

MAX BORN ETA EINSTEINEN ARTEKO HARREMANA

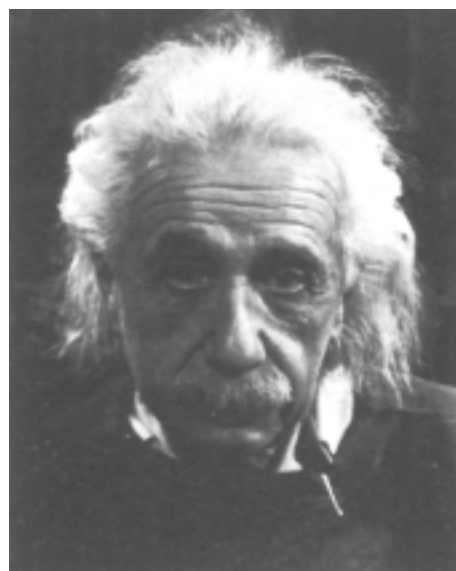
Duela hilabete batzuk, Elhuyarren XX. mendeko klasikoak sailean argitaratua da Max eta Hedwing Born senar-emazteek osaturiko Zientzia eta Kontzientzia Aro Atomikoan izeneko liburu interesgarria. Senar-emazteak Alemaniatik ihes egin beharra izan zuten Hitlerren garaian eta geroztik Ingalaterra eta Eskozian eman zituzten hainbat urte.

Max Born zientzilari ospetsua zen; fisika kuantikoaren arloan batez ere.

Bere ekarpenak medio, 1954. urtean Nobel Saria eman zioten, eta Einstein gaztetandik Berlinetik ezagutzen zuenez, biak

atzerrian zeudela postaz harreman estua izan zuten.

Guk harreman horren berri eman nahi dugu Max Born-en eskutik, aipatu liburuko Elkarrizketa zientifikoa Einsteinekin deituriko zatia hona aldatuz.



Albert Einstein



Max Born

Max Born:
Elkarrizketa zientifikoa
Einsteinekin

Sarri hitz egin dut Einsteinini buruz. Berriro ere hari honetara itzulzearen arrazoia, zahartzaroko aisialdian bere bizialdian bidali zizkidan gutunak atera izana da. Orotara berrogeitamar baino gehiago dira eta denetakoak daude: laburrak eta luzeak. Hobeto kontserbatu ahal izateko guztiak kopiatu ditut. Hori en bitartez laguna indartsu berpiztu zitzaidan; neure aurrean nuela ikusteko moduan eta bere ahotsa nahiz barre zoragarria entzuteko moduan.

Bernadotte kondeak Lindau-n gai orokorrez hitzaldia eman nezala eskatu zidanean, hemen bildutako taldeari gutunek sorterazitako oroitzapenen zirraraz mintzatzea bururatu zitzaidan. Arazo filosofiko, fisiko eta munduaren ikusmoldeazko pasarte labur batzuk plazaratu eta eztabaidatu nahi nituzke, baina noizbehinka orduko arazoak argitzeko oharren bat egingo dut. Einsteinen alderdi politikoa (nahiz eta bere bizitzan garrantzi handia izan)

aparte mantendu behar da, bilera honen giroa horretaz aritzekoa ez delako. Einsteinek nire eta nire emaztearen eskutitz guztiak gorde zituen. Gutun guztiak argitaratzen direnean nabarmenduko dira hemen aipatu gabe uzten ditugun Einsteinen izakeraren zertzeladak.¹

Einsteinen 1905. urteko lan famatua irakurri baino askoz lehenago ezagutzen nuen nik Hermann Minkowski nire maisuaren bidez Erlatibitate-Teoria bereziaren alderdi matematiko formala. Hala eta guztiz ere, Einsteinen lana argi distiratsuaren modukoa izan zen niretzat; nire pentsakerari beste edozein gertaera zientifikok baino gehiago eragin zion argitasuna. Einstein pertsonalki 1909. urtean ezagutu nuen, Salzburgen ospatutako Zientzilari Naturalisten Batzarrean. Ez dakit garai hartan elkari eskutitzik bidaligenion ala ez, orduko bat bera ere gordetzerik lortu ez dudalako.

Ezaguna denez, Einstein 1913. urtean kontratatu zuten Berlineko Akademian ikerle gisa Van't Hoffen ondorengoa izan zedin. Ni urtebete geroago kontratatu ninduten Berlineko Unibertsitatean irakasle-

tarako, Plancki irakaskuntz lanak arin niezazkion. 1915. urteko udaberrian joan ginen hiri hartara eta irakasten hasi nintzen. Laster eten behar izan nuen ordea lan hura soldaduskara joateko. Hilabete batzuk hegazkineriako sail batean eman ondoren, artilleriako ikuskaritza-batzordera bidali ninduten. Han Rudolf Ladenburg nire lagunaren zuzendaritzapean fisikari-talde bat lanean ari zen artilleriaren lokalizatorako metodo teknikoak garatu nahian. Bulegoak zeudeneko edifizioa Spichernstrasse-n zegoen; **auzo bavariar** deiturikotik (han bait zuen Einsteinek etxea) oso gertu. Horregatik bazkalorduan askotan bisitatzen nuen. Geroxeago gure etxera etortzen hasi zen, musika jotzera eta hizketaldiren bat egitera. Elkarrizketa haietan nire emazteak biziki hartzen zuen parte. Gure eritzi politikoak gehienetan bat zetozen, baina horretaz ez dut hitz egin behar.

Nire bilduman agertzen den idazkia, 1916. urtean *Physikalische Zeitschriften* argitaratu nuen artikulua bati buruz bidali zidan postala da; Erlatibitate-Teoria orokorraz dihar-



Politikak garrantzi handia izan zuen Einsteinen bizitzan. 1923an, Berlineko pakearen aldeko manifestazio batean hartu zuen parte.

