

PAUL DIRAC: IKERKETA MATEMATIKOAREN ESANAHIA FISIKOA

J. M. UGALDE *

Paul Adrien Maurice Dirac 1902.eko abuztuak 8.an Briston-en jaio zen. Injinerutza elektrikoa estudiatu zuen Briston-eko Unibertsitatean. Ondoren matematikazko ikasketetan murgildu zen 1926. urtean Cambridge-eko Unibertsitatean doktoradutza lortzen zuelarik. 1932.an Cambridge-eko matematikazko irakasle lucasiam izendatu zuten, hau Newton-ek izandako lanpostu berdina zen. 1940.an Dublin Institute for Advanced Studies delakoaren irakaslegotza eskuratu zuen. Eta beraren azken urteak Tallahassee Unibertsitatean (Florida-n) pasa zituen.

Dirac-en lanaren hatza fisikaren oinarrizko ikerketaren edozein sail eta eremutan aurki daiteke. Hogeien hamarkadan Dirac mekanika kuantikoaren, formulatu berria zenean, esanahia ulertu zutenetarikoen bat izan zen. Mekanika kuantikoaren for-

mulazio berri abstrakto bat eman zuen, gero aurrerapen askoren ardatza izango zena.

Mekanika kuantikoa Newton-en espazio eta denbora kontzeptu zaharrak, mende laurden batean, hankaz gora jarri zituen bigarren gatazka zientifikoa bilakatu zen. Lehenengoa; hots: erlatibitatearen teoria espeziala *Einstein*-ek burutu eta gauzatu zuen erabat. Honek, partikulak argiaren abiaduraren abiadura berdintsuaz higitzen direneko espazio eta denbora kontzeptu geometrikoen distortsioa hartu zuen kontutan. Fisika kuantikoa ez dago fenomeno bizkorretarako espresoki mairanduta, fenomeno —esan dezagun— txikietarako baidak; atomo eta molekulen mikrounibertsorako, alegia. Unibertso misterioso honetan irudikapen paradojikoak dira nagusi, eguneroko mundu

* Kimika-Fisikoko Departamentua. Kimika Fakultatea. P.K. 1072. 20080 DONOSTIA



Dirac

konkretoa energia kuantutan eta kaos ikaragarritzko batean desegiten delarik.

Dirac-en ekarpenik handiena fenomenen naturalen ulerpenarako lorpen bi hauek bat egitea; bi teoriarekiko, hots: mekanika kuantikoa eta erlatibitatearen teoriarekiko konsistente den ekuazio bat eraikitzea izan zen. Dirac-en ekuazioa derrigorrezkoa da partikula subatomiko bizkorren deskribapenerako. Hauek, adibidez, emisio erradiaktiboetan edota partikulen azeleragailuetan maiz ematen dira. Baina ekuazio honek hori baino gehiago argitzen digu. Beraren egiruak ente matematiko berri baten beharra inplikatzeko du: spinorearena, alegia. Dirac-ek spinoreak, beraren ekuazioan, partikula elementalen spinarekin bat zetozela frogatu zuen. Esperientziak frogatuta zeukan elek-

troiak **spinning** higidura inertzial delakoa ukan zezakeela, hau bera atomoaren espektruen egitura finaren arrazoa izanik. Dirac-en lanak spinning-a erlatibitatearen efektu bat zela argitu zuen. Gaur egun, spinoreak fisikako teoria aipagarrienen eraikuntzan erabiltzen dira, supergrabitatea edo GUT (Grand-Unified-theories) direlakoetan.

Antimateriaren auresana Dirac-en ekuazioaren beste azpiemaitz azpimarragarri bat bilakatu zen. Hau fisika-matematikoaren lorpen aldarrikatuena bat izan da, Dirac-en ekuazioaren soluzio kopurua fisikoki espero zitezkeenaren doblea da. Soluzio estra hauek heuristikoki edo zerbait ezezaguna deskribatzeko ote zutenaren gakoa ebatzi zuen Dirac-ek: soluzio horiek partikulen ispluango irudikapenak dira, antimateria delakoa. Ez zen luzaro itxaron behar izan *Carl Andersen*-ek lehenengo antipartilula (antielektroia, edo positroia) izpi kosmikotan aurkitu izan zuen arte). Dirac-ek eta *Andreson*-ek aurkikuntza disdiratsu haugatik Nobel saria eskuratu zuten. Gaur egun fisikazko laborategietan era guztietako antipartikulak sortezten dira.

