

# Matematika eta Astronomia

L. M. Bandres Unanue

**N**ewtonek eta Leibnizek, bakoitzak bere aldetik eta ia batera, kalkulu infinitesimala eraiki zuten. Zoritxarrez bakoitzak bere idazkera erabili zuen. Bestetik, eztabaida piztu zen asmatzearen ohorea nori zegokion erabakitzeko. Nolanahi ere, matematikari ingelesen eta kontinentekoen arteko haustura bat izan zen. Ingalaterrakoek Newtonen ikurak erabiltzen zituzten, baina gehienek berak proposatutako bide analitikoak alde batera utziz bide geometrikora jo zuten. Beraz, XVIII. mendearen lehenengo erdian Ingalaterrak kalkulu berriaren garapenari ezer gutxi eman zion. Kontinentean, aldiz, Bernouilliren lanei esker, batez ere, aurrera zihoan.

Esperimentazioaren arloan Newtonek bete ez zuen hutsune bat konpondu zen mende honetan, hau da, Lurraren grabitate-indarra neurtu ahal izatea eta horren bidez grabitate-konstantea lortzea. 1775aren inguruan Maskelyne-k mendi baten bi aldeetan berunak izaten zuten desbideraketa ikusi zuen eta



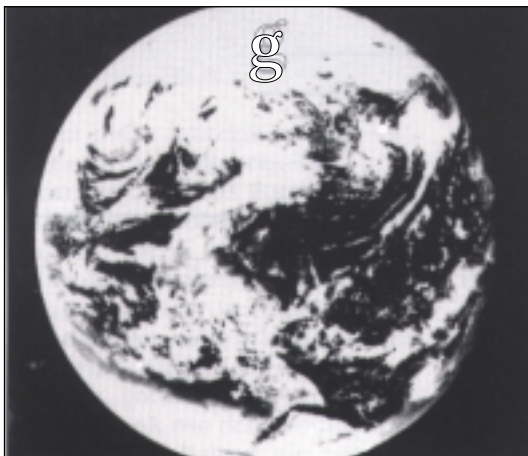
**Newtonek (ezkerrean) eta Leibnizek (eskuinean), bakoitzak bere aldetik eta ia batera, kalkulu infinitesimala eraiki zuten. Zoritxarrez bakoitzak bere idazkera erabili zuen.**

1798an Cavendish-ek pisu handiko bi bolen artean agertzen zen erakarpena, torsio-balantza fin baten bitartez aztertu ahal izan zuen.

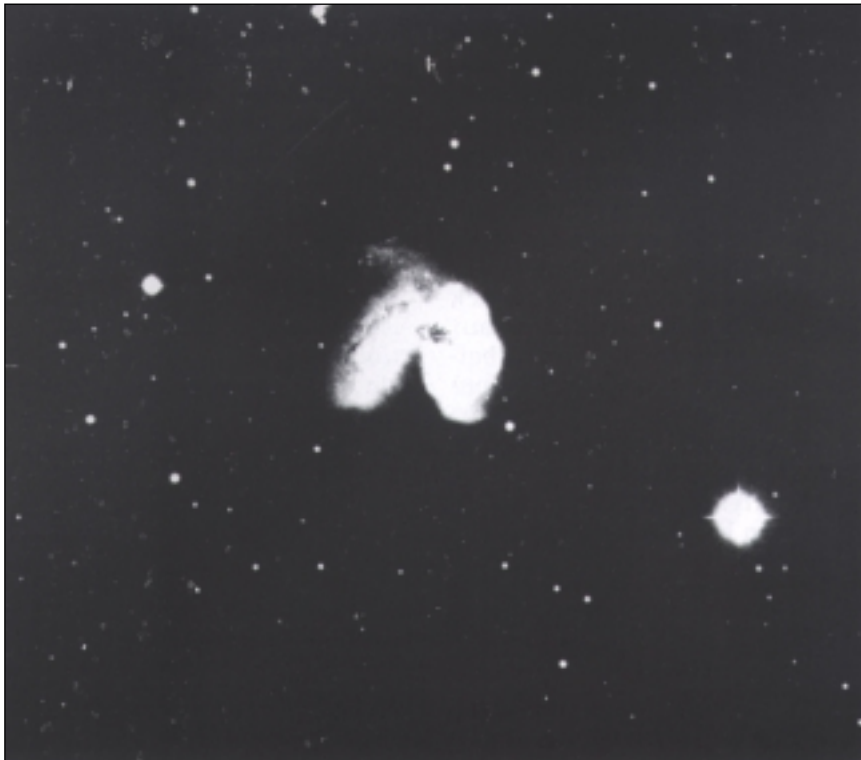
Newtonen lanak Frantziara pasatu ziren eta bertan d'Alembert,

