

Newton-en “Principia” eta mendebaldeko kultura

Andoni Ibarra

Zientifikotzat jotzen diren idazlanen artean bakan batzuek baizik ez dute lortu (baten bat egotekotan) Newton-en *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* liburuak erdietsitako nabarmentasuna. Britainiar zientzilariari buruz Popek¹ emandako erizpena hiltartzak kokatzen diren testuinguru hagiografikoan ulertu behar baldin bada ere, beste zientzilari ospetsuek eta zientziaren historilariak, orekatuago jokatuz, Newton-en lana zientzi objektibotasunaren alor neurridunean ohi ez bezalako mailaraino goratu dute. Mach-ek, adibidez, bere Mekanikaren historian (1883an) adierazten du, Newton-ek ez zuela soilik Mekanikaren zati handia aurkitu (grabitazio unibertsalaren aurkikuntza eta Mekanikaren printzipio orokorren formulazioan oinarrituta bati-pat), baizik eta, areago, disziplina horrek sistema osoa eratzen zuela dagoeneko *Principia*-n, eta, ondorioz, orduandanik ez dela funtsezko garapen berririk egin eta azken mendeotan Mekanikan lorturikoa newtoniar legeetan jadanik zentzuz azaldukoaren garapen deduktibo, formal eta matematikoa baizik ez dela.

“Orduandanik” honek, hemen, 1687az geroztik esan nahi du. *Principia*-ren argitarapenaren 300. urtemuga ospatzen dugu, be-

raz. Jakina, ez da hau izango antzeko gertakizunek sorterazten duten arreta berberekoko ospakizuna, eta halere, zientziaz gain, giza pentsaeraren historia orokorrean duen eraginarengatik, Newton-en lanari lehen-leheneko tokia dagokio.

Mach-ek bere *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* lanean emandako erizpenaz geroztik ez dira igaro bakarrik ehun urte; beste lan batzuek argia ikusi dute: lehenik, Mekanikaren barruan paradigma berri batek, Einstein-en erlatibitatearen teoriarenak alegia, eta, azkenik, orduandanik klasikotzat jotzen zen Mekanikaren aurkako, eta baita erlatibitatearen aurkako, beste mekanika batek, Mekanika kuantikoa deritzonak. Gertaera hauek eta beste batzuek (filosofi enpirismoaren eta metodologi induktibismoaren krisiak, adibidez) *Principia* bezalako lanak eskatzen duen balorazioa era orekatuagoz neurtzen lagundu dute.

Ez da hau, noski, horrelako balorazioarentzako leku egokia, zeren azterketa horretarako hain analisi sakonak beharko bait lirateke, non, Mekanikaren gorengo ikerle baten² eritziazen araber, inor ez legokeen egiteko egoeran. Konforma gaitezen, beraz, Newton-en idazlanetan dauden inplikazio sozial eta kultural batzuen aipamenarekin. *Principia* osatzen duten hiru liburukietan azaltzen diren gaien birpasa laburra aurkeztuko dugu.

Haietariko lehenean, Newton-ek Mekanikan emandako lorpenak hautatu eta formaldtu egiten ditu. Esan genezake I. liburukiaren lehen zatian bere garaian Mekanikaren alorrean arazoaren egoera zertan den azaltzen duela. Zati hau ez da gorai patua izan bere orijinaltasunagatik, bere aurkezpen argi eta sintetikoagatik baizik, eta batez ere, liburu-hasierako bere sistema axiomatikoa osatzen duten higiduraren hiru legeen formulazioagatik:

- I. Inolako indarren eraginik jasaten ez duen gorputzak, geldirik irauten du, ala higidura zuzen eta uniformeaz higitzen da.
- II. Indarra, gorputzen deformazioa edo azelerazioa sorterazten duen kausa da.
- III. Gorputz batengan eragiten duen indarra eta honek berarengan sorterazten duen azelerazioa, zuzenki proportzionalak dira eta norabide eta norantza berdinekoak.

Axioma erraz hauetatik abiatuturik, Newton-ek gorputz-higiduraren propietate nagusiak frogatzen ditu, zerutar izaerakoak

(planetak, astroak,...) zein mundutarrekoak, honela Galileik bi eremu horien artean ezarritako dikotomia gaindituz.

