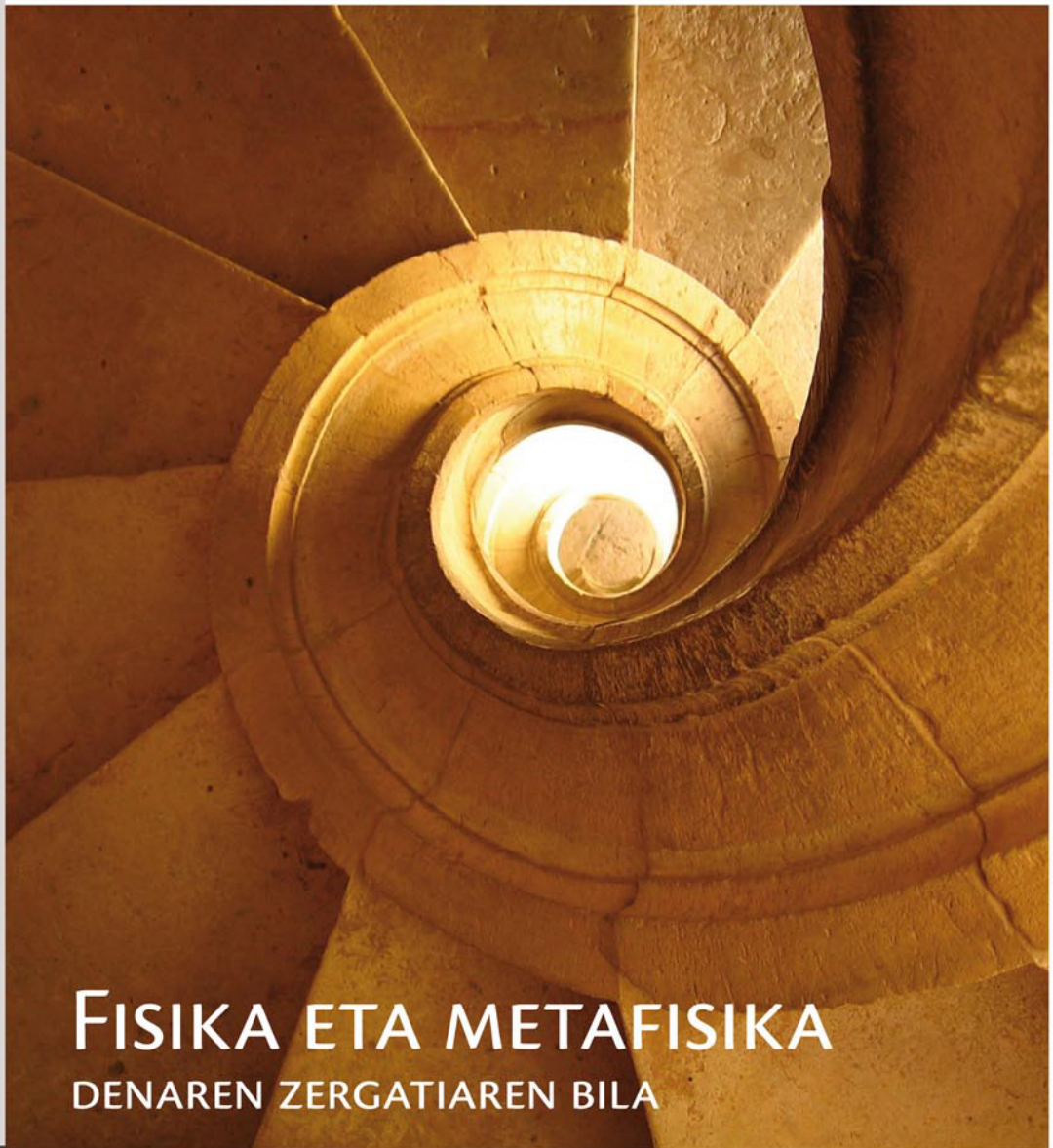


2007ko CAF-Elhuyar zientzia-
dibulgaziorako sariaren irabazlea



FISIKA ETA METAFISIKA

DENAREN ZERGATIAREN BILA

Javier Navarro Los Arcos



ELHUYAR
edizioak

Aurkibidea

1 Ezer baino lehen, ezereza	
Zientzia baino lehen, berriketak	1
1.1 Metodo zientifikoa	3
1.2 Matematikaren bilakaera	8
1.3 Filosofia naturala	11
1.4 Lurraren irudikapenaren bilakaera	15
1.5 Zeruetako erreinua	18
1.5.1 Lehenbiziko kosmologiak	19
1.5.2 Greziatik Kopernikorenganaino	25
2 Galileo, eppur si muove	31
2.1 Galileoren ekarpenak fisikan	34
2.2 Galileoren ekarpenak astronomian	38
2.3 Galileoren garaiak	42
2.4 Kepler	48
2.5 Ondorengo filosofoak	54
2.6 1564-1642 bitarteko kronologia	57
3 Newton, eta ilargia erori zen	61
3.1 Kalkulua	64
3.2 Zerutar higidurak eta grabitatea	69
3.3 <i>Philosophiae Naturalis Principia Mathematicae</i>	76
3.3.1 Definizioak eta legeak	77
3.3.2 Mekanika arrazionala (I. liburua)	79
3.3.3 Zerutar mekanika (III. liburua)	86
3.3.3.1 Ilargiaren erorketa	87
3.3.3.2 Masa	91
3.3.3.3 Grabitazio unibertsalaren konstantea (G)	92
3.3.3.4 Orbita-higiduren analisia	92
3.3.4 Espazioa eta denbora	96
3.4 Newtonen garaiak	97
3.5 Metafisika newtondarra	98
3.6 Korrante antinewtondarren sorrera	100
3.6.1 Newtondartsunaren kritika	100
3.6.2 Lehen metafisiko antinewtondarrak	103
3.7 Hurrengo garaietako aurkikuntzak	104
3.7.1 Elektromagnetismoaren lehen pausoak	105
3.7.2 Newtondar korronteak elektromagnetismoan	106

4. Huts-hutsa bai, huts-hutsik ez	109
4.1. Jakintza zientifikoaren sorburu berriak	111
4.2. Eremu-teoriak	111
4.3. Faraday	113
4.3.1. Faradayren lehen pauso antinewtondarrak	113
4.3.2. Faradayren eremu-teoria	114
4.3.3. Elektromagnetismoa Faradayren eremu-teorian	116
4.3.4. Indukzio elektromagnetikoa	117
4.3.5. Materia Faradayren eremu-teorian	118
4.3.6. Faradayren metafisikaren ondorioak	119
4.4. W. Thomson (Lord Kelvin)	119
4.5. Maxwell	120
4.5.1. Maxwellen eredu mekanikoa	122
4.5.2. Indukzio elektromagnetikoa	124
4.5.3. Magnitude mekaniko eta elektromagnetikoak	125
4.5.4. Indar magnetikoa eredu mekanikoan	126
4.5.5. Indukzioa eredu mekanikoan	127
4.5.6. Karga estatikoa	129
4.5.7. Eredu mekanikoaren kritika	131
4.5.8. Azalpen operatiboa	132
4.5.9. Argiaren izaera elektromagnetikoa	134
4.5.10. Argia azalpen operatiboaren arabera	136
4.5.11. Maxwellen ondorengoak	137
4.6. Hertz	138
4.7. Eterraren izaera	140
4.7.1. Isurki perfektuen teoriak	140
4.7.2. Solido elastikoaren teoriak	141
4.8. Elektrodinamika	141
4.8.1. Eter-haizea	144
4.9. Lorentz	145
4.9.1. Elektroien teoria	146
4.9.2. Lorentz eta Fresnel	147
4.9.3. Lorentz eta Michelson	147
4.9.4. Lorentzen eter higiezina	148
4.9.5. Koordenatu-transformazioak	148
4.9.6. Lorentz eta newtondartsuna	152
4.9.7. Lorentzen teoria hobetua	153
4.10. Big Bang kulturala	154
5. Metafisika, itxaropen arrazionala	157

I.

