

• ASTERO GAIA •

Kosmologia

Zein unibertsoan bizi gara?

Zientzian indar hartuz doan ildoaren arabera, izenburuko galderaren erantzuna hau litzateke: “Bizi gaitezkeen bakarrean”. Edo bestela esanda: “Naturaren ezaugarriek gu hemen egoteko propio sortuak dirudite”. Sostengatu daiteke halako baieztapen bat irizpide zientifiko hutsekin? Itxuraz bai, baina ez eztabaida latza sortu gabe.

UNAI BREA



NAZIO BATUEN ERAKUNDEAK Astronomia-ren Nazioarteko Urtea izendatu dute 2009, urten beteko baitira 400 urte Galileo Galileik lehenengo aldiz teleskopio bat jarri zuela zeruari begira. Egindako behaketen ondorioz, Pisako zientzialari handiak Kopernikok hasitakoari azken bultzada eman ahal izan zion: bien artean, Lurra unibertsoaren erditik bota zuten ostiko batez. Harrezkero izugarri “hazi” da unibertso hori; gizakiok nekez uler dezakegun neurria duela badakigu. Beharbada, gure jakingura da harekin konpara daitekeen gauza bakarra.

Jakingura horrek sortutako galdera poto-loenek –“zer ote da hau guztia?”, “nola sortu zen?” eta are sakonagoa dena, “zergatik?”– erantzuteke segitzen dute, eta agian betiko segituko, erlijioaren ihesbide lasaigarriak albo batera utzita. Fisikari teoriko eta kosmologok itaun horien beste formulazio bat darabilte, akaso pixka bat xumeagoa, baina ez horregatik nolanahikoa: “Zergatik da unibertsoa den bezalakoa?”.

Zientzialari askoren ametsa da errealitate osoa esplikatuko duen printzipio matematiko dotorea aurkitzea. Unibertsoa honelakoa da bere baitako funtsezko ezaugarriren batek hala izatera behartzen duelako. Baina azken urteotan beste bide batetik jo dute fisikari batzuek: gure unibertsoa multibertso baten zati txikia besterik ez dela iradokitzen dute zenbait eredu teorikok. Gu bizi garen hau aukera bat baizik ez litzateke, posibilitate multzo eskergaren barruan tanta bat baino zertxobait gutxiago. Eta multibertso horretako unibertso bakoitzean fisikaren legeak desberdinak lirateke.

