

ERWIN SCHRÖDINGER. PARTIKULEN KOLPEA EDO UHINEN ZORABIOA★

J.M. UGALDE

Termodinamikako Laborategia. Kimika-Fakultatea.
Euskal Herriko Unibertsitatea. P.K. 1072. DONOSTIA

Askotan zera entzun daiteke: fisikak izan duen edozein aurreraren benetako eragilea momentuko jizarte bera izan dela, Fisikariak **medium**"-arena besterik ez omen lutela egiten. Egia izango da, gian. Baina zenbait fisikariren ginkizunak aztertzerakoan, gizon orren handitasunak, genialitateak, ta haien ezagugarri den ikuspegi rokor eta irekiak fisika **eraikitzea** en prosezuan egiazko protagonismo ia dutela, **zalantzatzea** ez da ino-ako lan erraza.

Horiatariko bat *Erwin Schrödinger* (1887-1961) mende honen hasierako fisikari ospetsua da. Ere mu asko andu zituen; **termodinamika**, **uhinen mekanika**, eta mekanika kuantikoa este zenbaiten artean aurki ditza-egu. Ez noakizue (ezin dut) *Schrödinger*-en lan guztiak aipatzera,

mekanika kuantikoari egindako ekarpen handi batez (bakarra izan ez zelako); hots, uhin ekuazioaz zertxobait esatera baizik.

Mende honen hasierako fisikariren pentsamoldean, argi eta garbi zegoen, edozein gertakizun fisiko orduan zekitenez explika zitekeela. Egoera honen lekuko *Lord Kelvin*-ek ikasturte-hasieretan zioena dugu:

"Bi hodeitxo bakarrik ditu fisikak bere zeru garbi eta dirdiratsuan". Bi hodei horien lehenengoa, argiak erreferentzi sistema inertzialarekiko agertzen zuen portaera arraroa zen. Bigarrena, berriz, *Planck*-ek aurkitutako gorputz beltzaren erradiazioarena. Gaur-egun dakigunez, hodei horiek ekarri zuten ekaitzak fisikak ezagutu duen aldaketarik handiena eragin zuen. Lehenak me-

Edo Nobel Sari baten 50. urte betetzean.

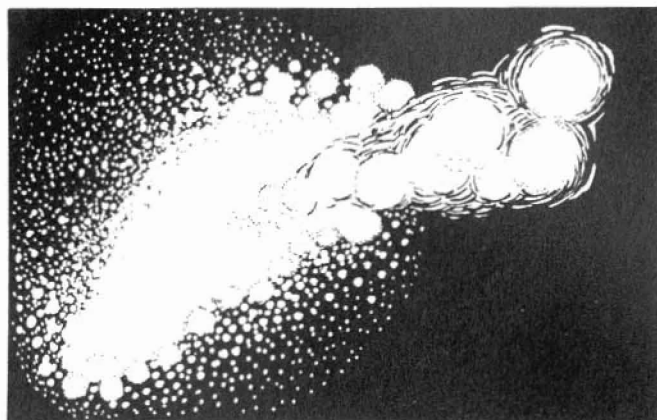
kanika erlatibista sortarazi zuen; bigarrenak mekanika kuantikoa. Baina inaultza zientifiko honek duen ezagugarririk nabarmena zera liteke, beraren sorrera ez dela aurrenekoen amaiera. Beraz, gaur egun fisika hiru zatitan bereiz daiteke; gertakizun fisikoen unibertsoa hiru eremu diferentetan dago banatuta, eta hiru fisika daude bizi zirik horietariko bakoitza explikatzeko. Fisika kalsikoa ez da bazterturik gelditu, eta oraindik posibilitate asko idoro dakiok. Erreologia adibidez fisika klasikoaren atal berrienetarikoena da, 1928 urtean sorturikoa eta harrez gero ikergai oparoa da. Hauetariko adibide asko aipa bagenez ere *Schrödinger*-en uhin-ekuazioari lotuko gaitzaizkio oraingo honetan.

Jakinaenez 1924. urtean *Louis de Broglie* printzeak beraren tesia aurkeztu zuen; argia eta materia-ren arteko antzekotasuna defendatuz. Abiapuntutzat frekuentzia eta energiaren arteko erlazio unibertsoa hartu zuen. Erlazio hau argiak eta orbita periodikoetan higitzen diren partikulek betetzen dute; gainera erlazio hau ezaguna zen osziladore harmonikoaren problemari. Inbariantza erlatibistarekin zerikusituen zerbait kontsiderazio konstante izanik partikula materialeei (argiari bezala) uhin bat zegokiela postulatu zuen. Uhin honen ekuazio zehatza proposatuz: p bada partikula baten momentua, partikula horri dagokion uhinaren uhin-luzera h/p da, h *Planck*-en konstantea izanik.