¹ Max Bornek aipatutako *Der Einstein-Born Briefwechsel 1916-1955*, 1969. urtean argitaratu da Nymphenburger Verlagshandlung-en, München. Einstein eta Sommerfelden arteko gutun-trukeak ere (Schwabe u. Co. Edit., Basel, 1968) Einsteinen izakera eta pentsakeraren berri zehatzagoa ematen du.



Bi pasio zituen Einsteinek: fisika eta musika. Irudian Einstein, Adolph Hurwitz matematikaria eta honen alaba. Adolph Hurwitz (1859-1919), suitzar matematikaria zen eta dimentsio finituzko algebraritu zen lanean.

duen txostentxo labur bat. Gaur nik gai horren gainean ia gauza bera idatziko nukeen. Bigarren mailakotzat hartu da Einsteinen abiapuntu erlatibista (alegia, kaxoi baten barruko eremu grabitatorioaren intentsitateak kaxoiaren azelerazioarekin baduela zerikusia) eta lehen mailakotzat metrikaren eremu-ekuazioak. Gaur egun nahiago dut Einsteinen adierazpen originala (duela berrogeitamar urte artikulu hartan jakin erazi nuenean bezala), batez ere nire lagun Fock errusiarrak defendatzen duen ereduaren aurrean. Postalak nire lanaz honako hau dio: *erabat ulertua eta baieztatua izateak sortutako sentipen pozgarriaz irakurri zuela*. Gero adiskidetasun-hitz batzuk ditu eta elkarren lagun izaten egun haietan hasi ginela uste dut.

Hala eta guztiz ere ez nion, ez lehen eta ez gero, Erlatibitate-Teoria orokorra lantzeari ekin. Berlineko Akademiaren batzar-txostenetan dauden Einsteinen lanak sakon ikasi nituen. Neure buruak lor zezakeen maila baino azkoz ere gorago zedula iruditu zitzaidan eta alor hori gehiago ez lantzea erabaki nuen. Hori horrela izanagatik, bere ideiei

eraso zaienean beti defendatu ditut.

1918. urtean Einstein bere bigarren emaztearekin Ahrenshoop-eko hondartzan zegoen udako oporrak igarotzen. Garai hartako bere eskutitz batzuk ditut eta haietako baten pasarte bat aldatu nahi nuke hona (datarik gabea da):

Hemen besteak beste Kanten Prolegomenoak irakurtzen ari naiz eta gazte honi zerion eta darion suggestio-ahalmen ikaragarria ulertzen hasten ere bai. A priori judizio sintetikoak daudela onartzen bazaio, harrapaturik gelditzen da bat. A priori kalifikatzailea "konbentzional" mailara jaitsi behar dut, kontraesanetan eror ez nadin, baina horrela ere ez da egokia gertatzen kasu jakinetarako. Nolanahi ere, oso ederra da irakurtzeko, nahiz eta bere aitzindaria (Hume) bezain ederra izan ez; hark sen indartsuagoa bait zuen...

Kontsolagarri zait filosofia alemaneko heroi handietako bati **gazte** deitzea. Honen eta antzeko beste oharren bidez, Fisika teorikoan ezer lortu nahi bada pentsamendu filosofikoen aurrean errespeturik ez dela eduki behar ikasi dut. Neure ikasleei

jarrera hau transmititzen saiatu naiz eta arrakasta izan dudalakoan nago.

Aipatutakoak bezalako esaldi lotsagabe samarrak maiz botatzen zituen Einsteinek. 1919.ean argitaratzaileekin nituen konpromezuak nituela eta gutunei berandu erantzuteagatik barka eske idatzi nion eskutitzari, honela erantzun zion:

*Argitarapen-promesak ere —Sommerfeldi egindakoak adibidez— bete nahi al dituzu? Hori gehiegizkoa da. Shakespeare oraingo baldintzatan bizi balitz, bere harako esaldi gogor samar hura, **Jupiterrek barre egiten die maitasunzinei delakoa, beste honetaz aldatuko luke: Jupiterrek barre egiten die artikulu bat idazteko promesei.***

Eskutitz berean Fisikari buruzko beste ohar hau dago: *Teoria kuantikoak nigan zugar bezalakoxe sentipenak sortzen ditu. Berez arrakastaz lotsatu egin beharko genuke, jesuiten oinarrizko arauaren arabera lortu direlako; esku eskuinak ez dezala ezkerrek egiten duena jakin arauaren arabera alegia. Oso ongi deskribatzen du horrek Mekanika klasikoaren eta Teoria kuantikoaren kontzeptuekin Mekanika kuantikoa*

aurkitu baino lehen nola jokatzeko zuten. Gutun berean nire ezkortasun politikoagatik sermoia botatzen dit. Ezkortasunaren arrazoia Versaillesko bake-elkarrizketei buruz egunkariek ziotena izan zatekeen. Einsteinek honela idatzi zidan: *Mazoi eta determinista porrokatu batek nola esan dezake, malkoak begietan dituela, gizateriarenganako itxaropena galdu duela? Oraingo gizakiak arazo politikoetan daukan portaera grinatsua dugu hain justu determinismoan fedea edukitzera bultzatzen duena.*

Pasarte honetan agertzen da lehen aldiz bere aitorten determinista. Aitorpena ez da ordea Fisikari dagokiona (arlotan horretan zergatikotasun hertsiaz zalantza egitea absurdutzat hartuko bait zuten); gizakien portaera politikoari dagokiona baizik. Nire emazteari bidalitako eskutitz batean zehatz-mehatz adierazten du bere zergatikotasunarekiko fedea, nahiz eta dituen mugak sakon aztertu. Eskutitz hura Frankfurtera bidali zuen, 1919.ean Max von Laueren ondorengo gisa han kontratatu nindutela. Pasarte batean honela dio: *Orain goazen filosofiarara. Zuk 'Maxen-en materialismo' deitzen diozun hori, gauzen ikusmolde kausala besterik ez da. Ikusmolde honek beti zergatik? galderari erantzuten dio, baina inoiz ere ez zertarako? galderari. Utilitarismoak nahiz hautespen naturalak galdera honi ezin diote erantzun. Beraz inork honelako galdera egiten badu: Zergatik elkar lagundu, geure bizimodua batabesteari hobetu, musika ederra sortu edo pentsamendu bikai-*

1927.ean Bruselako Solvay Institutuan egindako fisikarien bilerara joandako batzuk. Mekanika kuantikoaren aintzindariak bertan daude.