Clairault, Euler eta bestek jarraitpena eman zieten. Voltaire 1726an Ingalaterrara joan zen eta Newtonen sistemari buruz liburu erraz bat argitaratu zuen. Honek "Encyclopédie" ospetsuko zenbait idazlerengan bere eragina izan zuen. Lan honen lehenengo argitalpena, zailtasun handiak gainditu ondoren, 1751.aren eta 1780.aren bitartean 35 aletan egin zen. Arduradun nagusia Diderot zen eta hasierako urteetan matematika-arloa d'Alembertek hartu zuen bere gain. Lan honek pentsakera zientifikoaren ikuspegiari nahiz zabaltzeari izugarritzko laguntza eman zion.

Matematika huts eta aplikatuetan, Taylor-ek —1715— eta MacLaurin-ek —1698— segidak eta progresioak nola areagotu eta zabaldu erakutsi zuten eta hauek soka bi-bratzaileen teoriarik nahiz astrono-



**Esperimentazioaren arloan Newtonek bete ez zuen hutsune bat konpondu zen mende honetan, hau da, Lurraren grabitate-indarra neurtu ahal izatea eta horren bidez grabitate-konstantea lortzea.**



**Bradley-k izarren aberrazioari begiratuz argiaren abiadura atera zuen (1729).**

mian erabili zituzten. Bradley-k izarren aberrazioari begiratuz argiaren abiadura atera zuen (1729). Eulerrek —1707-1783— matematikaren analisisan arlo berri batzuk ireki zituen eta beste zenbait arlotan garapen batzuk ere egin zituen. Bestalde, optikari buruz eta filosofia naturalari buruz arduratu eta liburu batzuk argitaratu zituen.

Joseph Louis Lagrange —1736-1813—, behar bada mendeko matematikari onena, teoria hutsaz arduratu zen batez ere. Bariazioen kalkulua asmatu eta ekuazio diferentzialen arloa sistematizatu zuen. Nahiz eta bere lanak teoriakoak izan, lanen erabilpenak fisikaren esparruan izan zuen bere toki eta astronomiari buruz lan bat ere argitaratu zuen, bertan hiru gorputzen arteko grabitate-efektu korapilotsuari aurpegi eman ziolarik. Horrez gain, bere “Mecanique Analytique” izeneko lan ikaragarriaren abiadura birtualen eta akzio minimoen printzipioen bidezko energi kontserbazioaren mekanika eraiki zuen. Palankaren legea ateratzeko Leonardo da Vinci-k erabili zuen abiadura birtualen edo lan birtualen printzipioa Brujasko Stevinus-ek (1586) honela zeukan emana: “Indarrak irabazten duena abiadurak galtzen du”. Maupertuis-ek espazioaren (luzeraren) eta abiaduraren arteko biderkaduren baturari

“akzio” izena eman zion eta arrazoi metafisikoetan oinarriturik, prozesu batzuetan (argiaren hedapenean, esaterako, “minimun” batek egon behar zuela suposatuz), errealitatean argiak “akzio” minimoaren bidez hartzen zuela jakin erazi zuen. Geroago Lagrangek akzio horren kontzeptua biribildu ondoren gorputz guztien higiduren eremura zabaldu zuen.

Lagrangeren ekuazio diferentzialek mekanikaren teoriari azalpen orokorrago eta osatuagoa eman zioten, eta horrela, oso zabal den gai hori formula orokortara bildu zuen, problema berezi bakoitza ebazteko behar diren ekuazio konkretuak formula orokor horietatik ateraraziz.