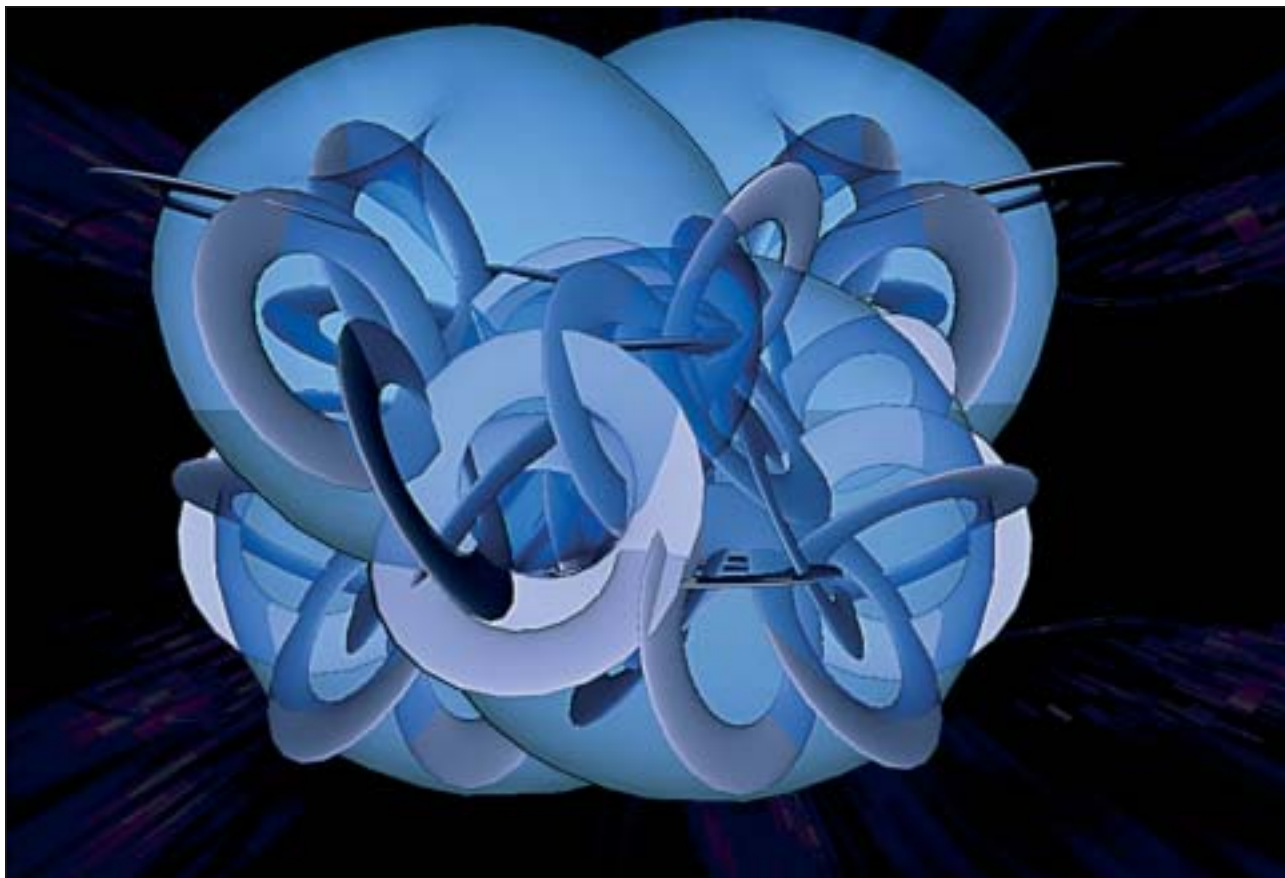
Soka teorian adituek lau dimentsio baino gehiagoko unibertsoa irudikatzeko darabilten tresna matematikoa Calabi-Yauren espazioena da. Irudian, espazio horietako baten adierazpen artistikoa.

Idea hori oso modu estuan lotuta dago zientzia munduan eztabaida handia piztu duen beste batekin: printzipio antropikoa. Labur azaltzeko modu bat hau da: “Naturaren hainbat ezaugarri diren modukoak dira, bestela gu ez ginatekeelako hemen egongo haiek behatzeko”. Fisikari askok erlijio edo sineskeriatzat jotzen dute printzipio antropikoa, eta egia esan, hala dirudi hain modu bakunean aurkeztuta; onenean, zentzu handirik gabeko Permandoren egia izatea leporatzen diote: “Hemen gaude hemen gaudelako”. Haatik, ospe handiko zientzialariek, matematika oinarri, pisuzko argudioak ematen dituzte haren alde. Berriz itzuliko gara polemika honetara, baina aurretik apur bat gogora dezagun fisikak azken mendeen egindako ibilbidea.

Teoria on bi, oraingoz bateraezinak

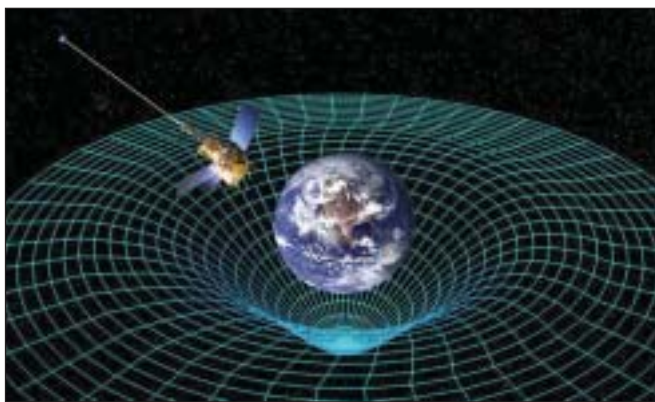
XX. mende hasierako hamarkadek iraultza bi ekarri zituzten zientziara: erlatibitate teoria eta mekanika kuantikoa. Biek ala biek erabat hautsi zuten ordura arte naturaz geneukan ikuspegia. “Teoria kuantikoagatik asaldatuta ez dagoenak ez du hura ulertu”, esan zuen haren sortzaileetako batek, Niels Bohr-ek.