EZER BAINO LEHEN, EZEREZA
ZIENTZIA BAINO LEHEN, BERRIKETAK

1.1. Metodo zientifikoa

Historiaurretik hasita, gizakiak gauzen eta gertakizunen zergatiak bilatu ditu, eta orain ere gizakia beti azalpen bila dabil, gure esperientziak eta gure sentipenak ulertzeko azalpenak beharrezkoak direlako, gure garunaren nahitaezko funtzionamenduak horrela baldintzatzen gaituelako. Gertaera bakoitza (sua, gosea, urtarrileko merkealdiak, beste edozein) zer den jakitea ez da nahikoa, eta gure baitan beti “zergatik” galdetzen dugu.

Ikuspuntu “positibista” erabiliz, gizakiak bere historia osoan (100.000 urtekoa) gertakizunak ulertzeko erabili dituen azalpen-mota nagusien arteko desberdintasunei erreparatzeko, fenomeno arrunt bat har dezakegu kontuan, esate baterako, “telebista piztea”. Lehendabiziko bostei “azalpen mitiko” deritze, eta seigarrena “azalpen logikoa” litzateke:

1) Erantzun animista

Animismoaren ikuspuntutik objektu guztiak (arbolak, harriak, haizea eta dena) nola edo hala bizirik daude, badute arima, eta nolabaiteko borondatea ere bai. Telebista biziduna litzateke, bere borondate eta guzti. Bere arimaren izaeraren ondorioz, telebista hitz egiteko gauza den izakia da. Telebistaren borondatea irudiak erakustea da, eta hala “ulertzen” edo “azaltzen” da beste edozein fenomeno.

Erantzun animista hurrek eta herri primitiboek erabiltzen dute. Begibistakoa denez, mundu animista kaotikoa da (nahiz estrukturalistek kontrakoa esan), naturako objektu guztiek beren kasa jokatzen dutelako, bakoitzak bere arimaren arabera. Eta telebistak zer eginen duen aurreikustea, haur txiki baten jokaera aurreikustea bezain zaila da.

Baina hurrek eta herri primitiboek “berehala” eboluzionatzen dute. Eta munduan bizitzeko eta, ahal bada, mundua kontrolatzeko, ezinbestekoa da edozein fenomenoren ondorioak aurreikustea. Horixe da bigarren erantzun-motaren arrazoia.

2) Azalpen magikoa

“Telebista piztu duena mago bat da, truko sekretu bat ezagutzen duena”. Magiarekin gertakizunak gertarazten dituzte edo kontrolatzen dira sorginkeriak eta erritualak erabiliz (pase magikoak, kandela magikoak, hitz magikoak, makilatxo magikoa, sakrifizioak, helburu praktikoetarako otoitzak eta abar).

Gizaki primitiboak egoera gogorak jasan behar zituen, eta sekretu aproposekin ingurunea kontrolatzea oso ideia erakargarria zen. Baina, magia erabilia ere, gauza batzuk kontrolaezinak zirela onartu behar izan zuen, eta horregatik agertu zen hirugarren erantzun-mota.

3) Naturaz gaineko azalpena

Gizakiak sinesten zuen goiko izakiak edo izaki gorenak existitzen zirela, eta giza-kiendako ezinezkoa zena izaki haiek egin zezaketela: “telebista piztea mirakulua izan da”.

Erdi Aroko errege kasketatsu bat bezala, izaki antropomorfo edo zoomorfo haiek lege naturalak ezarri zituztenak ziren, baina nahi zutenean hautsi egiten zituzten, prozesu naturaletan parte hartzen zuten eta aldatu egiten zituzten.

Horregatik, gaitzaren kausa deabru bat zen eta, gaixotasunaren kontra borrokatzeko, jainko bati sakrifizioak eskaintzen zitzaizkion. Jainkoaren gizon batzuek deabruak gorputzetik kanpora botatzen zituzten, eta gaitzak sendatzea, garbikuntza eta damutzea osasunaren eta sineskeriaren osagaiak ziren. Ekaitza beste jainko baten haserrea zen, eta soroetan uzta onak izateko, herri guztiak uda baino lehen jainko partikularraren egoitzara erromerian joaten ziren (eta joaten dira) herriaren fideltasuna gogoratzerako. Beldurra (“terror mortis”) eta ezjakintasuna, deabruak eta jainkoak, edozein tokitan zeuden, eta gizaki bakoitzaren bitartean eragiten zuten.

Azalpen horren modu pasiboagoa eta diziplinatuagoa laugarren erantzun-mota da.

4) Azalpen teista

“Telebista piztu da, eta Jainkoaren borondatea da”. Gauza guztiak gertatzen dira Izaki Gorenak agindutako eskemaren arabera.

Azalpen magikoaren, naturaz gainekoaren eta teistaren oinarrian erantzun animistaren “dualismoa” eta “ilusio antropomorfikoa” daude, eta ikerketa zientifikoaren aukera suntsitzen dute halaberrez, antizientzia dira. Dualismoa lehen aldiz txinatarren artean agertu omen zen YIN (iparraldea, negua, hotza, gelditasuna, emea, lurra) eta YANG (hegoaldea, uda, beroa, mugimendua, arra, eguzkia) unibertsoaren orekaren oinarriak zirelakoan. Persiako filosofo mazdeisten artean ere “ormuzd-ahriman” (ontasun-gaiztotasun) binomioa azalpen unibertsal gisa hedatu zen. Antzinako grekoek “amodio-gorroto” aurkakotasuna gorputzen arteko elkarrekintza azaltzeko erabili zuten, eta platonismoarengatik kristaizibilizazioan dualismoak sustrai sendoak hartu ditu. Beste aldetik, ilusio antropomorfikoa ezezaguna gizakiaren itxurakoa delako sinesmen sakona litzateke.

5) Azalpen teleologikoa

Antzinako Greziako pentsalariak giza arrazoiketa formalizatzeko dedukzio logikorako arau ukaezinak sortzen ahalegindu ziren. Haien helburua gizaki zentzudun guztiak onartuko zuten hipotesi- edo axioma-sistema finkatzea zen, hortaz

baliatuta istilu guztien aterabidera ailegatzeko. Azalpen mota hori testuinguru horretan jaio zen, zientziaren aitzindari kontsideratua, baina dualismoz kutsatua.

Azalpen horren arabera, gertakizuna beti helburu zehatz batera zuzenduta dago. Objektu bakoitzak bere izaera eta joera dauzka, bere leku naturala bilatzera bultzatzen dutenak edo bere eginkizuna betetzera behartzen dutenak, baina bizitza edo arima dutela pentsatu gabe.

Eskema teleologikoan azalpen sakonagoak daude, eta gertakizunen xehetasunez mintzatzen da: “telebista piztearekin batera, bere funtzionamendua martxan jartzen da; telebistaren joera argia igortzea da, eta argia gureganaino ailegatzeko bere informazioa erakustera”.

6) Azalpen zientifikoa

Ikuspuntu zientifikoa, fenomeno zergatiak ulertzeko beti eredu bat, printzipio batzuk (ereduak funtzionatzeko modua) eta zenbait lege (ikuspuntu kuantitatiboa ematen dutenak) daude: “telebistan elektroikorrante bat sartzen da (materiaren teoria atomikoan oinarriturik), korrante hori eremu magnetiko eta elektriko bidez desbideratzen da eta pantailako puntu bakoitzari elektroiek erasotzen diote (eremu elektromagnetikoaren teoria). Elektroikopuruak pantailako puntuaren argitasunaren intentsitatea finkatzen du, eta koloretako irudiak lortzen dira kolore primarioak konbinatuz (optikaren legeak). Ingurunearen ezaugarrien arabera, igortzen den argiak desbideraketak jasaten ditu (errefrakzioaren legeak), eta giza begiei erasotzen dienean erretinako zelula fotosentikorak kitzikatzen ditu (giza fisiologia). Erredox erreakzio kimikoak eragiten dituzte, eta horren ondorioz garuneraino seinale elektrikoak iristen dira, irudiak sortzen dituztenak (biokimika)”.

Zientzia, giza ahalmenaren ikur gisa, diziplina intelektual anitzen ondorioa da. Eta azalpen-mota gisa, gainerako azalpenen alternatiba garbia da. Zientzia bestelakoa da, bestelako galderak egiteko aukera ematen duelako, bestelako erantzunak eskaintzen dituelako eta bestelako jarrerak sortzen dituelako. Eta historian zeharreko lasterketa honetan bizirik sendo dirauten bi azalpen-moten arteko eztabaida ekidinezina da: erlijioa eta zientzia.

