

Bill Bryson

IA DENAREN HISTORIA LABUR BAT



Z izpiak

AURKIBIDEA

Esker ona	13
Hitzaurrea	15
I. KOSMOSEAN GALDUA	
1. Nola eraiki unibertso bat	23
2. Ongi etorri Eguzki Sistemara	33
3. Evans artzainaren unibertsoa	43
II. LURRAREN TAMAINA	
4. Gauzen neurria	57
5. Harri-puskatzaileak	75
6. Zientziaren hortz-hagin eta atzapar odoleztatuak	89
7. Kontu elementalak	105
III. ARO BERRI BATEN SORRERA	
8. Einsteinen unibertsoa	123
9. Atomo ahaltsua	141
10. Beruna kentzen	155
11. Muster Mark-en quarkak	165
12. Lurra mugitu egiten da	177
IV. PLANETA ARRISKUTSUA	
13. Bang!	191
14. Azpiko sua	207
15. Edertasun arriskutsua	223
V. BIZIA BERA	
16. Planeta bakartia	237
17. Troposferaraino	251
18. Itsaso mugatzailea	263
19. Biziazen sorrera	279
20. Mundu txikia	293
21. Bizia aurrera doa	311
22. Denari agur	325
23. Izatearen aberastasuna	339
24. Zelulak	357
25. Darwinen ideia berezia	367
26. Biziazen gaia	381
VI. GUGANAINOKO BIDEA	
27. Izotz-denbora	399
28. Bipedo misterioetsua	413
29. Tximino egonezina	429
30. Agur	443
Bibliografia	451



KOSMOSEAN GALDUA

1. NOLA ERAIKI UNIBERTSO BAT
2. ONGI ETORRI EGUZKI-SISTEMARA
3. EVANS ARTZAINAREN UNIBERTSOA

NOLA ERAIKI UNIBERTSO BAT

Gogor saiatu arren, inoiz ere ez zara iritsiko protoi bat, hartzen duen espazioari dagokionez, ze gauza ezdeusa den hautematera. Txikiegia da.

Protoi bat atomo baten zati infinitesimala da, eta atomoa bera nahiko gauza eskasa da. Zenbateraino txikiak dira protoiak? *i* honen puntuan adina tinta-kantitatetan, 500.000.000.000 protoi inguru egon daitezke; alegia, bostehun mila urte egiteko behar diren segundoak baino gehiago. Beraz, protoiak, nolabait esatearren, oso-oso mikroskopikoak dira.

Orain, pentsatu protoi horietako bat txikiagotu dezakezula (irudikatzea ere ezinezkoa da), protoi baten aldean txiki-txikia dirudien espazio bat izan arte, haren tamaina normalaren mila milioiren batera. Eta, orain, sartu 30 g materia espazio txiki-txiki horretan. Primeran. Unibertso bat abiarazteko prest zaude.

Betiere, unibertso inflazionista bat eraiki nahi baduzu, jakina. Big Bang erako unibertso estandar zaharkituagoa eraiki nahi baduzu, ordea, materia gehiago beharko duzu: dagoen guztia bildu behar duzu —hemendik hasi eta kreazioaren ertzetaraino dauden fits eta partikula guztiak—, eta batere dimentsiorik ez duen puntu ezin trinkoago bat izan arte zanpatu behar duzu. Singulartasun bat da hori.

Kasu batean zein bestean, prest egon eztanda handirako. Ikuskizuna ikusteko, toki seguruan egon nahiko duzu, noski. Zoritxarrez, ez dago non babesturik, ez baitago tokirik singulartasunaz kanpo. Unibertsoa hedatzean, ez da hutsune handiago bat betez zabalduko. Hedatu ahala sortzen duen espazioa baino ez dago.

Normala da, baina okerra, hutsune ilun amaigabe batean zintzilik dagoen puntu umedun baten gisa irudikatzea singulartasuna. Izan ere, ez dago espaziorik, ez iluntasunik. Singulartasunak ez du deus ere inguruan. Ez dago hark okupa dezakeen espaziorik, ez hura egoteko tokirik. Ezin dugu galdetu ezta noiztik dagoen ere —ea azkenaldian sortu den (ideia on bat bezala), ala betidanik egon den han, lasai, une egokiaren zain—. Ez dago denborarik. Ez dago iraganik (handik sortzeko).

Beraz, ezerezetik, gure unibertsoa hasi egiten da.

Taupada itsugarri bakar batean, dimentsio zerutiarra, ezin susma ahalako espazioa, hartzen du singulartasunak; hitzez azaltzeko bizkorregia eta hedagarria da une loriatsu hori. Lehen segundo bizi horrek grabitatea eta fisika arautzen duten beste indarrak sortzen ditu (kosmologo askok segundo hori aztertzen eta xehatzen ematen dituzte beren lan-urteak). Minutua bete baino lehen, mila bilioi kilometro baino gehiago ditu unibertsoak, eta bizkor hazten ari da. Bero handia dago orain, 10.000 milioi gradu, elementu arinenak sortzeko erreakzio nuklearrak abiarazteko nahikoa: hidrogenoa eta helioa sortzen dira, batez ere, baina litio pixka bat ere bai (ehun milioi atomoko atomo bat, gutxi gorabehera). Hiru minutu geroago, dagoeneko ekoitzi da inoiz izango den materia guztiaren % 98. Badugu unibertsoa. Aukera ezin zoragarriagoak eta gogobetegarriagoak ditu unibertsoak, eta ederra ere bada. Gainera, ogitarteko bat prestatzeko behar den denbora pasatu orduko, dena egina dago.

Nolabaiteko eztabaidagaia da noiz gertatu zen hori. Kosmologoen luze eztabaidatu dute sorrera orain dela hamar mila milioi urte ala orain dela hogeita mila milioi urte gertatu zen, edo bi data horien artean. Badirudi gehienek orain dela 13.700 milioi urte kokatzen dutela sorrera, baina gauza horiek neurtzea oso zaila da (ikusiko dugu aurrerago). Benetan esan daitekeen gauza bakarra da oso aspaldiko une zehaztugabe batean, ezagutzen ez ditugun arazoak zirela medio, zientzian $t = 0$ izenez ezagutzen den unea gertatu zela. Hor abiatu zen gure ibilbidea.