Ezkerretik eskuinera T. de Donder, E. Schrödinger, E. Verschaffelt, W. Pauli, W. Heisenberg, R.H. Fowler, L. Brillouin, P. Debye, P.A.M. Dirac, A.H. Compton, L. de Broglie, M. Born, N. Bohr, A. Einstein, P. Langevin, C.E. Guye, C.T.R. Wilson eta O.W. Richardson.

nak osatu? erantzuna honako hau da: Zuk zeuk antzematen ez badiozu, inork ez dizu adieraziko. Elementu primario hau gabe deus ere ez gara eta egoera horretan hobe genuke ez bizitzea. Gauza hauek giza arrazari mantentzen eta garatzen laguntzen diotela frogatzearren inor arrazonamendutan saiatuko balitz, berehala sortuko litzateke, eta arrazoiz, zertarako? galdera eta horrentzat zientifikoki formulaturiko erantzuna etsipenez beterikoa litzateke. Beraz, edonoren eta edozeren gainetik zientifikoki jokatu nahiko bagenu, gure helburuak minimora ekartzen saiatu eta gainerakoa hortik eratortzen ahalagindu beharko genuke. Ezagumenduaren balorazio ezkorrekin ez nago ados. Erlazioak argi nabaritzea bizitzako gauzarik ederrenetakoa da. Hori ukatzea zuk egoera nahasi eta nihilistan baizik ezin duzu egin.

1919.eko azaroaren 9an, honela hasten zen eskutitz labur bat heldu zitzaigun: *Hemendik aurrera hika hitz egingo zioagu elkarri* Asmatzekoa da horrek nigan sortu zuen

poza eta eman zidan ohorea zenbaterainokoa zen. Pertsona haziei askotan ez zaie erraza gertatzen elkarri hika hitz egiten ohitzea. Einsteinek ordea erraza izan zen, bera erabat pertsona jator eta irekia genuelako. Ez dakit gero inoiz zuka aritu nintzaion ala ez. Einsteinen gutunetan oso gutxitan azaltzen zen horrelakorik, eta inoiz zuka idazten bazuen, zerbaitegatik haserre zegoenaren seinale (eritzi publikoak erasotzen zion moduagatik batez ere). Gure aburuz onegia zen kazetari lotsagabeekin. Ni saiatzen nintzen eraso sasizientifikoetatik hura babesten eta horretarako aldizkaritan artikulua idazten nituen bere alde. 1919.eko abenduaren 9ko gutunean haietako artikulua batez dihardu: *asko gustatu zaidak Frankfurteko aldizkariko hire artikulua. Baina orain niri bezalaxe erasoko diate (gutxixeago bada ere) aldizkaritakoek eta gainerako zirtzilek. Nirea larria duk. Ozta-ozta uzten zidatek arnasa hartzen. Lanean berriz, inola ere ez. Gero pertsona jakin baten oldarkerietatik babestea gomendatu zidan: Ez egin jaramonik eta utzi*



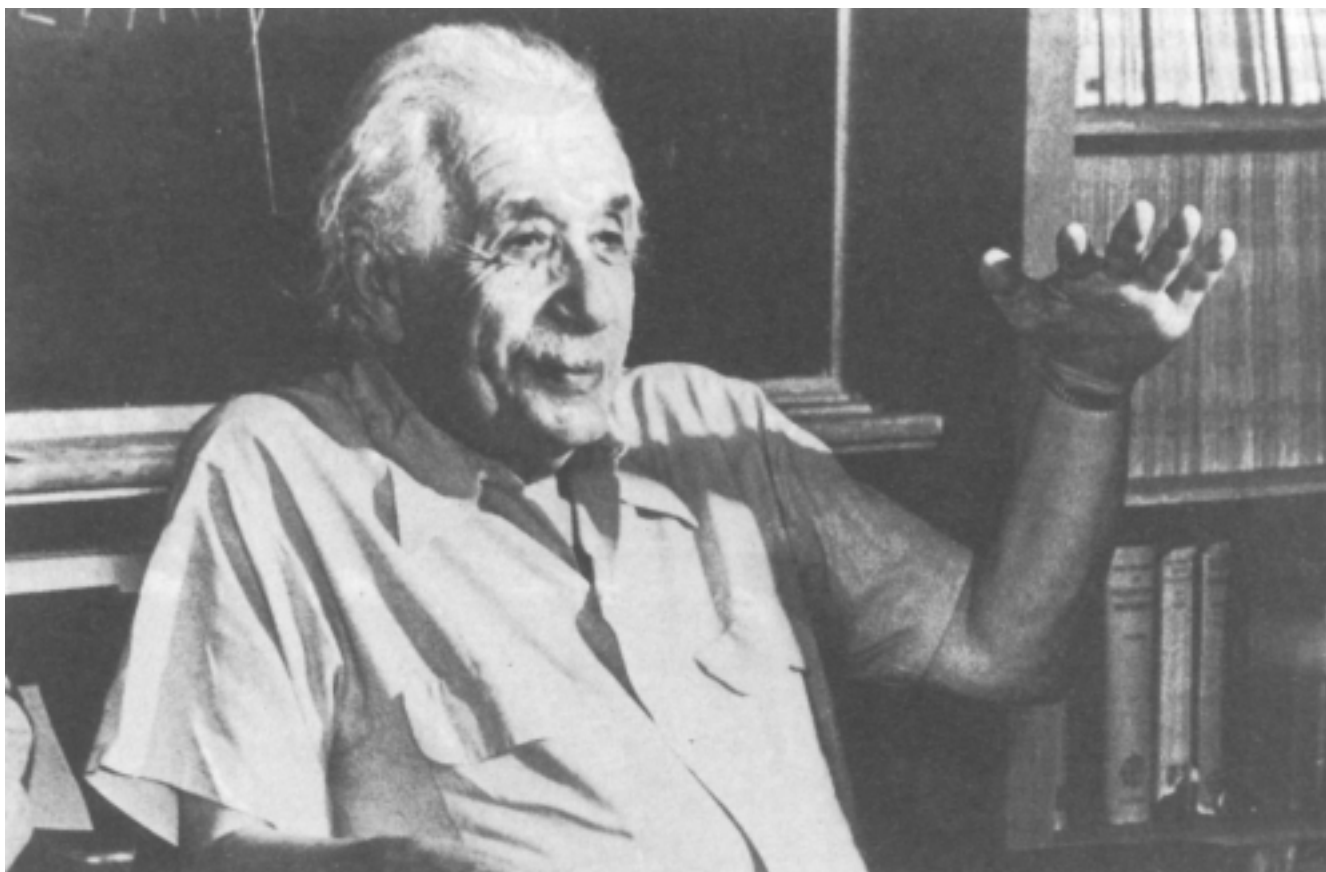
mutikoari nahi duena egiten eta esaten. Bere zergatikotasunari buruzko frogapena, a priori, benetan liluragarria duk. Eskutitzean Rostockera egindako bidaiaren berri ematen du, Unibertsitateko zeremonia jubiliarraren deskribapen irigarria barne (behin ere ez zituen ospakizun haiek serio hartu). Gero Wien-en irakatsi eta positibismo logikoaren eskola (oraindik ere bati-pat Iparrameriketan indarra duena) sortu zuen Schlick filosofoari egindako bisitaren berri ere ematen du. Denboraldi batez Einstein hunkiturik zeukaten ezagutzaren teoria honen argudioek, baina geroago kritikatu egin zituen. 1920.eko urtarrilaren 27an Teoria kuantikoaz honela zioen: *Ez zaidak iruditzen kuantuen teoriaren mesedetan jarraiaren teoria utzi behar dugunik.* (Gutun batean nik antzeko zerbait iradokia izango nuen). *Era berean erlatibitate orokorrera heltzeko koordenatu-sistemak utzi behar zirela pentsa zatekeen. Berez jarraiaren ideia zokora zatekeen, baina jarraiaren ideiarik gabe nola deskribatuko li-*