Gupidarik gabeko eztabaida horren azken mendeetako bilakaeran erlijioak jasandako porrotak gizakien ezagutzarako eta askatasunerako garaipenak izan dira. Lehenik, Kopernikok unibertso zentraltasuna ostu zion; bigarrenik, Darwinnek kreazioaren gorentasuna desegin zion; hirugarrenik, Freudek arimaren nagusitasuna ezereztu zion. XX. mendetik aurrera, mundu fisikoaren errealitatearen azalpena zientziak bereganatu du, eta errealitate barrena gizakiek gaindi dauden existentziaren azken galderetaraino gerturatzeko bidea behin betiko irabazi du. Testuinguru horretan ahots erlijiosoek beste denboretako oihartzuna daramate, mundu psikologiko transzendentalaren labirintotan murgilduta.

Erljioaren eta zientziaren arteko desberdintasunak garbiak dira. Biek nola edo hala errealitatearen irudikapen bat ematen digute. Baina erljioaren azalpen teologikoa antropozentrismoaren beste itxura bat da, eta zientziak azalpenak gizakiengandik kanpo bilatzen ditu. Erljioa ezin da aurreiritzietatik askatu, eta zientzian aurreiritzien kontrako borroka jokaera sortzaile (askatzaile) bihurtzen da.

Erljioak azalpenak Jainkoarengan edo jainkoengan bilatzen ditu, naturaz harantzago botereekin fenomenoak kontrolatzen dituzten horietan, horregatik erljioarendako misterioa hor dago, Jainkoaren izaeran eta beraren ezaugarrietan, eta mundu lurtarreko giza kontu guztietarako erantzunak ezagutzen ditu. “Errebelaturiko egia” edo “Jainkoaren hitza” Lurreko arazo guztien mamia da, arau moral pertsonal eta kolektiboak sortzekoa, edo, beharrezkoa denean, errealitatearen eredia zehaztekoa. Zoriontasunerako bidea ezagutzen duten bezala, Jainkoak bizitza nola eta zergatik kreatu zuen ere badakite, *Hasiera* liburuko esaldi batekin ulertzen dena. Zientziaren izaera, ordea, bestelakoa da, errealitate osoaren jatorria gizakiengandik kanpo bilatu behar dela baieztatzen du eta aurkitzen du, eta (gure) existentziaren jatorria orain dela 15.000 milioi urte gertatu zen ilusio antropomorfikorik gabeko “Leherketa Handi” hartan, edo lehenagoko gertaeraren batean, dagoela azaltzen du. Bide zientifikoak bestelako irizpideetan ere oinarritzen dira: galdera zehatzetatik abiatuta, zientziaren aurrerapena zientzialari-talde batek erantzunak bilatzeko egiten dituen ahaleginetan funtsatzen da. Platonen elkarrizketetan Sokratesek egiten zuen bezala arazo zehatza gainditu ondoren, zientzialariek teoria unibertsalak osatzen dituzte, edo teoria berri bat sortzen dute. Eta teoriok egiaaren deskribapen fidelak direla ziurtatzeko metodo zientifiko guztien baldintzak garbiak dira: teoria egiaztagarriak adieraztea (froga daitezkeenak) eta teorien estrapolazio ahalmena (aurreikuspena).

Erljioaren zailtasun filosofikoak garai guztietako filosofo eta teologoek ezin izan dituzte gainditu, eta kontraesan esentzialak ebazteko asmotan, bidegabekeriaz jositako bitxikeria linguistikoak ahitu dituzte. Zentzurik gabeko paradoxak amaigabeak dira, eta oraindik ez dakigu berez bere buruaren existentzia azaltzen duen eta galdera guztien azken erantzuna den Jaungoikoa beharrezkoa ote den (kontingente ez izateko), eta bere existentziaren eta kualitateen gaineko hautamen-ahalmenik ote duen. Hala ere, Elizak eta erljioak erantzun guztiak aurkitu dituzte. Zientziak, ordea, beti “zergatik” galdetzen du, eta erantzunak bilatzen ditu. Eta zientziaren galderak gero eta gehiago dira, sakonagoak eta ausartagoak.

Zientzia egia ezagutzeko tresna bikaina da, gizakien lorpen kulturalik handiena. Fe-dea ukatuz, ausardia pertsonala aurrerapen zientifikoaren bultzatzailea da. Eta doitasuna, zientzialarien jarrera moralak. Horregatik teoria zientifiko batek egia eta errealitatea deskribatzen dituela ziurtatzeko, mundu osoko komunitate zientifikoak azterketa sakonak egiten dizkio. Teoria horrek izan behar dituen ezaugarriak ondoren azaltzen dira:

- 1) Erreduzigarritasuna. Teoria zientifiko berri batek, gutxienez, aurreko teoriak bezain zehatza izan behar du. Teoria zaharra zenbait kasutan ona baldin bada, teoria berriak kasu horietan emaitza berdina edo hobea eman behar ditu.

- 2) Berritzailetasuna. Teoria berriak gertaera berriak edo gaizki aurreikusitakoak azaldu behar ditu.
- 3) Testagarritasuna. Teoria berria zuzena dela frogatzeak posible izan behar du. Teoria berriaren aurreikuspenek egiaztagarriak izan behar dute.
- 4) Dotoretasuna. Teoria berriaren printzipioek motzak eta eduki handikoak izan behar dute.

Fenomenoen azalpenez gain, zientziak natura aldakorraren atzean gordetzen diren printzipio aldazinak ere bilatzen ditu, naturaren sekretuak argitzen saiatzen da, munduaren aspektu ezkutak desestaltzen ditu. Azkenean, zientziaren helburua unibertsoaren misterioa ulertzea delako, zientzia ezezagunarekin erlazionatzea da, eta horretan oinarritzen da zientziaren eta erlijioaren antzekotasun bakarra. Ikuspegi zientifikoaren eta erlijiosoaren arabera, inguratzen gaituen munduaren atzetik kausa ezkutak daude, eta horren aurrean jarrera zientifikoan eta jarrera erlijiosoan liluramendua dago, baina bi ikuspegietatik kausa horietaz modu desberdinez mintzatzen da.

Zientzialarien artean teismoak modu batean baino gehiagotan hartzen dira. Elizekiko lotura handiagoa dutenen eskutik, errealitate fisikoa helburu batez inspiraturiko planifikazioaren ondorioa delako adierazpenak aditzen dira noizean behin, hala nola “Jainkoaren gogoia” unibertsoaren ezaugarri batzuetan islatzen dela dioena (Naturaren legeekiko independente diren ezaugarriak: existentzia bera, denboraren eta espazioaren dimentsionaltasuna), mundu zientifikoaren azterketak pasatu ezin dituzten argitalpenen bitartez. Beste zenbaitetan, astean sei egunetz zientzia eta zazpigarrenean erlijioa erabiltzen dutenak ere badira, haien sinesmena Tertulianoaren baieztapenetik (*credo non quod sed quia absurdum est*: sinesten dut absurdoa delako, ez absurdoa dena) gertu dutenak. Baina diziplina guztietan urtero argitaratzen diren milaka eta milaka artikuluko zientifikoetan fedearren arrastorik ez dago, eta behaturiko fenomenoaren azalpena Jainkoa delako baieztapenik aurkitzea metafisikoki ezinezkoa da, mundu zientifikoan irrigarria litzatekeelako. Errealitate fisikoa Jainkoaren arrastorik ez dago, eta Jainkoa bilatzen dutenak “beste nonbait” aurkitzen saiatzen dira. Zientzian Jainkoa hipotesi modura, teoria modura edo azalpen modura ez da sekula erabili, ez da erabiltzen eta ez da erabiliko, zientziaren metodoak berak debekatzen duelako. Beraz, Zientzia atea dela kontsideratu daiteke, edo, gutxienez, ez-erlijioso.