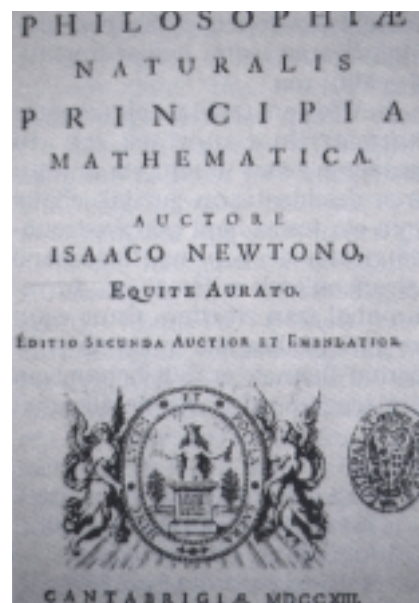
Newtonen sistemaren garapenean beste izen ospetsu bat Pierre Simon de Laplace —1749-1828—dugu. Baserritar baten semea izanik ere, bere dohainak zirela eta, Berrezarkuntzan markes izatera iritsi zen. Honek erakarpen-problema ikertzeko oso erreminta egokia egokitu zuen, hots, Lagrangeren potentzialarena. Bestetik Newtonen lana biribildu egin zuen garrantzi handiko alderdi batean, hau da, planeten higidurak egonkorak zirela eta, aldiz, beren arteko indarrak edo gorputz arraroek (hala nola kometek) sortera zuten zituzten asaldaketak iragankorak zirela demonstratuz. Honela, Eguzki-sis-

tema bera, bere ekintzaren bitartez asaldatuta gerta zedin Newtonen zeukan beldurra zokoratuta gelditzen zen.

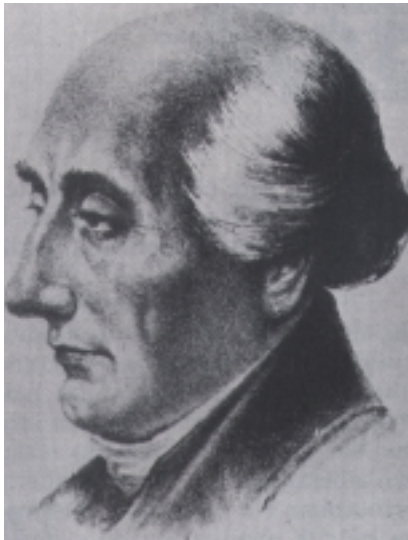
1796an Laplacek bere “Systeme du Monde” izeneko lana argitaratu zuen. Bertan honakoak sartzen ditu: astronomiaren historia bat, Newtonen sistemaren azalpen orokor bat eta nebulosaren hipotesiaren adierazpen bat. Honen arabera, errotazioan eta gori zegoen gas-masa batetik abaituz Eguzki-sistema eraiki zen (gaurko zientziak hipotesi honek hain txikia den Eguzki-sistema bezalako egitura bat sortera ziteke ez dela oso egokia esango digu; bai, ordea, dimentsio handiagoko izar-multzoen kasuan).

Laplaceren emaitza analitikoak bere “Mecanique Cèleste” izeneko lanean daude batez ere. Hau bere lan handiena da eta 1799aren eta 1805aren artean argitaratu zen. Bertan, besteak beste, Newtonen “Principia” kalkulu infinitesimalen emaitza eman zuen, makina bat zehaztapen eta egokipen egiten ondoren.

Matematikaren arloan ere, probabilitateari buruz zegoen guztia pilatu eta egokitu zuen Laplacek. Astronomia grabitatorioaren arloan berriz, Laplaceren emaitza hain oparoa izan zen, non ondoko lanak Newtonen eta bere emaitzaren



**Newtonen “Principia” liburuaren azala.**



**Joseph Louis Lagrange, behar bada mendeko matematikari onena, teoria hutsaz arduratu zen batez ere. Astronomiari buruz lan bat ere argitaratu zuen.**

osaketa txiki bat baino ez bait dira izan. Horregatik, zenbait urte geroago Urano planetaren orbitan ikusten ziren irregulartasunak eta asaldurak adierazteko, zientzilariek beste planeta bat egotea beste biderik ez zuten ikusten, eta Newton eta Laplaceren lanetan oinarrituz, ezagutzen ez zen planeta horren berezitasunak eta kokapena kalkulatu zituzten. Horri esker, 1846an teleskopioa nora zuzendu behar zen jakin ondoren Galle astronomoak planeta hori ikusi egin zuen eta Neptuno izena eman zioten. Horrela Newtonen erakarpen grabitatorioaren teoria erabat frogatu ta gelditu zen.

