

Desvelant l'Univers Invisible

CATALÁN
Totes les civilitzacions antigues han sentit la necessitat estudiar el cel. Les observacions estaven limitades a l'únic instrument que posseïen. L'ull humà.
A primera vista podien veure unes 3500 estrelles, però sense arribar a comprendre la seva naturalesa.
Tot i això, avui la ciència ha aconseguit observar l'univers a distàncies de fins a gairebé 13.000 milions d'anys llum.
Un any llum és la distància que recorre un feix lluminós durant un any i equival a uns 10 bilions de quilòmetres.
L'univers se'ns revela com un entorn gegantí, complex i sorprenent on nosaltres vivim i evolucionem a la superfície d'un petit, però hospitalari planeta, anomenat Terra.
La Terra és l'únic oasi de vida, almenys al nostre sistema solar.
Les condicions a la superfície permeten la presència de grans quantitats d'aigua líquida, tant als oceans com als continents. L'aigua líquida és l'ingredient essencial per a l'aparició i el desenvolupament del fenomen de la vida.
Limitats a l'entorn del nostre planeta, fins ara només hem pogut visitar i explorar els astres més propers, com ara la Lluna i els planetes del sistema solar.
Però, com aconseguim estudiar l'univers a distàncies tan enormes i comprendre'n la composició, l'estructura i l'evolució? Com hem desvetllat molts dels seus secrets?
Desafortunadament, només uns quants saben que tot aquest coneixement s'obté mitjançant la recollida i l'anàlisi de la feble llum estel·lar que arriba a la Terra, des dels remots cossos celestes coneguts com a estrelles.
Aquesta aventura va començar el 1609, quan Galileu Galilei va dirigir per primera vegada un petit telescopi casolà cap al cel.
Les seves observacions van obrir una finestra a l'univers i en van revelar la grandesa.
El telescopi òptic funciona de la mateixa manera que l'ull humà.
Aquest instrument captura la llum i l'enfoca en un punt. Hi ha telescopis refractors que fan servir lents i telescopis reflectors que utilitzen miralls còncaus per recollir i enfocar la llum.
Com més gran sigui la superfície de la lent o el mirall del telescopi, més llum captarà i, per tant, més gran serà la seva capacitat per mostrar-nos els objectes més tènues del cel, invisibles a l'ull humà.
La majoria dels objectes poc brillants són invisibles perquè són molt lluny. Viatjant a la velocitat de la llum, la seva imatge triga molt de temps a recórrer les vastes distàncies del cosmos. Per això, quan observem els astres a través del telescopi, els veiem tal com eren al passat.
En altres paraules, un telescopi és una mena de màquina del temps que ens

