

Mundu kuantikoaren harrigarritasunak

Alberto Cantero

Bukatzean dagoen XX. mende honek izugarritzko iraultza ekarri duela esango bagenu, zalantzarik gabeko egiaren baieztapena baino ez genuke egingo, Fisikari dagokiolarik behintzat. Alde batetik, Albert Einsteinen Erlatibitate-Teoriak mendearen lehenengo laurdenean ikusi zuen argia, hain finkatuta zegoen denbora absolutuaren ideia deuseztuz. Bestetik, esperientziarekin ados jartzeko eredu atomiko baten beharrak eta azareak, neurri batean behintzat, guztiz berria zen teoria (Fisika kuantikoa, hain zuzen) ezartzea eragin zuten.

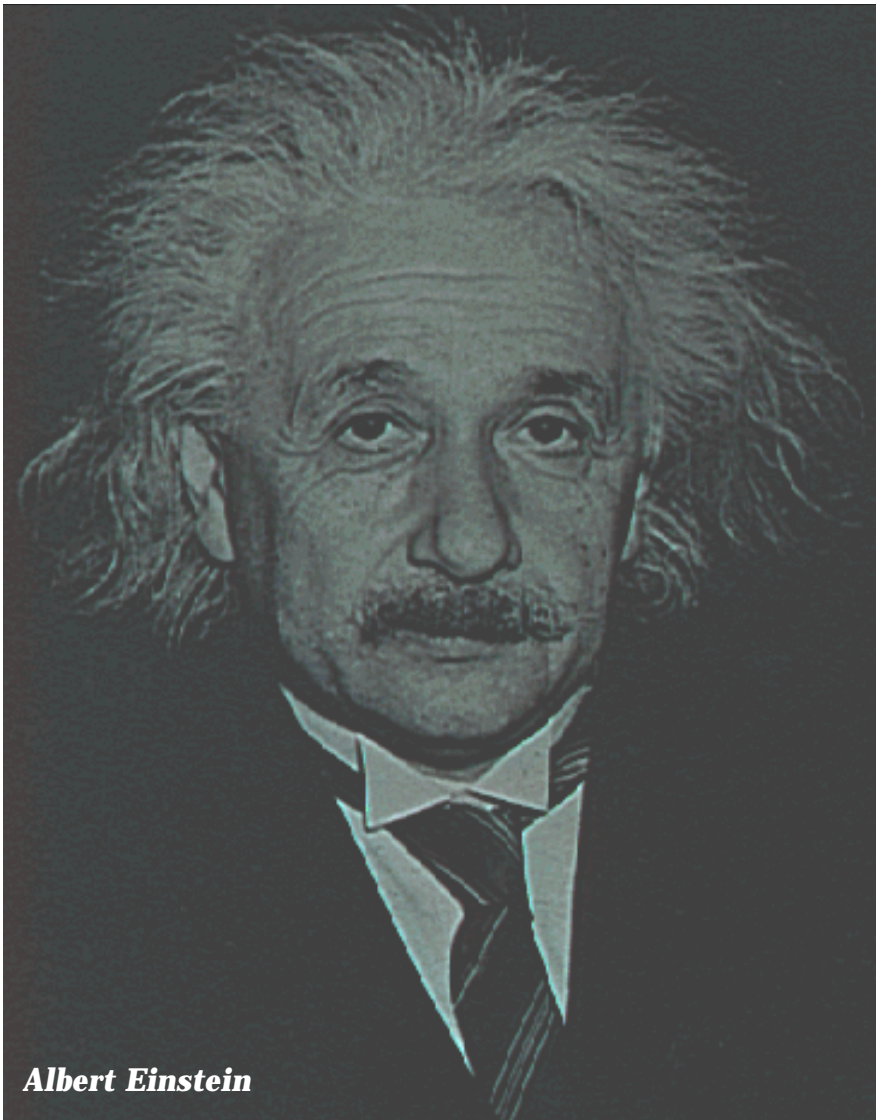
Teoría honen berritasuna, estudiaturiko objektuan ezezik, Naturako gauzeekin gizakiok izan ditzakegun harremanen kontzeptu berrian ere bazetzan. Beraz, Fisika kuantikoak ez zuen ekarri Naturaren kontzepzio berria soilik. Areago, Natura bera ulertzeko ahalmenari buruzko filosofia irautzailea ezarri zuen, Zientziaren Historian izandako aldaketetan garrantzitsuenetariko bat izanik.