Ezagutzen ez dugun gauza asko dago, noski. Eta ustez ezagutzen ditugun gauza ezezagunak izan zaizkigu denbora luzez, edo ezagutzen ez genituela uste izan dugu. Adibidez, Big Bangaren ideia nahiko berria da. Kukuka ibili da 1920ko hamarkadan Belgikako Georges Lemaître apaiz jakintsuak lehenengoz proposatu zuenetik. Dena den, ez zen kosmologiako ideia aktibo bihurtu 1960ko hamarkadaren erdialdean bi irrati-astronomo gaztek ustekabeko aurkikuntza aparta bat egin zuten arte.

Irrati-astronomo horiek Arno Penzias eta Robert Wilson ziren. Bell laborategien Holmder-eko (New Jersey) komunikazio-antena handia erabiltzeko saioak egiten ari ziren 1965ean, baina etengabeko hondo-zarata batek traba egiten zien. Lurrun-txistu egonkor hark eragotzi egiten zituen saiakuntza-lanak. Zarata tinkoa eta lausoa zen. Zeruko alde guztietatik zetorren, egunez eta gauez, urtaro guztietan. Urtebetez, bururatu zitzairen guztia egin zuten astronomo gazteek zarataren jatorria zein zen jakin eta hura ezabatzeko. Sistema elektriko guztiak probatu zituzten. Tresnak berreraiki zituzten, zirkuituak ondo zeuden begiratu, kableak mugitu, entxufeei hautsa kendu... Antena parabolikora igo ziren, eta zinta itsasgarria jarri zuten juntura eta errematxe guztietan. Atzera igo ziren antena parabolikora, erratzak eta eskuilak hartuta, eta kontu handiz garbitu zuten hango “materia dielektriko zuria”, alegia, zirina. Probatutako guztiak huts egin zuen.

Haiek jakin gabe, handik 50 kilometrora, Princetongo Unibertsitatean, desagerrarazi nahi zuten hori nola aurkitu jakin nahian zebilen ikertzaile-talde bat Robert Dicke-ren zuzendaritzapean. Errusian jaiotako astrofisikari George Gamow-ek 1940ko hamarkadan iradokitako ideia baten atzetik zebiltzan Princetongo ikertzaileak: espazio sakonera (behar bezain sakonera) begiratzuz gero, Big Bangaren hondo-erradiazio kosmikoen hondarrak aurkitu beharko lirerateke. Gamowen kalkuluen arabera, erradiazioak, kosmos zabala zeharkatu ondoren, mikrouhin gisa iritsi behar luke Lurrera. Argitalpen berriago batean, lan horretarako tresna egokia zein izan zitekeen adierazi zuen: Holmdel-eko Bell antena. Zoritxarrez, ez Penziasek edo Wilson-ek, ez Princetongo lantaldeko inork ez zuen Gamowen argitalpen hori irakurri.

Penziasek eta Wilson-ek entzuten zuten zarata hura Gamowek aldarrikatutako zarata zen, noski. Unibertsoaren muga aurkitu zuten, edo, gutxienez, haren alde ikusgarria, hemendik 145 bat mila trilioi kilometrora. Lehen fotoiak —unibertsoko argirik zaharrena— “ikusten” ari ziren, denbora eta espazioa zeharkatuz mikrouhin bihurtuta, Gamowek iragarri bezala. Aurkikuntza hori bere neurrian ulertzen laguntzeko, analogia bat ematen du Alan Guth-ek *The Inflationary Universe* (Unibertso inflazionista) liburuan. Demagun unibertsoaren sakonera begiratzea Empire State eraikineko ehungarren solairutik behera begiratzea dela (non ehungarren solairua oraina baita, eta kalea, berriz, Big Bangaren unea). Wilson-ek eta Penziasek aurkikuntza egin zutenean, inork inoiz antzemanak zituen galaxia urrunenak hirurogeigarren solairu inguruan zeuden, eta gauza urrunenak —quasarrak—, berriz, hogeigarren solairu inguruan. Penziasen

eta Wilsonen aurkikuntzak unibertso ikusgarriaren ezagutza ataritik zentimetro batera kokatu zuen.

Biek ala biek artean ez zekiten zerk eragiten zuen zarata, eta Dickeri telefonoz hots egin zioten Princetonera; arazoa azaldu zioten, argitzen lagunduko zien esperantzan. Dicke berehala ohartu zen bi gazteek aurkitu zutenaz. “Tira, mutilak, irabazi egin digute”, esan zien lankideei telefonoa eseki bezain laster. Handik gutxira, bi artikulu argitaratu ziren *Astrophysical Journal* aldizkarian: lehenean, txistuarekin izandako esperientziaren berri eman zuten Penziasek eta Wilsonek, eta, bigarreanean, txistuaren jatorria azaldu zuen Dickeren lantaldeak. Peziasek eta Wilsonek ez zuten hondo-erradiazio kosmikoa bilatu, eta, aurkitu zutenean, ez zekiten zer zen, eta ez zuten aldizkarietan haren izaera azaldu edo interpretatu; eta, hala eta guztiz ere, Fisikako Nobel saria jaso zuten 1978an. Princetongo ikertzaileek, aldiz, elkartasuna besterik ez zuten jaso. Dennis Overbye-k *Lonely Hearts of the Cosmos* liburuan azaltzen duenez, ez Penziasek ez Wilsonek ez zuten ulertu beren aurkikuntzaren garrantzia harik eta *New York Timesen* horren berri irakurri zuten arte.

Bestalde, guztiok nozitu dugu hondo-erradiazio kosmikoaaren asaldua. Jarri telebista emisiorik hartzen ez duen kanal batean, eta dantzan ikusten den zarata estatikoaren ehunetik bat Big Bangaren hondar zaharrari dagokio. Telebistan deus ere ez dagoela-eta kexu zaren hurrengoan, gogoratu beti duzula unibertsoaren jaiotza ikusteko aukera.

Denek deitzen diote Big Bang, eztanda handia, baina liburu askok ohartarazten digute ez irudikatzeke leherketa arrunt baten gisa. Bat-bateko hedapen izugarria izan zen, eskala erraldoikoa. Zerk eragin zuen?