tzateke n punturen higidura erlatiboa?... Nire ustetan horrelako gaindeterminazioak ekuazio diferentzialetan aurkitu behar dira eta beren soluzioek ez dute jarraitasun-izaerarik izango. Gutun luze hone-tan bada Spengler-i buruz ohar humoretsu bat. Haren **Mendebaldearen gainbeherakada** izeneko liburua irakurtzen guztiak ari ziren: *Spengler delakoak ez nau errespetatu. Gau batzuetan pozik uzten diot zerbait iradoki diezadan eta hurrengo goizean barregurea ematen dit zerbait horrek berak. Monomania guztia, ikusten denez, eskola-maisuaren matematikatan sortua da. Bere antitesia Euklides-Descartes da eta edozertarako erabiltzen du, nahiz eta, egia esan, agudeziaz erabili. Gauza hauek jostagarriak dira. Bihar bertan beste batek nahikoa agudeziaz kontrakoa esaten badu, hori ere jostagarria izango da, eta deabruak berak ere ez du jakingo egiaz zein ari den.*

Gero guri fisikarioi gehiago dago-gokigun zerbait dator: *Zergatikotasunaren arazo horrek ni ere dezente*

*kezkatzen ninduen. Egunen batean kuantuen bidez argiaren zurgapena eta igorpena ezabatzeko zergatikotasunaren postulatuaren barruan esplikatzetik egongo al da? Ez al da beti ere hondar estatistikoren bat geldituko? Horretarako uste osoaren balioa falta zaidala aitortu behar dut. Oso gogozkontra uko egingo nioke zergatikotasun **absolutuari.***

1920. urtean Gottingenera deitu ninduten Peter Debyeren ondorengo izan nedin. Frakfurten bertako eginak geunden. Hiri handiaren xarma eta abantailez gozatzen ari ginen eta Gottingenera joateko erabakirik ez genuen hartzen. Einsteini aholku eskatu genion, eta bai hark pozik eman ere, baina kontu horiek lekuz kanpo daude hemen. Nolanahi ere, 1920.eko martxoaren 3ko gutuneko pasarte bat aldatu nahi nuke hona; Einstein beraren bizimoduaz argitasunak ematen bait ditu: *Azken finean norbera leku batean ala bestean egotea ez da hain garrantzitsua. Besterik gabe bihotzaren esanari jarraitzea duzue onena. Inon*



*sustraituta ez nagoelako, neure burua ez dut aholkurik emateko gai ikusten. Nire aitaren hezurak Milanon dautza. Nire ama berriz, duela gutxi ehortzi nuen hemen. Ni neu ere leku arrotzetan zehar etengabe ibili naiz batetik bestera. Nire semeak Suitzan daude eta bisitatu nahi ditudan bakoitzean egundoko buruhaustek izaten ditut. Ni bezalako gizasemearentzat onena, bere senideekin edozein lekutan **etxean** nagoela sentitzea da. Arazo honetan zuei aholku emateko ez dut inolako eskubiderik.*

Gottingenera joatrari baiezkoa eman genion, aldi berean James Franck kontrata zezaten lortu genuelarik.