Filosofia berri honek, hain zuzen ere, ikerlarien arteko ezadostasun handiak eragin zituen, Fisika Kuantikoaren aitzindari askok bere ekarpen harrigarriak onartu ez zituztelarik. Adibidez Planck, Einstein eta Schrödinger batez ere, arlo honetako fisikari garrantzitsuene-

tarikoa izanik, bere bizitza osoan saiatu ziren haiek "zentsugabekotzat" zeuzkaten ondorio filosofikoak ukatzeko azalpenak asmatzen. Bestetik, asko izan ziren, aurriritziak alde batera utzita, Fisika Kuantikoaren ondorioak onartzeko eta azaltzeko sakondu zuten ikerlariak ere. Hauetakoak ziren Niels Bohr, Max Born, Heisenberg, Pauli, Dirac eta abar gehienak Born-en Göttingen-go taldean edo Bohr-en Kopenhage-ko taldean zihardutelarik.

1926.ean, aurrez aurre zeuden fisikari-korronte biek teoria bana argitaratu zuten. Heisenbergekin, Born eta Bohren lantaldeetan izan ondoren, harez gero hain baliagarri izan den mekanika matritziala asmatu zuen. Ildo beretik, Paul Di-

racek aljebra kuantikoa proposatu, Fisika kuantikoari falta zitzaion tresneria matematikoaz hornitu zuen. Bestetik, Schrödingerek, De Broglie-ren elektroi-uhinak aintzakotzat harturik eta "salto kuantikoak" ekiditeko azalpenaren bila, uhin-teoria asmatu zuen. Bere ustez, proposatutako uhinak errealak ziren, haien bidez garatutako kalkulua mekanika matritzial edo aljebraikoa baino askoz sinpleagoa zelarik. Uhin hauek guztiz abstraktua den fase-espazio matematiko eta imajinario batean inolako errealtasun gabe hedatzen direla geroago frogatu bazen ere, garai hartako fisikari gehienek, matritzeak baino gehiago uhinak erabiltzen ohituta zeudenez, uhin-teoria nahiago izan zuten.



Albert Einstein

Teoria kuantikoaren harrigarritasuna

Kopenhageko interpretazioa

1926.ean, beraz, fenomeno kuantikoak menperatzeko legeak eta teoriak izan arren, zenbait arazo praktikoa argitzeko baino ez zuten balio, fisika kuantikoaren esangura sakonari buruzko ideiarik eman gabe. Egia esan, teoria hauek eraiki zituzten ikerlari gehienek kuantuen izatearen funtsean zetzanari buruzko ideiak ezberdinak ziren, inolako batasunik ez zegoelarik.

Nolabaiteko irizpide amankomunak lortzearen, Bohrren taldea, Max Bornekin batera, fisika kuantikoari oinarri filosofikoa ematen saiatu zen, benetan zertan ari ziren jakiteko. Horretarako, Schrödinger bera Kopenhagera gonbidatu zuten eta sortutako kontraesanak eztabaidatu ostean, zenbait ondorio-tara iritsi ziren. Ondorio hauei,

“Kopenhageko interpretazioa” izena eman zitzaion, fisika kuantikoaren azalpen “ortodoxotzat” har daitekeelarik.

Kopenhagen adierazitako Schrödinger eta Bornen arteko ezadostasunak aztertu ondoren, Heisenberg-ek, mekanika kuantikoaren oinarriko ekuazio bat abiapuntutzat hartuta, posizio eta momentuaren indeterminazioen biderkaketak, $\Delta p \cdot \Delta x, h$ ($6,65 \cdot 10^{-27}$ erg.s balioko Planck-en konstantea) baino handiagoa izan behar duela frogatu zuen, lege ospetsu hau **Ziurgabetasunaren printzipioa** izendatu zelarik. Printzipio honetan, aldagai guztiei aplikatuta, bi aldagai konjokatu aldeberean neurten direnean, neurketa bietako zehaztasun osoa lortezina dela adierazten da.

Ekuazio kuantikoak erabiltzeko ohiturarik ez zuten garai hartako fisikari gehienek eta Heisenberg ezintasun teknikoaz ari zela pen-

Albert Einsteinen Erlatibitate-Teoriak mendearen lehenengo laurdenean ikusi zuen argia, hain finkatuta zegoen denbora absolutuaren ideia deuseztuz.

tsatu zuten, ziurgabetasunaren esangura ulertu gabe.