Teoria biek arrakastaz deskribatzen dituzte naturaren gertakariak, baina arazo bat dago: itxuraz, ez dira bateragarriak. Erlatibitateak ezagutzen ditugun oinarritzko lau indarretako bat azaltzen du: grabitatea. Mekanika kuantikoak primeran deskribatzen ditu beste hiruak: elektromagnetikoa, nuklear indartsua eta nuklear ahula. Erlatibitateak bat egiten du egitura makroskopikoen –planeta, izar, galaxia...– portaerarekin, mekanika kuantikoak mundu mikroskopikoarekin. Baina eredu biak baka-



rrean elkartzeko ahaleginek porrot egin dute orain arte.

Teoria bateratua aurkitzea fisikaren gaur egungo erronka nagusietakoa da, zenbaitzuen iritziz ezinezkoa bada ere halakorik lortzea. Beste batzuek, berriz, eguneroko jarduna dute. Roberto Emparan bilbotar fisikaria da horietako bat: “Grabitateak eta



mekanika kuantikoa bateratzea arazo teorikoa da batez ere. Ez da bien arteko kontraesanik behaketetan edo esperimentuetan; kontua da unibertsoaren deskribapen sendo batek modu koherentean batu beharko lituzkeela indar mota guztiak, edo behintzat gustuko dugu hala izan behar duela pentsatzea”.

Baina grabitateak uko egiten dio, nolabait esatearren, fisika kuantikoan txertatzeari: eredu biak uztartzeko modu arruntek emaitza matematiko zentzugabeak sortzen dituzte. Fisika esperimentalak ere ezin du lagundu oraingoan, eta ez du luzaroan egingo, edo beharbada sekula ez. Izan ere, grabitatea beste indarrak baino askoz ahulagoa da guk ezagutzen dugun mundu “arruntean”, hau da, energia baxuetan. Beste indarrekin parekatzeko behar diren energiak oso azeleragailu handiekin baizik ezin litezke lortu: gure galaxia osoaren tamaina izan behar lukete. Hain zuzen, unibertsoa hasi ondorengo unean –lehenengo segundoa baino askoz denbora tarte txikiagotan– zeuden energiez ari gara.

Guztiaren Teoria

Oinarritzko partikulak dira beste osagai oinarritzkoagorik ez dutenak, guk dakigula behintzat. Batzuek, elektroiek eta *quark*-ek esaterako, materia osatzen dute. Beste batzuek oinarritzko indarretan parte hartzen dute. Modu ez oso zehatzean esanda, indarrak “garraiatzen” dituzten partikulak dira. Fotoia da ezagunena –bide batez esan dezagun grabitatea “garraiatzen” duen partikula, grabitoia, hipotetikoa dela; momentuz ez da sekula detektatu–. Batzuen zein besteen portaera esplikatzen duen eredua –eredu estandarra deritzona– 70eko hamarkadan osatu zen, eta ordutik hona hainbat saiakera egiten ari da, grabitate indarra ere barne hartzen duen *Theory of Everything* (Guztiaren Teoria) delakoa sortzeko. Izena ez da fisikari askoren gustukoa, besteak beste ez lukeelako den-dena azalduko: “Naturaren oinarritzko osagaiak bilatzen ditugu, abiapuntutzat erabilita gainerako guztia azal lezaketena, baina horiek ez ligukete lagunduko gizartea, bizia edo burmuinaren

Zergatik da hain zaila grabitatea oinarritzko beste indarrekin bateratzea? “Guztietan misteriotsuena delako –dio Roberto Emparanek–. Einsteinek adierazi zuenez, grabitatea espazio-denboraren kurbadura da [goiko irudian ideia horren adierazpen artistikoa ageri da]; eta espazio-denborak denari eragiten dio, gauza guztiak espazio-denboran gertatzen dira. Ez dakigu nola azaltzen diren espazio-denboraren bibrazioak fisika kuantikoaren ikuspuntutik”.

sorrera hobeto ulertzen, esaterako”, diosku Roberto Emparanek. “Guztiaren Teoria izango litzateke oinarritzko lau indarrak eta mekanika kuantikoak deskribatzen dituen prozesuak bere baitan hartuko lituzkeena”. Helburu horretarantzko bidean hainbat teoria sortu dira azken 40 urtean, baina oso gutxik agertu dute behar bezalako sendotasuna. Arrakastatsue-

na, hain justu, Emparanen ikerkuntza-eremua da: soka edo supersoka teoria.