Bestalde, zientziaren garapenean zientzialarien apriorismoek betetzen duten papera ere garrantzitsua da, lagungarria askotan, baina fedezko aurreiritzien antzik ez dute, eta jarrera zientifikoaren barruan sartzen dira. Adibidez, Newtonek bere bigarren legearekin ($F = m \cdot a$) dinamikaren fenomenoak azaldu zituen, baina oinarritzko eskeman (indarra/azelerazioa, kausa/efektua) indarren existentzia bera aurretik egiaztatu gabeko onarpena da, eta ohartzekoa da paralogismoaren arriskua gertu egon daitekeela. Bestelako eskema bat erabilita, azalpenak oso desberdin ageri dira, eta Einsteinen erlatibitatearen teoria orokorrean gertaeren existentzia definitzen duten lau dimentsioko espazio-denboraren kurbadurak dinamika berri bat sortzen du, indarren arrastorik gabe. Bilakaera horren bultzatzailea galdetzaile bat da: “zergatik”. Zergatik indarrak eta unibertso mekanikoa,

zergatik masaren ahalmena espazio-denboraren kurbadurak sortzeko, zergatik mundua, zergatik existentzia. Bilaketa horretan zientzia bidea da (gure kulturaren “Tao”), eta bide horrek bukaerarik izanen duen, inoiz den-denaren zergatia ezagutuko den, beste misterio bat da, Unibertsoaren beste enigma bat.

1.2. Matematikaren bilakaera

Ikerketa matematikoa antzinako jardura da, sukaldaritza, zurgintza eta metalurgia bezain zaharra.

3000. urtean gure garaiaurretik (3000 g.g.a.) Babiloniako zibilizazioetako elite erlijiosoetan ezagutzen matematiko harrigarriak omen zeuden: bigarren mailako ekuazioak ebazteko metodoak ezagutzen ziren, hamartarrak ere bai, eta zenbakietan zifren kokapenen esanahia orain daukaguna bezalakoa zen (sistema posizionala). Zinematikan aurrerapen asko lortu zituzten, denak zeruko gorputzen mugimenduei loturik: abiadura irudikatzen zuten espazioaren eta denboraren arteko erlazio gisa, higidura uniformearen eta ez-jarraituaren arteko desberdintasunak ezagutzen zituzten, abiadura linealaren eta abiadura angeluarraren artekoak ere bai, eta abar. Haiengatik zirkulua 360° -tan neurtzen dugu, eta eguna 24 ordutan (babiloniar jatorriko ur-erlojuak, klepsidrak, XVII. mendera arte Europa osoan oso erabiliak izan ziren).

Garai haietan ere Indian oso kultura landua zegoen, zenbakiak adierazteko oinarri hamartarreko sistema posizionala ere erabiltzen zen, eta gure garaiaurreko ondorengo V. mendean (V. mendean g.g.o.) zeroa erabiltzen hasi zen. Indiarren zenbatzeko era hori (sistema posizionala, oinarri hamartarra, zeroa beste edozein zenbaki moduan tratatzea) kultura arabiarraren bidez Espainiatik barrena sartu zen European, eta XII. menderako oso zabaldua zegoen.

Zeroaren asmakizuna, mundu osoan onartua, beharbada gizakiek lorturiko arrakasta handieneko berrikuntza intelektuala, bere garaian ahalegin psikologiko galanta izan zen, eta Indian gertatu zen bertako pentsamendu erlijiosoan “ezereza” eta infinitua arruntak direlako, ezereza zerbait delako eta bere ahalmenak dituelako, hala nola unibertsoa bera sortzekoa.

Grezia zaharrean, ordea, ezereza ez zen erraz erabiltzen. Alde batetik, grekoen pentsaeran Demiurgoa munduaren ordenaren arduraduna zen, sortzailea ez, mundua ezerezetik sortu zuen juduen Jainkoa ez bezalakoa. Beste aldetik, logika giza pentsamenduaren gorena kontsideratzen zen; horren ondorioz, “ezereza” zerbait balitz bezala jotzea ezinezkoa zitzaien. Bakarrik “den horretaz” mintza zitekeen, “ez den hori” ezin zen pentsatu, eta pentsatu ezin zena ezin zen existitu. Gainera, platonismoaren arabera gure munduko gauzak “forma ideal perfektu”en adierazpen imperfektuak ziren, eta forma ideal haiek eternalak eta aldaezinak ziren. Baina ezerezarekin eskema horrek ez zuen balio: “ezerez ideal eta perfektua”ren adierazpen imperfekturik ezin da izan, ezerezean zerbait baldin badago ez baita ezereza. Horregatik nahiago izan zuten ezereza ukatu, ezinezkoa zelakoan.

Dena dela, matematikan ere greziar kulturaren eragina erabakigarria izan zen. Tale-sengandik aurrera (624-547 g.g.a., joniarra), ikuspuntu aritmetikoa erabiliz filosofo grekoek geometria landu zuten, eta lerro zuzenak, zuzen paraleloak, paralelogramoak, poliedro erregularrak (tetraedroa, kuboak, oktaedroa, dodekaedroa eta ikosaedroa, “solido platonikoak”) eta beste figura geometriko batzuk (esfera, prisma, konoa eta piramideak) ikertu zituzten. Gaurkoak bezalako eragiketa matematikoekin, greziarrek zuzenen maldak, gainazalen azalera eta gorputzen bolumenak kalkulatu zituzten. Horrek guztiak matematikarako ikuspuntu estatikoa ekarri zuen: figura geometriko bakoitzak bere itxura dauka, beti bera, gainazal bera eta bolumen bera. Eta izaera estatiko hori irudikatzen zuten matematikak ere estatikoa izan behar zuen. Greziarrek menperatzen zutenarekin aldaketa ezin zen irudikatu, eta hain zuzen ere greziarren pentsamenduan gauza eternalak (jainko eternalak, esklabutza eternala, zeruko gorputzen higidura eternala) oso garrantzitsuak ziren.

Pitagoras (569-475 g.g.a., joniarra), teorema famatuari izena eman ziona, Konfuzioen eta Budaren garaikidea izan zen. Bere bidaietan Italia eta Grezia bisitatu zituen, siriarrak eta kaldear jakintsuekin harremanak izan zituen, Egipton Osiris jainkoak ukiturikoa zela pentsatu zuten hanka batean urre koloreko orbana zuelako, eta bertako sazerdoteek misterio sakratuetan iniziatu zuten. Babilonian preso zegoela, Zaratustraren irakatsiak eta persiar dualismoa ere ezagutu zituen. Hizlari fina zen, eta haren irakaspenek —arrazoiz eta espiritualtasunez, edo greziar filosofiaz eta ekialdeko mistizismoz beterikoak— mundu greko osoan jarraitzaile asko erakarri zituzten. Bere eskola Italian fundatu zuen, “zirkulerdia” izenez ezagutua. Bertan kide batzuk, “matematikoi”ak, elkarrekin bizi ziren ondasun pertsonalik gabe; begetarianoak ziren, eta irakaspenak Pitagorasengandik zuzen jasotzen zituzten. “Akousmatikoi”ak, ordea, kanpoan bizi ziren, eta arau bigunagoak zituzten. Zinpean gorde behar ziren inimizio-errito sekretuak zituzten, eta arimaren hilezkortasunean eta metempsikosian (arimen transmigrazioan) sinesten zuten. Filosofia salbaidetzat hartu zuten, jainkoekin elkartu arte arima goratu zitekeelako. Ezagupen matematiko bikainak menperatu zituzten, eta zenbaki batzuei esanahi mistikoa ere eman zieten. Adibidez, zenbaki perfektuak (zatitzaileen batuketan emaitza diren horiek, $6 = 1+2+3$, edo $28 = 1+2+4+7+14$) beneratzen zituzten; “jainkozko tetraktis”ari (10) errespetu handiena zioten, lehen lau zenbaki osoen batuketa zelako (lau dimentsioen batuketa ere bai: puntuak, zuzena –bi puntu–, planoak –triangelu bat, hiru puntu– eta espazioak –tetraedro bat, lau puntu–), eta beraren irudikapen triangeluarraren gainean zin egiten zuten; zenbaki triangeluarrak zituzten (3,6,10), karratuak (4,9,16,...), 4ak justizia eta elkartasuna adierazten zuten, eta abar. Geometriaz ikerketa matematikoa egin zituzten, eta aritmetikaren bidez matematika eta musika elkartu zituzten. Astronomiarako ere eredu matematikoa proposatu zituzten, ordura arte jainkoen menpean zeuden zeruko gorputzen jokaerari lege matematikoa aplikatuz. Pitagorikoek pentsatzen zuten, beraz, errealitate osoa, funtsean, matematika zela, eta aldaketak kaotikoak izan beharrean, matematikaren ordenaren, simetriaren, harmoniaren eta sinpletasunaren arabera gertatzen zirela.