Teoria kuantikoaren arabera, ziurgabetasuna Naturaren berezko ezaugarria da, eta ez dauka neurtzeko tresnen gabeziekiko zerikusirik. Naturaren ezaugarri honek ekartzen duena, beraz, partikula baten posizioa eta momentua, adibidez, aldeberean ezagutzea ezinezkoa delako ideia berria da. Posizioa, zenbat eta zehazkiago ezagutu, hainbat eta ezezagunagoa izango da momentua, eta alderantziz. Printzipio honek teoria kuantikoak zuen fisika klasikoaren pentsamoldearekiko alderik nabariena zerman. Mekanika newtondarrean, kausalitatea dela medio, hasierako baldintzak ezaguturik, dinamika-ren legeen bidez, geroaldiko edozein egoera ezagutu daiteke. Mekanika kuantikoaren kasuan, berriz, kausalitatea apurtu egiten da. Ez lege dinamikorik ez izateagatik; hasierako baldintzak ezagutzeko ezintasunagatik baizik.

Bohrrek, ekuazio kuantikoaren oinarrian zetzanari buruzko Schrödinger-ekiko eztabaidan buru belarri sartuta zegoela, barreiaturik zeuden ideia kuantikoei kohesioa emateko falta zitzaiona ziurgabetasun-printzipioan aurkitu zuen. 1926. urte hartan, Schrödingerren irudi uhindarra eta berea bateratu nahian, **osagarritasun-kontzeptua** asmatu zuen, partikulen izaera bikoitza azaldu zuelarik.

Bere ustez, elektroia partikula ala uhina ote den galdetzen duenari, “biak” edo “ez bata eta ez bestea” erantzunak eman behar zaizkio, inolako zehaztasunik gabe. Egia esan, teoria kuantikoaren arabera, galdera horrek ez dauka inolako zentzurik; ikuspegi kuantikotik objektuak ez bait dira berez existitzen, behatu edo neurtzen ez badira. Propietate gorpuzkularrak egiaztatzeko esperimendu bat eginda, elektroiak, partikula-portaera dauka, ezaugarri uhindarrak erakutsi gabe. Elektroiak propietate uhindarrak dituela frogatu nahi bada, ordea, eta, adibidez, bi zirrikietako esperimendua egiten bada, interferentzi irudi bat lortuko

Planck, Einstein eta Schrödinger bizitza osoan saiatu ziren haiek "zentsugabekotzat" zeuzkaten ondorio filosofikoak ukatzeko azalpenak asmatzen.

da, elektroia, besteak bezalako uhina balitz bezalaxe.

Beraz, elektroia, bai uhina, bai gorpuzkularia delako ondorioa iritsi behar da, neurketen emaitzak egingako esperimenteren menpekotasuna duelarik. Esperimenteru bat ere egin gabe galdera bera egitea adibidez, txanpona jaurtiki gabe zein aldetara erori den galdetzea bezalako litzateke, hau da, guztiz zentsugabekoa. Bohrren esanetan, elektroien portaera hauek, elkarren arteko osagarriak, eta aldi berean baztertzailak dira, txanponaren alde biak diren legez. Osagarritasunaren ideia hau, Bohrri, ziurgabetasun-printzipioa matematikoki adierazteko oso tresna baliagarria iruditu zitzaion; elektroien propietate gorpuzkularrak erakusten dituen bere uhin-ezaugarriak ezabatu egiten direla frogatu bait zuen, nolabaiteko osagarritasuna agerteraziz.

Osagarritasunari eta zehazgabetasunari lotuta dagoen fisika kuantikoaren oso ondorio bitxia, **emaitzen behatzailearekiko menpetasuna** da. Elektroien kasuan esan bezala, esperimenteren emaitzek, behatzailearen aukeraketarekiko menpetasuna dute, eta era berean, edozein magnitude neuritzen denean, behatzailearekiko elkarrekintzaren eraginak, alda erazi egiten da neurketa, eragin hau ekindinezina delarik. Behatzaileak horrela, parte hartzen du esperimenteruan, fenomenoak behatzen ez denean gertatzen denari buruzko hipotesirik egitea ezinezkoa izanik.