<p>permet observar l'univers tal com era en el passat, i així comprendre'n l'evolució.</p>
<p>Amb el pas del temps, el telescopi va evolucionar des del senzill instrument de Galileu fins als grans instruments actuals, tecnològicament complexos i molt precisos.</p>
<p>Avui dia utilitzem enormes telescopis òptics estratègicament situats als cims de muntanyes remotes.</p>
<p>Lluny de les zones urbanes, eviten la contaminació lumínica que impedeix les observacions astronòmiques.</p>
<p>A més, a les altes muntanyes, l'atmosfera és més estable i transparent.</p>
<p>A Mauna Kea, a Hawaii, hi ha els telescopis més grans, d'entre 8 i 10 metres d'obertura, que són els utilitzats per astrònoms americans.</p>
<p>L'Observatori Europeu Austral ha aixecat el <i>Very Large Telescope</i> en turó Paranal, al desert xilè d'Atacama. Aquest telescopi consta de 4 miralls amb un diàmetre de 8,2 metres cadascun.</p>
<p>El desert d'Atacama és un dels llocs més àrids de la Terra, per això ofereix condicions ideals per a les observacions astronòmiques.</p>
<p>Aquests telescopis capten llum visible i infraroja, i poden registrar objectes 4000 milions de vegades més tènues que els que podem observar a primera vista.</p>
<p>Pesen centenars de tones, però són capaços d'apuntar i seguir objectes celestes amb extrema precisió. També fan servir sistemes d'òptica adaptativa que permeten compensar les pertorbacions atmosfèriques.</p>
<p>I estan equipats amb instruments auxiliars, com ara avançades càmeres fotogràfiques i espectrògrafs.</p>
<p>Aquests grans telescopis s'utilitzen sobretot per a l'estudi de l'estructura a gran escala i l'evolució de l'univers, mitjançant l'observació de cúmuls de galàxies remots.</p>
<p>Al costat d'aquests telescopis gegants, altres de mida més petita i més antics continuen fent importants aportacions a la investigació científica.</p>
<p>En un futur proper, els nous telescopis òptics gegants com l'<i>Extremely Large Telescope</i> europeu estaran a disposició dels astrònoms. L'ELT tindrà un mirall segmentat de 40 metres de diàmetre i s'instal·larà d'aquí uns anys al turó Armazores, al desert d'Atacama.</p>
<p>Tot i això, malgrat tots aquests avenços tecnològics, encara no podem eliminar els problemes que genera l'atmosfera terrestre en l'observació astronòmica. Per això llancem telescopis a l'espai, més enllà de l'atmosfera.</p>
<p>Fins ara, el telescopi espacial més gran és el Hubble, amb un mirall de 2,4 metres de diàmetre.</p>
<p>Des del 1991, el Hubble observa l'univers amb una precisió inigualable, protagonitzant multitud d'importants descobriments.</p>
<p>El successor del Hubble és el telescopi espacial James Webb. Té un mirall de 6,5 metres i està dissenyat per detectar la llum infraroja. Podreu observar galàxies a una distància de 12.500 milions d'anys llum.</p>
<p>Però la llum és més que el que registren tots els telescopis òptics esmentats.</p>
<p>La llum és formada per radiacions electromagnètiques de diferents longituds d'ona. Totes constitueixen l'espectre electromagnètic. La majoria, evidentment, són invisibles per a l'ull humà, però també per als telescopis</p>

òptics més avançats.
Els cossos celestes i tots els fenòmens astronòmics que observem emeten simultàniament a diverses longituds d'ona.
Però depenent de com siguin d'energètics, la seva radiació serà més intensa en algunes.
Els processos calents i violents irradien sobretot en longituds d'ona molt curtes, mentre que els processos més freds irradien en longituds d'ona llargues, com ara les microones i les ones de ràdio.
Les ones de ràdio s'observen amb antenes parabòliques gegants, anomenades radiotelescopis. Aquests instruments poden observar el cel les 24 hores del dia, independentment de les condicions atmosfèriques. Hi ha molts radiotelescopis per tot el nostre planeta.
El més sofisticat és ALMA, situat en un elevat altiplà al desert xilè d'Atacama.
La major part de la radiació electromagnètica no pot travessar l'atmosfera terrestre. Per això posem en òrbita observatoris espacials que poden observar a totes les longituds d'ona de l'espectre electromagnètic.
En particular, l'atmosfera és completament opaca a l'ultraviolat d'alta energia, als raigs X i als raigs gamma, que no es poden observar des de la superfície terrestre.
L'única manera d'observar aquestes radiacions és utilitzar observatoris a l'espai. Aquests telescopis ens permeten estudiar processos físics abans inimaginables.
Les radiacions X i la gamma revelen els fenòmens més violents i impressionants de l'univers. El firmament observat en aquestes longituds d'ona és completament diferent de la imatge habitual del cel nocturn.
Però la llum no és l'única font d'informació sobre el que passa a l'univers.
Alguns processos naturals violents i molt energètics produeixen increïbles quantitats de partícules elementals anomenades neutrins.
Els neutrins són partícules esquives que viatgen a velocitats properes a la de la llum; tenen una massa ínfima i poques vegades interactuen amb la resta de la matèria.
Per detectar-los, utilitzem sensors especials a les profunditats de la Terra o l'oceà per minimitzar les interferències.
Finalment, com prediu la Teoria General de la Relativitat, l'entramat de l'espai-temps es veu alterat per l'existència de massa i energia.
Alguns dels processos més energètics de l'univers produeixen perturbacions en el teixit de l'espai-temps anomenades ones gravitacionals. Aquestes ones còsmiques viatgen a la velocitat de la llum, portant informació sobre els processos que les van causar, i ens donen pistes sobre la naturalesa de la força de la gravetat.
Recentment, hem aconseguit desenvolupar observatoris per captar aquestes ones al seu pas pel nostre planeta.
LIGO, l'Observatori d'Ones Gravitacionals per Interferòmetre Làser, als Estats Units; i Verge, a l'Observatori Gravitacional Europeu a Pisa, Itàlia, fan servir interferòmetres làser molt sensibles per detectar-les.
Apropem-nos a alguns dels fenòmens còsmics més violents, observats amb