Batzuek diote singularitasuna lehenagoko unibertso suntsitu baten erlikia zela, eta hedatu eta uzkurto egiten diren unibertsoen betiereko zikloko unibertso bat besterik ez dela gurea (oxigeno-makina baten puxika bat bezalakoa). Beste batzuek, aldiz, “huts faltsua”, “eremu eskalarra” edo “huts-energia” deitzen diotenari egozten diote Big Banga, eta hori da, hain zuzen, alde zurretik zegoen ezerezean nola edo hala ezegonkortasun-neurri bat sartu zuen ezaugarria edo gauza. Ezinezkoa dirudi ezerezetik zerbait lortzea, baina posible da: lehen ez zegoen deus ere, eta orain unibertsoa dago; horra hor frogarria. Litekeena da gure unibertsoa beste unibertso handiago batzuen parte izatea —horietako batzuk beste dimentsio batzuetan egon daitezke—, eta Big Bangak etengabe alde guztietan gertatzea. Baina, bestalde, baliteke espazioak eta denborak Big Bangaren aurretik beste forma batzuk izatea —guretzat irudikaezinak—, eta Big Banga

bikoiztu zuen 10^{-34} segundoan behin. Litekeena da prozesu osoak 10^{-30} bat segundo baino gehiago ez iraun izana —alegia, segundo baten milioirenaren milioirenaren milioirenaren milioirenaren miloirena—, baina unibertsoa aldatu egin zuen: ukigarri bihurtu zen, eta 10.000.000.000.000.000.000.000.000.000 bider handiagoa egin zen. Inflazioaren teoriak gure unibertsoa posible egiten duten uhinak eta zurrunbiloak azaltzen ditu. Hori gabe, ez litzateke materia-pilaketarik izango, eta, ondorioz, izarrik ere ez; gasa jitoan ibiliko zen, eta betiereko iluntasuna izango zen.

Guthen teoriaren arabera, segundo baten bilioirenaren bilioirenaren bilioirenaren milioirenaren hamarrenean agertu zen grabitatea. Beste denbora-tarte labur-labur baten ondoren, elektromagnetismoa eta indar nuklear indartsua eta ahula agertu ziren (fisikaren osagaiak). Horiei partikula elementalen uholdea gehitu zitzaien (materiaren osagaiak). Ezerezetik, bat-batean, fotoi-, protoi-, elektro- eta neutroi-saldoak sortu ziren —bakoitzetik 10^{79} - 10^{89} —, eta beste gauza asko ere bai, Big Bangaren teoria klasikoaren arabera.

Kantitate horiek atzemanekin dira, noski. Nahikoa da jakitea une burrunbatsu bakar batean unibertso izugarri bat izatera pasatu ginelako —gutxienez ehun mila milioi argi-urte luze dena, teoriaren arabera, baina infinitura bitarteko edozein tamaina izan dezakeena—, eta unibertso hori izarrak, galaxiak eta beste sistema konplexu batzuk sortzeko egoera ezin hobean zegoela.

Eta, gure ikuspegitik, harrigarria da zeinen ondo gertatu zen dena guretzat. Unibertsoa bestela eratu izan balitz —grabitatea pixka-pixka bat indartsuagoa (edo ahulagoa) balitz, hedapena polikixeago (edo bizkorxeago) gertatu izan balitz—, agian ez zen gerok eta gure oinarri den lurra eratzeko elementu egonkorrik inoiz sortuko. Grabitatea pixka bat indartsuagoa izan balitz, gerta zitekeen unibertsoa bera kolapsoraino uzkurtzea, gaizki muntatutako kanpin-denda bat bezala, beharrezko dimentsioak, dentsitatea eta elementuak sortzeko balio egoki zehatzak ez izateagatik. Ahulagoa izan balitz, aldiz, deus ere ez zen fusionatuko. Unibertsoa hitsa, sakabanatua eta hutsa izango zen betiko.

Horregatik uste dute adituek litekeena dela beste Big Bang asko —bilioika eta bilioika— gertatu izana betierekotasunean, eta unibertso jakin honetan ezinbestean gaudela gu, ezingo baikinake beste batean existitu. Columbiako Unibertsitateko Edwar P. Tryon-ek honela esan zuen behin: “Zergatik gertatu ote zen galderari erantzuteko proposamen apal bat dut: unibertsoa noizean behin gertatzen den gauza horietako bat da, ez besterik”. Eta Guthek erantsi zuen: “Unibertsoaren sorrera gertagaitza

izan liteke, baina Tryonek azpimarratu zuen inork ere ez dituela zenbatu hutsean geratutako saioak”.

Britainia Handiko errege-astronomo Martin Rees-ek uste du unibertso asko daudela, agian infinitu, unibertso bakoitzak bere ezaugarriak dituela, konbinazio desberdinak, eta gauzak guri existitzeko aukera emateko moduan konbinatzen dituen unibertsoan bizi garela, besterik gabe. Analogia bat egiten du arropa-denda handi batekin: “Arropa asko badago, ez zara harritzen zuretzat egokia den bat aurkitzean. Unibertso asko badaude, bakoitza bere zenbaki-sortaren arabera arautua, horietako batek bizitzarako zenbaki-sorta egokia izango du. Eta gu unibertso horretan gaude”.

Reesen ustez, sei zenbaki jakinek gobernatzen dute gure unibertsoa, eta, balio horietakoren bat pixka bat aldatuz gero, gauzak ezingo lirатеke diren bezalakoak izan. Adibidez, unibertsoa den bezalakoak izateko, hidrogenoak helio bihurtu behar du modu zehatz baina nahiko dotorean (hain zuzen, masaren zazpi milaren energia bihurtuz). Balio hori txikixeagoa balitz —esate baterako, ehuneko 0,07 beharrean, ehuneko 0,06—, ez litzateke eraldaketarik gertatuko, unibertsoa hidrogeno hutsez osatua egongo litzateke. Balio hori handixeagoa balitz —adibidez, ehuneko 0,08—, loturak neurritz kanpo egingo lirатеke, eta aspaldi agortua egongo litzateke hidrogenoa. Kasu batean zein bestean, ezagutzen eta behar dugun unibertsoaren zenbakiak pixka bat aldatuta, gu ez ginатеke hemen izango.