Interpretazio honetan, oso parte garrantzitsua Bornek asmatutako Schrödingerren teoriaren **ebazpen estatistikoa** da.

Born, Schrödingerren ekuazioan agerturiko uhin-funtzioaren esanahia argitu nahirik, partikulen eta uhinen arteko lotura bilatzen saiatu zen. Bere ustez, guztiz errealak diren partikulak, uhinek gidatuak ziren, eta hauen moduluen karratuek, espazioaren puntu bakoitzean partikulak aurkitzeko probabilitatea adierazten zuten. Schrödingerren ekuazioan agertzen den probabilitate-uhina, beraz, neurketa bat askotan eginda,



Max Planck

puntu bakoitzean partikula aurkitzeko probabilitatea adierazten duen funtzio matematikoa da. Horrela, uhin-teoria asmatu zuenean, Schrödingerrek bilatutako errealitasun fisikoa eta kontzeptuen hurbiltasuna faltsuak zirela suertatu zen, benetako azalpena algebra kuantikoarena bezain harritagarria eta korapilotsua izanik.

Interpretazio estatistikoa hau, seguraski, harridura nabariena ekarri zuen fisika kuantikoaren parte izan zen, ordura arte erabiltutako estatistikak Bornek proposatuekin ezberdintasun handiak zituen eta. Mekanika estatistikoa klasikoak, adibidez, partikula anitz estudiaturik, une bakoitzean, lege estatistikoen bidez partikulek osatua duten sistemaren egoera aurrean dezake, eginiko hurbilketa errealtatearen datu zehatzak ematea posible delarik. Mekanika

kuantikoaren kasuan, ordea, estatistikak ez du ematen une bateko sistemaren informazioa; sistema berdina askotan neurketa bera eginganda emaitza zehatz batzuk lortzeko probabilitateak baizik. Beraz, partikula bakar bateko sistemari ere aplikatu dakieke. Kasu bietan, estatistika erabiltzen deneko modua, beraz, guztiz ezberdina da: lehenengoan une bakoitzeko egoerari buruzko informazioa ematen da, bigarren kasuko neurketak edozein momentutan egin daitezkeelarik.

Azalpen honi, aise lotu dakioke zehazgabetasunaren ideia; partikula bat non dagoen neurketa egin baino lehen ez baita zehazki ezagutzen. Posizioa, estatistikoki zehazterik baino ez dago. Horrela, adibidez, logika gabekoak diruditen emaitzak lor daitezke, hala nola klasikoki galarazita duen zonalde batean partikula aurkitzeko probabilitatea



Heisenberg (ezkerrekoak), Born eta Bohren lantaldeetan izan ondoren, harez gero hain baliagarri izan den mekanika matriziala asmatu zuen. Ildo beretik, Paul Diracek (goikoak) aljebra kuantikoa proposatuz, Fisika kuantikoari falta zitzaion tresneria matematikoz hornitu zuen.

nulua ez izatea, partikula batek potentzial-hesi bat zeharkatzea (tunel efektua), eta abar. Estatistikotasunari lotuta zeuden iragarpen hauek, hurrengo urteetan esperimenterik baiezta ziren, teoriak behar zuten egiaztapena jaso zuelarik.

Kopenhageko interpretazioa, harez gero, teoria ofizial bihurtu zen, ondoko lau ideietan oinarrituta zegoelarik: zehazgabetasun, osagarritasun, behatzailearekiko emaitzen menpetasun eta estatistikotasunean.

Garai hartako fisikari gehienek, onartu egin zuten interpretazio hau, emaitza arraroak ekarri arren, nolabaiteko osotasuna lortzen zen eta. Sortutako gauza harrigarriak teoria ez onartzeko nahikoa zirela uste zuten artean, Einstein famatua zegoen, zehazgabetasunaren ideiarekiko ezadostasunak, seguraski aurrititzi erlijiosoen bultzaturik, esaldi ospetsu batez azpimarratu zituelarik: "Jaungoikoa ezin da munduaz datoka ibili".

