri.

Coordenades celests

Les coordenades celests determinen la posició d'un astre a l'esfera celest. El propòsit principal de l'astronomia de posició consisteix a determinar les posicions aparents que ocupen els astres al firmament, considerant que aquests es distribueixen sobre la superfície d'una esfera de radi arbitrari i centrada a la Terra. D'aquesta manera calen dos paràmetres angulars per a situar sobre aquesta esfera qualsevol astre, el valor numèric dels quals paràmetres és distint segons el sistema de coordenades elegit; cada sistema de coordenades és determinat per un eix fonamental i per un cercle màxim, dit cercle fonamental, i és donat per la intersecció de l'esfera celest amb un pla perpendicular a l'eix fonamental. En cadascun d'aquests sistemes una de les coordenades és mesurada sobre el cercle fonamental, i l'altra, sobre el cercle màxim que passa per l'astre i per les interseccions de l'esfera celest amb l'eix. En cada cas cal fixar un sentit de mesura dels arcs de cercle, com també un punt que sigui l'origen de coordenades sobre el cercle fonamental. Quan els arcs de cercle són mesurats en sentit contrari al de les busques de rellotge, el sentit de mesura és anomenat directe, i retrògrad en el cas contrari.

Astronomia de posició

L'astronomia de posició és una de les branques de l'astronomia que comprèn tant l'astronomia pràctica,

centrada en els instruments i les tècniques d'observació, com l'astrometria pròpiament dita (dedicada a la medicció de l'espai i el temps). L'instrumentació bàsica consisteix en càmares i telescopis situats en observatoris terrestres i, en època recent, en satèl·lits dissenyats especialment per la realització d'estudis astromètrics des de fora de l'atmosfera terrestre (Hiparcs). Mitjançant l'aplicació de mètodes adequats porta a terme la determinació de les coordenades celests dels estels, basant-se en observacions realitzades des d'observatoris la posició del qual és coneguda, i fixa les coordenades geogràfiques de punts terrestres a partir de les coordenades d'un cert nombre d'estels calculats amb anterioritat. La seva importància és capital per la navegació astronòmica o d'altura, tant marítima com aèrea.

Sens dubte, el principal problema al qual s'enfronta aquesta branca de l'astronomia és el de la definició precisa d'un temps uniforme, donada la complexitat i les irregularitats de que estan afectats els moviments dels cossos de l'univers. Gràcies a un coneixement molt exacte de les variacions dels moviments esmentats, una vegada tingudes en compte totes les correccions de caràcter sistemàtic amb les que s'han de corregir els valors observacionals, s'ha pogut posar de manifest l'existència de petits moviments propis dels estels abans considerats fixos.

Constel·lacions i zodíacs

Des de la terra, els estels semblen dibuixar formes en els cel. Aquestes formacions són anomenades constel·lacions. Els cels al voltant de la Terra s'han dividit en 88 constel·lacions diferents, cada una de les quals representa una personalitat, criatura o objecte mitològic.

Al llarg del seu recorregut anual, la Terra completa una òrbita al voltant del Sol, fet que permet observar diferents parts de l'esfera celest que mostren les constel·lacions en seqüència anual.

Les constel·lacions semblen romandre immòbils al cel, però en realitat la seva forma varia molt lentament. Per exemple, l'Óssa Major, d'aquí molts anys serà diferent.

Les constel·lacions són una invenció de l'home. En la foscor de l'espai podem percebre-les com formes planes, però en realitat els estels poden estar més allunyats entre ells que de la Terra. Els estels del Carro semblen propers entre ells, tanmateix, es troben més esparsos del que sembla.

Dotze constel·lacions són conegudes com el zodíac. Les dotze són travessades per l'eclíptica (l'itinerari del Sol al voltant de l'esfera celest), i formen el teló de fons pel què es mouen la Lluna i els planetes. El Sol necessita aproximadament un mes per travessar cada constel·lació. Les dates donades per al zodíac són aproximacions, de les quals destaquem la data en què el Sol entra en cada signe. Els dotze signes són: Aries, Tauro, Geminis, Cancer, Leo, Libra, Virgo, Sagitariu, Escorpiu, Capricornius, Aquariu i Piscis.

Els estels

Un estel és una bola enorme de gas calent i lluminós en revolució. La majoria dels estels contenen dos gasos principals: hidrogen i heli. Aquests gasos es mantenen per la gravetat i estan densament comprimits dins el nucli. En el nucli és on s'alliberen immenses quantitats d'energia.

Els estels es diferencien bàsicament per la quantitat de gas que contenen i per la seva mida. Els estels més grans fan 1.000 vegades el diàmetre del Sol, mentre que els més petits posseeixen una fracció de la seva mida, i no són massa més grans que el planeta Júpiter.

Un estel genera energia mitjançant la fusió nuclear. Dins del nucli de l'estel, els nuclis d'hidrogen (protons) xoquen i es fusionen i, primerament, formen deuteri (hidrogen pesat) i després dos isòtops d'heli. Amb la fusió s'allibera energia. Aquesta mena de reacció, que es dona en major part dels estels, s'anomena protó-protó.

Els estels segueixen un cicle vital que dura centenars o milers de milions d'anys. Tots els estels comencen de la mateixa manera: com material d'una nebulosa, un núvol de gas i pols. Els estels no neixen individualment, sinó en grups anomenats cúmuls. Inicialment, els estels d'un cúmul tenen aproximadament en la mateixa composició. Malgrat aquestes semblances, els estels sovint es desenvolupen a un ritme diferent, i gairebé tots els cúmuls acaben per separar-se poc temps després.

El cicle vital d'un estel depèn de la seva massa. Els estels amb la mateixa massa que el Sol brillen amb força uns 10.000 milions d'anys. Els estels de mida major transformen l'hidrogen més ràpidament i tenen vides més curtes. El Sol és a la meitat de la seva vida. En uns 5.000 milions d'anys, s'expandirà i esdevindrà un estel gegant vermell, es col·lapsarà i acabarà essent un estel nan.

La manera com deixa d'existir un estel depèn de la seva massa. Els estels més grans deixen d'existir només amb una expansió anomenada supernova, que pot ser prou brillant com per superar la lluentor de tota una galàxia. El que passi després dependrà de la quantitat de material estel·lar que romangui després de la supernova.

La massa d'un estel afecta també les seves altres característiques com el color, la temperatura i la lluminositat. Cada estel és diferent, però estudiant-ne les seves propietats, els astrònoms han estat capaços d'idear un sistema que els ha permès de classificar tots els estels.

El color d'un estel és generalment un bon indicador de la seva temperatura. Els estels blaus són els més calents, i els vermells, els més freds. El sistema Harvard fa servir lletres de l'alfabet per classificar-les segons la temperatura de la seva superfície. El diagrama mostra l'escala de color i temperatura de les principals classes.

Cada estel emet la seva pròpia llum particular. Descomposant la llum en un espectre, podem veure-hi els elements químics que componen cada estel. Els diferents elements estan indicats per línies d'absorció fosques que passen pel mig de l'espectre. Els àtoms de sodi absorbeixen llum només en la zona groga de l'espectre. Els raigs de Sol produeixen centenars de línies d'absorció, però aquí només podem observar-ne les línies més notables.

La brillantor d'un estel a cel depèn de la seva lluminositat (quantitat d'energia lluminosa produïda), i de la seva distància a la Terra. Els astrònoms utilitzen dues escales diferents per mesurar la magnitud d'un estel (brillantor). La magnitud absoluta compara els estels des d'una mateixa distància. La magnitud aparent expressa quant sembla lluir un estel vist des de la Terra.