Lehen liburukiaren bigarren zatiak, beste bi liburukiek bezala, ondorengo mendeotako zientzilarien iharduera beteko zuten arazoen atal nagusia formulatzen du: bai partikulen Mekanikan; bai beste teoria mekaniko batzuetan (Akustika, solido zurrunen Mekanika, Hidrodinamika); eta baita teoria ez-mekanikoe-tan ere: Astronomia, adibidez. Alta, hauexek dira egun interes gutxieneko liburukiak, nahiz eta alde batetik orijinalenak izan, eta bestetik, agerturiko teoria berrien azalpena egiterakoan, Newton kontzeptu zientifiko ugariaren sorkuntza egitera behartua egon. Baina bere ideiak ez dira beti egokienak (aipa dezakegu, adibide gisa, Newton-ek uste zuela maren fenomenoak partikulen Mekanikaren eskema teorikoaren barnean koka zitekeela); batzutan, plazaraturiko arazoak ez dira egokiro ebatziak (sistema planetalaren barnean hiru gorputzetako sistemen kasua, adibidez); eta maiz, bakarrik iradoki egiten dira alor eta arazo batzuk, gero Euler, Bernoulli, D'Alembert, Lagrange, Laplace edo Coulomb gisako zientzilariek XVIII. mendearen bukaera arte arakatu eta aztertuko dituztenak.

Ez da harritzekoa, beraz, Mach-ek eskaintzen duen Newton-en lanaren osotasun-irudiaren aurka, Truesdell-ek zera seinalatzea: "egun eskuarki onartutako printzipio mekanikoen aipamen formala *osatzea* baino, [Newton-ek] *hasiera* eman zuela"³.

* * *

Newton Mekanika modernoaren hasiera-emale da, zalantzarik gabe, baina ez da horregatik *ex nihilo* gisako hasieran pentsatu behar. Bere idazlanaren osotasunean, eta ez bere *Principia*-n soilik, Newton-ek eratzen du Kosmologia berri bat, non, eskuarki "Kopernikar iraultza" deritzonaren azken kate maila gisa, gutxienez hiru prozesu bateratzen bait ditu: Ernazimenduko platonismoa, ptolomear astronomiaren kopernikar iraultza eta galilear mekanika⁴. Zerutar eta mundutar mekaniken fusiotik eratorritako Unibertsoaren newtoniar eredu berria XVI eta XVII. mendeetan gauzaturiko aldaketa-prozesuaren azken ondorioa da; aldaketa-prozesu hori, astronomiaren esparruan Kopernikorekin hasiz, ondoren Fisika osora hedatu zen, mekanikaren alorrean newtoniar iraultzaren bidez. Newton-engan gauzatzen dira

horrela ordurarte existitzen zuten bi disziplinen, hots, Astronomia eta Natur filosofiaren⁵, batasuna disziplina bat bakarrean: Fisikan, bere zentzu modernoan, alegia⁶.

Zientzia berriak, lorpen disziplinar zehatz batzuen gain, uni-bertsoaren kosmoikuskerara ulerkorra, metodologi arau zorrotzak, prozedura instituzionalak eta, azkenik, teknologi eta gizarte-esparruan ondorio hauek suposatzen ditu:

- a) Aipatua dugu jadanik lehen aspektua: newtoniar erdiespenek kartesiar Mekanikari batipat eta, haren deskredituagatik, hein apalagoan aristoteliarrari oposaturiko paradigma mekaniko berria osatzen dute. Descartes eta Newton-en ereduak zientzilariak krisialdi sakon eta zabalean murgildurik zeuden garaian lehiatu ziren. Krisi hori Kepler-en legeen erabilpenean aurkituriko anomaliatan zetzan, hots, Kepler-en legeak erabat erabilezinak gertatzen ziren orbita planetalak ikertzerakoan, eta nekez erabil zitezkeen garai hartako beste kasu eredugarri batean: Ilargiaren orbita Lurraren inguruan. Halaber, mareak edo kometen orbitak bezalako fenomenoen azalpena metafisikari zegozkion... Egoera honetan, Newton-ek Mekanikaren bigarren legearen formulazioa lortu zuen. Legea azkarki kritikatu zuten garai hartako pentsalari ospetsuek (Leibniz edo Huygens-ek, noski, baina baita Hooke edo Boyle-k ere), "iluntasun metafisikoa"⁷ salatzen bait zioten, eta bakarrik zientzilari gazte batzuek onartu zuten: Halley, Cotes, Clark-ek... Newtoniar sistemak ez du lortuko bere erabateko onspena XVIII. mendearen erditsua arte, europar kontinentean batez ere, Euler eta D'Alembert-en eskutik⁸.
- b) Zientzia berri irabazle honi darion kosmoikuskerara, oro har, mekanizista eta atomista izango da. Dena den, oharterazi beharko genuke, karakterizazio horri oso hertsia deritzogula Newton-en kasuan. Honen lanaren ulerkuntza zentzuzkoak aintzakotzat hartu beharko lituzke bere baitan dauzkan alde teologikoak. Halere, alde horiek formulatu-berri diren metodologi printzipioen arabera aztertzearen posibilitatea defendatzen duenez gero, newtoniar ikuspegia omniulerkorra suertatzen zaigu⁹. Antzeko estimua baliagarri gerta liteke kosmoikuskerara berriaren beste ezaugarri batentzat. Kosmoikuskerara hau materialista da, izpiritu/materia dualismo karte-siarrak, lehena bigarreanean murriztuz doanez gero, desager-tzera jotzen duen bitartean.