1922. urteko urtarrilaren 18ko eskutitz batean, ondoko esaldia idatzi zuen: *Nik neuk ere duela zenbait denbora hankasartze itzela egin nuen (izpi kanalen bidezko argi-igorpenari buruzko saiakuntza). Baina kontsola gaitzen, edozein izaki bizidunek ditu hutsegiteak eta. Gazteei eragingarri gerta dakien aipatu dut hau, zeren oraindik hankasartze ugari egin beharrean bait dira. Gutun horretan bertan ohar batean Heisenberg eta ni akuilatzen gaitu Bohr-Sommerfelden postulatuen arabera helio-atomoaren gaiak kalkulatu jarrai gintezen. Lan hartan Bohrren teoria atomikoak huts egiten zueneko kasu garbi bat edukitezotan abiatu ginen. Einsteinek teoria hau miretsiagatik, ez zuen uste (ezta guk ere) behin-betiko izango zenik. Einstein honela darrai: *Gaur egun, hala ere, interesgarriena Stern eta Gerlachen saiakuntza da. Nire begiak arazo honetara zuzen nintzan nahi zuen, noski, baina saiakuntza haiek neure begien aurrean eginak ziren hain justu, Frankfurtoko Institutuan.**

Beti kezkatu zuen erradiazioaren arazoak, uhin-teoria eta kuantuak ados jarri nahian zebilelako. 1924.eko apirilaren 24ean idatzitako gutun batean honela dio: *Bohrrek erradiazioaz zer esaten duen biziki interesatzen zait. Hala ere, ez dut zergatikotasun hertsia uzteko korranteak eraman nazan nahi; orain*



Niels Bohr eta Albert Einstein Bruselan 1930ean.

*arte ez bezala eta guztiz era desberdinean defendatzen ez den bitartean behinik behin. Erradiaziopean dagoen elektroioak **bere ekimenez** askatzeko aldiune eta norabidea berak aukera dezakeela dioen ideia onartezina zait. Horrela balitz, nahiago nuke zapatari edo kasinoko croupier izatea, fisikari baino. Egia da kuantuen ukitzeko moduko irudia ematen saiatu naizen bakoitzean porrot egin dudala, baina esanak esan ez dut itxaropenik galdu; ezta gutxiagorik ere. Heisenberg, Jordan eta nire Mekanika kuantikoa agertu zenean, 1926.eko martxoaren 7an nire emazteari idatzi zion lan hark kezka teorikoak zituztenen gizaki guztien gogoeta eta pentsamenduak jaso zituela*

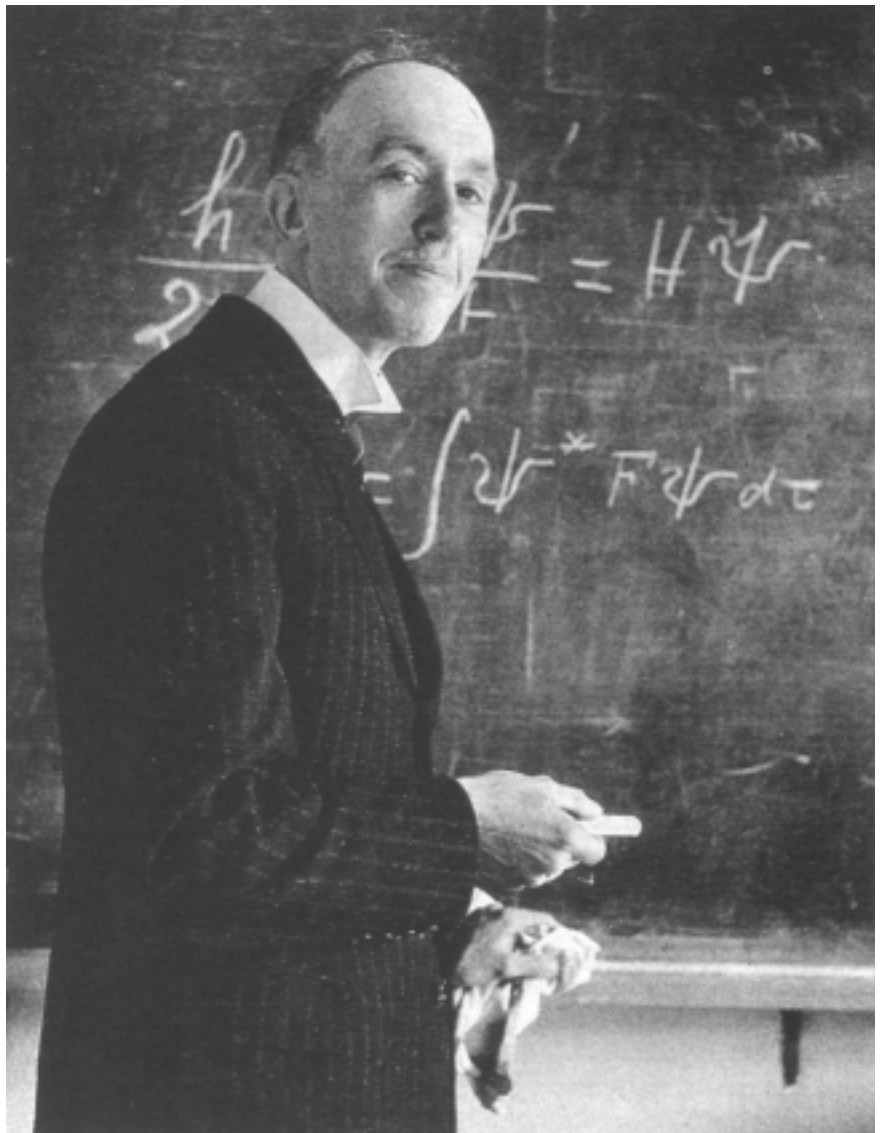
*aditzera emanez. Etsipen isilaren orde, izakera patxadatsuzko pertsonengan zirrara berezia agertu da. Hitz haiek nigan sortutako poza laster itzali zen. 1926.eko abenduaren 4ean esaldi ez tandagarri hau idatzi zuen: *Mekanika kuantikoa errespetua ezartzen du, baina barne-ahots batek zernahitarako sendagaia ez dela esaten dit. Teoria oso oparoa izanagatik, Zaharraren sekretuaz ia deus ere ez digu argitzen. Nolanahi ere, Hura ez dela datoka jolasten ziur naiz.**

Hurrengo urteetako eskutitzetan esandako ezer ez dut hemen aipatu, gero eta gehiago politikaz zihardutelako. Einstein erabat ados zegoen Franckek 1933.eko udaberrian bere lanpostua bertan behera utz

Louis de Broglie-k mekanika kuantikoa irakasten zuen. 1953an Max Born erretiratzeko adinera heldu zenean, Edinburgheko katedra uzterakoan, lan bat argitaratu zen bere oroimenez. Bertan, mekanika kuantikoaren interpretazio estatistikoaren kontra idatzi zuen de Broglie-k.

zezan eta ni atzerrira joan nedin: Jaunari esker zuentzat ez dago inolako arriskurik. Gazteez gogoratzen naizenean ordea, bihotza erdibitu egiten zait. Ondoren haiei laguntzeko asmoen berri ematen du; atzerriko Unibertsitatearen proiektuarena adibidez.