Esan beharko nuke dena behar bezalako delа, *oraingoz*. Epe luzera, gerta daiteke, batetik, grabitatea behar baino pixka bat indartsuagoa izatea. Egunen batean, unibertsoaren hedapena geldiaraz dezake, eta unibertsoa uzkurraz, bere burua beste singularitasun bat bihurtu arte, segur aski, ondoren, prozesu osoari berrekiteko. Bestetik, gerta daiteke grabitatea ahulegia izatea. Kasu horretan, unibertsoa etengabe hedatuko litzateke materiak elkarri eragiteko aukerarik ez lukeen arte, eta, orduan, unibertsoa toki zabala izango litzateke, baina inerte eta hila. Hirugarren aukeraren arabera, grabitatea tamaina-tamainakoa da —“dentsitate kritikoa” da kosmologoek erabiltzen duten terminoa—, eta unibertsoari eutsiko dio, gauzek betiko horrela jarraitzeko behar den tamaina egokian. Kosmologoek “Urrekizkur-efektu”² ere deitu izan diote erdi-txantxetan, dena neurri-neurrikoa delа adierazteko. (Inork

² ITZULTZAILEAREN OHARRA: *Urrekizkur eta hiru hartzak* ipuineko protagonista da Urrekizkur neskatoa. Hiru hartzak paseatzera joaten dira ipuinean, eta haien etxean sartzen da Urrekizur zokomiatzera. Aurkitutako guztiak probatzen ditu (aulkiak, afaria, oheak...). Probatzen duena probatzen duela, lehenengoa ez zaio gustatzen (beroegi dago, gogorregia da...) eta bigarrena ere ez (hotzegi dago, guriagia da...), baina hirugarrena bai, hirugarrena neurri-neurrikoa du.

jakin nahi badu, unibertso horiek itxia, irekia eta laua izena dute, hurrenez hurren).

Baina, lehenago edo geroago, galdera hau bururatu zaigu guztioi: Zer gertatuko litzateke unibertsoren mugaraino bidaiatu eta burua ateraz gero, nolabait esateko, errezelen artetik bezala? Non egongo litzateke burua, ez badago unibertsorik? Zer topatuko genuke mugaz bestaldean? Erantzuna, tamalez, etsigarria da: ezin da inoiz ere unibertsoren ertzera iritsi. Eta ez da denbora luzeegia beharko genukeelako (nahiz eta hori horrela izan), baizik eta lerro zuzen bati jarraituz kanporantz joan eta joan arren —etengabe, temati— inoiz ere ez ginatekeelako kanpoko mugara iritsiko. Atzera hasierara itzuliko ginateke (eta, ordurako, saiatzeko gogoia galdua izango genuke segur aski, eta amore emango genuke). Unibertsoa kurbatua delako gertatzen da hori, Einstein-en erlatibitatearen teoriaren arabera (azalduko dugu hori, bere garaian). Eta kurbatze hori ez da behar bezala irudikatzen erreza. Oraingoan, nahikoa dugu jakitea ez goazela jitoan etengabe hedatzen ari den burbuila handi baten barruan. Espazioa kurbatu egiten da, baina ez edonola, mugarik izan ez arren finitua izateko moduan baizik. Ez da zuzen-zuzena espazioa hedatzen ari dela esatea; izan ere, Steven Weinberg fisikari Nobel saridunak adierazi duenez, “eguzki-sistemak eta galaxiak ez dira hedatzen ari, eta espazioa bera ez da hedatzen ari”. Aitzitik, galaxiak elkarrengandik urruntzen ari dira, bizkor asko. Ez da erronka makala intuizioarentzat! J.B.S. Haldane biologoak adierazpen ezagun hau egin zuen: “Unibertsoa, irudikatzen dugun baino bitxiagoa ez ezik, irudika dezakegun baino bitxiagoa da”.

Unibertsoren kurbatura azaltzeko, analogia hau erabiltzen da normalean: azalera lauez osatutako unibertso bateko norbait imajinatu behar da, inoiz ere esferarik ikusi ez duena, eta Lurrera ekarri. Ez du axola Lurraren azalean zenbat ibiltzen den, inoiz ere ez du ertzik topatuko. Eta, apika, hasierako puntura itzuliko da, baina nekez ulertuko du gertatutakoa. Hala, lurralde lauetako biztanle harrituaren egoera berean gaude gu, unibertsoari dagokionez, baina goragoko dimentsio batek nahasten gaitu.

Eta unibertsoren ertza aurkitzeko modurik ez dagoen era berean, ez dago lekurik zutitu eta “hemen hasi zen dena, hau da guztiaren erdigunea” esateko aukera ematen duenik. Guztiak gara guztiaren erdigune. Egia esan, ez dakigu hori erabateko segurtasunez; ezin dugu matematikoki frogatu. Zientzialariek jotzen dute ezin garela benetan unibertsoren erdigunea izan —pentsa zer ondorio izan litzakeen horrek—, baina fenomeno hori berdina dela unibertsoren edozein puntutan kokatutako ikusle guztientzat. Dena den, jakin, ez dakigu.

Guri dagokigunez, unibertsoa sortu zenetik argiak milioika urtean egin duen bidea bezain urruti iristen da unibertsoa, ez gehiago. Unibertso ikusgarri hori —ezagutzen duguna, azaldu dezakeguna— bilioi bat bilioi milia luze da (1,6 koatrilioi kilometro, 1.600.000.000.000.000.000.000.000 km). Baina, unibertsoaren teoria gehienen arabera, unibertso osoa (metaunibertso deitu izan zaiona) askoz ere handiagoa da. Rees-en arabera, unibertso ikusezin handiago horren ertzerainoko distantzia argi-urtetan idazteko, “hamar zero ez lirateke aski, ezta ehun ere, milioika zero beharko lirateke”. Laburbilduz, imajina dezakegun baino zabalagoa da espazioa, gehiago bilatzeko lanik hartu gabe ere.

Big Bangaren teoriak hutsune kezkarri bat izan du denbora luzez: ezin zuen azaldu nola iritsi garen gaur egunera. Materiaren % 98 Big Bangean sortu bazen ere, materia hori gas arinez soilik osatua zegoen: helioa, hidrogenoa eta litioa, lehenago aipatu bezala. Baina guk izateko behar ditugun materia astunen partikula bat ere ez zen agertu sorreran (karbonoa, nitrogenoa, oxigenoa eta gainerakoak). Hala (eta hau zen zalantza kezkarria), elementu astun horiek forjatzeko, Big Bangak kanporatutako bero- eta energia-mota behar dira. Baina Big Bang bakarra izan da, eta ez zituen ekoitzi. Beraz, nondik atera dira? Galdera horren erantzuna aurkitu zuen kosmologoak arbuia egiten zuen Big Bangaren teoria, eta, sarkasmoz beteta, teoriari burla eginez, sortu zuen Big Bang terminoa.