Oinarritzko partikulen eredu estandarrek dio natura partikula puntualez osatuta dagoela, nola materia hala indarrak. Aldiz, soka teoriak dio puntuak beharrean sokak ditugula, dimentsio bakarreko sokak. Eta soka bat hainbat modutan bibratuarazi daiteke; bibrazio mota bakoitza guk ezagutzen ditugun partikuletako bat izango litzateke.

Teoria ia nahi gabe aurkitu zen. Lehen hazia 70eko hamarkadan erein zen: hasieran, teoria atomoetako nukleoen barruko indarrak azaltzeko ahalegin modura jaio zen. Las-ter ikusi zuten ez zuela helburu hori betetzen, baina aldiz, grabitatearen deskribapen kuantikoa eman zezakeela. Hala ere, hamar urtez, 1984ra arte, oso zientzialari gutxik eskaini zion arreta. Urte hartan konturatu ziren teoriak ezaugarri matematiko berezi batzuk zituela, eta haiek eman zioten gerora hain ospetsu bihurtzeko behar zuten bultzada. Soken Lehenengo Iraultza deritzo garai hari. Baina arazo bat zegoen: ez zegoen soka teoria bakarra, bost baizik. Bigarren Iraultzak gainditu zuen oztopo hori, 90eko hamarkadaren erdian: bost teoria horiek teoria orokor-rrago baten kasu partikularrak zirela frogatu zen, arazo beraren bost soluzio. Teoria orokor-rrago horrek M teoria izena du, eta arazo bat konpondu bazuen ere, beste bat ekarri zuen: oraindik ez dauka formulazio zehatzik. Gauzak gehiago zailtzeko, soka baino are objektu konplikatuagoak sartzen ditu eszenatokian: brana izeneko mintz antzeko batzuk. Soka teoria, dagoeneko, ez da soketan oinarritzen, izen historikoa mantendu arren.

Soka teoriaren egitura matematikoa oso jende gutxik ulertzen du. Roberto Emparanek dioenez, munduan badira mila edo bi mila lagun egunero teoriarekin lan egiteko nahikoa ezagupide dutenak: “Modu sakon-ean ulertzen dutenak berriz, ez dira dozena bi baino gehiago”. Xehetasunak azaltzeari uko egingo diogu beraz, baina esan dezagun propietate matematiko horiek badutela ondorio harrigarri bat: natura soken bidez

Ez dakigu unibertsoaren %95 zerez eginda dagoen

Behatzen dugun materia arrunta unibertso osoaren %4 inguru da. Zerk osatzen du bestea? Zati handi bat, %22 inguru, materia iluna da. Ez dakigu askorik hartaz, egon badagoela izan ezik. Materia dela ere badakigu, grabitatean efektuak dituelako; masa badu, beraz. Baina ez dakigu zertaz eginda dagoen. Haren osagaiak eta materia arruntarenak desberdinak direla ziur daude zientzialariak, bestela ez dago azaltzerik materia iluna ilun izatea. Hau da, argia ez islatzea.

Unibertsoaren “errezetaren” gainerako %74 energia iluna deritzon zerbait da. Materia iluna misteriotsua bada, energia iluna zientziak argitzeke duen enigmari handienetakoa da gaur egun. 1998an behatu zuten unibertsoaren hedapena –XX. mende hasieratik ezagun dugun gertakaria– gero eta azkarragoa dela. Fenomeno hori ezin da ulertu unibertsoaren materia kantitatea zein den kontuan hartu-

ta, beraz beste zerbait izan behar da azalpena. Beste zerbait horri “energia ilun” izena ipini diote, baina oraindik ez dakigu zer den.

