

# Energia fosca

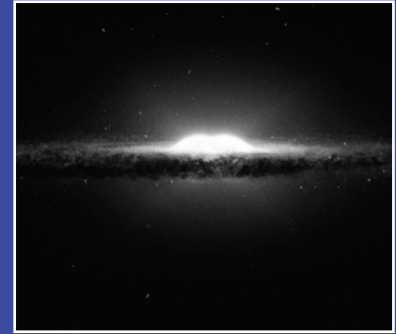
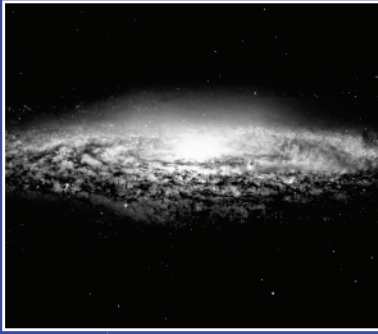
## La força invisible que mou l'Univers

Aquesta misteriosa i esquiva forma d'energia, present a tot el cosmos, sembla ser la responsable de l'expansió accelerada de l'univers, així com de la distribució de les galàxies observada avui en dia.

Per **Javier de Cruz Pérez, Joan Solà Peracaula**

**La cosmologia tal com la coneixem actualment**, com una de les branques més fascinants de la física, va néixer l'any 1915 quan Albert Einstein va formular la seva cèlebre teoria de la relativitat general. Aquesta teoria lliga de manera precisa i matemàtica la geometria de l'espai-temps i la quantitat d'energia present en aquest, de tal manera que una es veu afectada per l'altra, i viceversa. La relativitat general proporciona el marc idoni per construir models físics de l'Univers. Així, el mateix Einstein l'any 1917 va formular un model estàtic de l'Univers, o, en altres paraules, una idea d'Univers on l'espai no es pot con-

traure ni expandir, i per fer-ho va introduir en les seves equacions de camp un terme constant,  $\Lambda$ , anomenat constant cosmològica. La funció d'aquest terme, posat *ad hoc*, era compensar l'atracció gravitatòria dels diferents components massius presents a l'Univers i arribar d'aquesta manera a un equilibri. No obstant això, no tothom estava d'acord amb Einstein. Entre els anys 1922 i 1924 Alexander Friedmann va presentar el seu model, que es basava en un Univers en expansió on els objectes s'allunyen els uns dels altres a causa de la pròpia expansió de l'espai que els separa. Vam haver d'esperar uns anys per tenir



a les nostres mans la primera prova experimental sobre l'estat dinàmic o no de l'Univers. L'any 1929 Edwin Hubble va publicar uns resultats sorprenents que demostraven que en realitat Einstein estava equivocant respecte a l'Univers estàtic (com ell mateix va admetre). En essència, el que Hubble va concloure dels seus meticulosos estudis era que les galàxies s'allunyaven les unes de les altres amb una velocitat proporcional a la distància que les separava. Aquests resultats experimentals posaven de manifest que la constant  $\Lambda$  introduïda per Einstein no podia justificar-se basant-se a imposar que l'Univers fos estàtic per sempre. La majoria de cosmòlegs van donar per fet que aquesta controvertida constant tenia en realitat un valor nul. Aquest, però, estava molt lluny de ser el final d'aquesta fascinant història. L'any 1998 dos grups experimentals liderats per Adam Riess i Saul Perlmutter, respectivament, van demostrar de manera independent que l'Univers en realitat es trobava dins un període d'expansió accelerada. Aquest descobriment revolucionari es va poder dur a terme gràcies a les supernoves molt llunyanes, de fet un tipus especial anomenat supernoves S<sub>NIa</sub>, els orígens de les quals són sistemes binaris inestables formats d'un gegant vermell i un nan blanc. Aquest darrer acumula matèria del primer fins que traspasa un límit (anomenat de Chandrasekhar) més enllà del qual es produeix una terrible explosió, un veritable cataclisme còsmic. Aquestes explosions brillen amb una intensitat molt superior a la del Sol i gràcies a això poden ser detectades a distàncies de centenars de milions d'anys llum. Es va observar, però, que aquestes supernoves brillaven més feblement del que s'esperava perquè la llum produïda havia de viatjar una distància major que la pronosticada per la teoria. La conseqüència més important d'aquest fet és que l'Univers, com s'ha dit abans, ha d'haver estat en expansió accelerada a partir d'un cert moment.

