

Galaxiek topo egiten dutenean

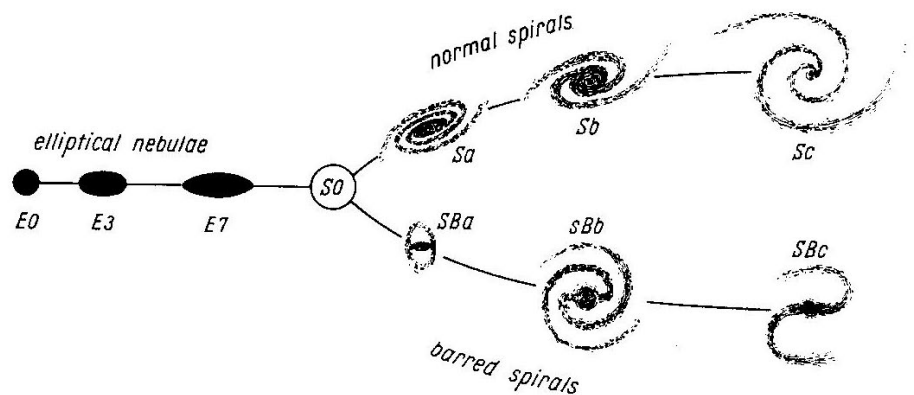
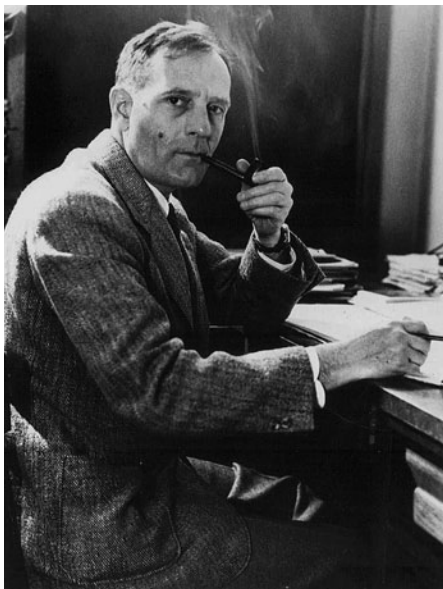
Theogonia liburuan, Hesiodok xehetasun handiz deskribatzen du munduaren sorrera. Gauza jakina da Greziako kosmogonian Zeus beste jainko guztien aita ez ezik Kronosen semea ere bazela, hau da, denboraren semea. Horrela, jainkotasunek nolabaiteko ordena kosmikoa osatzen zuten, kate luze baten zati izanik, bakoitzak eginkizun zehatz eta garrantzitsua zuelarik. Kate horretan atzera joan ahala, azken maila nork osatzen duen gure buruari galdetzen badiogu, hona hemen zein izango litzatekeen Hesiodoren erantzuna: Kaosa. Hortaz, Grezia klasikoan, nahasmena ordenaren aurrekarizat jotzen zuten. Ulertzen baino ez gara hasi greziarrek, berriro ere, arrazoa zutela: unibertsoan, kolisio bortitzak dira galaxia gehien jatorria.

IZAR-MULTZO ERRALDOIAK

Mount Wilson izeneko mendiaren tontorrean, Kalifornian, garai hartan munduko teleskopiorik handiena zena gau ilunari begira zegoen, bere 100 hazbeteko diametro itzelarekin. Teleskopioaren atzean, Edwin Hubble izeneko gizon gazteak aparatua ondo fokatuta zegoela egiaztatzen zuen gauero, eskuarekin pipa piztuari eusten ziolarik, Sherlock Holmes per-

tsonaiaren antzera. Astronomo amerikarrak 1919 eta 1926 urteen artean lortu zituen argazkiei esker, Baker Streeteko detektibearen mailako misterioa argitu zuen: M31 eta M33 nebula espiralak aztertuz, frogatu zuen mota honetako astroak gure galaxiatik at dauden izar-multzo erraldoiak direla, gauean begi-bistaz ikus ditzakegun izarrek baino askoz urrutia-ko kokatuak.