Azken hamar urteetan mundu osoko fisikari talde asko ari da energia iluna iker-tzen. Horieta bat EHUn dago, eta bertan diharduen Ruth Lazkoz mintzatu zaigu energia ilunaren izaeraz dauden hipotesien gainean.

Alde batetik, baliteke energia iluna Einsteinek proposatutako konstante kosmologikoa izatea. Einsteinek unibertsoa estatikoa zela uste zuen, baina nola azaldu halako unibertso bat grabitatearen eraginez ez uzkuetzea? Arazoa konpontzeko, antigrabitate moduko bat sartu zuen bere ekuazioetan, orekari eutsiko zion zerbait, eta “konstante kosmologiko” deitu zion. Handik gutxira unibertsoa zabaltzen ari zela behatu zen, eta Einsteinek publikoki aldarrikatu zuen konstante kosmologikoa

bere hanka sartzerik handiena izan zela. Baina energia ilunaren agerpenak protagonismoa eman dio berriro. Gauza bera al dira? Baliteke, baina goiz da ezer esateko.

Soka teoriaren garapenak, akaso, misterioa argitzen lagundu lezake, Ruth Lazkozek dioskunez: “Beharbada energia iluna ez da existitzen, eta behatzen ari garen hedapen-azelerazioa dimentsio gehigarrien ondorioa da”. Nolanahi ere, EHUn dabilen ikerlari taldea beste teoria baten aldekoagoa da: mamu-energia.

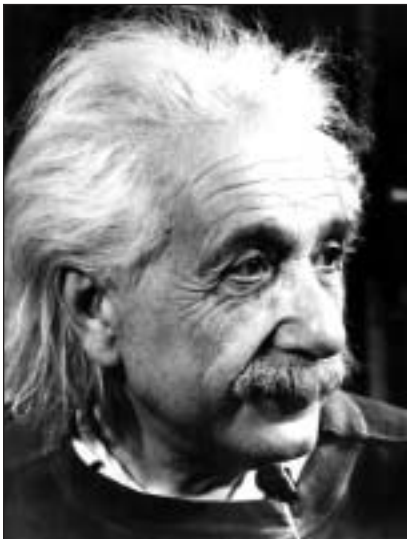
Momentuz energia iluna eta hutsaren energia gauza bera direla dioen hipotesiak indar handiagoa daukan arren, gero eta ebidentzia gehiago dago mamu-energiaren alde, Lazkozen esanetan. Energia hori, konstante kosmologikoa ez bezala, oso azkar handituko litzateke. Azkenerako, unibertsoa egitura guztiak suntsituko litzuke, baita atomoetako barne-indarrak ere. Ez da irudikatu genezakeen etorkizunik lasaiena.

deskribatzeko, nahi eta nahi ez grabitatea hartu behar da kontuan. Hori da, beste ezer baino gehiago, grabitatea eta mekanika kuantikoa bateratzeko hautagai onena bihurtzen duena, Leonard Susskind-ek, munduko soka teorikalari garrantzitsuenetako batek, *The cosmic landscape* (Paisaia kosmikoa, 2006) liburuan dioenez.

Soka teoriak aurkariak ere baditu, eta argudiorik ez zaie falta. Aurreikuspenak egiteko gaitasunik ezak eragiten ditu kritikarik sutsuenak; sasi-zientzia dela esaten dute batzuek. Aurreikuspenik ezin egitearen zergatia ulertzeko, teoriaren beste ezaugarri matematiko bati erreparatu behar diogu: soka teoria bidegarria izateko, espazio-denborak dimentsio

gehiago eduki behar ditu guk antzematen ditugun laurak (espazioko hirurak eta denbora) baino. Hain zuzen, bost soka teoria arruntek hamar dimentsioko mundua marrazten dute; M teoriak hamaikakoa. Non daude ikusten ez ditugunak? “Seguruenik oso tamaina txikia daukate”, dio Emparanek, “beren baitan tolestuta daudelako, nolabait esateko”. Hau guztia azaltzen duen matematika ez da erraz ulertzekoa. Laburbilduz, esan dezagun tolesdura emateko modu asko dagoela, eta oraindik ez dakigula zein modu dagokion behatzen ari garen unibertsoari. Hori da aurreikuspenak egiteko ezintasunaren arrazoa, eta baita ere soka teoriak, momentuz, oinarritzko formulaziorik ez edukitzearena.