Berehala joko dugu harengana, baina, horren aurretik, merezi du “hemen” zehatz-mehatz non dagoen minutu batzuek hausnartzea.

KOSMOSEAN GALDUA | 2. ATALA

ONGI ETORRI EGUZKI-SISTEMARA

Astronomoek, gaur egun, gauza txundigarriak egin ditzakete. Inork Ilargian pospolo bat piztuko balu, haren argia ikusi ahal izango lukete. Urrutiko izarren taupada eta dar-dar txikietatik, haien tamaina eta izaera ondoriozta ditzakete, eta planetak bizitzeko egokiak diren ere bai, ikusteko urrutiegi daudenean (adibidez, espazio-ontzi batean haietara iristeko milioi-erdi bat urte beharko genituzkeenean). Irrati-teleskopioei esker, oso erradiazio-izpi ahulak hauteman ditzakete. Zenbateraino ahulak? Eguzki-sistematik kanpoko erradiazio hori 1951n biltzen hasi zirenetik orain arte bildu duten energia guztia batuta, Carl Sagan-en arabera, “elur-maluta bakar batek lurra jotzean baino energia gutxiago” lortzen da.

Laburbilduz, unibertsoan gertatzen diren gauza askoren berri izan dezakete astronomoek, hala nahi izanez gero. Hori kontuan hartuta, oso bitxia da 1978 baino lehen inor ere ez ohartu izana Plutonen ilargiaz. 1978ko udan, Flagstaff-eko Lowell behatokian (Arizona), James Christy izeneko astronomo gazteak zerbait ikusi zuen Plutonen argazki batzuen ohiko azterketa egiten ari zela. Gauza lausoa eta zehaztugabea zen, baina Plutonetik bereizia zegoen, zalantzarik gabe. Robert Harrington lankideari galdetu zion, eta ilargi bat zela ondorioztatu zuen. Baina ez zen edozein ilargi. Planetaren tamainarekiko proportzioan, eguzki-sistemako ilargirik handiena zen.

Aurkikuntza horren aurretik, Plutonen planeta-izaera ez zen oso sendoa, baina ilargia topatzea kolpe latza izan zen.

Ordura arte, uste zuten Plutonek eta haren ilargiak hartzen zuten espazioa bat eta bakarra zela. Beraz, Pluton uste baino askoz ere txikiagoa zen —Merkurio baino txikiagoa, hain zuzen—. Eguzki-sistemako zazpi ilargi, gurea barne, Pluton baino handiagoak dira, alajaina.

Horrek beste galdera bat dakar berekin: zergatik behar izan zen hainbeste denbora gure eguzki-sisteman ilargi bat aurkitzeko? Batetik, astronomoen tresnek nora begiratzen duten dago; bestetik, tresna horiek zeri antzemateko eraiki ziren; eta, azkenik, Pluton bera. Arrazoiaren zati handiena tresnen jomugari zor zaio. Honela azaldu du Clark Chapman astronomoak: “Jende gehienak uste du astronomoak gauzez joaten direla behatokitara, eta zerua miatzen dutela. Hori ez da horrela. Munduko teleskopio gehienak oso urrutiko zeru-zati txiki-txikiei behatzeko prestatuak daude, quasarrak ikusteko, zulo beltzak ehizatze edo galaxia urrunei begiratzeko. Zeruari behatzen dion benetako teleskopio-sare bakarra militarrek diseinatu eta eraiki dute”.

Gaizki ohitu gaituzte astronomian benetakoa ez den bereizmen argiko irudiak eman dituzten artistek. Christyren argazkiko Pluton eskasa eta lausoa zen —biloxka kosmiko bat—, eta haren ilargia, berriz, lausotasun gehigarri zehaztugabe txiki-txiki bat —eta ez *National Geographic*eko marrazkietan ikus daitekeen profil zehatzeko esfera atzetik erromantikoki argiztatua—. Pentsa zenbaterainokoa zen lausotasuna... zazpi urte behar izan ziren norbaitek ilargia berriro ikusteko, eta, ondorioz, haren existentzia berresteko.

Christyren aurkikuntzan badago bitxikeria bat: Flagstaffen egin zuen aurkikuntza, hain zuzen, 1930ean Pluton lehenengoz aurkitu zuten tokian. Plutonen aurkikuntza, astronomiako gertakari garrantzitsua, Percival Lowell astronomoari zor zaio neurri handi batean. Lowell, jatorriz, Bostongo familia zahar eta aberatsenetako batekoa zen (hain zuzen, Bostoni buruzko olerkitxo batean aipatzen den familiakoa: Boston babarrunen eta bakailaoaren herria da, non lowelldarrak cabotarrekin soilik mintzatzen diren, eta cabotarrak Jaikoarekin soilik mintzatzen diren), eta bere izeneko behatoki ospetsua diruz lagundu zuen. Baina, ezaguna bada, Marteren azala planetaren poloetatik ekuatore-inguruko lur emankor eta lehorretara ura eramateko martetarrek eraikitako ubidez estalia zegoela esan zuelako da, batez ere.

Lowellek bazuen beste uste sendo bat ere: pentsatzen zuen artean ezagutzen ez zuten bederatzigarren planeta bat, X Planeta, zegoela Neptuno baino urutiago. Uranoren eta Neptunoren orbitetan hautemandako irregulartasunetan

oinarritzen zuen sineste hori, eta ustez han zegoen gasezko erraldoia bilatzen eman zituen bere bizitzako azken urteak. Zoritzarrez, bat-batean hil zen 1916an, besteak beste bilaketa horrek akituta. Bilaketa etenda egon zen Lowellen oinordekoak haren ondasunak zirela-eta sesioan ibili ziren bitartean. Hala eta guztiz ere, 1929an, Lowell behatokiaren zuzendariak bilaketari berrekitea erabaki zuten, besteak beste, jendearen arreta Marteko kanalen istorioetatik urruntzeko (ordurako lotsa-iturri bihurtua baitzen kontu hori), eta Kansasko Clyde Tombaugh gaztea kontratatu zuten.