Edwin Hubble bikainak horrela ebatzi zuen astronomoen artean bukaezina bilakatzen ari zen eztabaida. Haren sinbolotzat hartu ohi da 1920ko apirilaren 26an Washingtonen egin zen hitzaldia; bertan, *Great Debate* izeneko gai korapilatsua aztertu zuten, forma espiraleko nebulosak gure galaxian kokatutako hodei moduko egiturak edota askoz urrutia-ko dauden astro erraldoiak diren, unibertso uharteen modukoak.



1. irudia: Edwin Hubble astronomoaren argazkia. Eskuinean, hark proposatutako galaxiak sailkatzeko diagrama. Diagramaren ezkerrean, galaxia eliptikoak aurki ditzakegu, kolore gorrixka dutenak eta izar zaharrez osatuak, ia gasik ez dutenak. Eskuinean, berriz, galaxia kiribilak kokatzen dira, kiribiltasunaren arabera sailkatuta. Beso espiraletan izar jaioberri urdinak daude, eta horregatik hartzen dute besoek kolore urdinxka. WESTERN WASHINGTON UNIVERSITY.

Eta Hubble izan zen eztabaida bizi hari bukaera eman ziona, gaur egun galaxiatzat hartzen ditugun egiturak gure Esne Bidetik kanpo daudela frogatuz. Baina, horretaz gain, galaxiak sailkatzeko modua ere proposatu zuen, morfologiaren arabera. Hala ere, azken hamarkadetan egindako behaketei esker, badakigu "unibertso uharte" ez dela objektu horiek adierazteko modurik egokiena, unibertsoan ia ezer ez baitago isolaturik, ezta galaxia gehienak ere.

IRRATI-UHINAK, UNIBERTSOARI BEGIRATZEKO ERA BERRIA

Nork ez ditu txikitan limoi-zukua erabiliz mezu sekretuak idatzi? Luma edo makiltxo batez baliatuz idazten genituen, eta papera hutsik zegoe-la eman arren, guk bagenekien paperak bere baitan mezua gordetzen zuela. Kandela baten sutara hurbiltzean, magia balitz bezala, mezua pixkanaka-pixkanaka agertzen zen gure begien aurrean. Horren antzeko agerpen magiko bat gertatu zen astronomoek unibertsoari uhin-luzera berriak erabilita begiratu ziotenean. Gure begiek ez dute edozein motatako argia jasotzen, espektro ikusgaiko koloreak soilik atzematen baititugu. Beste uhin-luzera batzuk ere erabiltzen ditugu eguneroko bizitzan: mikrouhinek, esaterako, janaria berotzen laguntzen digute, eta uhin luzeek irratia entzuteko aukera ematen digute. Baina gure begiek ezin dituzte uhin horiek atzeman, eta, horregatik, lehen behaketa astronomikoak uhin-luzera ikusgaietan oinarritu ziren. 1940ko hamarkadan, irrati-uhinak ere

erabiltzen hasi ziren unibertsoaren irudi zehatzagoa osatzeko, eta horrek zenbait ezuste ekarri zien astronomoei.

Ustekabeetako bat 2. irudiak irudikatzen du. Uhin ikusgaietan, ezkerreko irudian, galaxia espirala atzematen da; irrati-uhinek, aldiz, agerian uzten dute gas eta hautsez osatutako isatsa, beste galaxia batekin topo egitearen eragina. Horretaz gain, uhin-luzera berriak erabiltzerakoan, Edwin Hubble astronomoak proposatutako sailkapenetik kanpo geratzen ziren galaxia ugari aurkitu zituzten, Arp izeneko katalogoan jasotzen direnak hain zuzen. *Antennae* bezalako sistema "bereziek" (3. irudia) argi uzten zuten badaudela unibertsoan morfologia benetan bitxiak dituzten galaxiak, eta gehienak bukatu gabeko topaketak dira.