- c) XVIII. mendean erabat onarturiko zientzia modernoa, metodologikoki, esperimentazioan, matematizazioan eta abstrakzioan oinarritzen da, britainiar tradizio enpirista eta kontinentar kartesianismoa baturik, *Encyclopédie*-n bilduriko ideal protopositibista berriari sorrera emanez. Metodologia berriak objektuarekiko azterketan subjektuaren ez-beligerantzia auresuposatzen du. Azkenik, nahiz eta Newton-engan Unibertsoa bakarrik azal daitekeen Jaungoikoaren egitasmo orokorraren ikuspegi hierarkikoaren arabera, bere jarraitzaileek ez dute gordeko teleologi aspektu hau; areago, alderantziz jokatzen dute: kausa eraginkorrek (efizienteek) azken kausak ordezkatzeko bait dituzte.
- d) *Principia* agertu eta hurrengo urteetan, zientzia akademiatan instituzionalizatzen da, lehen zientzi aldizkariak argitaratzen dira eta unibertsitate-“curricula” berregituratzen¹⁰. Iraultza kopernikarraren garaiari urratzen hasten den filosofoaren eta zientzialariaren arteko bereizketa, nabarmen bilakatzen da XVIII. mendearen erdialdean.
- e) Aspektu sozio-kulturalak aintzakotzat hartu behar dira, azkenik. Newton-en aurreko belaunaldian, Bacon eta Descartes-engan adibidez, nabaria zen zientziaren baliagarritasun teknologiko eta sozialaren joera. Britainiar induktibistaren kasuan joera hori utopikoa bakarrik baldin bazen ere, Galilei-k zertutako Mekanikaren garapen progresiboak bere buruzapen praktikoa ahalbidetzen du. Zientziaren ikusmolde praktizistaren gizarte-eragina funtsezkoa da mendebaldeko zibilizazioaren historian. Bere eragina ezaguna da: esku-lantegintzaren porrota eta bere ordezkatzeko hegemonikoa industri ekoizpenaren bidez.

Hauexek dira XVIII. mendean sortzen ari den zientzia berriaren ezaugarri nabarmenenak. Ezaugarri ulertezinak *Principia*-ren existentziarik gabe, jakina, baina Newton-en lanarekin agortzen ez direnak. Ilustrazioan gauzatzen den zientzia modernoak bere eragozpen teologiko eta metafisikoetatik askatuko duen garbikuntza ezartzen dio Newton-i. Bere *Principia*-ren “Scholium Generale”an adierazten duenez, bere idazlana arazo ontologiko, metafisiko eta teologiko orokorrak ere ebazteko propedeutika zela uste zuen Newton-ek. Ez zen horrelakorik, eta newtoniar izpirituaren jarraitzaileek (zientzia modernoa sendoki oinarrituko zuten Euler, Bernoulli, Laplace etab.ek) ez zuten honetaz ezer aintzakotzat hartu, bere alkimiarekiko interesari

(Newton-engan denbora-emate bat baino zertxobait gehiago zenari) muzin egingo zioten bezala¹¹. Aitzitik, bere lanetik bakarrik gordeko zituzten arestian aipatutako aspektu metodologiko eta zientifiko-mekanikoak, dagoeneko gaurko ondare kulturalaren osagai direnak.

* * *

Truesdell-ek aipatu bezala, *Principia* liburua zerbaiten burutzea ez, baizik hastapena da. Ildo honetatik, eta Kuhn-en *The Structure of Scientific Revolutions* idazlanean azaldutako bereizketa erabiliz, XVII. mendean zerturiko aldaketa “hasierako iraultza”tzat jo dezakegu. Izan ere, Kuhn-ek bi iraultza-mota bereizten ditu: batzuek, “hasierakoak” deritzenek, hain zuzen, zientziaren arlo orokorrean sail berriak zabalitzen dituzte; besteek, arruntenek, “linealak” deritzenek, zientzi teoria batzuk beste batzuek ordezkatzeko dituzte era linealaren (ez metagarriaren) arabera¹².