Tombaughek ez zuen astronomia-ikasketa ofizialik, baina arretatsua eta zuhurra zen, eta, urtebetez bilaketan aritu ondoren, Pluton —zeru distiratsu bateko argi-puntu ahul bat— aurkitu zuen. Mirarizko aurkikuntza izan zen, eta, hau da harrigarriena, Neptunotik haratago planeta bat zegoela aurreikusteko Lowellek oinarritzat hartu zituen behaketak erabat okerrak ziren. Ikusi orduko konturatu zen Tombaugh planeta berria ez zela, inondik inora, Lowellek postulatutako gasezko bola handia. Baina garai hartan erraz harrotzen ziren bazterrak, eta edozein albiste handik eragiten zuen zorabioak bizkor baztertu zituen Tombaugh (eta beste edonork) planetaren izaerari buruz zituen zalantzak. Hori izan zen Estatu Batuetan aurkitutako lehen planeta, eta inork ere ez zuen pentsatu nahi puntu izoztu urrun bat besterik ez zela. Pluton deitu zioten planetari, besteak beste, lehenengo bi letrek Lowellen inizialen monograma osatzen dutelako. Lowelli talentu handiaren aitortza egin zioten non-nahi —hilondoko aitortza, bistan denez—, eta Tombaugh ahaztu egin zuten, planeta-astronomoek izan ezik —horiek miretsi egiten zuten—.

Astronomo batzuek oraindik uste dute litekeena dela hor egotea X planeta, benetako erraldoia, beharbada Jupiter halako hamar dena, baina guk ikusteko urrutiegi (oso eguzki-argi gutxi iritsiko litzaioke, eta ez luke ia batere islatuko.) Haien ustez, ez litzateke Jupiter edo Saturno bezalako ohiko planeta bat izango, urrutiegi bailegoke horretarako —7,2 bilioi kilometrora—, baizik eta inoiz ere osatu ez den eguzki baten tankerakoa. Kosmoseko izar-sistema gehienak bitarrak dira (bi izarrekoak), eta gure Eguzki bakartia gauza bitxi samarra da.

Plutoni berari dagokionez, inork ez daki ziur zein handia den, nola osatua dagoen, zer atmosfera duen edo benetan zer den. Astronomo askok uste dute ez dela, inola ere, planeta bat, baizik eta hondakin galaktikoz osatutako Kuiperren gerrikoko elementu bat (orain arte aurkitutako handiena), besterik ez. Kuiperren gerrikoaren postulatua F. C. Leonard astronomoak egin zuen 1930ean, baina Gerard Kuiper-en ohoretan eman

zioten izen hori, Herbehereetan sortu eta Estatu Batuetan lan egiten zuen astronomoak zabaldu baitzuen ideia hori. Kuiperren gerrikoa periodo laburreko kometen iturburua da. Periodo laburreko kometak nahiko erregular pasatzen dira. Horien adibide ospetsuena Halley kometa da. Periodo luzeko kometa bakartiak (besteak beste, azkenaldian bisitatu gaituztenak, Hale-Bopp eta Hyakutake) askoz ere urrutiagotik datoz, Oort hodeitik, hain zuzen (laster aipatuko dugu xeheago).

Argi dago Plutonek ez duela beste planeten antz handirik. Txikia eta iluna da, eta oso mugimendu aldakorak ditu (inork ere ezin du asmatu hemendik ehun urtera non egongo den Pluton zehatz-mehatz). Beste planeten orbitak, gutxi gorabehera, plano batean daude, baina Plutonen orbitak, nolabait esateko, 17 graduko angelu bat osatzen du lerrokadura horrekiko (kapela baten hegala norbaiten buruan dotore okertua dagoenean bezala). Eta Plutonen orbita oso irregularra da: Eguzkiaren inguruan ematen dituen bira bakartien zati handi batean, Neptuno baino hurbilago daukagu. 1980ko eta 1990eko hamarkada ia osoetan, Neptuno izan zen eguzki-sistemako planetarik urrunena. 1999ko otsailaren 11n itzuli zen kanpoko ibilbidera, eta han geldituko da datozen 228 urteetan.

Hala, Pluton, planeta bat izatekotan, planeta arraroa da, arraroa denez. Oso txikia da: Lur planetaren ehuneko baten laurden bat, hain zuzen. Estatu Batuen gainean jarriz gero, Kanadaren eta Mexikoren arteko berrogeita zortzi estatuen erdiak ere ez lituzke estaliko. Ezaugarri hori bakarrik nahikoa da Pluton ezin arraroagoa izateko: gure planeta-sisteman, lau planeta harritsu daude barruko orbitetan, lau erraldoi gaseoso daude kanpoko orbitetan, eta, horiez gain, izotz-bola bakarti nano bat ere badago. Gainera, arrazoiak badaude pentsatzeko laster aurkituko direla, espazioko eremu berean, beste izotz-bola batzuk (baita Pluton baino handiagoak ere). Orduan izango dira komeriak. Christyk Plutonen ilargia aurkitu zuenean, kosmosaren alde horri arreta handiagok behatzen hasi ziren astronomoak, eta, 2002ko abendurako, Neptunoz haraindiko seiehun objektu (edo plutino) baino gehiago aurkitu zituzten. Horietako bat, Varuna, ia Plutonen ilargia bezain handia da. Eta astronomoek uste dute horrelako milaka milioi objektu egon daitezkeela. Baina horietako asko ilun-ilunak dira, eta horrek zaildu egiten du lana. Normalean, horien albedoa (islakortasuna) % 4 soilik da, hots, egur-ikatz pila batena bezalakoa, eta, jakina, “egur-ikatz pila” horiek sei mila milioi kilometrora baino gehiagora daude.

Eta nolako urruti da hori? Ia imajinaezina da. Espazioa ikaragarri handia da. Itzela. Demagun espazio-ontzi batean

bidaiatzeko asmoa dugula, gure atseginerako eta denbora pasatzeko. Ez gara oso urruti joango. Gure eguzki-sistemaren ertzeraino baizik ez. Baina espazioa zeinen handia den eta guk zeinen zati txikia hartzen dugun argitu nahi dugu.