Benetan ederra izango litzateke dantza kosmiko horietako baten lekuko izatea. Tamalez, gure denbora-eskala laburren ondorioz, ezin diegu galaxien eboluzioei jarraitu. Unibertsoan, zenbat eta distantzia handiagoetara jo, orduan eta denbora-eskala luzeagoak behar ditugu aldaketak antzemateko; eta, galaxiak hain dira handiak, non haien dantzek ehunka milioi urte irauten duten. Baina, eskerrak, astronomoek badugu arazo horri aurre egiteko bidea: simulazioak. Galaxien topaketen lehen simulazioak 1972. urtean egin zituzten Toomre anaiek (ikusi 3. irudia). Momentu horretatik, eredu informatiko zehatzagoak egin izan dira, eta, haiei esker, badaki-

MIGUEL QUEREJETA PÉREZ

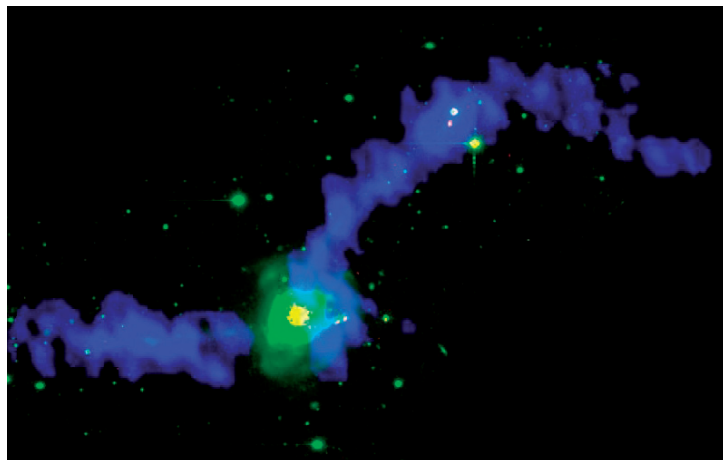
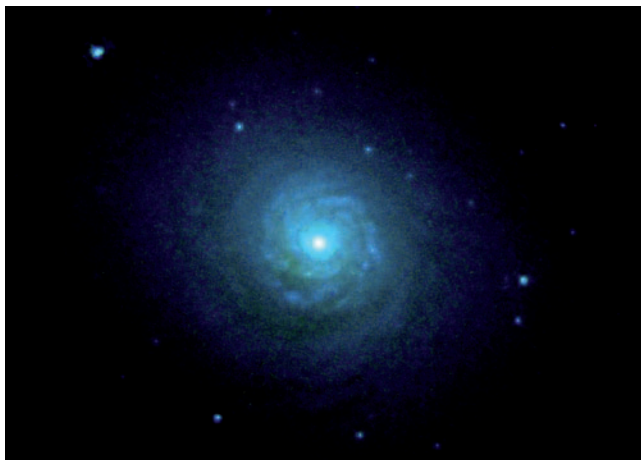


(Donostia, 1989). Fisikan lizentziatua zen, Madrilgo Unibertsitate Konplutentsean (UCM), Ezohiko Sariarekin. Nottigham-eko Unibertsitatean eta Kanarietako Astrofisika Institutuan burutu zituen lehen ikerketa-proiektuak, eta, orain, Max Planck Astronomia Institutuan, Alemanian, ari da doktoretza prestatzen, galaxien dinamikari buruz, DAGAL proiektu europarrean.

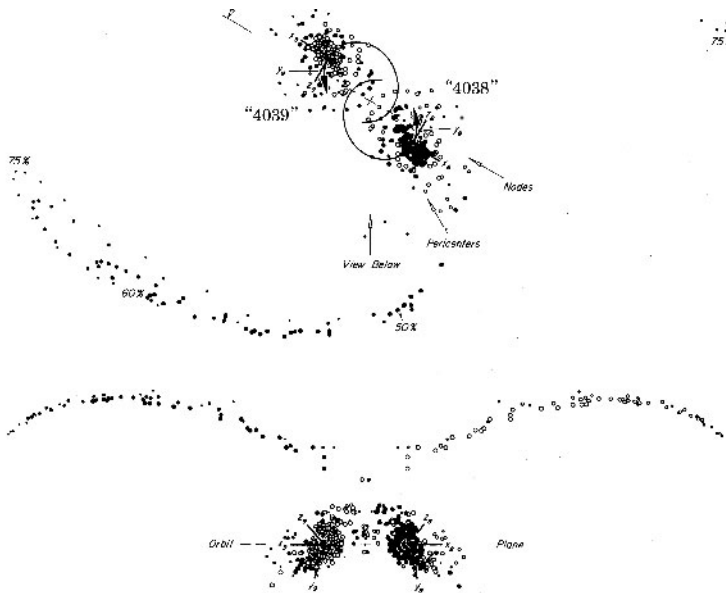
gu galaxien arteko topaketak ikuskizun paregabeak direla: batzuetan, dantza motela osatzen dute, balsek modukoa; beste askotan, elkarketa bortitzak dira, galaxien egitura guztiz eraldatzen dutenak.