E.P.R. paradoxa

Albert Einstein-en ustez, mekanika kuantikoaren legeek, zenbait gertakizun esperimenterik arrakastaz azaltzeko balio zuten kalkulu-erregelak baino ez ziren, Naturaren propietateak ezagutzeko nahikoa izan gabe. Horregatik, ziurgabetasunaren printzipioan datzan errealitatea ezagutzeko ezintasuna, fisikaren garapenarekin batera desagertuko zela pentsatu zuen, Naturaren benetako ezaugarria izan zitekeela sinetsi gabe. Einsteinek, Naturaren errealitate sakona ezagutu nahian horrenbeste urte eman ondoren, bere saioak hutsalak zitezkeenik ezin zuen onartu, eta Kopenhageko interpretazioaren aurkako argudioak bilatzen denbora luzez aritu zen.

Ildo honetatik, besteak beste, Boris Podolsky eta Nathan Rosenekin batera, beren izenak darमतзан paradoxa 1935.ean asmatu zuen. Paradoxa honen bidez, Ko-

penhageko interpretazioaren kontraesanak agerterazi nahi zituzten, honako hau proposatu zutelarik:

Demagun elkarrekintzan ari diren bi partikula elkarrengandik urrunduta aztertzen direla, osatzen duten sistemaren momentu osoa eta partikulen arteko hasierako tartea neurtzen direlarik. Neurketa honek, erregela kuantikoaren aldetik ez dauka inolako eragozpenik. Denbora luzea iraganik, partikula baten momentua neurtuko balitz, beste partikularen momentua automatikoki ezaguna litzateke; sistema osoaren momentua ez baitzatekeen denboran zehar aldatuko. Lehenengo partikularen posizioa jarraian neurtuko balitz, bere momentua aldatu egingo litzateke, baina ez, omen, bestearren. Lehenengo partikularen posizioaren neurketa honen bidez, bigarrenaren momentua eta bien arteko hasierako tartea ezaguturik, bigarrenaren posizioa ezagutu liteke, eta beraz, posizioa eta momentua aldi-

Schrödinger, teoria kuantikoa finkatzeko gogor lan egin ondoren, bere ekarpenak onartu ez zituen fisikarietariko beste bat izan zen. Uhin-teoria asmatu zuenean, jauzi kuantikoak ekidin zituela uste izan zuen.

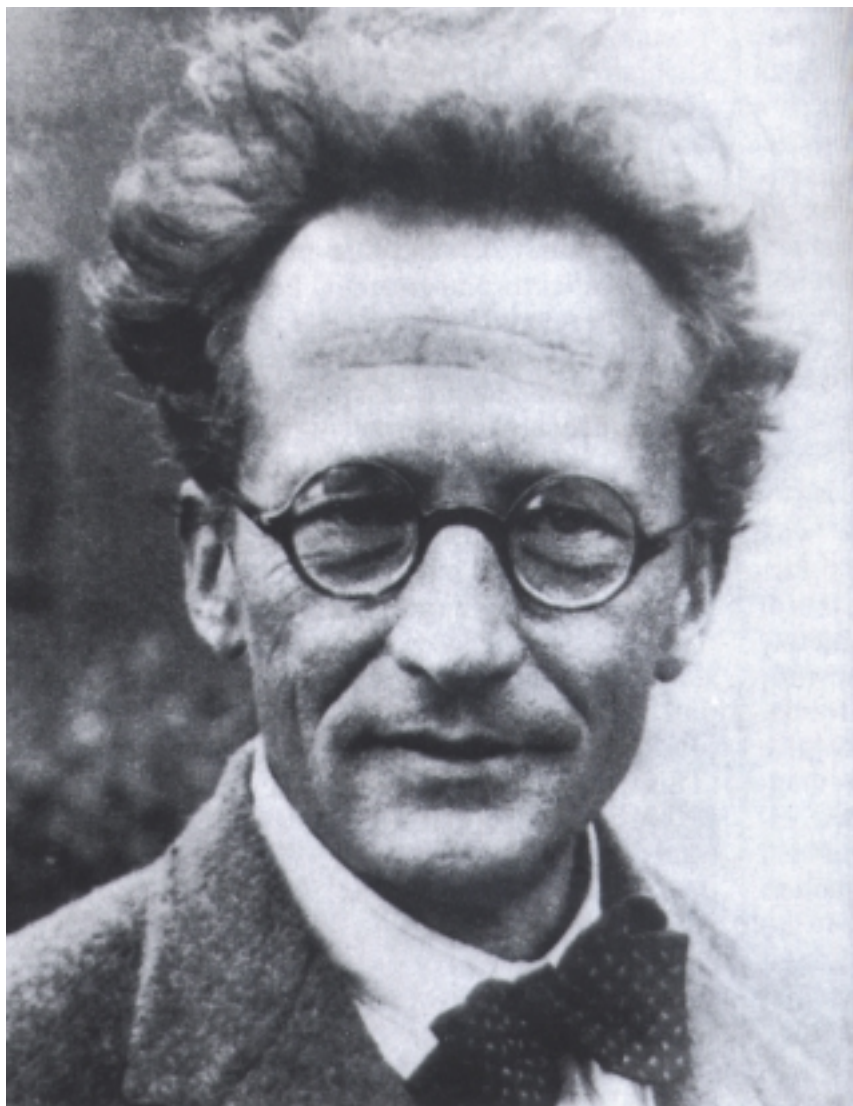
berean eta zehaztasun osoz ezagutzeak, ez luke inolako arazorik.