Bada berri txarrik: ez gara afaltzeko garaiz itzuliko etxera. Argiaren abiadura joanda ere (300.000 kilometro segundoko), zazpi ordu beharko genituzke Plutonera iristeko. Baina ezin dugu argiaren abiadura bidaiatu. Espazio-ontzien abiadura joan beharko dugu, eta, tamalez, nahiko motelak dira. Gizakiak eraikitako objekturik bizkorrenak *Voyager 1* eta *Voyager 2* espazio-ontziak dira: orduko 56.000 kilometroko abiadura ari dira gugandik urruntzen.

Voyager 1 eta *Voyager 2* 1977ko abuztuan eta irailean bidali zituzten, hain zuzen, 175 urtean behin soilik gertatzen den moduan lerrokatuak zeudelako Jupiter, Saturno, Urano eta Neptuno. Lerrokadura horri esker, “grabitatearen laguntza” izeneko teknikaz baliatu ahal izan ziren bi espazio-ontziak: erraldoi gaseoso batetik bestera bidaliak izan ziren, zigor baten zartadaren bertsio kosmikoan. Hala eta guztiz ere, bederatzi urte behar izan zituzten Uranora iristeko, eta dozena bat Pluton orbita zeharkatzeko. Zorionez, 2006ko urtarrilera arte itxaroten badugu, Jupiterren kokapen egokiaz eta zenbait abantaila teknologikoz baliatzeko aukera izango dugu, NASaren *New Horizons* espazio-ontzia Plutonera abiatuko baita orduan. Hala, hamarkada batean edo, han izango gara. Dena den, etxera itzultzeko, denbora gehiago beharko dugu, tamalez. Modu batean zein bestean, bidaia luzea izango da.

Segur aski, berehala konturatuko zara espazio izenaren egokitasunaz. Eguzki-sistema bilioika kilometrotan dagoen gauzarik biziena den arren, sistemako materia ikusgarri guztiak (Eguzkia, planetak eta horien ilargiak, asteroide-gerrikoko milaka miloi arrokak, kometak eta gainerako hondarrak) espazio erabilgarriaren bilioiren bat baino gutxiago hartzen du. Segituan jabetuko zara, halaber, ikusi izan dituzun eguzki-sistemako mapa guztietatik bat ere ez dagoela, ezta hurrik eman ere, eskalan. Ikasgeletan planetak erakusten dituzten diagrama gehienetan, planetak errenkadan daude, bata bestearen atzetik, elkarrengandik nahiko hurbil —kanpoko erraldoiek, ilustrazio askotan, itzal egiten diote elkarri—. Baina hori ezinbestekoa da, guztiak orri bakarrean sartuko badira. Errealitatean, Neptuno ez dago Jupiter baino atzeraxeago, Jupiterretik oso urruti baizik: Lurretik Jupiterre dagoen distantzia halako bost dago Jupiterretik Neptunora. Eta, hain urruti dagoenez, Jupiterrek hartzen duen eguzki-argiaren % 3 soilik iristen zaio Neptunori.

Distantziak hain handiak izanik, ezin da eguzki-sistema bat eskalan marraztu, bitarteko praktikoez baliatuz. Ikasliburuei paper tolestu pila bat erantsita edo horma-irudiak egiteko paper luze-luzeak erabilia ere ez ginateke hori lortzetik hurbil izango. Eguzki-sistemaren eskalako irudikapen batean, Lurra ilar baten tamainakoa egingo bagenu, Jupiter 300 metrora egongo litzateke, eta Pluton, berriz, bi kilometro eta erdira (eta, gutxi gorabehera bakterio baten tamaina izango lukeenez, ezin izango genuke ikusi). Eskala horretan, Proxima Centauri, gugandik hurbilen dagoen izarra, 16.000 kilometrora egongo litzateke. Eta dena txikituz gero Jupiterren tamaina esaldi honen amaierako puntua bezain txikia egin arte, Pluton ez litzateke molekula bat baino handiagoa izango, baina 10 metrora egongo litzateke oraindik.

Beraz, benetan itzela da eguzki-sistema. Plutoner iritsi orduko hainbeste urrutiratu gara Eguzkitik, azala belztu eta bizia ematen digun Eguzki epeletik, non orratz-buru baten tamainakoa agertzen baita. Ez da izar distiratsu bat baino askoz gehiago. Hutsune bakarti horretan, ulertzen hasiko gara nola ihes egin dieten zientzialarien arretari objektu ezin garrantzitsuagoak —Plutonen ilargiak, kasu—. Eta Pluton ez da kasu bakarra izan. Voyager espedizioen aurretik, Neptunok bi ilargi zituela uste zen, eta espedizio horiek beste sei aurkitu zizkioten. Ni mutiko nintzela, eguzki-sistemak hiru ilargi zituela uste zen. Orain, berriz, lauogeita hamar ezagutzen dira gutxienez, eta horien heren bat azken hamar urteetan aurkitu dira. Unibertsoa osotasunean hartzen dugunean, kontuan izan behar dugu gure eguzki-sistema ere ez dugula ondo ezagutzen.

Beste gauza batez ere jabetuko zara abiada bizian Pluton igaro ahala, eta da Pluton atzean uzten ari garela. Ibilbidea aztertzen baduzu, ikusiko duzu eguzki-sistemaren ertzerako joateko asmoa genuela eta oraindik ez garela iritsi. Pluton da ikasgelako diagraman ageri den azken objektua, baina eguzki-sistema ez da hor amaitzen. Hor amaitzetik urruti dago, gainera. Oort hodeia pasatu behar dugu lehenengo (jitoan dauden kometez osaturiko zeruko erreinu zabala), eta, tamalez, beste hamar mila urte inguru beharko ditugu hara iristeko. Eskolako mapek adierazten zigutenaren aurka, Pluton ez dago eguzki-sistemaren ertzean, baizik eta erdigunetik ertzerako bidearen berrogeita hamar milarenera soilik.

Ezinezkoa zaigu horrelako bidaia bat egitea, noski. Ilargira joateko 386.000 kilometroko bidea egitea erronka handia da oraindik guretzat. Gizakia Martera eramateko misio baten deialdia egin zuen Bush presidente zaharrak mementoko

beroaldi batean, baina bertan behera utzi zuen burutazioa norbaitek kalkuluak egin zituenean: 450.000 milioi dolar kostako zen misioa, eta eskifaia osoa hilko zen, segur aski (energia handiko eguzki-partikulek haien DNA birrinduta, ezin baita izpi horietatik babestu).