Tankera berdineko ideiez aritu zen *Schrödinger* ere. Baina urrutia go iritsi zen. Nahiz eta *de Broglie*-ren lanak oso ondo ezagutu, haren abiapuntua erabat desberdina da, partikulen dinamika eta optikaren arteko antzekotasunaz ohartuz gero, partikula baten higidura indar-eremu batean aztertu zuen; *Hamilton*-en formulazioak partikularen orbitak *Hamilton* eta *Jacobi*-ren ekuazio

diferentzialaz deskribatzen ditu. Baina *Schrödinger*-en genialitatea, hura uhin-ekuazioztat jo zitekeela antzematea izan zen. Partikula librentzat, zuela denbora gutxi *de Broglie*-k postulatuak uhin bera izanik. Ondoren hidrogeno atomoa, hots partikula bat (elektroiak), beste partikula batek (protoiak) sortu tako eremu elektrostatikoaren dinamikaz aztertu zuen. Hori zegokion uhin-ekuazioa zenbait energia espezifikorentzat (eta ez besteentzat) ebazte zitekeela. Eta energia hauek *Bohr*-en teoria berak ematen zituenak ziren. Honek partikula-uhin dualismoa finkatu zuen. Lehenago hain desberdinak ziren partikulen dinamika eta uhinen hedakuntza orain erabat gertuago daude. Partikulen dinamikaren ezagugarri den momentu lineala eta uhinen bereiztasun nabarmenetarikoena bat, uhin-luzera konstante unibertsoal batez erlazionatuta daudenez, nola uhinek eta partikulek elkar zerikusirik ez dutela defenda? Baina orduan, adibidez, elektroiak zer dira partikulak ala uhinak?. Erantzuna *Neils Bohr*-ek eman zuen: "partikula tzat hartuz gero ezin daitezke honen propietate ordulatorioak iker, eta alderantzis, uhintzat hartuz gero ezin ditzakegu honen propietate dinamikoak ohar". Hau da hain zuzen "osagarritasun-printzipioa" deritzana. Eta azken batez aditzera ematen duena txanpoiarena da; hots, txanpoiaren edozein alde bat ikustean dugunean ezin beste aldeak ikusi; baina txanpoia bera da. Beraz elektroiak zer dira, galderak ez du sentidu handirik; nola deskribatu ditzakegu, galdetu beharko genuke. Eta erantzuna bieratakoa izan daiteke, adibidez *Compton*-en efektua explika ahal izateko partikulatza hartu behar; baina *Davison*, *Germer* eta *G.L. Thomson*-en elektroien difrakzioaz arituko bagina, orduan uhintzat hartu behar.

Halaz ere *Erwin Schrödinger*-en lana ez zen izan bakarrik mekanika



M. B. IRAZABALREITIS 83

uantikoaren uhin-formulazioa erazi eta hedatu. Beste formulazioak at egiteari ere lotu zitzaion onela *Heisenberg*-en formulazio matiziala eta uhin-formulazioa bat etozela frogatu zuen. Autore askoen erantziz hau da mekanika kuantikoaren benetako jaiotza. Azkenik zin genezakeen aipatzeke laga, *Seynman*-ek proposatutako formulazio erria ere, *Schrödinger*-enatik atorrera. Bestalde, kimika kuantikoak frogatu duenez *Schrödinger*-en formulazioa kalkulo praktikoetarako atomo eta molekulen propietate lektroniak, adibidez) hiru formulaioetatik egokiena da.

Bukatzeko, oso pobrea izango itzateke *Schrödinger* aipatzea, mekanika kuantikoak sortu zueneko ztabaida filosofikoaz deusik esan abe. Baina agian pobreago izango itzateke, zerbait aipatu nahieran,

oso ikuspen urria azaldu. Enru horretan eror ez nadin, garai hartan erabili ziren bi eritzi desberdin aipatuko ditut. Lehenengoa *Copenhagen*-eko eskolaren mekanika kuantikoaren interpretazioa onartzen ez zutenena (*Einstein*, horien artean zegoen). Hauen eritzi honakoa zen: gertakizun fisikoen azpitik errealitate fisiko bat dago. Errealitate fisiko hau gertakizun fisikoen eragile izanik, hauek gain dituz gure ezagumenduari ezagunkor agertzen zaio. "Jaingokoak ez du dadotan jolasten", zioen *Einstein*-ek. Bestalde *Copenhagen*-eko eskolaren interpretazioa zera zen: gertakizun fisikoak berak dira errealitate fisiko. Baina ez dago maila desberdineko kontzepturik, gertakizunak eta errealitatea. "Denok gera naturaren zirkoko aktore", idatzi zuen *Heisenberg*-ek, *Schrödinger* bigarren multzo honen partaide zen.