Horrela, partikula batean egini-ko neurketek urrun dagoen beste partikula batean eragina dutela, edo mekanika kuantikoaren legeak oker daudela ondorioztatu behar da. Lehenengoa ondorioztatuko balitz, hots, partikula bi instantaneoki komunika daitezkeela, kausalitatearen printzipioa apurtu dela onartu behar litzateke. Einstein, Podolsky eta Rosen-en ustez, Naturaren errealitatea azaltzeko erabil litekeen teoria batek bere baitan kausalitatearen printzipioa behar luke, kontrakoa zentzugabea izanik. Hauen arabera, paradoxa honen bidez, lege kuantikoen mugak agerian geratu ziren; arazo praktikoak ebazteko erregela hutsak zirela ikusi bait zen.

Kopenhageko taldekoek E.P.R. paradoxaren logikotasuna onartu zuten, baina "zentzuduna" eta "zentzugabea" iritzitakoarekin, ez zeuden inola ere ados: haien arteko alderik handiena Natura bera azaltzeko moduan zetzan. Kopenhagekoek, neurtu diren magnitudeen errealtasuna soilik azpimarratu zuten, Einstein eta besteek magnitude guztiek errealtasuna duteneko azalpena eman behar zela uste zuten bitartean. Batzuk, teoria kuantikoak Naturaren benetako izaera adieraz dezakeelakoan zeuden. Besteak izaera hau estatistikoa eta azarearen menpekoa ezin zitekeelakoan zeuden neurri berean, lehenengoak emaitza esperimentalek bultzatuta eta azkenak senak iradokitako aurriritzi sakonez eraginik.

Schrödingerren katua

E.P.R. paradoxa argitaratu zeneko urte berean, errealitate kuantikoa zalantzan jarri zuen beste esperimentu mental bat aditzera eman zen. Schrödinger, teoria kuantikoa finkatzeko gogor lan egin ondoren, bere ekarpenak onartu ez zituen fisikarietariko beste bat izan zen. Uhin-teoria asmatu zuenean, jauzi kuantikoak



ekidin zituela uste izan zuen, zehazgabetasuna eta interpretazio estatistikoari, geroago ezarri zirenean, onartezinak iritzi zielarik.

Berak proposatutako paradoxa, egia esan, teoria kuantikoaren harrigarritasunaren froga nabariena da, gaur egun ere askoren ustez erabat azalduta ez dagoelarik.

Pentsa dezagun kutxa baten barruan katu bat bizirik eta pozoibotila bat daudela. Botilari konektaturiko Geiger kontadore batek, ontzi batean dagoen materia erradioaktibo baten desintegrazioa detektatzen ari dela, botila puskatu egin da, katua, pozoinduta, hil egin delarik. Esperimentua, desintegrazioa gertatzeko probabilitatea % 50ekoa izateko diseinaturik dago. Horrela, lege kuantikoei jarraituz, ez dago desintegrazioa gertatu den edo ez (eta, beraz, katua bizirik ala hilik dagoen) esaterik, kutxa zabaltzen ez den bitartean, hots, neurketa egiten ez den bitar-

tean. Teoria kuantikoaren arabera, gertakizun bakoitzaren probabilitateak adierazten dituzten uhin-funtzioak, gainjarrita daude, gauza bat edo bestea gertatzen den, behaketa egin arte ezin esan daitekeelarik. Kutxa barruan zer gertatu den ikusten ez den bitartean, beraz, katua ez dago hilik, ezta bizirik ere; bizitza eta heriotzaren arteko egoera kuantiko eta estatistiko batean baizik.