Einstein Princentonera joan zen. Ni berriz, lehenengo Cambridgera eta gero Edinburghera. Gure gutun-trukea etenik gabe mantendu zen eta haietan munduko gertaerak nahiz arazo zientifiko-filosofikoak biltzen dira. Nire liburuska bat, *Experiment and Theory in Physics* izenekoa, bidali nion. Eddington eta Milne astronomoen teoria ausartak eztabaidatzen nituen han, esperimentuak espekulazioaren aurrean zuen lehentasuna azpimarratuz. (Liburutxo hori orain argitaratzekoa da alemanez). 1944.eko irailaren 7an gai horretaz hau idatzi zidan: *Hegelianismoaren (alegia, espekulazioaren) gehiegikeriaz hik egindako artikulua arreta handiz irakurri diat. Hegelianismoa gu teorikoen artean kixotismoa duk. Agian tentazioa esan beharko nian. Baina gaitz edo aje hau erabat falta denean, lurjotako filisteoa sortzen duk. Horregatik espero diat Fisika juddua guztiz suntsitzerik ez dela egongo.* Eskutitz honen amaierako pasarte bat zehatz-mehatz aldatu dut nire *Natural Philosophy of Cause and Chance* liburura (Clarendon Press, Oxford; Dover Publications, New York). Honela hasten da pasarte-a: *Gure uste eta itxaropen zientifikotan alderantzikoak gaituk. Hik datoka jolasten den Jaungoikoaz sinesten duk, eta nik berriz espekulazio-bide ausartei esker atzeman nahi ditudan izaki objetiboak ordenamendu absolutuan daudeneko unibertsoan.*



Einstein orduan ari zen su eta gar **eremu bateratuaren teoria** lantzen. Ekuazio-sistema berean eremu elektrikoa eta grabitazio-eremua bildu nahi zituen, bide batez kuantuak eta oinarriko partikulak auresaten zirelarik. Mekanika kuantikoa ontzat ez hartzeak eta behin eta berriz errefusatzeko saiatzeak min ematen zidan niri, baina beste horrenbeste gertatzen zitzaion hari egiten zituen lanak espero bezala onartzen ez zizkiotelako. Nirekin Cambridgen denboraldi batez lan egin eta gero Princentonera Einsteinen ondora joandako Leopold Infeld fisikari poloniarrek duela gutxi argitu du puntu hau artikuluan autobiografiko batean (*Bulletin of the Atomic Scientists* argitaratu da; 1965.eko otsaila). Einsteinek behin baino gehiagotan esan omen zion

honako hau: *Hemen Princentonen burutik jotako aguretzat naukate.* Erlikia historiko bailitzan begiratzen zioten, baina hain zuzen orduantxe bere laguntzaile Infeld eta Hoffmannekin guztiz lan zail eta garrantzitsuari eman zion hasiera. Lan hura hain zen ausarta, ze Infeldek hastapenetan ez bait zuen Einsteinek esandakoa sinesten. Erlatibitate-teoria orokorra aldi hartan bi oinarritan asentatuta zegoen. Lehen oinarriak zioenez, masa puntualen higidura espazio/denbora unibertsoko geodesi lerroez determinatuta dago. Bigarren oinarriaren arabera, unibertso horren metrikak Einsteinen eremu-ekuazioak betetzen ditu. Einsteinen aburuz lehen hipotesia azalekoa zen, unibertsoko lerroak infinituki fin eta masaz estalitako limitean eremu-ekuaziotatik ondorioztatzen

zelako. Kalkuluak hain luze eta zabalak izanik, laburtuta argitaratu ziren eta eskuskribu erraldoia Princetoneko Institute for Advanced Study erakundean gelditu zen. Gerorako, eta guztiz independenteki, lehen aipatutako W. Fock fisikari errusiarrak arazo berari zerbaitek desberdin heldu zion eta Erlatibitateaz egindako bere liburu famatuan eman zuen argitara. Einsteinen teoria, bera hil ondoren oso-osorik agertu zen Infeld eta Plebanski-k buruturiko *Motion and Relativity* (Pergamon Press, Oxford, 1960) liburu bikainean. Denboraldi hartako Einsteinen eskutitzetan, lan garrantzitsu honetan aipamen bat bakarrik aurkitu dut. Datarik gabeko eskutitzak da, 1936.ekoa seguru asko, eta postdatan zera dio: *Infeld mutil paregabea duk. Biok batera gauza ederra egin diagu: zeruko gorputzak eremuko puntu singulartzat hartuta behaketa astronomikoaren azterketa. Institutua gaizki portatu duk berarekin, baina ni moldatuko nauk laguntzen.* Einsteinen gomendioz, Infeld Toronton (Kanadan) irakasle izendatu zuten. Han ere ez zitzaizkion ongi portatu ordea, **gerra hotza** egin ziotelako, eta bere aberrira (poloniara) itzuli zen.