Newtonen teoria zehaztasun ikaragarrikoa suertatu zen. Bi mendetan zehar azaldu eta amestu ziren desadostasun guztiak ebatzi ziren eta teoria honi esker astronomo-gizaldi desberdinek fenomeno astronomikoak adierazi eta aurre- san ahal izan zituzten. Gaur egun ere gure zibilizazioaren bide esperi- mental finenak erabili behar izan dira ezagumendu astronomikoetan

**Balio zientifiko handiko datu asko pilatu zuen James Cook kapitana: eskorbutuaren kausari eta trataerari buruz, esaterako, edo Australiaren, Zeelanda Berriaren edo Ozeano Barearen geografiari buruz.**

Newtonen grabitazio-legearen arte- ko desadostasun txiki-txiki bat edo beste aurkitzeko. Lagrangeren esa- netan, "Principia" da giza-adimen batek eman dezakeen uzta joriena eta Newton ez zen sekula izandako gizon handiena bakarrik; zorion- tsuena ere bai baizik: "Zeren uni- bertso bat baino ez dago eta mun- duaren historian bere legeak aurki- tzeko zoriona gizon bakar batek bakarrik izan bait dezake". Gaur egun, behar bada, naturaren bai- tan ezagutu ahal izan dugun kon- plexutasuna dela eta, guzti hori beste era batera esan beharko ge- nuke, baina, hala ere, Newtonen lanak hurrengo mendean izan zuen eraginaren lekuko adierazgarria da.

### **Aurkikuntza geografikoak**

**A**stronomia ortzea arakatzen ari den bitartean, aurkikun- tza geografikoek lurraren gaina- zalari buruzko ezagumenduak zabaldu egin zituzten. Nabigazioak maila ona lortu zuen. Stevin-ek XVI. mendearen bukaeran aritmeti- ka hamartarra eraiki zuen, XVII. mendearen hasieran Napier-ek lo- garitmoak asmatu zituen eta aldi berean Ongh tred-ek kalkulu- erregela asmatu zuen. Horregatik, Newtonek teoriaren bitartez izarren artean Ilargiak zeukan posizioa

aurrean ahal izan zenean, longi- tudea neurtzeak ez zeukan beste munduko arazorik. Hala ere erraz eta zehatz egin ahal izateko, kro- nometroa asmatu arte (1761) itxaron beharko da. Harez gero untzi bakoitzak Greenwich-eko ordua har zezakeen, eta fenomeno astronomikoekin alderatu longi- tudea kalkulatzeko.

XVII. eta XVIII. mendeetan Lurra sistematikoki arakatu zen eta itsas- gizonak izugarriki lan emankorra egin zuten. Besteak beste Dampier —1651-1715— aipatu behar dugu. Bere bidaietan, ikusten zuen edo- zein arbola nahiz landare bere luma zehatzaren bitartez ongi baino hobeto erakusten zuen, beren ko- lore eta irudia ikaragarriko zehaz- tasunez emanik. Meteorologiaz nahiz hidrografiak edo magnetismo lurtarraz arduratu zen pirata bat baino ez zen William Dampier hau. Hasieran bere kabuz arduratu zen, baina gero bere liburuek eragin handia izan zuten, esploraziorako zirrara piztuz eta, bide batez, esplo- ratzaileen gizarte-maila goratuz. Zenbait urte geroago James Cook kapitana —1728-1779— eguzki- -eklipse bati buruz lan bat argi- taratu ondoren, Royal Society-k Tahiti-ra bidali zuen bertatik Arti- zarra azter zezan. Hurrengo bidaietan Antarktika aurkitzeko itxarope- nak bultzatu zuen eta nahiz eta lor- tu ez, balio zientifiko handiko datu





**1796an Laplacek bere "Systeme du Monde" izeneko lana argitaratu zuen. Bertan, errotazioan eta gori zegoen gas-masa batetik abiatuz, Eguzki-sistema eraiki zuen.**

asko pilatu zuen: eskorbutuaren kausari eta trataerari buruz, esaterako, edo Australiaren, Zelanda Berriaren edo Ozeano Barearen geografiari buruz.