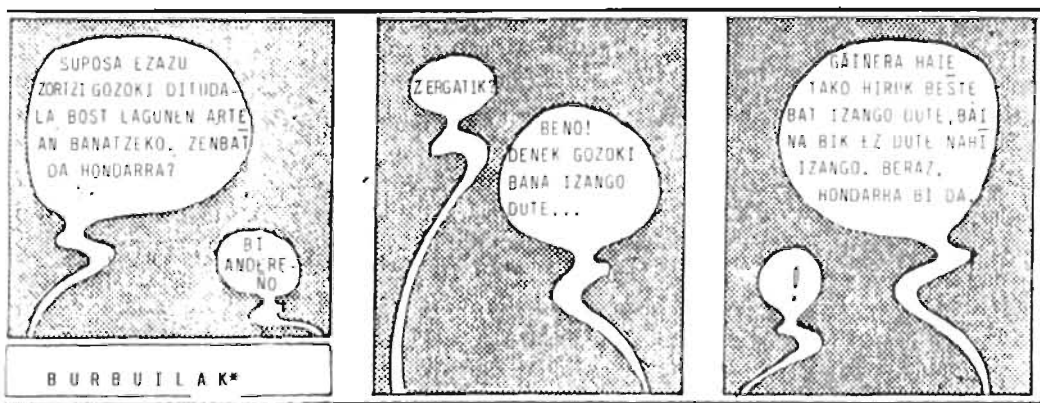
Goian aipatutakoa edozein zientzilari asetzeko adina bada ere ez zituen hor Dirac-ek amaituko beraren eginkizun zientifikoak. Argitasun eta lan teorikoaren zentzu ekonomiko apartaz, Dirac-ek elektromagnetismoa teoria kuantikoarekiko ego-

kitzeari ekin zion. Berriro analisi matematikoan murgildu zen bete-betean. Eta ondorioz lortu zituen ekuazioen irakurketak monopolo magnetikoa, karga elektrikoa dugun bezala, edukitzea posible dela frogatzen du. Gainera, bi kantitate horien arteko oinarritzko erlazio aritmetiko bat frogatu zuen zeinek monopolo magnetikoa existituko balitz naturaren partikula elektriko guztiak karga elementalaren multiplo osoak izatearen arrazoia ederki adieraziko luke. Monopolo magnetikoak gaur eguneko partikula bilatuenarenen bat da. Aurkituko balitz, partikula hau, partikula kosmologiko zaharrena izango litzateke, unibertsoa sortarazi zuen **big bang**-en sortutakoa hain zuzen.

Azkenik Dirac-ek kosmologia hartu zuzen aztergai. Bera *Sir Arthur Eddington* bezala benetan kezkatuta zegoen atomoetan indar elektrikoak gutxi-gora-behera 10^{40} aldiz indar

grabitazionala izateaz, zenbaki hori bera, unitate atomiko naturaletan, unibertsoaren gutxi-gora-beherako adina delako. Hori guri bizitzea dagokigun gertakizun anekdotiko hutsa izan daiteke, edota Dirac-ek pentsatzen zuen bezala bi magnitude horien arteko oinarritzko erlazioa. Dirac-ek grabitatea indarrez ahultzen doala, denborak aurrera egiten duenaren neurrian, formulatu zuen. Eta ahultze prozesu honetaz erloju kosmiko bat eraiki zitekeelakoan zegoen. Beste zenbait ikertzaile ideia hauek jorratu zituzten, eta Dirac-ek berak ere 70 urte zituelarik zehatz-mehatz desarroilatu zituen. Oraindik inolako froga esperimentalarik gabe badiraute, ideia hauen genialitateagatik lan hau fisikako teoria gorenengoen artean kokatzen da.

P.A.M. Dirac askoren eritziz Newton-etik hona izan den fisiko britaniar handiena da. ■



elkarrizketa

NASaren ikerketa-saria jaso berri duen M.S. El-Aasser irakaslearekin

Maiatz honetan Estatu Batuetako Pennsylvaniako Lehigh Unibertsitateko M.S. El-Aasser irakasle ospetsuak Euskal Herria bisitatu du. Donostiako Kimika-Zientzien Fakultatean izan da hitzaldi bat ematen eta bertako zenbait irakasleekin duen ikerketarako lankidetzaprograma taxutzen. Gure artean egin duen egonaldi laburraren barnean, tartetxo bat eskaini digu gizon jator eta ireki honek. Hona hemen bere hitzak.

Elhuyar – Zure curriculum laburra egingo al diguzu

El-Aasser irakaslea – Egipton jaio nintzen 1942.ean. Nire ikasketak Alexandrian egin nituen. Gero Montreal-eko McGill Unibertsitatera joan nintzen eta bertan doktoradutza egin nuen 1966.etik 1972.era. Ondoren Pennsylvaniako Lehigh Unibertsitatera joan nintzen beka batekin. 1974.ean Injinerutza Kimikoko Departamentuan sartu nintzen irakasle asistente moduan. Hiru urte beranduago irakasle asoziatu izendatu ninduten eta duela hiru urte irakasle oso bihurtu naiz. Une honetan Lehigh-ko "Emultsio-Polimeroen Institutuko"ko zuzendaria naiz baita ere.

