

## Galileo Engineer

MATTEO VALLERIANI

New York: Springer, 2010, 320 or.

Zientziaren historiaz eta filosofiaz ekarritako ikuspegi berritzaileagatik sarritua izan den liburu honek Galileok bere bizitzan zehar batu zuen ezagutza praktiko anitzaz dihardu batez ere. Bere bizitzako une erabakigarrienean ez zuen soilik ezagutza hau bereganatu, ekin ere egin behar izan zuen injineru eta negozio gizon moduan, zirt edo zart gainera, gudu zelaian borrokatzen zuten herrikideei gerrarako irakaspen teknikoak ematea tokatu zitzaion eta. Liburuak erakusten duenez, bere lorpen zientifikoak jarduera praktiko zehatzetan oinarritu ziren nagusiki. Izan ere, Galileok filosofia naturalaren eta orduko deskubrimendu teknologikoen arteko elkarrekintza haragitzen du liburuaren tesi nagusiaren arabera. Hari honetan, egileak kasu azterketa batzuk burutzen ditu Galileoren eredu zientifikoaren sorkuntza eta garapena ezagutza praktikoaren alderdi ezberdinen arteko dialektika bat medio gertatu zela erakusteko. Galileo ez zen izan, sarri saldu digutenez, bere gelan bakardadean pentsatzen aritu zen jeinu bat; garaiko injineruekin, artisauekin eta arazo teknologikoekin harreman sendoa izan zuen gizon xaloa eta hizlaria izan zen.

Halaz, egileak iraultzailetzat dauka su iskiluen eta artilleria pisutsuaren agerpenak tiro parabolikoa medio dinamikaren epistemologiarako ekarri zuen aldaketa. Beraz, paralelismoa gehiegi bortxatu gabe, Galileoren kasua Einsteinek gertatu zenaren antzekoa litzateke: honek ere denborari buruzko aldaketa kontzeptuala bere bulegora ailegatzen ziren sinkronizazio geografikoari buruzko patenteen altzoan burutu zuen. Hots, garaiko aitzinamendu teknologikoen berri zuzena tarteko gauzatu zen euren ideia nagusien genesisia.

Su iskiluen erabilerako eta eraikuntzarako hainbat espezializazio berri sortu ziren: metalen galdatzea, mekanika fineko produktuak, artilleroen entrenamendua, igogailu makinaren eraikuntza, itsasontzi handiago eta zurrunagoen eraikuntza, eta gure kasurako, batez ere, instrumentu matematiko berrien sorkuntza. Tresna matematikoez artilleria berriaren ahalmena eta funtzionamendua jaurtigaien ibilbide posibleen arabera kodifikatua geratu zen. Eraso estrategiak geometrikoki diseinatuak zeuden. Koadrantea eta kalibrea ohiko arma geometrikoak bihurtu ziren garaiotan, eta Galileo berak diseinaturiko konpas proportzionala ezinbestekoa bihurtu zen Europako kanpaina militarretan.

Aritmetika, geometria eta marrazkigintza trebetasunak gudariaren ezaugarri bihurtu ziren. Hau dela eta, tankera honetako ofizialak geroz eta gehiago behar ziren, eta honelako kadeteak heziko zituzten irakasleak ere bai. Horretan ere jardun zen Galileo Galilei, lubakitik urrun agi denez.

Historialari batzuen ustez, gerrarako artean hartu zuten protagonismoa zela medio, injineruek eta ezagutza praktikoa hau landu zuten filosofo naturalak artean inoiz ez bezalako estatus soziala bereganatu zuten XVI. mendean. Garrantzia hau ez zen, hala eta guztiz ere, gerraren geometriara mugatu. Kanoi pisutsuak kokatzeko igogailu erako makina berriak diseinatu behar izan ziren, injinerutza hidraulikoa estatuen ur banaketa sisteman ezinbestekoa zen, eta optika ere orduantxe indartu zen, militar orok nahi baitzuen binokular edo teleskopioaren bat.

Zein prestakuntza izan zuen Galileok testuinguru honetan arrakastaz jardun ahal izateko? Bere lehen ikasketek geometria praktikoa izan zuten xede. Geodesia, dioptrika (argiaren errefrakzioa), katoptrika (argiaren islapena), estatika eta aritmetika problema praktikoen bitartez irakatsi zioten. Orduan Italian aprendiz injineru-artistei irakatsi ohi zietena irakatsi zioten finean, beti ere gai militarretara orientatuta. Izan ere, Padovan 1592an bere lantokia ireki zuen unean injineru militar gisa aurkeztu zion bere burua erosleari. Eta ongi atera zitzaion negoziarioa, bertan asmatuko baitzuen konpas proportzional arrakastatsua.