Dampierren bidai liburuak eta Cabot, Bandier edo Chardin-en bidaiak, literatur leherketa eragin zuten. Giro hartan idatzi ziren "Robinson Crusoe" edo "Gulliverren Bidaiak". Esploratzaileen egiazko behaketen eta gezurrezko ondorioen arteko irudiak batetik eta idazlearen buru beroak bestetik, aski ziren mito batzuei hasiera emateko, hala nola "basati onarenari". Seguraski mito hauek zientzilarien eta filosofoen idazketek baino eragin handiagoa izan zuten jendearengan eta Voltaire-ren nahiz Rousseau-ren ideiek alorra ongarrantuta aurkitu zuten beste mito batzuek martxan jarri: antzinako bizitzaren zorientasuna, giza ituna edo

aurrerakuntzaren nahitaezotasuna, adibidez.

### **Determinismoa eta materialismoa**

**N**ewton eta bere ikasleek zientzia berria zela eta, Jainko guztiz ahaltsuaren jakinduria eta ontasuna ikusten zuten. Baina, garai honetan Locke-ren filosofiak joera hau baretu egin zuen eta Hume-renak, arrazoiak eta fedea bananduz erabat baztertu zuen.

Orduan, XVIII. mendearen bigarren erdian, gizartean (Frantzian, batez ere) ezagumendu-maila goreneko gehienak erlijioari dagokionez eszeptikoak ez baziren aurka zeuden. Voltaire-k apaizekin eta bere irakaspenen aurka izandako gatazkak adibidez, bere garaian oso zabaldua zegoen giro baten islada

baino ez dira. Behar bada giro honen arrakastaren oinarri bat filosofia mekanizista izan zen. Ortzearen mekanismoa adierazteko Newtonen teoriak izan zuen arrakasta zela eta, unibertso osoaren azkeneko zioa aurkitzeko ideia mekanizistek balioa hartu zuten. Mach-ek dioenez: "XVIII. mendeko entziklopedista frantsesek honakoa pentsatu zuten: munduaren azkeneko zioa printzipio fisiko-kimikotan oinarrituta aurki adieraziko zutela; Laplacek adimen kementsu baten masak eta abiadurak ezagutuz, eternitate guztirako naturaren garapena adierazteko gai izango zela amestu zuen". Gaur egun inork ez luke egingo honelako baieztapenik, zeren dirudienez horrelako determinismoa ez bait da naturan bertan ere izaten. Hala ere, ulergarria da, giro hartan eta aurkitutako tresnaren kemena ikusiz, zorabiatzea eta bere mugaz ohartu gabe esandako kemena behar ez den esparrura zabaltzea.


Newtonen iritziz berak ortzean aurkitutako ordenak eta soinuak Jainkoaren ahalguztutasuna abesten zuten, eta bere apaltasunean bere burua, egiaren itsaso zabala galdera gisa edukirik, hondartzan maskor bila dabilen haurtzat bezala kontsideratzen zuen. Aldiz, bere Frantziako ikasleek mundua makina erraldoi bezala hartzen zuten, eta are gehiago, makina horren oinarritzko legeak ezaguntzat jotzen zituzten. Beraz, edozein gizakume, arima nahiz gorputza, nahitaezko eta beharrezko mekanismo horren ataltxo bat baino ez litzateke izango. Horregatik, Voltairek honakoa idatziko zuen: "Hau benetan selebrea izango litzateke: natura osoak eta planeta guztiek betiko legeen menpean nahitaez ibili behar duten bitartean, animalia txiki bat (1,65 m altuerakoa) lege gutxi hauen gaitetik eta bere gisara aritzeko, bere guraria baino beste balaztarik gabe, egongo litzateke." Hemen, errakuntza duena Voltaire bera da, naturaren legeen eta bizitzaren esanahiaren (hots, iritzi-askatasunaren eta gainerako antzerako problemen) arteko leizea ikusi ez zuelako. Hala ere, garai hartako giroaren adierazpide bezala oso egokia da.