Partikula baten posizioa eta momentua aldiberean neurtzeko ezintasunak sortutako harrigarritasuna, neurri batean (jende gehienaren ustez onargarria bada ere) hain arrunta den katu baten izaera "mamutsua", mundu kuantikoaren benetako berezitasunaren eta errealitatea atzemateko dugun moduan exijitzen duen izugarritzko aldaketaren froga nabaria da. Einsteinek, bere aldetik, erdi hilik dagoen katuari "zentzugabekoa" zeritzon, eta paradoxa honetan,



Schrödingerren katua. Schrödingerrek proposatutako paradoxa, teoria kuantikoaren harrigarritasunaren froga nabariena da, gaur egun ere askoren ustez erabat argituta ez dagoen arren.

“benetan” gertatzen dena azaltzeko fisika kuantikoaren ezintasunaren egiaztapen dotorea ikusi zuen. Kopenhagekoek, berriz, arraroa bada ere, Natura horrelakoa delako gertatzen zela erantzun zuten, “zentzudun” fisikariak gehiegi konbenitzu gabe.

Schrödingerren esperimentua aztertuz, benetako garrantzia duena behaketa dela ikusi daiteke; probabilitate-uhin gainjarriak, behaketaren une berean kolapsatu egiten bait dira eta bi gertakizunetako batek errealitatea gauzatzen bait du: momentu hau baino lehen errealitateari berari buruz mintzateza kuantikoki zentzugabekoa da.

Eta kutzaren barruan katua hilik ala bizirik dagoen ikus dezakeen inor balego, zer gertatuko ote litzateke?. Barruan dagoenaren ustez, noski, ez litzateke inongo zalantzarik; katua hilik ala bizirik ikusiko bait luke, probabilitate-uhina kolapsatua legokeelarik. Kanpokoen ikuspegitik, berriz, gauzak lehen bezala leudeke, ikusi arte barruan zer gertatu den jakiterik ez dagoelarik. Kasu honetan, barruko behatzailea bera, kanpokoentzat probabilitate-uhinean sartuta legoke, kuitxa ireki arte berari gertatu zaiona ere zehaztezi-na izanik. Horrela, gertakizun guztiek begiratzen zaienean bakarrik hartzen dute parte errealitatean, bestelako kasuan “gertakizun” ere ez direla esan daitekeelarik.

Idea honi jarraituz, fisikari batzuek Historian zehar gertatutako guztia norbaitek behatu diolako eta, areago, izaki adimentsuek behatu diotelako gertatu dela esana dute, behatu gabea Schrödingerren katua paseatzen dabileneko Heriotza eta Bizitzaren arteko eremueta soilik gertatzen omen delarik.

Harrigarritasunaren egiaztapena

Froga esperimental

E.P.R. paradoxa azaldu nahirik, fisikari batzuek sistema guztiek guretzat ezezaguna den informazioa dutela argudiatu zuten, uhin-funtzioek sistemen egoeraren datu guztiak ezin eman ditzakete eta. Teoria hau “aldagai ezkutuen eredu” izendatu zen, zehazgabetasun kuantikoa aldagai hauek ezagutzeko ezintasunean datzala proposatu zelarik.

1964.ean, J.S. Bell, CERN-eko ikerlariak, aldagai ezkutuen eredu guztiek mekanika kuantikoaren auresanekiko ezadostasun handiak dituztela demostratu zuen, eredu hauek egiazkoak diren jakiteko bere izena daraman froga esperimentalak asmatu zituelarik. Fisika kuantikoaren emaitzen egiaztapen esperimentalak jadanik eginak ziren arren, senaren kontrakoak ziren ekarpen harrigarrienak espe-

rimentalki baieztatu gabe zeuden, Bellen frogaren bidez behar bezalako egiaztapen osoa egitea posiblea zelarik.