Postatrukean aldi hartan Einsteinekin gai txit desberdinak jorrazten nituen; ihes joandako intelektu-

tualei laguntzeko era batez ere. Noiznahi plazaratzen zen baina Mekanika kuantikoaren oinarrien gaia. 1936. urteko eta lehen aipatutako gutunean, honela dio: *Teoria kuantikoaren metodo estatistikoa ez zait iruditzen behin-betikoa denik, baina neurte eritzia medio basamortuaren erdian bakarrik nagoela konturatzen naiz.* Antzeko beste pasarte asko aipa nitzake, baina batekin aski da. 1947.eko abenduaren 2ko idazki batean Einsteinek onartzen du teoriak egiaren zati garrantzitsua berekin duela, baina honela darrai: *Teoria horretan sendo eta indartsu ez sinesteko arrazoi bat badago. Izan ere Fisikak distantziara eragindako ekintza misteriozurik gabe espazio eta denboran errealtatea erakutsi behar duenaren oinarritzko postulatuekin bateraezina bait da.*

Seguru asko probabilitate-anplitudedein interferentziatik eratorritako egoerez ariko zen, zeren eta zehatz-mehatz ikertzen ez badira, Bohrren osagarritasunaren printzipioaren arabera alderdi paradoxikoa bait dute, normalean **probabilitateen laburketa** esaten zaionaz gain: itxurapen-espazioan uhin-funtzio batez determinatutako egoera (orokorrage sanda, Hilberten espazioko bektore batez determinaturiko egoera) egoera desberdin bihurtzen da bertan neurraketa bat eginda.

1940-49 hamarkadaren amaiera, **The Library of Living Philosophers** bildumako *Albert Einstein, Philosopher-Scientist* liburuan parte hartzera gonbidatu ninduten (P.A. Schilipp-ek Iparrameriketara argitaratua). Bilduma horretan Bertrand Russell eskaintako alea ere badu. Ikerlearen autobiografia laburrak hasten dira, gero idazle desberdinen lan kritiko desberdinak daude (ikerleak jorratutako eremuez), eta azkenean idazleen lan kritikoei erantzuten die ikerleak berak. Nik **Einsteinen teoria estatistikoa** gaiak idatzi nuen. Artikuluaren buruan Einsteinek Mekanika kuantikoaz zuen jarreraz aritu nintzen. Ernst Mach-igindako nekrologia batetik aterata, gaztetan zuen fede enpirikoa eta geroagoko espekulaziorako joera kontrajarri nituen. 1947.eko abenduaren 3an eskerrak eman zizkidan artikuluagatik hitz hauen bitartez: *Berotasunez egina duk eta nik Teoria kuantiko estatistikoa dudant postura zein arrotz eta fosildu iruditzen zaianaren frogak argia ere baduk.* Liburu horrexek, Einsteinek Fisika atomikoan ezagutza-teoriak dituen arazoez Niels Bohrrekin izandako elkarrizketa famatua dakar. Bertan, Einsteinek Mekanika kuantikoaren interpretazio estatistikoa aurkitu nahi zizkion hutsuneen aurrean zorrotz egiten dio kontra.

Einsteinek ez zuen etsi ordea. 1953. urtean erretiratzeko adinera heldu nintzenean Edinburgheko katedra uzterakoan lan bat argitaratu zen nire oroimenez. Idazki interesgarri asko dago bertan eta bat edo bestek ez du nire fama goraiatzeko, Mekanika kuantikoaren interpretazio estatistikoa kontra egiten diolako. Horietako bat David Bohm-ena, bestea Louis de Broglie-ena eta beste bat Einsteinena da.

Beren ikusmoldea argitu nahi dute adibide erraz baten bidez; partikula bat bi horma elastikoren artean oszilatzen ari denekoaren bidez hain zuzen. Erabiltzen zituzten argudioak ez zitzaizkidan batera konbentzigarriak iruditzen; adibidearen formulazio matematikoa egokitzat jotzen ez nuelako batez



Probabilitateen laburketa delako fenomenoari buruz Max Born eta Albert Einsteinek mantendu zuten postatrukea, 1955ean argitaratu zen Akademia Daniarrak Niels Bohrri bere hirurogeitamargarren urteurrena ospatzeko eskaini zion alean.

ere. Hark energia minimodun partikularen presentzia bakarrik ezagutzen deneko **kasu purua** aztertzen zuen eta mugako kasu klasikoak posizio eta abiadura jakineko hasierako egoeraz dihardu; Mekanika kuantikoan kasu puruen nahaste gisa adierazi behar denaz hain zuzen. Problema hori ebaztea ez da zaila, nahiz eta konplexuagoa izan. Nolanahi ere Mekanika kuantikora igarotzeak ez gaitu hasierako egoera definitu eta ibilbide bakarrek partikulara eramaten; ibilbide-sorta trinkora baizik. Horren ondorioz Mekanika klasikoa berriz formulatzea bururatu zitzaidan, maila batean zehaztugabeko egoerekin bakarrik lan eginez. Agerpen honek ohizko

dena den, zalantzak zituen puntu honetaz.

Nire eskuskribua Einsteini bidalieron, eta arazo honen inguruko postatrukea gaizki-ulertzez josia dago. Bere gutunen batean gainera haserre samar agertzen da. Ez dut ordea orain eta hemen gai horretaz mintzatzeko asmorik. Azkenean, hain zuzen Princentonen zegoen Wolfgang Paulik parte hartu zuen eztabaidan, gutako bakoitzari bestearen eritzia argitu nahian. Hark niri **entzule txarra** nintzela bota zidan (eta seguru asko arrazoi zuen), baina gainerakoan arrazoi nuela zioen. Gutuna zuzentzen lagundu zidan, hitz guztiak onartzeko moduan gelditu ziren arte. Lana 1955.ean argitaratu zen Aka-

eta normala denez auresana gutxi gorabeherakoa izan. Ideologia honek bete-betean ukatzen zuen Einsteina eta ni apostatatzat hartzea ez da harriztekoa. Hala eta guztiz ere badut bere urre-arroan erakutsi zigun bideari leialki jarraitu izanaren susmoa. Bera berriz puntu batera heldutakoan gelditu egin zen. Puntu hori honako ideia hau da: kanpoko mundua errealitatean den bezalaxe zientziak zintzoki eta zehatz-mehatz deskribatzen duela pentsatzea. Ikuspegi horretatik begiratuta, materiaren oraingo teoria absurdu-multzoa da, noski, eta Einsteinek bere ikusmoldearen arabera arrazoi osoa zuen arbuiatzeko, edo gehienez ere behin-behinerako onartzeko.