IZAR ETA GALAXIEN JAIOTZA

Harrigarria bada ere, izarren arteko talka ez da ia inoiz gertatzen galaxiek elkarrekin topo egiten dutenean. Nola izan daiteke ba, milaka milioi izarrek osatutako bi astro erraldoi batzea, prozesu horren ondorioz izar-pare batek ere elkarri jo gabe? Arrazoa nahiko sinplea da, eta eskala espazialen eragin zuzena. Izarren arteko distantzia izarren tamaina baino milioika handiz handiagoa da, eta, horregatik, izarrek elkarrekin aurkitzeko probabilitatea izugarri txikia da. Adibidez, Eguzkiak milioi bat kilometro inguruko



2. irudia: Astronomoek Unibertsoari uhin-luzera berriak erabiliz begiratu ziotenean, zenbait ezuste topatu zuten. Esaterako, ezkerreko irudian NGC7252 uhin ikusgaietan nolakoa den ikus dezakegu. Irrati-uhinetan aztertuz gero, aldiz, hidrogeno eta gasez osatutako isats luzeak atzematen dira, elkarketa galaktiko baten eragina (kolore urdinez eskuineko irudian). NASA (HUBBLE SPACE TELESCOPE, HST) ETA NRAO/AUI.



3. irudia: Goian, galaxien topaketaren lehen simulazioak (Toomre & Toomre 1972). Bertan, antzeko masa duten bi galaxiaren elkarketa simulatzen da, angulo ezberdinetatik ikusita, Antennae sistema nola sor zitekeen aztertzeko. Behean, Antennae sistema bikoitzaren irudia ikus daiteke (NGC4038/39), biak konparatu ahal izateko.

TOOMRE & TOOMRE 1972; JACK HARVEY, STEVE MAZLIN, RICK GILBERT, AND DANIEL VERSCHATSE.

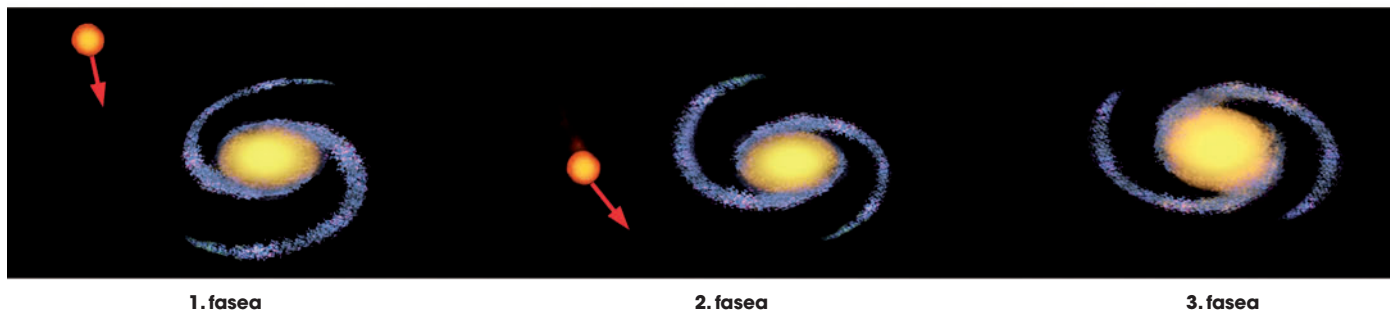
diametroa du, eta Eguzkitik hurbilen dagoen izarra, *Proxima Centauri*, 40 bilioi kilometrora dago, antzeko diametroa izanda. Tamaina eta distantziaren arteko aldea irudikatzen, futbol-zelaia erabil dezakegu: bi izar horiek zelaiaren muturretan kokatuko bagenu, Eguzkiak hauts-izpi baten tamaina izan beharko luke proportzioa mantentzeko!