Izan ere, Galileoren ezagutza ez zen gaizki ordaindutako orduko irakasleek zutenera mugatzen. Astronomia praktikoa, arkitektura militarra eta gerrarako geometria irakatsi behar izango zituen, eta lan horietarako eginak ziren makina eta tresnen erabilera azaldu. Baina, bere kideek ez bezala, makinok nola eraikiak ziren ere ondo zekien. Gauzei buruzko «barneko» ezagutzan jakin-min berezia zuen, tresnen «know how» bat eduki nahi zuen, hauek eraldatzeko eta egokitzeko ahalmena zekarkiona bere negoziarioa.

Tresnak berritzeko eta saltzeko abildade honen beste adibide bat da egun *Galileoren teleskopioa* deritzona. Teleskopioa arrunta Venezian agertu zenean Galileok 17 urte zeramatzan instrumentu matematikoen eraikuntza negoziarioekin eta etorkizuneko ofizial militarrei lezioak ematen. Zeukan esperientzia medio, segituan ohartu zen teleskopioaren garrantzia militarraz, eta hau kausarako eraberritu eta kontseilu exekutibo veneziarrari diru dezente tarteko saldu zion.

Beraz, agerian dago Galileo asmatzailea eta negozio gizona izan zela batez ere, eraiki nahi zituen tresnen kostuaz hausnartzea etengabe tokatu zitzaion injinerua, aulki eroso batean eseritako eta gela ilun batean sartutako jenioa baino. Orduan zergatik ezagutzen dugu mekanika klasikoaren fundatzaile nagusitzat eta fisikaren iraultzailetzat?

1968an *Discorsi* obran argitaratu zuen higiduraren zientzia berriak (mekanika klasikoko zinematikaren sorreratzat har daitekeenak) lotura estua izan zuen artilleroen jardueraren ezagutzarekin. Ezagutza honek permititu zuen jaurtigai batek ibilbide parabolikoa marrazten duela frogatuko zuen esperientua diseinatzea, *erorketa legea* ezartzeko bidean lehenengo pausoa izan zena. Noranzko epistemikoa, honela bada, ezagutza praktikotik oinarri teorioetaranzkoa izan zela dirudi.

*Le mecaniche* lana ere itxura batean hala erditu zuen. Bertan makinaren funtzionamenduaren oinarri teorikoak ezarri zituen indarra, pisua eta abiadura aldagaitzat zituzten printzipioen baitan. Baina honen aurretik *Delle macchine* zuen idatzia, zeinak modu praktikoagoan makinaren eraikuntzaz eta barne funtzionamenduaz ziharduen.

Haatik, bi obra nagusian aitzin-solasean (*Discorsi* eta *Le mecaniche*) Aristoteleren azterna garbiak topa litezke, honek *Artea eta Naturari* buruz zuen kontzeptuari dagokionean. Bata objektuen sortzailatzat hartzen da eta bigarrena fenomenoaren sortzailatzat. Halaz, arte-natura erlazioa gizaki-natura erlaziotzat jotzen da. Erlazio honen hiru interpretazio aipatzen ditu Vallerianik:

- Natura eta artearen legeak domeinu desberdinei badagozkie, bietako bat bestearen gainetik egongo da. Adibidez, XIII. mendean filosofo eskolastikoez naturak artea dominatzen duela zioten.
- Beste askorentzat ez dago inongo kontrakotasunik natura eta artearen artean, biak leudeke maila berean, eta Aristoteleren jarrera hori zela defendatzen dute.
- Hirugarrenen aburuz, arteak natura dominatzen du. Ikuspegi hau XVI. mendean hasi zen indartzen garaiko injineruen artean. «L'arte vinse la natura» idatzi zuen injineru florentziar batek Galileoren ideiak garatzen ari ziren sasoian.

Izan ere, arte-natura kontrakotasuna aipu erretoriko soil bat baino gehiago zen garai haietan. Artista-injineruek naturaren kontrako borroka hasi beharra zegoela sinesten zuten «naturari irabazteko». Akaso, geroz eta jasoa goa zen euren estatus sozialak zemaian autoritateak filosofo naturalen aurka zekarren ezinbesteko lehia zegoen jarrera honen atzean.