Newtoniar Mekanikak gauzaturiko aldaketaren izaera ez da zientziari berari soilik dagokiona, hots, zientziaren *barneko* aldaketa iraultzailea, zeinaren arabera paradigma batek (newtoniarrrak) beste bat (kartesiarra) ordezkatzeko duen. Zerbait gehiago da: zientziaren beraren sortzea esan nahi du: zientzia, bere zentzu modernoan ulertua, metodologikoki gidatutako iharduera eta izaera sozialekoa. Nekez aurki dezakegu 1500ean *Principia*-ren argitarapen ondoko errealitate zientifikoaren antzekorik bere teoria eta sistematizazioen konplexutasunarekin, bere helburu eta metodoekin. Ez dugu esan nahi, ordea, XVI. mendearen hasieran zientziak ez zuenik existitzen. Garai hartako errealitate zientifikoa oso txiroa zela baieztatzen ari gara: urriki matematizatua, ia soilki behaketa objektiboan eta esperimetakuntzan oinarritua eta, azkenik, praktikan eta gizartean inolako indarririk gabe. Ikusi dugun bezala, zientzia modernoaren ezaugarriak hauen alderantzizkoak dira, hain zuzen ere.

Newtoniar iraultzaren (zilegi baldin bada honela hitz egitea) esangura, beraz, zehaztu egin behar da. Jakina, esandakoaren arabera, ez da zientzia *barneko* iraultza, frantziar Iraultza frantziar gizarte *barneko* iraultza gisa har daitekeen bezala, hots, sistema sozial batek beste bat ordezkatzeko. Hauxe da, izan ere, eskuarki “iraultza” hitzaz gogoratzen dugun ideia. I.B. Cohen-ek berriki aztertu du kontzeptu honen erabilpena zientziaren

barrutian¹³. Bere ikerketatik ondoriozta dezakegunez, "iraultza" hitzak gaur duen esangura berria da. XVIII. menderarte, Astronomian era teknikoan (*revolutio*) erabiltzen zen, Koperniko-ren idazlan gorenaren izenburuan agertu bezala. Nozio tekniko horrekin, iraultzak prozesu zikliko orbital gisa ulertzen ziren. XVIII. mendeaz gero bakarrik hartzen du kontzeptuak bere gaurko esangura: ordenu sozial berri baten ezarketa, alegia. Cohen-en arabera, 1727an zertzen da termino horren sarrera zientzi prozesuen deskribapenean, Fontenelle-k erabiltzen duenean Newton-ek egindako kalkuluaren asmaketan¹⁴.

Bedi den bezala; alde batera utziz tankera honetako auzi etimologikoak eta historiko-kontzeptualak, interesgarriagoa da jadanik aipaturiko aspektuan sakontzea, hots, XVI eta XVII. mendeetan zientzi aldaketaren prozesuari dagokion aspektu esentzian. Honen eraginak Mendebaldeko kultura bere osotasunean ukitzen du, zeren eta, engoitik, zientzia era berriz, singularrez, ulertua eta praktikatua bait da, eta garapen tekniko, ekonomiko eta sozialari hertsiki lotua, kulturaren osagarri. Aldi berean, zientziak bere instituzionalpen propioa lortzen du, eta, horrekin batera, gainerako kultur eremuekiko nolabaiteko independentzia demaioten barne-arauak, ebaluazioak. Honela bada, XVII. mendeko aldaketa iraultzailearen prozesua nekez adskriba da-kioko Kuhn-en "iraultza lineala"ri.