Horiek horrela, XVIII. mendean pentsakera-korrante bat plazaratu eta izugarritzko harrera ona izan zuen: materialismoak, hain zuen. Honen arabera, atomo gogorrak eta

zatiezinak hartuz eta Jainkoak hasieran sortu ote zituen ala ez alde batera utzita, antzinako filosofia atomistikoa berriz plazaratu zen. Beraz, atomoen materia hila, bere higidurarekin, da unibertsoaren benetako eta azkeneko errealitate bakarra. Hortaz pentsakera nahiz kontzientzia materiaren ordekoak baino ez dira izango.

Antzinako atomistek sentsazioa atomoen izaerari ez eta beren kokaera eta higidurei leporatzen zieten. Ideia hauek onartu egin zituzten birplazaratze honetan De la Mettrie-k —1748— eta Maupertruis-ek —1751—. Robinet-ek —1761—, aldiz, sentsazioa materiari berari zegokiola onartzen zuen.

Materialismoak fenomeno mundua zerbait erreal bezala, era xehe eta dogmatikoan, hartzen du. Horregatik, kontzientziaren adierazpena egiten saiatzen denean, porrot ikaragarria izan ohi da. Arlo honetan idealismoa (hots, bere aurkako doktrina) ere ez da gai izaten filosofia kritikoaren analisisa jasateko. Baina, inongo filosofia estudiatu gabe eta oso ulerterreza nahiz intuikorra denez gero, edonork uler dezake eta mende hartan arrakasta handia izan zuen. Bestalde, eguneroko lanetarako bere dohainak badauzka eta are gehiago azkeneko zehaztasun zientifikoak finkatzeko. Baina arrisku hau dago beti: zientzia osoaren sistema filosofiko bezala hartzekoa, eta gero bi mendetan zehar gertatu den bezala zientziak izan duen garapenean oinarrituz beste arloetara eramatekoa.

Dena den, gauzari arreta handiagoz begiratzen diogunean materia, zientziaren gainerako kontzeptu guztiak bezala, gure zentzuen bitartez ezagutzen dugula konturatzen gara. Beraz, ezagutuaren arazoarekin topo egiten dugu. Zientziaren mundua, zentzuek eta gure adimenak ematen eta baldintzapetzen diguten itxuren mundua da; baina hortik ez da derrigorrez hori errealitatea dela ondorioztatzen. Beste toki batean Lukrezio eta Newtonen azkeneko zatiki gogor eta bete horiek protoi, elektro, neutroi eta materia gabeko beste "zatikien" sistema batera nola etorri diren ikusiko dugu, eta erlatibitatea ikertzean baita materia denboran zehar irauten duen zerbait izatetik espazioan higitzen den zerbait izatera nola iragan den ere. Baina XVIII. mendean guzti hau urruti zegoen. 

## ZIENTZIA ETA NATURA

### 4. Erleen bizitza ezkutua

*Martxel Aizpurua (200 or.)*

### 5. Balea eta euskaldunak

*Murgil eta Sarda taldeak (274 or.)*

### 6. Albert Einstein. Kosmoa pentsagai

*Jose Ramon Etxeberria (217 or.)*

### 7. Antarktida

*Juan Ignacio Abrisketa (182 or.)*

### 8. Homeopatia eta akupuntura

*X. Ibarburu (189 or.)*

Harpidedun egin zaituzte gure liburuak merkeago lortuz.

#### HARPIDETZA-TXARTELA

Izen-deiturak \_\_\_\_\_  
Helbidea \_\_\_\_\_ Tel. \_\_\_\_\_  
Herria \_\_\_\_\_ Post. Kod. \_\_\_\_\_  
Bankua/Aurrezki-Kutxa \_\_\_\_\_  
Sukurtsala \_\_\_\_\_  
Kontu-zenbakia \_\_\_\_\_

**GAIK** argitaldaria / S. Bartolome, 36-behea / Tel. 471304/  
20007 - DONOSTIA