Eztabaida antzu eta inoiz sumin samar hauek ez zioten inondik inora ere geure adiskidetasunari eta elkarrenganako konfidantzari kalterik egin. Badut hark bidali zidan gutun txeratsu franko. 1954.eko azaroaren 24ekoa da bat, Nobel Sariagatik zorrionak emanez: *Asko poztu nauk oso berandu bada ere oraingo Mekanika kuantikoari egin dioan ekarpena dela eta eman diaten Nobel Sariagatik. Batez ere teoriaren hire interpretazio estatistikoak erabakiorrak izan ditut pentsamendua argitzeko. Hori ukaezinezkoa iruditzen zaidak, arazoaz elkarri bidalitako alferrrikako gutunak gorabehera.*

1933. urtean atzerriratu ginenez gero ez nuen berriz Einstein ikusi. Princentonetik bidaltzen zizkidan eskutitzetan, gu bion ideien desberdintasunaz aurrez aurre eztabaidatzea espero zuela errepikatzen zidan behin eta berriz, baina Institute for Advanced Study-ra gonbida nintzaten egin zituen ahaleginek ez zuten arrakastarik izan. Ez dakit zergatik, egia esan. Agian han ni, bera bezalaxe, fosiltzat ninduten eta antzinaldiko bi hondakin gehiegi izango ziren Princentoneko gizon modernoentzat. 1955.eko urtarrilaren 17ko azken gutuna makinaz idatzirik zegoen eta sinadura bakarrik zen hark bere eskuz egina. Ondoan *Reporter* aldizkarira bidali zuen eskutitzaren kopia

Max Born-ek 1954.eko azaroaren 24ean Fisikako Nobel Saria jaso zuen Mekanika kuantikoaren inguruan egindako ekarpenengatik.



determinista gaitzen duelakoan nago, egoera guztiz determinatuak (alegia, neurri erabat zehatzak) egoeraren ideia absurdua delako. Mekanika klasikoa soineko estatistikoz jantzita ohizko formulazio pseudodeterminista baino bidezkoagoa dela esan nahi dut, eta hedatuz joango dela espero dezagun. Horrela Mekanika kuantikoaren **paradoxa** batzuk tratamendu klasikoan ere agertzen dira. Ibilbideen orde, determinatzen dena faseen espaziora hedatzen den probabilitate bat da. Behaketa berri bakoitzak aurreko probabilitate-banaketa ezereztan du, beste desberdin batez ordezkatur. Lehenago aipatu dudana **probabilitateen laburketa** delako fenomeno geratzen da horrela. Einsteinek

demia Daniarrak Niels Bohri bere hirurogeitamargarren urteurrena ospatzeko eskaini zion alean. Einstein ordea, berean tinko mantendu zen.

Egia esan, naturarekiko ikusmoldean funtsezko diferentzia dago.


Nire teoriaren azpian dagoen filosofia urtetan berraztertu dut eta oso labur aditzera eman nuen Heisenbergen hirurogeigarren urteurrenaren omenezko idazkian.² Teoriak dioenez, auresan zientifikoak ez dagozkio zuzenean **errealitateari**; errealitateaz guk dugun ezagumenduari baino. Hau da, **naturaren lege** deitzen direnek, aldiunearen ezagutzatik abiatuak (zeina mugatua eta errealitatea bezalatsukoa den) etorkizuneko egoera deskribagarria auresatea posible egiten dute, nahiz

² Werner Heisenberg und die Physik unserer Zeit, Fritz Bopp-ek argitaratua. Vieweg & Sohn, Brunswick, 1961.

du eta bertan bonba atomikoaz duen jarrera adierazten du.³

Bere gutunetan maiz agertzen diren alderdi hauek ez ditut jorratu-ko, ospakizun bikain eta nagusi honi ez dagozkiolako. Hala eta guztiz ere, azken gutun honetako esaldi batzuk aipatu nahi nituzke: *Prensa otzane-ko idazle erosiek nire aitorpenen eragina murriztu egin nahi izan dute; (zientziaren gehiegikeriaren kontrako oharra zen) bai ni ikerketa zientifikoan aritu izanagatik damu- tuta banego bezala aurkeztuz eta baita aipatu nituen lanbide prak- tikoak gutxietsi egin nituenaren itxura eman ez ere. Nik esan nahi nuena, honako hau bakarrik da: oraingo egoeran, bizimodua aurre- ra ateratzeko jakiteko goserik eduki behar ez den lanbidea aukeratuko nukeela.*

Geroxeago nire laguna hil egin zen. Nire emazteak Margot bere alabatzakoak Einsteini egindako azken bisita kontatzen duen eskuti- tza dauka. Honela dio Margotek: *Ba al zenekien Alberten ospitale berean nengoela? Bitan bisitatu eta bera- rekin ordu batzuetan hitz egin ahal izan nuen. Bere gelara gurpildun aulkian eraman ninduten. Hasieran ez nuen ezagutu. Minengatik eta aurpegia odoleztatzen ez zitzaiolako hain zegoen aldatuta!. Baina bere adorea lehenean mantentzen zen. Nik itxura hobea izateaz pozik ze- goela esan zidan eta bromatan aritu zen nirekin. Bere barrenak egoera erabat gairidurik zeukala somatu nion. Sakon eta patxadaz mintzatzen zen medikuek, humore finez ere bai, eta amaiera berehalako **fenomeno naturala** bailitzan espero zuen. Bere bizialdian bezain bulartsu, isil eta umil aurre egin zion heriotzari. Sa- murkeria eta arrenkurarik gabe utzi zuen mundu hau.*

Bere lagun izana naiz eta ongi dakit horrek zer esan nahi duen. 

³ Einsteinen herentziaren administratzaileak (New Yorkeko Mr. O. Nathan-ek) nik hitzaldi hau eman ondoren esan didanez, Einsteinek *Reporter* aldizkarira bidalitako eskutitzak ez ziharduen bonba atomikoaz; MacCarthy senatoreak zientzilariek beren eritziak askatasunez adieraztearen kontra egiten zituen ahaleginez baizik.