La pregunta natural que podem fer-nos arribats a aquest punt és aquesta: quina és la causa d'aquesta expansió ac-

celerada? Per referir-se a la substància o força responsable d'aquest fenomen es va encunyar el terme energia fosca. Les diferents dades observacionals obtingudes de diverses fonts concorden en el fet que l'energia total de l'Univers està composta, primer de tot, per un 5% de l'anomenada matèria bariònica, que és allò de què estan fets els planetes, les estrelles i nosaltres mateixos. Després tenim un 25% de matèria fosca. En realitat també hem d'admetre que sabem ben poca cosa de la matèria fosca, de manera similar al que succeeix amb l'energia fosca. La principal diferència entre aquests dos tipus d'energia és que mentre que la primera té un efecte gravitatori atractiu, com la matèria bariònica, la segona, en canvi, té un efecte gravitatori repulsiu. L'energia fosca actua com una antigravetat. Sorprenentment, les dades apunten que conforma el 70% del contingut energètic de l'Univers, és a dir, tota la resta que mancava; la qual cosa significa que l'Univers en què vivim està dominat per aquesta misteriosa forma d'energia que penetra tots els indrets i racons. Però sabem que això no sempre ha estat així. En els inicis de l'Univers, l'energia fosca representava una petita fracció de l'energia total. A mesura que l'Univers es va anar expandint, les densitats de les altres components van anar minvant, a diferents ritmes, però sempre decreixent. En canvi, l'energia fosca va mantenir una densitat constant o quasi constant. Si tenim en compte el llarg camí de la història còsmica, podem dir que molt recentment es va donar un succés clau en què la seva densitat va sobrepassar finalment la suma total de les densitats de les components restants i es va convertir d'aquesta manera en la component dominant. L'expansió accelerada de l'Univers que observem avui en dia és la principal conseqüència d'aquest esdeveniment. Sabem que l'Univers no pot haver estat sempre en expansió; si hagués estat així, les galàxies no haurien tingut cap possibilitat de formar-se perquè qualsevol acumulació de matèria hauria quedat diluïda ràpidament i cap estructura podria haver estat formada. De fet, gràcies a l'enorme

# L'energia fosca és potser el més gran misteri de la física de tots els temps.

quantitat de dades observacionals acumulades fins a l'actualitat comencem a conèixer amb precisió el moment exacte en què es va produir el trànsit d'un Univers en expansió desaccelerada a un Univers amb una expansió accelerada, com l'actual. Una de les principals diferències entre l'energia fosca i la matèria fosca és que la primera no s'acumula mai en un lloc més que en un altre: la densitat sempre és la mateixa, aproximadament  $10^{-26}$  kilograms per metre cúbic. Una altra de les preguntes que sorgeixen una vegada queda clar que l'Univers s'expandeix acceleradament és a quin ritme exacte ho fa. Respondre a aquesta pregunta no és gens fàcil, ja que per fer-ho hem de saber amb precisió el contingut de matèria present en l'Univers i com canvia a mesura que s'expandeix.

Ara bé, finalment, què és l'energia fosca? Malauradament, avui en dia no podem donar una resposta definitiva a aquesta pregunta. La principal candidata a explicar els efectes observats és l'energia del buit, que podem tractar matemàticament com la constant cosmològica,  $\Lambda$ , proposada per Einstein al 1917, però amb un valor diferent per tal d'explicar l'expansió accelerada de l'Univers. De fet, gràcies als avenços realitzats en les teories quàntiques de camps podem arribar a fer una predicció teòrica sobre el valor de  $\Lambda$ . Insospitadament, els valors que resulten d'aquest càlcul excedeixen molt (de fet, moltíssim) el valor observat, fins al punt que es considera aquesta predicció com una de les més desastroses de la física teòrica.

Però no ens ha de descoratjar, sinó més aviat esperonar. Probablement, indica que quelcom molt important se'ns escapa i podria donar lloc eventualment a l'origen d'un nou i fonamental paradigma científic de conseqüències imprevisibles i probablement molt enriquidores. És evident que encara queda molt per conèixer sobre l'autèntica naturalesa d'aquesta «substància» (o el que sigui) que anomenem energia fosca, que sembla impregnar tots els racons de l'Univers i que, ara per ara, ha frustrat tots els nostres esforços per palpar-la directament amb els nostres detectors. Només la coneixem d'una manera indirecta, és a dir, pels seus efectes cinemàtics sobre el moviment de l'Univers. No obstant això, des que la vam «detectar» com la «causa última» de l'acceleració del Cosmos hem fet importants avenços que ens fan sentir que progressem en la direcció correcta. Gràcies a la gran quantitat de projectes en marxa actualment per aprofundir en el coneixement de l'energia fosca, ens podem permetre ser optimistes de cara al futur i tenir plena confiança que, tard o d'hora, obtindrem respostes reveladores que ens permetran desllorigar aquest gran misteri, potser el més gran de la física de tots els temps. ●