Orain dakigunean eta zentzuz imajina dezakegunean oinarrituta, esan dezakegu ez dagoela gizaki bat noizbait eguzki-sistemaren ertzera iristeko aukerarik. Ezta bat ere. Urrutiegiko dago. Gauzak horrela, Hubble teleskopioarekin ere ezin dugu Oort hodeiaren barrualdea aztertu, eta ez dakigu benetan zer dagoen han. Oso litekeena da Oort hodeia egon egotea, baina hipotesi hutsa da.¹

Oort hodeiari buruz segurtasunez esan daitekeen guztia da Pluton inguruan hasten dela, eta biren bat argi-urte luzatzen dela kosmoserantz. Eguzki-sistemako oinarritzko neurketa-unitatea unitate astronomikoa da (UA), eta Eguzkitik Lurrera dagoen distantzia adierazten du. Pluton gugandik 40 UAra dago, eta Oort hodeiaren bihotza, berriz, berrogeita hamar mila UAra. Bi hitzetan esateko, oso urrun.

Baina demagun berriro Oort hodeira iritsi garela. Gure arreta erakarriko duen lehenengo gauza hango bakea da. Edonondik urruti, oso urruti, gaude dagoeneko, eta Eguzkia ez da zeruko izarrik distiratsuen. Harrigarria da urrutiko distira txiki-txiki horren grabitatea nahikoa izatea kometa hauei orbitan eusteko. Ez da oso lotura indartsua, eta kometak jitoan doaz, dotore eta motel, orduko 354 kilometroko abiadura. Noizean behin, kometa bakarti horietako bat bere bidetik ateratzen du grabitazioaren perturbazio batek (izar bat pasatu delako, beharbada). Batzuetan, espazio hutsera erortzen dira, eta ez dira berriro agertzen. Baina, beste batzuetan, Eguzkiaren inguruko orbita luze batera erortzen dira. Horrelako hiruzpalauk barruko eguzki-sistema zeharkatzen dute urtero: periodo luzeko kometak dira. Inoiz edo behin, bisitari galdu horietako batek gorputz solido batekin (adibidez, Lurrarekin) talka egiten du. Horregatik etorri gara honaino: ikustera etorri garen kometak oraintxe hasi du eguzki-sistemaren erdialderantzko erorketa luzea. Manson (Iowa) du jomuga. Denbora luzea beharko du hara iristeko (gutxienez, hiruzpalau milioi urte), eta bakean utziko dugu oraingoz. Itzuliko gara harengana istorioan aurrera egitean.

Hala, bada, horixe da gure eguzki-sistema. Eta, eguzki-sistemaz haratago, zer gehiago dago hor kanpoan? Tira, deus ez eta asko, ikuspegiaren arabera.

¹ Izen egokia Öpik-Oort hodeia da. Estoniako Erns Öpik eta Herbehereetako Jan Oort astronomoengatik jarri zioten izena. Lehenak haren existentziaren hipotesia egin zuen 1932an, eta bigarrenak, berriz, kalkuluak findu zituen zortzi urte geroago.

Epe laburrean, ez dago deus ere. Gizakiak inoiz sortu duen hutsik perfektuena ez da izarrarteko espazioaren hutsunea bezain hutsa. Eta ezerez asko dago hurrengo zerbait-puskara iritsi aurretik. Kosmoseko gure auzo hurbilena, Proxima Centauri, hiru izarreko Alpha Centauri multzokoa, 4,3 argi-urtera dago. Salto txiki bat besterik ez da hori distantzia galaktikoak kontuan hartuta, baina Ilargia baino ehun milioi bider urrutiago dago Lurretik. Espazio-ontzian hara joateko, hogeita bost mila urte beharko genituzke, gutxienez. Eta bidaiaria egitea lortuta ere, izar-multzo bakarti batean egongo ginatke, ezerez zabalaz inguratuta. Hurrengo mugarri garrantzitsua Sirius da. Hara heltzeko, beste 4,6 argi-urtez bidaiatu beharko genuke. Eta horrela jarraituko genuke, izarretik izarrera saltatuz, kosmosean zehar gure bidea egiten. Gure galaxiaren erdigunera iristeko soilik, izaki bizidun izaten daramagun denbora baino gehiago beharko genuke.

Espazioa, berriro esango dut, itzela da. Hor kanpoan, izarren arteko batez besteko distantzia 30 bilioi kilometro da. Ia argiaren abiaduran bidaiatuta ere, distantzia horiek handiegiak dira gizabanako bidaiariarentzat. Litekeena da, noski, izaki estralurtarrek milaka milioi kilometro egitea Whiltshireko laboreetan zirkuluak eginez dibertitzeko, edo Arizonako errepide bakarti bateko kamioneta-gidaria ikaratzeko (estralurtarren artean nerabeak ere izango baitira), baina ez dirudi horretarako aukera handirik dagoenik.

Dena den, hor barrena izaki adimendunak egoteko aukera nahiko handia da, estatistikoki. Inork ere ez daki zenbat izar dagoen Esne Bidean. Kalkuluen arabera, 100.000 milioitik 400.000 milioira bitartean dira. Gainera, Esne Bidea 140.000 milioi galaxietako bat besterik ez da, eta galaxia horietako asko gurea baino handiagoak dira. 1960ko hamarkadan, Cornell-eko irakasle batek, Frank Drake-k, halako zenbaki erraldoiekin aztoratuta, kosmosean bizitza aurreratua egoteko aukerak kalkulatzeko ekuazio ospetsu bat atera zuen, probabilitate beherakorren serieetan oinarrituta.

Drakeren ekuazioan, lehenengo, unibertsoaren zati hautatuko izar-kopurua planeta-sistemak izateko aukera duten izarren kopuruaz zatitu behar da; ondoren, teorian bizitza onar dezaketen planeta-sistemen kopuruaz zatitu emaitza; gero, adimenduna izateko bidean dagoen bizitza daukaten planeten kopuruaz zatitu emaitza; eta abar. Zatiketa bakoitzean, ikaragarri murrizten da kopurua, baina, sarrera kontserbadoreenen arabera ere, Esne Bidean soilik milioika zibilizazio aurreratu daude.

Bai gogoeta interesgarria eta zirraragarria. Milioika zibilizazio aurreratuetakoa bat soilik izan gaitzke. Zoritxarrez,