Platonek (427-347 g.g.a., atenastarra) pitagorikoaren eragina jaso zuen, eta *Timeo* liburuan (solido erregularrak –platonikoak– bertan aipatzen dira) naturaren egitura geome-

trikoaren alde agertu zen. Bere pentsamendu magiko-teleologiko berezian zirkunferentziak eta esferak hasierarik eta bukaerarik gabeko egoera perfektua ziren, eta hurrengo milurtekoetan kristau-filosofian iraun zuen pentsaera horrek. Atenaseko Akademia fundatu ondoren, platonismoak ikarragarritzko gailur intelektualak lortu zituen. Eta gaur egun ere Platonen ikuskera dualistaren kutsua argi nabaritzen da matematikan, matematikarien lana kreaioa ala aurkikuntza ote den eztabaidatzean, prozesu matematikoaren deskribapena artistikoa (sortzailea) den ala “errealitate” matematikoa gizakiengandik kanpo existitzen den eta “behapenez” desestali behar den.

Akademiako kiderik garrantzitsuenak, Aristotelesek (384-322 g.g.a., mazedoniarra), logika formala kodifikatu zuen, eta natura-zientzia guztietan ekarpen galantak egin zituen. Bere eskola ireki zuen (Lizeoa), eta bere pentsaeran ibilbide berriak urratu zituen. Aurreko pentsalariak legeei ematen zieten garrantziaren aurrean, berak adierazi zuen ezagupenaren helburua erlazio kuantitibo egonkorrek ezagutzea izan beharrean, gertakarien kausak deduzitzea zela, gertakari zehatzen behapenetatik hasita kausa esentzialak ezagutzerainoko bidea induktiboa zelakoan, Platonen pentsamenduaren aurka. Baina Aristotelesi esker eskola pitagorikoaren lorpenak mantendu ziren, batez ere Alexandro Handiaren inbasio-kanpainetan Aristotelesen kartografoek eginiko mapetan islaturikoak, ordura arteko jakinduria matematikoa erakutsiz, eta kartografiari ere oinarri sendoa emanez.

Alexandro hil ondoren, beraren inperioa zatituta gelditu zen. Puskarik handiena beraren jenerala izan zenak, Ptolomeo I.a Soterrek, bereganatu zuen, eta Alexandrian hiriburua jarri. Poliki-poliki Alexandria munduko kulturagune bihurtzen joan zen, batez ere bi instituzio berriri esker: Museoa eta Liburutegia. Jakinduriaren arlo guztietako liburuak bildu ziren, Pitagorasen teorema eta Testamentu Zaharra altxorrek, besteak beste, han kontserbatu ziren, eta eremu askotan aurrerapen galantak lortu ziren. Han berrindartu ziren ezagupen matematikoen medioz Euklides (III. mendea g.g.a.), Arkimedes (287-212 g.g.a.), Eratostenes (275-195 g.g.a.), Klaudio Ptolomeo (85-165 g.g.o.) eta beste hainbeste jakintsu prestatu eta garatu ziren.

Euklides izan zen hurrengo milurtekoetan eragin sendoa izan zuen beste pentsalari handi bat. Gutxienez hamar liburu idatzi zituen, eta erdiak galdu dira, baina *Elementuak* izan da, beharbada, historia osoan gehien irakurri den liburua, Bibliaren eta Koranaren gainetik. Grekeratik lehenbizi arabiarra itzulita (al-Hajjaj, IX. mendean g.g.o.), gero latinera (Gerardo Cremonakoa, XII. mendean), inprenta asmatu zenean argitaratu zen lehen liburu zientifikoa izan zen, eta geometriaren “biblia” eztabaidaezina izan da XIX. menderaino. Liburu honetako hitz eta esaldi bakoitza aztertua, begiratua eta birbegiratua izan da milaka eta milaka matematikariren lanetan, eta egilearen maisutasun ikaragarriak kontzeptu sinpleetatik proposamendu sakonak eta edertasunez eraikitakoak lortzera eramaten gaitu. Ordura arteko matematika osoa kodifikatu egin zuen, greziar estiloaz baliatu zen Babiloniako eta Egiptoko matematikak berrinterpretatzeko, eta liburuaren ekarpenik handiena, egiaztapen matematikoak, babiloniar eta egiptoar enuntziatuei zentzua emateko eta kotrajarritako kalkuluei ordena emateko asmatu behar izan zituen.

Elementuen lehendabiziko sei kapituluak geometria lauarenak dira (gaur egun ere “geometria euklidearra” esaten zaio), hurrengo laurak zenbakien teoriarenak, eta azken hirurak gorputz solidoen geometriarenak. Hamaika definizio, nozio komun, proposizio, teorema, lema, korolario, egiaztapen eta enuntziatuez gain, Euklidesen bost axiomak edo postulatuak mugari bat izan dira XXI. mendeko matematikaraino, batez ere bosgarrena, eta axiometatik aurrera pauso motzez eta zorrotzez aparteko sakontasuneko ondorioak azaleratzen dituzten frogabideek ere hurrengo milurteetako matematika osoari estilo berri bat eman diote. *Elementuak* liburutik aurrera, egiaztapenak matematikaren oinarria dira, eta matematikariek batez ere egiaztapenetan konfidantza izaten ikasi dute, erabateko ziurtasunen eta egonkortasunen jatorria direlako. Diziplina intelektuala izateagatik matematikaren izaera etereo da, eta kimika, biologia edo fisikarenak bezalako objektu fisikorik gabe, hamabost dimentsioko forma geometrikoen ezagupenean sakontzeko, unibertso osoko atomoen kopurua baino zenbaki lehen handiagoekin lan egiteko edo beste edozein helburu matematikotarako, matematikariek egiaztapenak erabiltzen dituzte mundu matematikoko objektuei behatzen laguntzen duen seigarren zentzua balira bezala. Beste edozein zientziaren izaerak froga esperimentalak gauza fidagarri bakarrik dela ezartzen du, baina matematikaren “ethos”a oso desberdina da: hipotesi bat onartzeko (mundu matematikoko deskribapen fidela dela baieztatzeko) datu-pilaketa infinitua ez da sekula nahikoa izanen hipotesia beti betetzen dela ziurtatzen duen frogabiderik aurkitzen ez bada. Oraindik erabateko egiaztapenaren zain dagoen XIX. mendeko Riemannen hipotesiaren frogaketa, beharbada, gaurko matematikako auzirik sakonena eta konplexuena da.

Frogabide matematikoen, gainera, hurrengo ikerketak katalizatzen dituzte, eta kateaturiko garapen horretan matematikak piramide-itxura hartzen du, belaunaldi bakoitzak aurrekoen ekarpenen gainean eraikitzen segitzen duelako: matematikan bakarrik baieztatu daiteke antzinako grekoek ezarri zutenak egia izaten jarraitzen duela, beste zientzietan ez bezala. Frogapenen garrantziari esker, matematikaren lorpenak hilezkortzat jotzen dira, eta matematikariak sinetsita daude etorkizuneko ikerketek sekula ez dutela aurreko belaunaldietakoen lanen hondamendia ekarriko; hori, gainerako zientzietarako, pentsaezina da. Ikuspuntu filosofikotik ahula dirudien jarrera hori, matematikarien “sektarako” oinarritzko printzipioa da.

1.3. Filosofia naturala

Grezia zaharreko filosofoek ahalegin arrazionalista ikaragarria egin zuten mundua eta errealitatea ulertzeko eta zentzuzko ereduak bilatzeko. Ahalegin horren ondorioz “filosofia naturala” sortu zen, fisikaren aitzindaria, beste arrazoi sendo bat gaurko kulturaren sehaska Grezia izan zela esateko.

Pentsalari greziarrek ordura arte urratu gabe zegoen bide bati ekin zioten, naturari buruzko galdera zehatzak eginez, eta lurtar munduan behatzen diren edozein motatako aldaketen zergatien gain erantzun logikoak hausnartuz. Beraz, gaur egun kode kimikoaz, fisikoaz eta abarrez azaltzen diren gertakari arrunten (errekuntzak, materialen propietateak)

te fisikoak, bultzadak eta mugimenduak) ulermenaren abiapuntua orain dela hogeita zazpi mende sortu zen.