tots els nostres instruments, per tenir una imatge clara dels processos naturals que els provoquen.
Les estrelles més massives pateixen una mort violenta durant les explosions com a supernoves. Després d'aquestes explosions, els nuclis de les estrelles poden acabar com a nanes blanques, estrelles de neutrons o forats negres.
En particular, les estrelles amb més massa acaben en el que anomenem forats negres. D'aquests cadàvers estel·lars no en pot escapar res. Fins i tot la llum queda atrapada, cosa que fa que siguin invisibles.
Els forats negres atrauen tot el que s'hi acosta, augmentant així la seva massa.
La matèria cau en espiral, formant un disc al voltant del forat negre. En aquest disc, la temperatura i la velocitat que aconseguix la matèria són tan altes que es generen raigs gamma i raigs X. Alhora, els forts camps gravitatoris creen raigs, que es propaguen a velocitats properes a la de la llum i interactuen violentament amb la matèria que els envolta. Això produeix radiació a totes les freqüències de la llum.
La mort de les estrelles de massa intermèdia crea el que anomenem estrelles de neutrons. Aquests objectes, petits però molt densos, giren a gran velocitat emetent un feix de radiació, que es pot detectar quan apunta cap a la Terra.
Això crea canvis periòdics en les seves lluminositats i per això els anomenem púlsars.
Els púlsars també poden tenir discos d'acreció, però les escales són més petites que les dels forats negres.
Les estrelles d'un sistema binari poden estar molt juntes i fins i tot poden acabar fusionant-se. Hi ha casos especials en què una de les estrelles binàries és molt densa, com una estrella de neutrons o un forat negre estel·lar. En aquests casos, l'estrella de neutrons o el forat poden començar a absorbir massa de l'estel acompanyant.
El resultat, la fusió de dues estrelles o la fusió més violenta de dues estrelles de neutrons. Aquestes fusions sempre acaben a les explosions més brillants que es coneixen, les explosions de raigs X i gamma. A més, també produeixen ones gravitacionals que podem detectar.
Menys freqüents, però més impressionants, són les fusions de dos forats negres. Són els fenòmens més violents de l'univers i generen quantitats d'energia inconcebibles en forma d'ones gravitacionals.
Al centre de la nostra galàxia s'amaga un forat negre supermassiu que interactua amb la matèria circumdant. Els estudis sobre el moviment dels estels propers van revelar que la massa d'aquest forat negre és 4 milions de vegades superior a la del nostre sol.
Les observacions del telescopi Fermi van mostrar que hi ha dos grans lòbuls de raigs gamma que s'expandeixen fins a 25.000 anys llum des del centre de la nostra galàxia. Aquests lòbuls són expulsats per fenòmens

molt energètics al mateix centre de la Via Làctia.
Les galàxies els nuclis de les quals emeten enormes quantitats d'energia es coneixen com a galàxies actives: radiogalàxies, quàsars i blazars.
Els centres d'aquestes galàxies acullen forats negres supermassius, amb masses de fins a mil milions de vegades la del Sol. Aquests nuclis acumulen enormes quantitats de matèria al seu voltant i emeten raigs que s'estenen més enllà de les vores de la galàxia.
Les interaccions, col·lisions i fusions de galàxies tenen un paper crucial en la seva evolució.
Finalment, podem observar l'univers primordial, on la mort de les primeres estrelles era molt més violenta i les interaccions i fusions de les galàxies es produïen amb més freqüència.
El desxiframent dels missatges ocults que viatgen a la llum de les estrelles, als torrents de partícules exòtiques i al propi espai ens revelen l'univers en tota la grandesa.
Des de la superfície d'un petit planeta anomenat Terra, gràcies a la ciència podem entreveure els límits de l'univers visible i invisible.