Noski, prozesu honetan azaltzen dira paradigma batek beste bat ordezkatzeko duen aldaketaren eredu kuhniarraren ezaugarri batzuk, hala nola, errealitatea ulertzeko era berria sortzen da, munduaren ikusmolde berria eta behaketarako kanon berriak gauzatzen dira. Hau guztiau egia izanik ere, XVII. mendean zertutako iraultza ezin da mugatu paradigma bat newtoniarrak ordezkatzera soilki. Nire ustez, okerra den ikusmolde horretan inplizituki zientziaren historiaren ulertze aldrebesa datza. Honen arabera, beranduagoko garai bati dagozkion ebaluatze-eskemat oinarriturik eraikitzen da zientziaren historia. Oso egokia dirudi zientzia modernoa karakterizatzeak osatzen duten barne-prozesu espezifikoaren arabera, zientzia hori instituzionalizatua bait dago eta hein handi batean gizartearekiko independentzia bait dauka, metodologi joera kontrastatu eta zehatzak direla medio. Kuhniar terminologia erabiliz, zientzi aldaketa batzuk matrize disziplinarioetan (edo "paradigmatan") emandako aldaketa bezala karakteriza ditzakegu, eta, ondorioz, haien eraginak dagozkien zientzi elkarteetara mugatzen dira. Aldaketa hauek,

zientzi iraultza lineal izendatu ditugu: zientziaren *barneko* aldatetak dira. Baina "matrize disziplinarioa" (edo "paradigma") eta "zientzi elkarte" bezalako terminoek nekez eduki dezakete zentzurik (Kuhn-ek azaldutako eran) zientzia premodernoa. Haien erabilpena kasu honetan anakronizatatzat jo dezakegu gutxienez.

Newton-en lanarekin burutzen den "XVII. mendeko Iraultza Zientifikoa" ez da soilki "zientzi iraultza" bat, aipaturiko zentzuan. Ez da moldatzen zientziaren *barnean* bakarrik. Zerbait gehiago da: mendebaldeko munduaren bizitza sozial eta intelektual osoari oraindik bortitzago eragiten dion iraultza da. *Principia*-k gure gaurko errealitatearen osagarri funtsezkoa den zientzia modernoaren ezarrera ekarriko duen kultur iraultza burutzen du. Prozesu horren azterketak errealitate horren ulerpenaren bideak irekitzen lagun dezake.

A.I.

- 1 "Natura eta bere legeak ezkutaturik zeuden beren iluntasunean; Jaungoikoak esan zuen, "bedi Newton", eta argia izan zen".
- 2 TRUESDELL, C.: *Ensayos de historia de la mecánica*, Tecnos, Madrid, 1975, 92. or. Truesdell-en erizpena ez dela jadanik baliagarria, Cohen-en lan bikainak erakusten digu. Berarena da ezagutzen dudana *Principia*-ri buruzko ikerketarik hoberena: COHEN, I.B.: *Introduction to Newton's 'Principia'*, Harvard Univ. Press, Harvard, 1971.
- 3 TRUESDELL: *op. cit.*
- 4 Ikus KOYRE, A.: *Newtonian Studies*, Chapman and Hall, London, 1965, 201. orrialdetik aurrera.
- 5 Ohar gaitzeko, Newton-ek bere lanari emandako izenburuagatik (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), bere burua natur filosofotzat jotzen duela, Galilei edo Benedetti gisa; Kopernikok, aldiz, *De revolutionibus orbium coelestium* (lehen liburukia, 8. atala) bere iker-objektua "physiologi"ek dutenagandik bereizten du.
- 6 BROWN, H.I.: *La nueva filosofía de la ciencia*, Tecnos, Madrid, 1983, 148. or.
- 7 Newton-en bigarren legea partikulen Mekanikaren oinarritzko ekuazio dinamiko da: $f=m.a$. Eztabaida, indarra kontzeptuan zetzan, "urrutirako ekin-tza"ren ideia hura zela eta.
- 8 MOULINES, C.U.: *Exploraciones metacientíficas*, Ariel, Barcelona, 1982, 252-254 or.
- 9 *Ibidem*, 272-275 or.

- 10 Newton-ek berak ere parte hartu zuen elkarte horietariko batean, jite enpiristako "Royal Society"n, alegia. H. Brown-ek bere *Scientific Organizations in Seventeenth Century* (Russell and Russell, N. York, 1967²) liburuan, sortzen ari den zientziari lotutako aspektu instituzional hauek exhaustiboki ikertzen ditu.
- 11 Interes hau bakarrik orain hasi da berritzen: ikus, DEBUS, A.G. (bil.): *Science, Medicine, and Society in the Renaissance*, Science History, N. York, 2. bol., batez ere P.M. Rattansi-ren "newton's alchemical studies", 167-182 or., eta R.S. Westfall-en, "Newton and the hermetic tradition", 183-198 or. artikuluetan.
- 12 KUHN, T.S.: *La estructura de las revoluciones científicas*, F.C.E., México, 1971.
- 13 COHEN, I.B.: *The Newtonian Revolution*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1980, II. atala.
- 14 *Ibidem*, 43. or.