Dena dela filosofia naturala “fisika ez-matematikoa” zen, fisika erabat kualitatiboa zen, kualitatea eta kantitatea bi kategoria desberdinak zirelakoan eta bien arteko erlaziorik finkatzea ezinezkoa zelakoan (XIX. mendean Hegelen dialektikak ezintasun hura gezurtatu zuenean, zientziak eskertu zion). Greziako filosofoen ustetan matematikak (geometria eta gauza gutxi gehiago) eta unibertso fisikoaren ulermenak (lurtar mundua, Lurra eta gauza gutxi gehiago) ez zuten zerikusirik. Alde batetik, matematikako zenbakiek betikotasuna, perfektzioa eta edertasuna erakusten zituzten. Eta, beste aldetik, Lurra erabateko inperfekzioaren erreinua zen, gizakiei eta gertaera naturalei behatuta gure mundua perfektua ez zela begi-bistakoa baitzen: dena aldakorra zen, dena desegiten zen, dena usteltzen zen, dena hiltzen zen. Beraz, orduko medikuek ez zuten beroa neurtzen (temperatura kantitatea eta gaitza kualitatea ez ziren erlazionatzen), denbora ez zen oraingo esanahiarekin neurtzen, eta neurketak batez ere merkataritzan erabiltzen ziren, pisuak, bolumenak eta luzerak zehazteko.

Filosofia naturala behaketa eta pentsamendu hutsean oinarritzen zen, gainerako filosofia osoa bezala, perfektzioarekin erlazionatzeko gizakiak zeukan tresna bakarra pentsamendua zelakoan. Orain ezagutzen ditugunak bezalako esperimenterik egitea ere ez zitzaien burutik pasatzen, enpirismoaren kontra baitzeuden, haien helbururako kontraesankorra zelako, egia aurkitzeko alferrikakoa zelako. Jarrera hori orduko Greziako egitura sozialak eragindakoa zen, gizarte esklabista hartan zeregin guztiak esklaboek egiten zituztelako, eta greziarrek aginte politikoa, erlijiosoa eta ekonomikoa zituztelako. Greziar filosofoak “kontenplaziora” edo “bizitza kontenplatibora” emanda bizi ziren.

Eskola filosofikoek pentsamendu-lerro desberdinak adierazten zituzten. Adibidez, mundua azaltzeko, Talesen eskolako metafisika identitarioa zen, denaren osagaia ura zela uste zuten (Homerok esan omen zuen ozeanoa jainkoen eta gizakien aita zela), eta munduaren aniztasuna uraren itxura desberdinetatik sortzen zen.

Parmenidesen arabera (544-450 g.g.a., ezagutzen den obra bakarra *Naturari buruzkoa* edo *Poema*), gure mundua, aldakorra eta askotarikoa, beste errealitate ezkutu baten irudia besterik ez zen, eta azpiko errealitate hartan mundua uniformea eta aldaezina zen, eta legeak alferrikakoak ziren. Heraklitok, ordea, kontrakoa planteatu zuen (“Panta rei”), bere iritziz munduan ezer ez baitzen beti berdin-berdina mantentzen (“bi aldiz ezin da ibai berean bainatu”).

Demokritoren eskolaren ustez (*Miakros diákosmos* edo *Munduaren sistema txikia* idazkian) dena espazio hutsez eta itxura eta tamaina desberdineko atomoz osaturik zegoen. Munduko aniztasunak eta aldaketak atomoen propietate geometrikoekin eta higidurekin azaldu zitezkeela suposatzen zuten, eta atomoen arteko elkarrekintza gertaera guztien oinarria zen.

Baina filosofia naturalaren pertsonaia nagusia Aristoteles izan zen, logikaren aita, eta berak idatzitako zenbait testutako edukiek (*De Generatione et Corruptione, Physica, De Caelo –Zeruari Buruz–*) hurrengo mendeetako fisikaren ibilbidea markatu zuten. Aristoteles pentsamenduaren arabera, mundu honetako gorputz guztiak lau elementuz osaturik

zeuden: airea, lurra, sua eta ura. Gorputzen arteko desberdintasunak lau elementu horien proportzio desberdinetatik etortzen ziren: harrietan “lur” elementua proportzio handiagoan zegoen, ardoan “ur” elementua nagusia zen eta hodeiak, batez ere, “aire”zkoak ziren. Bosgarren elementu bat bazegoen, “eter”ra. Zeruko gorputz guztiak (Ilargia, izarrak, planetak, Eguzkia) eterrezkoak ziren, perfektuak denak, ustelezinak, suntsiezinak, betierekoak eta abar, Jainkoen ondoan existitzen baitziren. Hutsa ezinezkoa zelakoan, unibertso osoa eterrez beterik zegoen. Unibertsoaren bost elementuok eta platonikoen bost solido erregularrak ere nolabait erlazionatuta omen zeuden.

Higidurari buruz (orain mekanika gisa ezagutzen duguna) edozeinen bistan zeuden fenomenoak Aristotelesek behatu zituen, eta behaketatik egiara zuzenki pasatu zen:

- 1) harri bat airean aske utzita erori egiten da, hosto bat behera erortzen da baina mantsoago, eta kea gora doa.
- 2) gurdi bat mugitzeko, idiek tiratu egin behar dute; bestela, gurdia gelditu egiten da.
- 3) planetak beti berdin mugitzen dira, gutxi gorabehera.

Lurreko gorputzetarako, Aristotelesek mugimendu naturalak (eleatikoen ekarpenean oinarriturik) eta mugimendu bortitzak desberdindu zituen, eta zeruko gorputzek higidura propioa zutela adierazi zuen.

Lurtar higidurei buruz, mugimendu naturala gorputzek berez eta espontaneoki egiten zutena zen (harri bat erori, kea igo eta horrelakoak), eta norabide bertikalean gertatzen ziren. Elementu bakoitzak Lurrean berezko tokia zeukan: lurra eta ura “behean” egoteko joerakoak ziren, eta airea eta sua “goian” egotekoak. Elementuon proportzioen arabera, gorputz bakoitzak bere joera zeukan. Batez ere lurrez eta urez osaturikoak “gorputz astunak” ziren, eta beherantz erortzen ziren haien joera naturala “munduaren zentro”aren bila joatea zelako. Pisuren arabera ere joera hura sendoagoa edo arinagoa zen, eta horregatik gorputz astunagoak azkarrago erortzen ziren.

Gorputz arinak, batez ere, airez eta suz eginikoak ziren, eta haien joera naturala gora joatea zen, edo geldiago erortzea. Sugarren igoera naturala edo hosto bat geldiago erortzea horrela azaltzen ziren.

Mugimendu naturalaren kontrakoak, edo mugimendu naturalak ez zirenak, mugimendu bortitzak ziren: harriaren mugimendu naturala behera erortzea bazen, harri bat gora botatzea edo norabide horizontalean arrastatzea mugimendu bortitzak ziren.

Mugimenduen kausari buruz, garai haietan indarraren kontzeptua ez zen oraingoa, esfortzu muskularra besterik ez zen, eta higidura-mota bakoitzerako Aristotelesek kausa bat (motor bat) definitu zuen, azalpen teleologikoaren arabera.

Mugimendu naturalaren kausa gorputz bakoitzaren “physis, joera edo izaera naturala” kontsideratu zuen; higidura horren kausa gorputz bakoitzaren barruan zegoen, eta kausa hori betierekoa zen.

Mugimendu bortitzak zerbait bultzatzen zenean gertatzen ziren, eta higidura horren kausa gorputzetik kanpo zegoen, kanpotik eginiko bultzada zen (bultzatu gabe

edo gorputza ukitu gabe mugimendu bortitzik ez zegoen). Adibidez, zoruaren gainean pisu bat arrastatzeko bultzada bat egin behar zen, eta gehiago bultzatu gabe pisua gelditzen zen.

Bultzada eta gorputzaren desplazamendua proportzionalak ziren. Masa handi bat mugitzeko ehun gizakik bultzatu behar baldin bazuten, bakar batek bultzatuta masa hori pixka bat mugituko zen, nahiz nabaritu ez.