Beraz, galaxien zati gehiena hutsa da, edo, hobeto esanda, oso dentsitate txikiko gas eta hautsez beteta dago. Hortaz, elkarketa galaktikoetan benetan talka egiten duena gasa da, izar berriak sortuz. Xehetasunak oraindik ez ditugu zehazki ezagutzen, baina badirudi, topaketaren ondorioz, galaxien dinamika aldatu egiten dela, gasa zentrorantz bideratuz; horrek dakarren konpresioaren legez, izarrarteko gasaren dentsitatea handitu, zatitu eta izar berriak jaio egiten dira prozesuan.

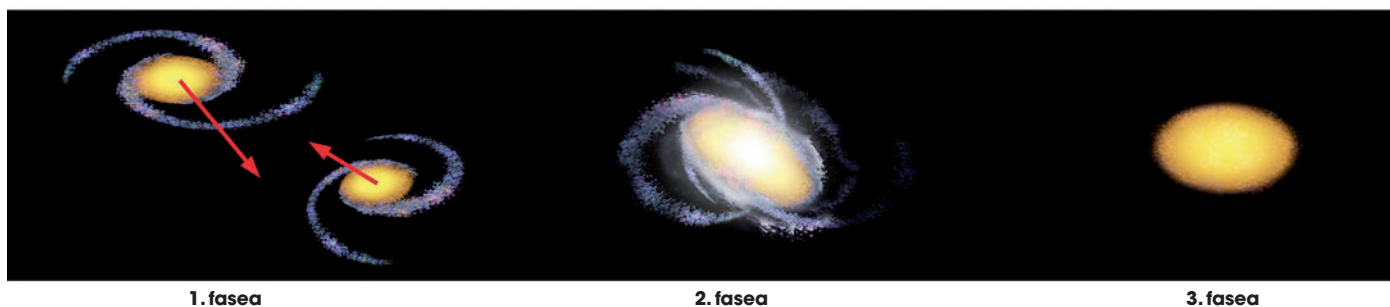
Orain arte ez dugu aipatu topaketaren emaitza zein parametrok baldintzatzen duten. Argi dago jatorrizko galaxien morfologiak zerikusia izango duela emaitzarekin: ez da gauza bera bi galaxia espiralek topo egitea edota bi galaxia eliptikoren elkarketa. Galaxien orbiten ezaugarriek ere garrantzi handia dute: hasierako abiadura, norabidea, galaxia bakoitzaren errotazio-mugimendua... Hala ere, badago elkarketa guztiak bi talde nagusitan banatzen dituen ezaugarri bat: bi galaxien arteko masa-arrazaioa, hain zuzen. Galaxia bat bestea baino askoz txikiagoa bada (*minor merger*), galaxia handiak arazorik gabe bereganatzen du bestea; prozesu kanibalista horretan, galaxia txikiak atzean uzten duen izar eta gasez osatutako isatsa atzeman daiteke. Galaxia nagusiak, aldiz, bere barneko esferoide edo erraboila zertxobait handitzen du (Hubble diagraman ezkerretara mugituz), baina gehiegi aldatu gabe. Mota honetako elkarketa apalak uste baino askoz arruntagoak dira, eta, gaur egun, galaxia gehienek bere bizitzan zehar guztienez halako bat jasan dutela pentsatzen dugu.