Galileori gagozkiolarik, eta lehen aipatu dugun balizko praktika-teoria noranzko epistemologikoaren baitan, komeni da mekanikari buruzko obretan zehar arte-natura erlazioaz zuen ikuspegia aldatu egiten dela ohartzea: azken obra teorikoan natura gobernatzen duten legeekin parekatzen ditu aurreneko obran gailentzat diruditen artearenak. Parekotasun honen baitan, lente egile eta tresnagile optiko gisa izan zuen jarduna ere ezin liteke bereizi astronomoa-rengandik eta matematikariarengandik. Bere optika zehaztu eta algoritmo

matematikoak taxutu ahala zerrendatu zituen Jupiterreko ilargi eklipseen efermerideak. Azken buruan, Galileo Galileik maila berean jarri zituen Artea eta Natura. Praktika-teoria noranzko epistemologiko banandu batez beharrean, biek bateratsu elkar ekin zuten Galileoaren gogamenean.

Hau dela eta, injineru aristoteliartzat dauka egileak Galileo. *Fisika* eta *Meteorologian* Aristotelek aurkeztutako printzipioen baitan hausnartu zuen garai-ko hainbat problemaren inguruan: makinaren erresistentziaz, pneumatikaz, be-roaren izaeraz, etab. Liburu honetan aztertutako iturriak eta emaitzak kontuan hartuta, Galileo ez da soilik injineru militartzat hartu behar, matematikari praktikotzat eta filosofia aristoteliarrean aditutzat ere jo behar da. Horretarako, printzipio zientifiko peripatetikoak ideia berritzaileekin konbinatu zituen, etsenplurako, pneumatikan «materiaren hutsarekiko herra» medio eta beroaren kasuan substantzia kalorikoa partikula multzotzat hartzen zuen irudi atomistikoa medio.

Galileok bere higiduraren zientziaz mekanika klasikoarentzat burutu zituen funtsezko aitzinamenduak ere ezin dira marko aristoteliarretik kanpo ulertu, hots, marko kontzeptual sakonki aitzin klasiko batean kokatu behar dira. Vallerianiren eta beste zenbait historialari modernoren aburuz, arrazoi honegatik kostatakoa izan zen Galileoaren ekarpen garrantzitsu hau fisika klasikoaren mugarriztat hartzea. Gainera, liburuan burutzen den Galileoaren biziaren azterketa xeheari jarraituta, nabarmendu egiten da arestiko afera garrantzitsua: mekanikaren printzipioez hausnartu zuen injineru aristoteliarra ez zen injineru praktikoaren ondoren jaio, batera bizi izan ziren eta elkar eragin zuten kontrajarriak diruditen nortasun biek.

Garrantzitsua da hau, egun ere, sormen zientifikoaz dihardugunean: marko teoriko sendo batean ainguratuta baina etengabeko ariketa praktikoaren baitan ernetzen dira ideiarik hoberenak eta jasoenak, ez handik urteetara, gaztetako jardun esperimentalak pentsalari akademiko adinduna aulki eroso batean eserarazi eta gero. «*The devil in the details*» dio R. W. Battermanek arrazonomendu asintotikoaz diharduen bere liburuaren izenburuan, «interesekoa den hainbat gauza detaileetan dagoelako eta galduta geratzen delako abstrakzio filosofiko hutsean» (Batterman 2002, 3 or.).

Halaz, ezagutza zientifiko berriaren eraikuntza prozesu galilearra artista-injineruei zegozkien tresnen portaera zehatza azaltzeko eta hobetzeko xedez, eta ezagutza teorikoa eta praktikoa konbinatuz joan zen aurrera. Adibidez, beroaren kontzepzio atomistikoa termoskopioaren<sup>1</sup> funtzionamendua esplikatzen nahian zebilela otu zitzaion, tresna pneumatiko honetaz zuen ezagutza praktikoa kontzepzio aristoteliarren argipean iragazi eta analizatu ondo-

<sup>1</sup> Termoskopia termometroaren aitzindaria izan zen, uraren tenperatura esfera flotagarri diferenteen bidez eskala zenbaitzuen barnean estimatzen zuena.

ren. Historialariak frogatzen duen arabera, ez dago indukzio hutsik: tresna eta makinaren erabilera eta jarduera praktikoan atzemandako erregulartasunek marko aristoteliarraz izandako interakzioa ezinbestekoa izan zen ezagutza berria garatzeko.