Bellen teorema aplikatuz eginiko lehenengo esperimentuetan, lokalitatea, hots, aldagai ezkutuen ereduak izan behar zuten propietatea, apurtuta geratzen zela ikusten zen, mekanika kuantikoari baliagarritasuna emanik. Esperimentu hauetan, E.P.R. paradoxan proposatutakoan bezalaxe, partikulen arteko nolabaiteko instanteko komunikazioa onartu behar zen, partikulek esperimentu osoan eginiko neurketak ezagutuko balituzte bezala. Batzuk, azken ideia honez baliaturik, partikulek modu ezezagun baten bidez muntaia esperimentalaren informazioa jaso lezaketelako probabilitatea ekiditeko “**atzeraturiko aukeraketa**” erabiltzea zeneko esperimentuak proposatu zituzten.

Esperimentu hauetan eginiko neurketak zeintzuk izango diren partikulak jaurtiki ondoren erabakiko litzatekeenez, hasiera batean elkarrekin egondako partikulek, neurketa egitean hartuko duten baliari buruzko informazioa elkarri ematea ezinezkoa lukete. Baldintza hauek beterik, lokalitatea apurtuta izateak teoria kuantikoa erabat egiaztatuko litzateke, aldagai ezkutuen eredu, “zentzudunen” azken saioa, balio gabe utzirik.

Alain Aspect-ek, Pariseko Unibertsitateko Optika-Institutuko fisikariak, 1982.ean atzeraturiko aukeraketa erabiltzen zeneko esperimentu ikusgarria egin zuen. Laser izpien polarizazioaren bidez, fotoi batek, polarizagailuen konfigurazioa edozein izanda ere, urrun dagoen beste fotoi baten egoera ezagutuko balu bezala jokaten duela frogatu zuen, errealitate kuantikoaren harrigarritasuna benetakoa delako azkeneko froga izanik.

Schrödingerren mila katuak

Aspecten egiaztapenaren ondoren, Kopenhageko interpretazioaren baliagarritasuna ukaezina da. Probabilitate-uhinak gertagarria den guztiaz osatuta daude, behaketa bat egiten denean posibleak diren gauza guztietariko bat gertatzen delarik. Horrela “errealitatea” izenekoa gauzatzen da. “Gertatu” ez diren beste aukerak, be-



Fisika kuantikoari oinarri filosofikoa ematen saiatu zen Max Born, benetan zertan ari ziren jakiteko.

rriz, posiblea den errealitatek desagertu egiten omen dira, Schrödingerren katua bezalaxe, erralitate "mamutsu" bihurturik.

Idea hau, onargaitza iruditu zitzaion Hugh Everett-i eta 50.eko hamarkadan, beste interpretazio bat proposatu zuen. Bere ustez, gertatzen ez diren errealitate ezku guztiak, gurea ez den beste mundu batean gertatzen dira, haien probabilitateak adierazten dituzten uhin-funtzioak, neurketa egitean kolapsatu gabe, "superespazio" batean gertatzen direlarik. Behatzaileak, neurketa bat egiten duen bakoitzean, mundu eta errealitate zehatz bat aukeratzea baino ez du egiten, beste munduekiko lotura guztiak etenda geratzen direlarik.

Oinarri matematiko finkoak dituen Everetten teoria honen arabera, Schrödingerren katua-bilaketak uste baino errazagoa suertatu beharko luke. Erdi hilik dagoen katu bat mamuen eremuetan egon gabe, guztiz hilik edo guztiz bizirik dauden milaka katu omen daude, posible diren Unibertso guztietan barreiaturik. Zientziak berriz ere, mamuak umeak izutzeko atso-kontuak baino ez direla demostratua bide du.

**Joan Karlos Odrizozolari
euskararen aldetik eginiko
zuzenketak eta emandako
denbora eskertu nahi dizkiot.**

SEXU-HEZKUNTZA

Sexu-hezkuntzarako baliabide berri eta balioetsua. Nola jaiotzen dira haurrak? Nola sortzen dira? Pubertarioan zer gertatzen da? Aurkezten dugun Sexu-hezkuntza programak, erantzun garbi eta egokiak ematen dizkie gure garapeneko uneren batean kezkatu gaituzten galderei.

Programa honek norberaren gorputza eta sexualitatea hobeto ezagutzeko balio dezake, horrela garapen egoki eta orekatuari lagunduz. Baliabide malgua da eta adin guztietan helburu desberdinez erabil daiteke.

Eskaerak eta informazioa:

Elhuyar Kultur Elkarte
Asteasuain poligonoa. 14. pabilioia
Telf. (943) 363040/363041
20170 Usurbil