Masa-arrazaioaren beste muturrean, ingelesez *major merger* deritzen topaketa bortitz eta ikusgarriak aurki ditzakegu. Bi galaxiek antzeko masa dutenean, oso forma anitzak ager daitezke talka gertatzen denean. Jatorrizko galaxiak espiralak baziren, egitura espirala guztiz hautsi, eta, erdialdean, izar jaioberriz osatutako bola desordenatua agertuko da, bere inguruan elkarketaren su artifizialak oraindik nabari direla. Ehunka milioi urte batzuk igaro ondoren, aldiz, kanpoko isats horien materiala sakabana-tu egingo da, eta, kolisio bortitzak gas guztia agortu duenez, izar berririk ez da sortuko. Momentu horretatik aurrera, izar zaharrez osatutako galaxia eliptiko gorria izango dugu esku artean.

a) Galaxia espirala + masa txikiko satelitea



b) Galaxia espirala + galaxia espirala



4. irudia: Diagrama honek modu eskematikoan irudikatzen du *minor merger* eta *major merger* topaketen arteko aldea. Goiko lerroan, galaxia espiral batek galaxia nano eliptikoa bereganatzen du. Bigarren fasean, hidrogeno eta hautsez osatutako isatsa ikus daiteke. Azken fasean, aldiz, sistema erlaxatu ondoren, efektu bakarra galaxia nagusiaren errabola handitzea eta beso espiralak estutzea da. 1. irudiko diagramari erreparatzen badiogu, horrek esan nahi du galaxiak Hubble diagraman zertxobait ezkerretara egin duela. Bigarren lerroan, aldiz, antzeko masa duten bi galaxia espiralek egiten dute topo. Topaketa gertatzerakoan, bigarren fasean, egitura irregularrak eta isats luzeak nabarmenak dira. Zenbait ehunka milioi urteren ondoren, erlaxatzerakoan, galaxia eliptiko baten aurrean egongo gara. Hubble diagraman ezkerretara egin dute galaxiek kasu honetan ere, lehen baino modu nabariagoan. MIGUEL QUEREJETA PEREZ.

ESNE BIDEAREN ETORKIZUNA

Gure galaxiak ere izan du (eta izango du) auzotarren bisita. Teleskopioz haloa deritzon inguruko eremua aztertuz, gure Esne Bideak bereganatu dituen astroen azternez inguratuta gaudela jakin izan dugu. Ondorioz, Esne Bidearen gaur egungo egitura topaketa xume horien eragina dela esan dezakegu. Baina, are gehiago, gure galaxia bete-betean harrapatu dugu beste galaxia bat jaten ari zela. Sagittarius galaxia nanoa Esne Bidearen satelitea da, haren inguruan biraka dabilelako, baina pixkanaka gure Esne Bideak beregana erakartzen du, bien arteko distantzia txikiagotuz. Lehen aipatu ditugun adibideetan bezala, Sagittarius galaxia nanoak hain masa txikia duenez, apurka-apurka desegiten ari da elkar-keta aurrera joan ahala, hidrogeno eta hautsez osatutako isats luzea atzean utziz.

Baina zein ote da Esne Bidearen beraren etorkizuna? Beti izango al da galaxia espirala? Hori argitzeko, gure auzotar masiboenei erreparatu beharko genieke. Andromeda galaxia, hain zuzen, nahiko hurbil daukagu, eta abiadura-neurketek adierazten digutenez, gerturatzen ari zaigu: bi galaxien arteko talka saihetsezina da. Hemendik milaka milioi urtera gertatuko da el-karketa, eta, horren ondoren, galaxia berri bateko biztanle izango gara. Galaxia sortu berri hori erraldoia izango da, eta kanpotik kolore gorri-ka antzemango zaio; galaxia eliptiko handi bateko biztanle izango gara orduan. Eraitza horretara eramango gaituen dantza kosmikoen ezaugarri zehatzak ezin ditugu oraindik jakin, baina argi dago merezi izango duela ikuskizun paregabe horren lekuko izatea.

BIBLIOGRAFIA

- COX, T. J.; LOEB, A. (2008). "The collision between the Milky Way and Andromeda". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 386.
- KENNICUTT, R. C.; SCHWEIZER, F.; BARNES, J.E. (1998). "Galaxies: Interactions and induced star formation". *SAAS-Fee Advanced Course*, 26.
- SMITH, B.; HIGDON, J.; HIGDON, S.; BASTIAN, N. (2010). "Galaxy Wars: Star Formation and Stellar Populations in Interacting Galaxies". *ASP Conference Series*, 423.
- TOOMRE, A.; TOOMRE, J. (1972). "Galactic Bridges and Tails". *Astrophysical Journal*, 178.