Liburuaren azken atalean, pentsalari eta asmatzaile aristoteliarra *injineru-zientzialariaren* figura orokorragoaren baitan ezartzen du egileak. Errenazimenduko injineru-zientzialaria artista-injineruaren azaleko ezagutza praktikoarekin ohitua zegoen, baina filosofia naturalean sakonago murgiltzen zen bere ezagutza. Bereziki matematikan, baina baita filosofian ere, ezagutza sakona izan ohi zuten. Galileoren kasuan, gainera, bere lagun sarea oso zabala zen: injineruek, ikasleek, matematikariek eta artisauek beti emango zioten azken aurkikuntzen, ideien eta negozio ahalbideen berri. Egin kontu, Murano lente egileekin eurekin ere tratu zuzena zeukan. Duke Handien babesak zekarkion itzala ongi probestu zuen gisa honetako kontaktuak egiteko. Bai bere teleskopioa eraikitzeko lente biganbilak taxutzeko behar izan zituenean, bai beroaz zuen kontzepzioa aldarazi zioten esperimentu pneumatikoak diseinatzean, bere ezagunen laguntza eta baliabideak ezinbestekoak izan ziren.

Injineru-zientzialariek bazuten beste diferentzia inportante bat injineru soilekiko. Latinaren ezagutzak orduko aitzinamenduen komunikazio-sarearen adarrietan kokatzen zituen Galileo bezalakoak. Ikuspegi anitzen berri zuen aldi berean. Teologoek, filosofo naturalen eta humanisten (Errenazimendua ezaugarritu zutenak) doktrina peripatetikoak eratzen zuen eta latinez funtzionatzen zuen autoritate kulturalak injineru-zientzialariaren figuraren bitartez ulertzen zuen artisauek eta injineruak jarduera praktiko espezializatuen jarraibidea, eta alderantziz. Bitartekari pribilegiatuak ziren, beraz, injineru-zientzialariak.

Hor zegoen kokatua Galileo. Guzti honi fenomeno naturalekiko jakin-mina, espekulazio teorikorako egokortasuna eta negoziatorako usaimena gehitzen badizkiogu garaiko injineru-zientzialari argienetakoarekin egiten dugu topo. Zentzu honetan, liburuak dakarkigun material historiko xehe eta antolatutako iturri bikaina osatzen du bere ideia garrantzitsuenen genesiaren berre-raikuntzarako. Historiagilea izanik, akaso, ez zen egilearen helburua hau izango, baina sormenaren azterketa epistemologikoago bat (ez hain soziala) faltan ikusi dut irakurketan zehar, aukerakoa baitzen liburuak irekitzen zuen abagunea. Zentzu hau aprobetxatzekotan, Vallerianiren azalpenek eta itzulitako jatorrizko gutunek ez dute soilik Galileoren instrumentuez eta ikerketez informazio teknikoa ematen, Galileoren lan metodoaren analisi xeheak sormenaz eta ideien berreraikuntzaz hausnartzeko iturri bikaina eskaintzen du.

Amaitzeko, oroitu beharrekoa deritzot Duhemek Galileori buruz egin zuen azterketa ospetsuari. Duhemek (1954) hainbat printzipio epistemologiko egokitu zizkion Galileori: metafisika, Biblia bera, egiazkotasunaren idealak, eta «bidegurutzeko esperimentuen» metodologia ere bai. Egun frogatu ahal

izan denez, azterketa historikoak ez du, alabaina, hau erakusten (Finocchiaro, 2010), ezta astronomia kopernikarrean jarraitu zuen metodologia «gorenari» erreparatuta ere. Vallerianiren liburuak, Galileoaren gogoeten nahas-mahasian jausi gabe, pentsalariaren marko teorikoa eta metafisikoa Aristoteleren printzipioen baitan argiro kokatzeko bertutea du. Finean, oraindik ere eztabaida filosofiko aberatsari bide ematen dio Galileo bezalako pertsonaia hain aipatu batek, eta estudio historiko hau, modu orijinal batean antolatuta, eztabaida horri arnas berria emateko kapaz da.

### Erreferentzia bibliografikoak

- BATTERMAN, R. W. (2002), *The devil in the details*. New York: Oxford University Press.
- DUHEM, P. (1954), *The aim and structure of physical theory*. Princeton: Princeton University Press.
- FINOCCHIARO, M. A. (2010), «Galileo as bad epistemologist?». In M. A. Finocchiaro (arg.), *Defending Copernicus and Galileo*. New York: Springer.

*Alain Ulazia*  
ILCLI