Ezkerretik eskumara, Albert Einstein, Max Planck eta Niels Bohr. Lehenbizikoak erlatibitate teoria sortu zuen; Planckek eta Bohrek, berriz, funtsezko ekarpena egin zuten mekanika kuantikoaren garapenean.



Printzipio antropikora bueltatzeko tenorea iritsi da. Soka teoriko asko —ez denak— haren defendatzaile bihurtu izana dimentsio gehigarriak tolesteko modu asko egoteari zor zaio, hain zuzen. Baina ez dezagun “asko” hitza ohiko parametrotan ulertu: Leonard Susskind, lehenago aipatutako lanean, kopuru ikaragarria aipatzen du: 10^{500} . Bat zenbakia idatzi eta ondotik 500 zero. Gure adimena ez da halako kantitate bat irudikatzeko gauza. Aukera horietako bakoitza unibertso posible bat da, eta unibertso horietako bakoitzak bere fisikaren legeak lituzke, bere oinarrizko partikulak, bere naturaren konstanteak. Ohar zaitezte baldintza erabili dugula. Balizko unibertsoez ari gara, ez dute zertan denak existitu. Unibertsoaren diseinu hipotetikoen multzo horri “paisaia” esaten dio Susskind; berri samarra izan arren, fisikari teorikoen ohiko hiztegian txertatu da kontzeptua. Ez pentsa paisaia zerrenda hutsa denik; alegiazko espazio bat da, dimentsio askotakoa, “mendiz”, “haran-enez” eta abarrez betea. Haran bakoitza unibertso hipotetiko bat da, eta haran horietako batean gu gaude. Baina badira, Susskinden esanetan beti ere, beste unibertso erreal batzuk paisaiaren beste haran batzuetan. Horiek guztiek osatzen dute multibertsoa, edo Susskinden dioenez, megabertsoa.

Bilioika aukeretan bat

Nola garamatza horrek printzipio antropikora? Hasteko: esan liteke kasualitate askori esker gaudela hemen. Materiaren propietateek, naturaren legeek... bizia ahalbidetzen duen balio zehatza dute. Balioak apur bat handiago edo txikiago, eta ez ginateke hemen egongo. Zerk eragiten du hain doiketa zehatza? Bada, probabilitateak. Unibertsoa ez da halakoa “beste irtenbiderik ez daukalako”, oraindik aurkitzeke dagoen printzipio matematiko batek behartuta. Beste barik, existitu daitezkeen unibertsoetako bat da hau; hain zuzen, bizia sortzeko baldintzak dituen unibertsoa, edo dituenetako bat behintzat. Horregatik gu honetan bizi gara, ez beste batean. 10^{500} zenbakiaren handitasunak azaltzen du hori. Hainbeste aukera emanda, zaila litzateke gurea bezalako unibertsoa ez sortzea. Susskinden ustez, zenbaki handien legea, grabitatea eta mekanika kuantikoa elkar-tzearen ondorioa da printzipio antropikoa. Ez dezala inork zientziazatik haragoko zio ezkuturik bilatu.

Honek ez dio, jakina, galdera existentzial nagusiari erantzuten: zergatik dago unibertsoa (edo megabertsoa)? Beste era batera esanda, eta ostera Susskinden hitzak maileguan hartuta: “Zergatik dago ‘zerbait’, ‘ezer ez’-en orde?” Horri erantzuna ematetik Galileoren garaian bezain urrun gaude, baldin erantzunik badago. ■



NAFARROAKO BERTSOLARI TXAPELKETA

09

www.nafarroakotxapelketa.com

Azken-laurdena:

Otsailak 7
Igantzi
Jubilatuen Elkartea
17:30

Otsailak 8
Betelu
Zigari Elkartea
17:30

Nafarroako
Bertsotale
Elkartea



Laguntzailea:

argia