Horren guztiaren ondorioz, Aristotelesek adierazi zuen objektuen egoera naturala geldirik egotea zela, joera naturala geldineua zela, eta mugitzeko kausa bat (gorputzaren barrukoa edo kanpokoa) ez bazegoen gorputza geldirik mantenduko zela.

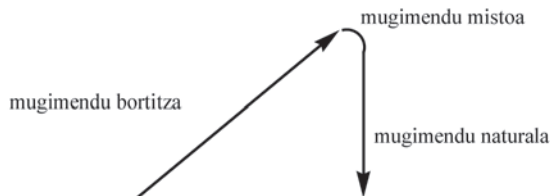
Beraz, higidura bortitza mantentzeko, kanpoko kausa hori ere mantendu behar zen, bestela norabide horizontalean gorputza geldituko zen, edo norabide bertikalean gorputzak higidura naturalari ekingo zion.

Abiadura konstantez mugitzen zen gorputzak kausa konstante baten eraginpean egon behar zuen. Eta gorputza mugitzen zen bitartean higidura sortzen zuen kausa desagertzen baldin bazen, gorputza geldituko zen.

Baina eskema horrekin fenomeno arrunt batzuk ezin ziren azaldu. Adibidez, ostiko batekin harri bat distantzia bateraino jaurtitzea ezin zen azaldu. Jaurtiketa horretan bultzada hasieran besterik ez zen gertatzen, eta gorputzak bakarrik bultzadaren aldiunean mugitu beharko zuen; hala ere, gorputzak mugitzen segitzen zuen gelditu arte.

Jaurtiketa horizontal eta bertikaletarako, Aristotelesek desplazaturiko airearen bultzada asmatu zuen. Horren arabera, bultzada bat emanda gorputza mugitzen zen, eta atzean utzitako espazioa aireak betetzen zuen; aire horrek gorputza aurrerantz bultzatzen zuen hasierako bultzadaren eragina bukatu arte, eta ondoren gorputzak bere joera naturalari jarraitzen zion, horizontalean gelditzen zen, eta bertikalean erorketa naturalez higitzen zen. Aristotelesek ez zuen azaldu hasierako bultzada hura zehazki noiz eta nola bukatzen zen, airearen eragina noiz eta nola desagertzen zen, ez zuen azaldu gorputz haiek zergatik ez ziren infinituraino mugitzen, eta hasierako bultzadaren eta azelerazioaren arteko erlazioa aipatu besterik ez zuen egin.

Jaurtiketa zeharretarako antzekoa proposatuz, higikariaren ibilbidea higidura anitzen nahasketaren ondorioa zela baieztatu zuen:



Zerutar erreinuan gertakariak beste modu batera suertatzen ziren hango osagai bakarra eterra zelakoan. Bosgarren elementu horren ezaugarrien ondorioz, zerutar gorputzak

unibertsoaren zentroaren inguruan (Lurraren inguruan) zirkulu perfektuetan eta abiadura konstantez mugitzen ziren, zeruaren ezaugarriak perfekzioa (zirkulua) eta aldaezintasuna zirelako.

Aristotelesek ideiak zenbait printzipiotan finkatu zituen:

- 1) Mugimendu guztiek, naturalek eta bortitzek, motor bat behar dute.
- 2) Mugimendu naturalen motorra higikariaren barruan dago. Mugimendu naturalak lurta munduan bertikalak dira, eta zerutar munduan zirkularrak.
- 3) Lurtar munduan gorputz guztiek zuzen eta gorantz edo beherantz mugitzeko joera dute, beren berezko tokirantz.
- 4) Mugimendu bortitza kanpoko motor baten ekintza jarraituaren ondorioa da. Distantziarako ekintza ezinezkoa da.
- 5) Hutsa ezinezkoa da, eta materia jarraitua da (Demokritoren eskolaren aurka).

Aristotelesen pentsamendutik gaur egungo zientzian ez da ezer ere gelditzen (aipatu behar da jaurtiketa bertikaleko azelerazio positiboak eta negatiboak desberdindu zituela, baina ezer ez gehiago, energia zinetikoaren kontzeptura gerturatu zen, bultzadaren eta azelerazioaren arteko erlaziora ere bai, baina ezer garbirik atera gabe). Hala ere, Aristotelesen printzipioak XVII. mendera arte ez ziren gainditu, Erdi Aro osoan ia aurrerapenik ez zen lortu, eta gogoratu behar da inertzia, marruskadura eta energiaren kontzeptuak ezagutu berri samarrak direla. Aristotelikoen azken ekarpena XVI. mendean izan zen: “inpetus”aren eskola. Oxforden agertu, eta Leonardo da Vinciren eskuetik Europa osoan zabaldu zen: eskola horren arabera, gorputz bat mugitzean ezaugarri bat hartzen zuen, inpetusa hain zuzen. Inpetus hura neurtzea ekarpen horren alderdi berritzailea izan zen:

$$\text{inpetusa} = \text{pisua} \cdot \text{abiadura}$$

1.4. Lurraren irudikapenaren bilakaera

Antzinako txinatarrek uste zuten gizaki guztiak Txinan bizi zirela eta Lurra karratu bat zela, enperadorearen etxea (Denboraren Etxea edo Ming t’an) erdi-erdian zuena. Karratu horrek ekialdean muga berde bat zeukan, udaberriarekin mugante. Mendebaldeko muga zuria zen, eta han udazkena zegoen. Iparralde beltza negua zen, eta hegoaldea, gorria, uda zen.

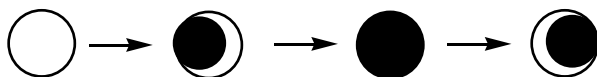
Garai aurrezientifikoetan jakintsuek, oro har, Lurra ordoki handi eta lau gisa irudikatzen zuten (Hekateo Miletokoaren arabera, 400 km-ko erradiokoa eta erdigunean Grezia zegoen), itsasoz inguratutik, ertz-ertzean amildegi erraldoiak zituena, itsasgizon askorendako oso ikaragarria zena. Inor ez zen Lurraren mugetara sekula ere ailegatu, baina itsasoak ertzetik “zergatik ez ote ziren erortzen” erantzun zehatzik gabe gelditzen zen.

Dena dela, irudikapen horrek arazo kontzeptualak ekartzen zituen, gorputz guztiak behera erortzen ziren bezala Lurrak ere erori beharko zuelako, beheranzko nora-

bidea bakarra eta finkoa izanik. Greziarrek Lurraren azpian Atlas erraldoia zegoela sinesten zuten, bizkar gainean Lurra zuena, baina azalpen hori hankamotz gelditzen zen Atlasen hankek euskarririk ez zutelako. Indian ere pentsatzen zuten Lurraren azpian lau elefante zeudela, elefanteen azpian dortoka erraldoi bat, eta dortokaren azpian suge bat.

Eskola pitagorikoak (aipatzekoa Filolao Tarentokoa, 470-385 g.g.a.) Lurra esferikoa zela planteatu zuen estreinako aldiz, arrazoi handiak emanez:

- 1) Iparra-Hegoa norabidean mugitzean, zeruertzean izar batzuk desagertu eta beste batzuk agertu egiten dira. Esate baterako hegoaldera joatean iparraldeko izarrak zeruertzerara gerturatzen dira, eta hegoaldeko zeruertzean izar berriak agertzen dira.
- 2) Itsasontzi bat edozein norabidetan urrutiratzean, portutik ikusita kaskoa desagertzen denean belak oraindik ikusten dira. Edo itsasontzi bat zeruertzetik agertzen denean, lehenbizi belak ikusten zaizkio, eta ondoren gainerakoa. Gainera, portura edozein norabidetatik etortzen diren itsasontzi guztiekin berdin gertatzen da, eta norabide guztietan berdin kurbatzen den irudi geometriko bakarra esfera da.
- 3) Astroak ez dira ateratzen eta ezkututzen ordu berean Lurreko biztanle guztien-dako.
- 4) Eklipseak ongi azaltzen dira Eguzkiak, Lurrak eta Ilargiak lerro berean bat egiten dutela esanez. Eta Lurrak Ilargiaren gainean proiektatzen duen itzala zirku-larra da, oso nabarmena ilargi-eklipseetan:

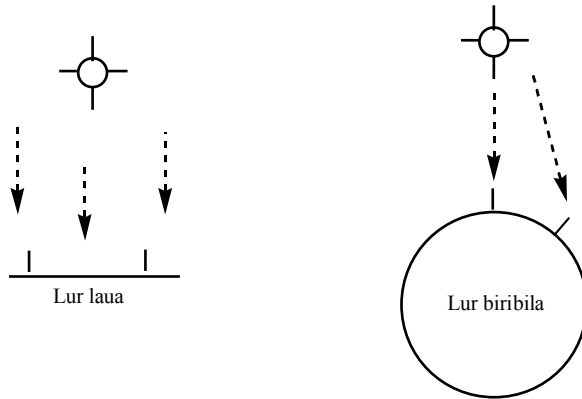


Honegatik, Lurra edozein norabidetan biribila zela suposatu zen. Eta Lurra esferikoa baldin bazen, behatzaile bakoitzarendako beheranzkoa norabide desberdina izanen zen, kasu guztietan Lurraren zentrorantz zihoana. Horrela Lurraren erorketaren arazoa ekiditen zen, Lurra ez zen erortzen bere parte guztiak Lurraren zentrotik ahalik eta gertuen zeudelako, Lurra erorita zegoelako, Lurra ezin zelako bere zentrorantz gehiago erori.

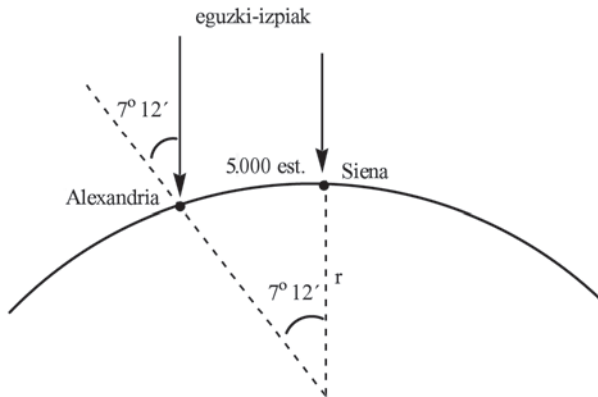
Idea hori denendako onargarria zen, eta frogarik gabe g.g.a. 350. urtean filosofo guztiak Lurraren biribiltasunaren kontzeptuarekin konforme zeuden, nahiz jende xumeak hau guztia ezagutu ez.

Lurraren esferikotasuna onartuta, hurrengo arazoa haren tamaina kalkulatzea zen. Eratostenesek Sienan (gaurko Assuan, Nilo Garaia) udako solstizioan (ekainak 21) eguerdian Eguzkiak bertikal jotzen zuela behatu zuen (putzuen hondoak argitzen ziren, eta makila bat lurreen bertikal jarrita itzalik ez zuen egiten). Bainaaldiune berean Alexandrian (iparralderago, Niloren deltan) makila bertikalek itzala egiten zuten.

Garai haietako ezagupen trigonometrikoez baliatuta, Eratostenesek eguzki-izpien inklinazioa $7^{\circ} 12'$ -koa zela neurtu zuen. Eta fenomeno hori azaltzeko modu bakarra Lurraren esferikotasuna onartzea zela adierazi zuen, Lurra laua balitz bi hiri horietan itzal berak agertu beharko zuelako:



Sienaren eta Alexandriaren tarteko distantzia jakinik (5.000 estadio), Lurraren zirkunferentzia maximorako 39.614,4 km-ko emaitza lortu zuen, egiazko baliotik (40.008 km) oso gertu:



Eratostenesek arrazoitu zuen Espainiatik mendebalderantz abiatuta Indiaraino irits zitekeela, eta ibilbidearen mapa egin omen zuen. I. mendean g.g.a. Posidoniok aurreko kalkuluak berregin eta distantzia txikiagoak deduzitu zituen, beharbada Kolonek erabili zituenak bere bidaiara Errege-erregina Katolikoei proposatzeko.

Erromatar Inperioak g.g.a. II. mendean Grezia konkistatu eta bere kultura bereganatu zuen, baina filosofia naturalean ia aurrerapenik egin gabe. Hurrengo mendeetan Eu-

ropa osoan barbaroak nagusitu zirenetik aurrera, batez ere Erdi Aroan Kristau Eliza kulturaz kargu egin zenetik aurrera, pentsamendurako oso mende ilunak etorri ziren, eta Lurra biribila zelako ideiak bazterturik gelditu ziren. Errenazimentuan munduari buelta eman ondoren (1519-1522) Karlos V enperadore espainolak Elkanori armarri bat eman zion, Lurraren globo bat grabatua zuena “primus circumcedisti me” esaldiarekin.

1.5. Zeruetako erreinua

Antzinatek hasita unibertsoaren behaketak berak interes handia piztu duelako seinale zahar asko daude. Aipatzekoa da Britainia Handiko Stonehenge behatoki astronomikoa, g.g.a. 2000. urtekoa. Egipton, Txinan eta Ameriketara ere badira jardura astronomikoen arrastoak, eta ezaguna da inkek eta maiek ilargi-eklipseak eta eguzki-eklipseak aurreikusteko eta urtaroen hasierak markatzeko eraikin aproposak egin zituztela. Mesopotamian dauden Babiloniako edo Sumeriako historiaurreko “zigurat” eraikinak, g.g.a. 3000. urtekoak (hain zuzen ere, Babelgo Dorrea zigurat bat zen nonbait), bereziki azpimarragarriak dira. Unibertsoari behatzeko eta astroen higadura-erritmoak aztertzeke eginik, zigurat bakoitzak zazpi solairu zituen, garai haietan zazpi izar mugikor zeudelako (Eguzkia, Ilargia, Merkurio, Artizarra edo Goizeko Izarra, Marte, Jupiter eta Saturno). Solairu bakoitzetik izar mugikor bat ikusten zen, eta edozein solairutatik izar finkoei behatzen zitzairen.

Oro har, nekazaritza-zibilizazio zahar haietan astronomia erabiltzen zen egutegia zehazteko, eta egutegiarekin batera eguraldiaren aldaketa ziklikoak aurreikusteko. Antzinatek ere zeruetako eta Lurreko gertaerak erlazonatu dira, horregatik zeruetan gertatzen dena aurreikusita Lurreko gertakizun batzuk ere aurreikus daitezke. Adibidez, itsasoko mareak Ilberrian eta Ilbetean altuagoak dira, edo udaberrian Eguzkia Piscis konstelaziotik Ariesera pasatzen denean euriak hasten dira. Horregatik, izarren kokapenen eskemak oso zaharrak dira gizakiaren historian.

Astronomiaren alderdi mitikoa ere zibilizazio haietan sortu zen. Lurtar munduko basoak, mendiak eta gauak jentilez eta deabruz josirik zeuden, baina jainkoen bizilekuak Eguzkian, planetetan edo izarretan zeuden, edo astroak jainkotzat zeuzkaten, Eguzkia batez ere. Jainkook bidaliriko seinaleak harrapatu eta ulertu behar ziren gaitzak eta gerrak aurreikusteko, eta izarrezko kodea argitzea diziplina magiko bihurtu zen. Faraoiengaraitan, Sirius izarra (Sothis izenez ezagutua) egunsentia baino lehentxeago ikusten zenean Niloren uholdeak gertatzen zirenez, Siriusek berak eragiten zituela pentsatzen zen. Toki askotan eguzki-eklipseetan mamu batek Eguzkia irensten zuela pentsatzen zen, eta danborrak jo eta sakrifizioak egiten ziren Eguzkia berriz agertzeko. Erdi Aroan meteorito bat agertzeak aldaketak iragartzen zituen (“Nova Stella, Novus Rex”), eta orakuluek eta horoskopoez gizarteen eta gizabanakoen bizitzan eragiten zuten, pertsona xumeen kontuetatik (ezkontzak prestatu, uztak aurreikusi, bidaiak egin) pentsalari, errege eta jeneralen arazoetaraino.

Nahiz astrologia “moderno”aren sortzailea Erromako Plotino (204-269 g.g.o.) izan, neoplatoniko sutua izan zena, antzinagoko sorrera beharbada Babilonian izan zela suposatzen da: