

KLASIKOAK, S.A. lukro-asmorik gabeko elkarateak argitaratu du obra hau, elkaratearen sustatzaile eta partaideak honako erakunde hauek izanik:

Fundación BBVA

•

Bilbao Bizkaia Kutxa — BBK

•

Gipuzkoa Donostia Kutxa — KUTXA

•

Caja VITAL Kutxa

•

Euskal Herriko Unibertsitatea — UPV/EHU

•

Deustuko Unibertsitatea

ZIENTZIAREN HISTORIA I

SAN AGUSTINEN GARAITIK
GALILEOREN GARAIRA

A. C. CROMBIE

Zientziaren historia I

San Agustinen garaitik

Galileoren garaira

Erdi aroko zientzia

V. mendetik XIII. mendera



Jatorrizko izenburua:
The History of Science
From Augustine to Galileo
Euskaratzailea: Koldo Morales Belda
Berrikuslea: Lorea Arrieta
Hitzaurregilea: A.C. Crombie

Lehen argitalpena: 2002ko abenduan

© Itzulpenarena: Koldo Morales Belda
© Klasikoak, 2002
Begoñako Andra Mari, 16 • 48006 Bilbo
Tel.: 94 • 416 14 89 / Fax: 94 • 416 63 48

Erabat debekaturik dago, Copyright-titularren idatzizko baimenik gabe, legeek ezarritako zigorraren pean, zatika edo osorik obra hau birsortzea edozein bitartekoz edo prozeduraz, erreprografia eta trataera informatikoa barne direla, baita beronen aleak alokapen edo mailegutza publikoaren bidez banatzea ere.

Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Sailak onetsia

2002-XII-11

ISBN: 84-88303-17-3 (Obra osoarena)
ISBN: 84-88303-16-5 (Lehenengo liburuarena)
Lege gordailua: BI.-2854-02

Fotokonposaketa: L&A Diseinua
Begoñako Andra Mari, 10 • 48006 Bilbo

Inprimaketa: Gestingraf L. B. A.
Ibarsusi Bidea, 3 • 48004 Bilbo

Diseinua eta Maketa: A.I.C.
Infante Don Juan Etorbidea, 26 • 20008 Donostia

HITZAURREA

Zientziaren historia mundu naturalari buruzko pentsaera-sistemen historia da. Zibilizazio modernoaren zientziak duen ezaugarriarik agerikoena mundu fisikoaz eman duen kontrola da, baina, hala eta guztiz ere, bai kontrol praktiko hori eskuratzen ari zirenean eta bai hori lortu baino lehenago, denbora luzez, gizakiak ahaleginak egiten ari ziren natura ulertzeko. Zientzia aplikatuaren asmakuntzak eta lorpen praktikoak oso interesgarriak dira historiagileentzat, eta gauza bera gertatzen da, zientzia naturalaren ondorioekin, zientzialari ez direnek munduaz duten ikuspegiarentzat, literaturan, artean, filosofian eta teologian ikus daitekeenez; eta are interesgarriagoa da pentsaera zientifikoak berak izan duen barne garapena. Hori horrela, zientziaren historiaren aurreko arazo nagusiak hauexek dira: zer-nolako galderak egiten ari ziren gizakiak mundu naturalari buruz garai bakoitzean? Zer-nolako erantzunak eman ahal izan zituzten? Eta zergatik ez zuten erantzun horiek gizakien jakin-mina ase? Zein dira garai bakoitzeko zientzialariek ikusi zituzten arazoak, eta zein dira ikusi ez zituztenak? Zein dira garai bakoitzaren izaera markatu zuten ezaugarriak, hala naturaren filosofian nola metodo zientifikoan eta behaketaren, esperimentazioaren eta matematikaren tekniketan, eta zein dira ikuspuntu bat gainditzera eta beste batera pasatzera eramanez zuten aldaketak? XX. mendetik atzera begiratzaz zaharkitutzat jo dezakegun pentsaera-sistema zientifiko bat ulergarri bihurtzen da erantzun

behar zituen galderak zein ziren ulertzen dugunean. Galderek zentzua ematen diete erantzunei, eta sistema batek bere lekua beste bati uzteko arrazoi bakarra ez da gertaera berri batzuek zaharkitu egin dutelako, baizik eta arrazoi jakin batengatik, batzuetan behaketa berrien eraginez, batzuetan ikusmolde teoriko berrien eraginez, zientzialariak hasi direlako euren ikuspuntu osoa berraztertzen, galdera berriak plazaratuz, ideia desberdinak bereganatuz, aspalditik frogatutako eta ezagututako datuak modu berri batean ikusiz.

Beste garai batzuetako pentsaeraren arazoak eta aurre-suposizioak ez dira gure garaian ditugun berberak, eta horrek arazo delikatuak sortzen ditu interpretazioan eta ebaluazioan. Filosofiaren eta zientziaren alderdi ugari –batez ere liburu honek aztertzen duen garaian– bakarrik uler daitezke euren garaiko pentsaeraren eta egoe-raren testuinguruan, bai alor metafisikoan eta teologikoan, bai alor zientifikoan eta teknikoan eta bai alor sozialean, ekonomikoan eta intelektualean ere. Aldi desberdinekoak izan arren itxuraz antzekoak diren filosofiak benetan berdinak direla pentsatzeak ondorio okerrak ateratzera eramán ohi gaitu, batez ere iraganeko iritzi edo metodo filosofiko bat gaur egungo beste baten berdina dela pentsatzeak. Horrek ez du esan nahi iraganeko filosofoek gaur egungo arazoetarako egin zituzten ekarpenak ebaluatzea zilegia ez dela, baina hori egitea eta filosofo horiek euren sasoiko zirkunstantzietan ulertzen saiatzea ez dira gauza bera. XVII. mendeko Ilustrazioaren drama metafisiko iluna bereziki adierazgarria da alde horretatik.

Arrazoi horrexegatik, iraganaldiko pentsaera zientifikoa ulertzeko artea lehen aipatutakoa bezain delikatu da, baina beraren erreferentzia-terminoak ez dira, nonbait, filosofiak dituen berberak. Horren arrazoa da zientziak eta neurri batean historiak ere duten ezaugarri bat, hots: mundua aztertzen duten beste jakintzagai batzuek ez bezala, zientziaren arazoetarako lehen eta orain proposatu diren konponbideak baloratzerakoan erabiltzen diren irizpideak objektiboak direla, unibertsalki onartzen direla eta garai batetik bestera egonkor irauten dutela. Historiaren zientzialariak hutsegite galanta egingo luke ez balu goi mailako jakintza modernoa erabiliko iraganaldiko aurkikuntza eta teoriak ebaluatzeko. Baina hain zuzen ere hori egitean agertzen zaio arriskurik handiena. Aurrerapenak egiteko zientziak berez duen sistema aurkikuntzak egitea eta errakuntzak detektatzea

denez, hortik tentazio ia eutsiezin bat sortzen da: iraganaldiko aurkikuntzak orainaldiko zientzia aurreratzen eta aberasten laguntzen duten ekintzat hartzen dira; errakuntzak, berriz, inora ere ez darabaten ekintzak direla pentsatzen da. Zientziaren berezko izaeran errortuta dagoen tentazio hori da, hain zuzen ere, aurkikuntzak eta teoriak euren autoreek euren garaian nola egin zituzten eta nola ikusi zituzten ulertzea gehien zailtzen duena. Historia modurik kaltegarrienean faltsutzeroa eraman gaitzake.

Aurkikuntza edo teoria berri baten sustraia ikertzerakoan, zientziaren historiagileak izan behar duen xede nagusia hau da: konponbidea aurkitu baino lehenago zientzialarien kezka zein ote ziren ikertzea: zer galderak egiten ari ziren, zein ziren beraiei usteak eta itxaropenak, eta zer hartzen zuten haiek erantzun eta azalpenez. Galdera horien erantzunak bilatzean ez ditu arrakastak soilik aintzartat hartu behar, beraiek txalotuak baitira lehen eta orain, baizik eta baita porrot egin zuten teoriak eta esperimenduak, hilik jaio edo euren haurtzaroan hil ziren azalpenak edo gutxienez bizirik iraun ez dutenak; gure pentsamoldearen ikuspegitik edo –zenbaitetan– euren garai-ko ikuspegitik ere alferrikakoak izan ziren edo gaizki planteatu ziren esperimenduak. Batzuetan are argigarriagoak izaten dira horiek, zeren beraiei buruz izaten dugun aurreiritzia ez baita modu errazegian ulertzen ikasi ditugun aurkikuntza nagusiei buruz duguna, bestelakoa baizik. Beraz, zientziaren historiagileen funtsezko harrobia iraganaldiko helburuak, ikusmoldeak eta konponbideak ulertzen saiatzea da, iraganaldian gertatu ziren bezala. Gizakion jarduera guztien artetik pentsatzea da berezkoena, eta Marc Blochen *Metier d'historien* liburuko esaldi famatua hobeto doakio pentsaera zientifikoa duen historiagileari beste edonori baino hobeto: «*L'historien ressemble à l'ogre de la fable. Là où il flaire la chair humaine, il sait que là est son gibier.*»

Liburu honek aztergai duen garaiari heltzean nahiko erraza da tentazio inkontziente horretan erortzea. Izan ere, garai horren amaiera ez zen bakarrik etorri zientziaren antolaketa intelektualean gertatutako benetako aldaketa batetik, ezta jakintza zientifikoan hasitako gorakada masiboaren eraginez ere; kontuan hartu behar da, alde horretatik, beraren historia idatzi zuten lehenengo autoreak iraultza zientifiko horretaz baliatu zirela euren garai-ko beste erreforma batzuk aldezteko. Voltairek gidaturik, XVIII. mendeko historiagile arrazionalistek baz-

tertu egin zuten Erdi Aroko filosofia lotuta egon zitekeela arrazoimen zientifikoaren garaipenarekin, berau Galileo, Harvey, Descartes eta Newtonen garaian kokatu baitzuten. Hori dela-eta, Comtek formula arriskugarri bat proposatu zien bere XIX. mendeko jarraitzaileei, esanez ezen ilustrazio positibistaren aurrekaria ez zela Galileo edo Newtonen euren xede eta metodo bezala definitu zutena, baizik eta lortu zuten arrakasta lortzea benetan ahalbidetu zieten (agian haiek konturatu ez baziren ere). Egia da norberaren garaiko gaiak pizgarriak eta gida baliagarriak izan daitezkeela iragana aztertzeko. Egia da, halaber, Comteren bereizketak balio dezakeela ebaluazio filosofiko batean. Ildo beretik, zenbait kasutan egia izan daiteke zientzialariak gauza bat egiten ari dela uste izan arren beste gauza bat egiten ari dela, erortzen diren gorputzen azelerazioari buruzko legearen lehen formulazioan Galileori gertatu zitzaion bezala. Egia da zientzialarien asmo eta aurreikusmolde garrantzitsuak nekez irakur daitezkeela osorik eta zuzenean euren idazkietan; egia da batzuetan ez dela berehala guztiez konturatzten; asmo eta aurre-ikusmolde horietaz esaten duena bere garaiko filosofiaren bat behar den bezala ez ulertzearen eragin nabaria izan daiteke, edo beraiei buruz esaten duena haien erabilera modu gordinen arrazionalizatzearen ondorio izan daiteke; batzuetan, zientzialariak bere metodo eta ikusmoldeei eman zien erabilera beraiei buruz esaten zuena baino adierazgarriagoa izan daiteke; interpretazioa iraganaldia berreraikitzeke erabiltzen dugun azterketa historikoaren funtsezko osagaia da. Baina filosofo jakin batentzat onartezinak diren pentsaera- eta ohitura-elementuak gezurrezkotzat hartzen dituen interpretazioak ondorio bakarra izan dezake, ondorengo jakintza zientifikoaren argitan hutsegitetzat hartu behar diren elementuak baztertzen dituen interpretazioak bezalaxe, hots: bai pentsaera zientifikoaren benetako antolaketak eta garapena eta bai asmakuntzen eta aurkikuntzen benetako prozesua ulertzeko beharrezkoak diren datuak ezkutatzea. Eta ez da hori historia faltsutzen duen gauza bakarra; aldi berean, zientziaren filosofoak informazio okerra jasoko du pentsaera zientifikoaren «historia naturalari» buruz –hau da, bere funtsezko datuei buruz–, eta, horren eraginez, gehiago desbideratuko litzateke bere ikerkuntzan zientziaren historiaz ezer ere ikasiko ez balu baino.

Greziarrak izan ziren zientzia gaur egun ezagutzen dugun forman asmatu zutenak. Antzinako Babilonian, Asirian eta Egipton tek-

nologia oso garaturik zegoen, antzinako Indian eta Txinan bezala; garapen hori zinez harrigarria izan zen kasu batzuetan, baina –daki-gunez– azalpen zientifikoen alorrean ez zuen berekin inolako ikus-molderik ekarri. Agian antzinako teknologia horren adibiderik azpimarragarriena babiloniarren eta asiriarren testu kuneiformeak izan ziren; mugimendu astronomikoak iragartzeko bertan aurkitzen diren metodoak Kristoren aurreko III. mendean Aristarko Samoskoak Grezian garatu zituenak bezain zehatzak ziren. Baina ez babiloniarrek ez asiriarrek ez zuten azalpen naturalik eskaini horrenbesteko trebetasunez iragar zitzaketen fenomenoetarako. Munduko gertaerak iragartzera zuzendutako idazkietan ez bezala, mundua «azaltzera» zuzendu zituzten testuetan mitoak agertzen dira azalpen horien oinarrian: gauzen ageriko ordena naturaren indarrak gorpuzten dituen jainko-multzo batek aukera arbitrario baten bidez bere egiten duen sistema bati egozten zaio.

Greziarrek era honetan asmatu zuten zientzia naturala: aldaketaren munduaren oinarrian zegoen iraunkortasun inbertsonal ulergarria bilatuz eta teoria zientifikoa modu orokorrean erabiltzeko ideia bikaina sortuz; proposatu zuten ideiaren arabera, munduan bazen ordena iraunkor, uniforme eta abstraktu bat, zeinetatik behaketaren mundu aldakorra deduzitu ahal baitzen. Mitoak teoriaren estatusera mugatu zituzten. Haien entitatea iragarpen kuantitatiboaren betekizunetara egokitu zuten. Ideia horrekin –beraren paradigma eta adierazlerik garbiena geometriaren garapena izan daiteke–, Greziako zientzia gero etorriko zen guztiaren abiapuntutzat hartu behar da. Pentsaera abstraktuak unez uneko esperientzien kaosera ekarritako ordenaren garaipena izan zen; alde horretatik, greziarren pentsaera zientifikoa-ren funtsezko ezaugarri bat haxe izan zen: bere interes nagusia jakintzan eta ulermenean jartzen zuela, erabilgarritasun praktikoa bigarren maila utziz.

Kristautasunaren goraldiarekin, Greziako arrazionalismo horri beste ideia bat gehitu zitzaion, hots: natura sakramental eta egia izpiritalen sinboloa dela. Bi jarrera horiek San Agustinenengan aurkitzen dira. Mendebaldeko Kristandadean, Erdi Aroko lehen aldian, gizakiak gehiago kezkatzen ziren garai klasikoetan bildutako gertaerak iraunarazteaz beraiek interpretazio propioak asmatzeaz baino. Dena dela, garai horretako egoera sozialak elementu berri bat ekarri

zuen, jarrera ekintzaile bat, asmakuntza teknikoari sasoi berri bat ekarri ziona eta aparatu zientifikoaren garapenean garrantzi handia izan zuena. XII. mendeko hasieran, Genesia liburuan bildutako gertaerak zergati arrazionalen ikuspuntutik nola azaldu ote zitezkeen galdetzen zuten gizakiek. XII. mendeko idazle bizantziar bat –John Tzetzes– izan zen Platonek Akademiako atearen gainean idatzi omen zuen esaldia bere *Book of Histories* (8. 973) bertso-liburuan proposatu zuena: «ez utzi nire etxera sartzen geometrian jantzita ez dagoen inor». (Ikus II. liburukiko 4. lamina). XII. mendean eta XIII. mendeko hasieran greziar eta arabiar tradizio osoa berreskuratu zen, batez ere Aristoteles eta Euklidesen lanak; horrekin batera, tekniken enpirismoa matematikaren eta filosofiaren arrazionalismoarekin uztartzearen bitartez, naturaren egitura arrazionala aurkitu nahi zuen zientzia enpiriko kontziente berri bat jaio zen. Aldi berean, Aristotelesen lanek pentsaera zientifikoko sistema nahiko osatu bat eskaini zuten. Erdi Aroko zientziaren historiaren gainerako eginkizuna naturarenganako hurbilpen berri horren ondorioak aztertzea izan zen.

Poliki-poliki onartu zen zientzia berria ez zitzaiola kontrajarzen Jainkoaren Probidentziaren ideiari; horrekin batera, dena dela, jarrera desberdinak sortu ziren arrazoimenaren eta fedearen arteko loturari buruz. Barne kontraesanek, beste autoritate batzuekiko kontraesanek, eta behatutako gertaerekiko kontraesanek Aristotelesen sistema zorrotz kritikatzera eramán zuten. Aldi berean, esperimentazioaren eta matematikaren erabilera handitu zen, eta horrek ezagutza positiboa bultzatu zuen. XVII. mendearen hasieran, esperimentazio eta abstrakzio matematikoaren metodo berrien erabilpen sistematikoak emaitza harrigarriak ekarriak zituen, hainbestearaino non mugimendu horri «Iraultza Zientifikoa» izena eman zioten. Metodo berri horiek XIII. mendean azaldu ziren, baina ez ziren erabateko heldutasun eta eraginkortasunez erabili Galileoren aldira arte.

Zientzia modernoaren jatorria aurkitzeko XIII. mendera arte jo behar dugu atzera, gutxienez, baina XVI. mendearen amaieratik aurrera Iraultza Zientifikoa modu izugarrian hasi zen abiadura hartzen. Pentsaera zientifikoa orduan gertatu ziren aldaketek goitik behera aldarazi zituzten zientzialariek egiten zituzten galderak, hala-ko moldez non Kantek zera esan baitzuen horretaz: «argi berri bat piztu da natura ikasten duten guztientzat». Orobat, zientzia berriak

eragin sakona izan zuen gizakiek eurei buruz eta munduari buruz zuten ikusmoldean, eta iraganean baino askoz ere garrantzi handiagoa lortu zuen gizartean. Zientzia berriak pentsaeran eta bizian izan zituen eraginak hain izan ziren handiak eta bereziak, non Iraultza Zientifikoa beste adibide batzuekin alderatu baita zibilizazioaren historian, hots: Greziako filosofiak Kristoren aurreko VI. eta V. mendeetan izan zuen gorakadarekin eta Kristoren osteko III. eta IV. mendeetan Kristautasunak Erromako Inperioan zehar izan zuen hedapenarekin. Horregatik, iraultza horretara eraman zuten aldaketak eta Erdi Aroko hasieratik XVII. mendera doan garaiko zientziaren historia aztertzeak funtsezko interesa du zientziaren historiagileentzat. Mundu modernoan zientziak duen posizioa ezin izango litzateke guztiz ulertu sasoi horretan gertatu ziren aldaketak ondo ezagutu gabe.

Liburu honen plana hauxe da: 1. kapituluak, mundu naturalari buruz X. mendetik XII. mendera bitarteko Mendebaldeko Kristandadean egon ziren ideiak labur azaltzea; 2. kapituluak erakutsiko dugu XIII. mendean onartu zen pentsaera zientifikoaren sistema iturri greziar eta arabiarretatik hartu zela. 3. kapituluak sistema hori deskribatzen du eta sistema onartu zenaren ondorengo mendean –edo zertxobait gehiago– izan ziren gertaera berriak eta sisteman gertatutako aldaketen xehetasunak azaltzen ditu. 4. kapituluaren gaia, berriz, Erdi Aro osoan jardun teknikoak zientziarekin izan zuen harremana da. II. liburukiko 1. kapituluak metodo zientifikoari buruzko ideien garapenaren berri ematen da, XIII. mendeko amaieratik XV. mendeko amaierara arte XIII. mendeko printzipio nagusiei egin zitzaizkien kritikak azaltzeaz batera. Horrek bidea prestatu zuen XVI. eta XVII. mendeetan aldaketa erradikalagoak egiteko. Azken kapituluak Iraultza Zientifikoa bera jorratzen du.

BIGARREN EDIZIORAKO HITZAURREA

Adituen testuen munduan azken belaunaldi honetan –batez ere Bigarren Mundu-Gerratik aurrera– gertatu diren garapen aipagarrienetako bat zientziaren historia ikasteko gogoak izan duen gorakada izan da, bai gai hori jakintzagai historiko profesional bezala dutenen artean eta bai irakurle arrunten interesen artean. Agian ez da harritzekoa, baldin eta kontuan hartzen badugu zientzia funtsezko garrantzia eskuratuz joan dela arian-arian gure kulturean; izan ere, zientziaren historiari buruz zerbait ikastea saihestezin bilakatu da historiari buruzko kontzientzia hartzeko prozesuan. Erraza da, segur aski, liburu honek aztertzen duen garaiaz agertutako interes nabari horren zergatia ulertzea. Aspalditik jakin nahi izan dugu zerbait gehiago Erdi Aroko mendeetako pentsaera zientifikoaz, garai hartan sortu eta eratu zirelako gure zibilizazioaren funtsezko alderdi ugari, hala nola, lege eta gobernuaren teoria eta praxia edota poesiaren eta arte plastikoaren sentimendu eta jardunaren izaera. Espero dut Erdi Aroko zientziaren historia ezagutzeko jakin-mina duten irakurleek gutxienez euren galderentzako gida orokor bat aurkituko dutela orrialde hauetan, ezagutu nahi dutena ez bada zientzia modernoaren oinarria soilik, baizik eta baita garai horretako berezko mamia ere. Antzinaroko eta Aro Modernoko zientziaren inguruko kontakizunak behin baino gehiagotan agertu dira berriki argitaratutako hainbat lanetan, bai banan-banan eta bai zientziaren historia orokorraren zati gisa, baina bi garai horien arteko aldi-

ko zientziari buruz ez da idatzi modu laburrean inolako historia egokirik. Hutsune hori betetzea izan da liburu hau idaztera bultzatu nauen arrazoia.

XV. mendean literatura klasikoari buruzko interesa berpiztu zenean ideia bat hedatu zen, hots, Erdi Aroko zientziari buruzko zurrumurruek modu egokian ordeztu zezaketela garai hartako iturrien ikaskuntza. Bada, azken mende erdi honetako adituek aspalditik baztertu dute garai horretan indartutako ikusmolde hori. Datozen orrialdeetan, historia orokor bakar baten formapean, Mendebaldeko zientziaren historia kontatzen saiatu naiz, Erromatar Inperioaren hondamenaren ostean izan zuen erorialditik XVII. mendeko loraldi oparora doan garaia aztertuz. Alde horretatik, liburuan azpimarratu dut azken garai honetako erudizioan harrigarrientzat jotzen dudan alderdia, hau da, Mendebaldeko tradizio zientifikoan Greziatik XVII. mendera arte –eta, hortaz, gure egunetara arte– funtsean aurki daitekeen jarraitasuna. Egia da, nonbait, San Agustinen egunetatik Galileoren egunetara doan aldiko pentsaera zientifikoa engainagarria izan daitekeela, bai zientzia modernoarekin dituen antzekotasunengatik eta bai berarekin dituen desberdintasunengatik, baina hori beraren jarreraren ondorio saihestezina da, zeren erreforma filosofikoa gauzatzera zuzendutako abentura handi baten zati baita, hots, euren burua iturri klasikoetatik hezteko inbaditzaile barbaroek gauzatu zuten abentura mingarriaren zati. Ikusiko duzue, ez diot arreta handiegirik eskaini Erdi Aroko zientzia arabiarrari, beraren originaltasun handia gorabehera; horren arrazoia, baina, ez da gutxien dudala Erdi Aroko zibilizazio arabiarra egin zuen ekarpena, hala Antzinaroko zientzia garatzen nola zientzia hori Mendebaldera transmititzen, baizik eta azterlan honen gai espezifikoak Mendebaldeko zibilizazio latindarraren zientziaren historia dela. Azterlana gehiago sakonduz gero, bai Islameko eta bai Bizantzioko zientziaren historia ere jorratu beharko genuke zehaztasunez, baina eremu hori zabalegia bide da liburu labur batean tratatzeko.

Eskerrak zor dizkiet euren dokumentazio-ikerketen bidez Erdi Aroko zientziari argia ekarri dioten mende honetako aitzindari handiei, hau da, Paul Tannery, Pierre Duhem, Charles Homer Haskins eta Karl Sudhoffi, George Sertonen industria bibliografikoari, eta haien ondoren etorri diren beste aditu batzuen lan kritikoari, batez ere Lynn

Thorndike, Alexandre Koyré eta Anneliese Maiarren lanari. Eskertu beharreko zor hori ukazina izango zaio orrialde hauek irakurtzeari ekiten dion orori, eta gauza bera gertatu beharko litzaioke jakintza-eremu horretan abiatzen den ikasle orori. Gerraz geroztik azterlan espezializatu ugari argitaratu dira gai-eremu honi buruz, eta gero eta gehiago argitaratzen dira egunez egun. Hori horrela izanik, ahaleginak egin ditut lehenengo edizioa bukatu zenetik argitaratu diren azterlanen mamia berrikuspen honetan txertatzeko. Horrekin batera, nire ikuspuntuan izan ditudan aldaketa batzuk ere ekarri ditut oraingoan.

Oxford, 1958ko urtarrilaren 6a

A.C.C.

Edizio berri honetan xehetasun batzuk zuzendu ditut.

Oxford, 1969ko uztailaren 1a

Esker Ona

I. LIBURUKIA

Ilustrazioetarako argazkiak eskaintzeagatik honako hauek eskertzen ditut: Basileako Öffentliche Bibliothek-eko liburuzain nagusia (7., 8. eta 9. laminak); Cambridge University-ko liburuzaina (12. eta 14. irudiak, eta 1., 3., 30., 31., 35. eta 36. laminak); Erlangengo Universitätsbibliothek-eko zuzendaria (10. lamina), Londresko British Museum-eko zuzendaria (4. irudia, eta 6., 12., 14., 21., 22., 24., 25., 26., 27., 28., 33., 38 eta 39. laminak); Londresko Science Museum-eko zuzendaria (37. lamina: Crown Copyright); Londresko Wellcome Museum of Medical History-ko zuzendaria (20. lamina); Oxfordeko Bodley-ko liburuzaina (2., 5., 11., 16., 32., 34. laminak); Oxfordeko Christ Church-eko liburuzaina, (29. lamina); Oxfordeko Museum of the History of Science-ko artezkaria (4. Lamina); Erromako Vatican Library-ko eskribaua (13. eta 18. laminak, liburu-azalaren diseinua); Veneziako Biblioteca Nazionale di S. Marco-ko zuzendaria (17. lamina); Vienako Österreichische National Bibliothek-eko zuzendaria (15. lamina). Ondorengoek moldeak utzi zituzten ilustrazioetarako: Messrs William Heinemann, Ltd. (11. irudia); Oxford University Press (4. irudia eta 23. lamina); Penguin Books Ltd. (10. irudia).

Eskerrak eman nahi nizkieke Stillman Drake jaunari eta Michael Hoskin doktoreari, inprentako probak irakurtzeagatik eta hobekuntza baliagarriak iradokitzeagatik.

I

MENDEBALDEKO KRISTANDADEKO ZIENTZIA XII. MENDEKO BERPIZKUNDERA ARTE

«Gure antzezlanak salto egiten du
liskar hauen
harrokeria eta berritasunen gainetik,
erdian hasiz»

TROILUS AND CRESSIDA

Goiz Erdi Aroko –V. mendetik XII. mendeko lehen urteetara arte– ideia zientifikoen eta Erdi Aro berankorreko ideien arteko aldea ederki ikus daiteke XII. urteko aditu eta apaiz batek, Adelardo Bathekoak, bere ilobarekin izandako elkarriketan. Lehenengoa bidaia ugari egindakoa zen; bigarrena, berriz, etxetik urrundu gabea. Eztabaidari Adelardok egin zion ekarpenak antzinako greziar eta arabiarrengandik berreskuratutako ideiak dakartza; ilobaren ekarpenak, aldiz, Greziako ideien ikuspegi tradizionala adierazten du, Erromako Inperioaren erorialdiaz geroztik Mendebaldeko Kristandadean iraun zuen moduan.

Elkarrizketa Adelardoren *Questiones Naturales* liburuan ageri da; dirudienez, liburu hori zientzia arabiarra ikasten hasi eta gero idatzitzi zuen, baina bere ondorengo itzulpenetan –adibidez: Euklidesen *Elements*-en arabierazko testuaren edo al-Khwarizmiren taula astronomikoen itzulpenetan– erakutsiko zuen ezagutza eskuratu baino lehen. Bertan era askotako gaiak jorratzen ditu, zeren meteorologia, argiaren eta soinuaren transmisioa edo landareen hazkundea aztertzearekin batera, bere osaba kalterik gabe itzulita ikustean ilobak azalerratu zuen poz-malkoen sustraia ere aztertzen baitu.

Orain dela gutxi, Gilermoren seme Enrike (Enrike I.a, 1100-35) erregea zelarik, atzerrian emandako ikastaldi luzearen ostean Ingalaterrara itzuli nintzenean, oso atsegina izan zen nire lagunak berriz ere topatzea. Elkartu

ginenean, norberaren eta lagunen osasunari buruz ohiko galderak egin ondoren, gure nazioaren moralitasunaren inguruko datuak jakin nahi izan nituen... Berriak trukatu ostean, eta gure aurretik ia egun osoa genuela eta hitz egiteko nahi beste denbora genuela ikusirik, besteekin zegoen nire iloba batek –zientzia naturala interesatzen zitzaion, aditua ez bazen ere– nire ikasketa arabiarrez zerbait esan nezala eskatu zidan. Eskaera entzunda, besteak ados azaldu zirenez, jarraian ageri dena adierazi nuen.

Iloba poz-pozik jarri zen, filosofia kemen handiz lantzeko gaztetan egin zuen promesari eutsi ziola erakusteko sortu zitzaion aukera horregatik, ideia berriak bere osabarekin eztabaidatu ahal izango baitzituen. Hori horrela, zera adierazi zuen:

Zure ahotik teoria sarrazeno pila bat entzun behar banu, eta horietako asko nahiko ergelak direla irudituko balitzait, urduri samar jarriko nintzateke eta egokitza jotzen dudanarekin egingo nizuke aurre. Ziur naiz modu lotsagabea laudatzen dituzula, eta gogo izugarria duzula gure ezjakintasuna azpimarratzeko. Zuretzat, beraz, kinka horretatik onik ateratzea zure ahaleginen emaitza izango da; neuk, berriz, argudio sinesgarriez aurre egin ahal badizut, nire promesari eutsi diodala erakutsiko dut.

Mendebaldeko mundu latindarraren oinordetza zientifikoa, ilobak elkarriketari egindako ekarpenean islatua, jakintza greko-erromatarraren testu-zati batzuk baino ez ziren izan, entziklopedista latindarren bildumetan gorde zirenen gisakoak. Erromatarrek berek ez zuten ia inolako ekarpen berririk erantsi zientziaren alorrean, zeren euren hezkuntzak oratoria azpimarratu baitzuen beste edozer baino gehiago. Hala eta guztiz ere, erromatar batzuek ahaleginak egin zituzten naturaren mundua ulertzeko, eta, horren eraginez, Greziako adituen jakintza eta behaketak laburbildu zituzten hainbat bildumatan. Bilduma horien artean, aparteko garrantzia izan zuen Plinioren (23-79) *Natural History*-k, zeinak testu-liburu bezala iraun baitzuen Goiz Erdi Aroan. Gibbonen arabera, liburuaren erregistro erraldoi bat da, autoreak «gizateriaren aurkikuntzak, arteak eta hutsegiteak bildu baitzituen bertan». Ia 500 aditu aipatzen ditu. Kosmologiaren sistema orokorrekin hasita, geografia, antropologia, fisiologia eta zoologia, botanika, nekazaritza eta baratzezaintza, medikuntza, mineralogia eta arte ederrak ere hartzen ditu barne liburuak. Obra greziar eta arabiarren itzulpenak XII. mendean iritsi ziren Mendebaldeko Europara, eta ordura arte Pliniorena izan zen gertaera naturalen bildumarik ezagu-

nena; gainera, geroko beste autore batzuek ere ildo horri eutsi zioten eta garatzen jarraitu zuten.

Mendebalde latindarreko matematika eta logikaren oinarria, berriz, Boeziok VI. mendean egin zuen lana da. Pliniok historia naturalean egin zuena Boeziok egin zuen zientziaren beste arlo horretan. Boeziok geometria, aritmetika, astronomia eta musikari buruzko funtsezko tratatuak bildu zituen, hurrenez hurren Euklides, Nikomako eta Ptolomeoren lanetan oinarrituak; horrez gain, Aristotelesek logikari buruz idatzi zuen lana itzuli zuen latinera. Itzulpen horietatik, XII. mendearen aurretik *Categories* eta *De Interpretatione* soilik ziren ezagunak, baina Boezioren itzulpenak eta iruzkinak logikaren eta matematikaren ikaskuntzaren iturri nagusia ziren ordurako. Matematikaren ezagutza aritmetikara mugatu zen denbora luzez. Oso ororik gorde zen matematikazko tratatu bakarra «Boezioren geometria» izenekoa da; berau ez zen IX. mendea baino lehen argitaratu, Euklidesen obraren zati batzuk baino ez zituen, eta gehienbat eragiketa praktikoak lantzen zituen, hala nola, lur-neurketak. Kasiodorok (490-580) arte liberelei buruz argitaratu zituen idazkiak oso ezagunak izan ziren; baina matematikari dagokionez oinarriak soilik aipatu zituen, gaia sakon jorratu gabe.

Greziarren jakintza zientifikoa Mendebalde latindarrean bizirik iraunarazten saiatu zen beste bildumari bat Isidoro Sevillakoa apezpiku bisigodoa izan zen (560-636). Bere *Etymologies*, hainbat termino zientifikotatik –sarritan modu fantastikoan– eratorritako kontzeptuetan oinarrituak, oso ezagunak izan ziren hainbat mendetan, eta era guztietako jakintza-alorren iturritzat hartu ziren: astronomia, medikuntza eta abar. Isidororen ustez, unibertsoa neurri mugatukoa zen¹, milaka urte batzuk baino ez zituen, eta laster desagertuko zen. Bere iritziz, lurak gurpil baten forma zuen, eta beraren mugak ozeanoak inguratzen zituen. Lurraren inguruan, planeta eta izarrei eusten zizkieten esfera zentrokideak zeuden, eta azken esferaatik haratago zeru goren zegoen, santuen egoitza.

VII. mendetik aurrera, bilduma horiek izan ziren Mendebalde latindarraren jakintza zientifikoaren iturri fidagarri bakarra; gero, Beda Agurgarria (673-735), Alkuino Yorkekoa (735-804)... eta Hrabanus Maurus alemaniarra (776-856) etorri ziren; bakoitzak nahi zuena hartu zuen bere aurrekoengandik.

IV. mendez geroztik, barbaroak arian-arian sartu ziren Mendebaldeko Inperio Erromatarrean. Horrek nolabaiteko hondamen materiala ekarri zuen, baita batzuetan ezegonkortasun politiko nabaria ere; nolanahi ere, Mendebaldeko Kristandadeko jakintzak jaso zuen kolperik serioena VII. mendean heldu zen, inbaditzaile mahomatarrek Ekialdeko Inperioa iritsi zirenean. Arabiarrek Ekialdeko Inperioaren lurralde gehienak mende hartzeak ondorio larri bat ekarri zuen, hots, Greziako zientziaren erreserba nagusiaren eta Mendebaldeko adituen arteko lotura eten egingo zela hainbat mendetarako, bai aurrez aurre jarritako sinesmenen intolerantzia eta elkarren aurkako susmoengatik eta bai Mediterraneoko dragoi-hegoagatik. Eredu intelektualen gisa horretan bakarturik, Mendebaldeko Kristandadearentzat oso zaila zen unibertso materialari buruzko giza jakintzan ekarpen berriak egitea. Mendebalde osoak egin ahal izan zuen gauza bakarra entziklopedistek ordurako bilduta zituzten gertaera eta interpretazioak zaintzea izan zen. Zeregin hori nahiko arrakastatsua izan zen –asko zaindu baitzen–, kontuan harturik Erromako antolakuntza politikoa eta gizarte egitura hondoratzeko joan zirela arian-arian, lehenengo godo, bandalo eta frankoen erasoan eraginez, eta gero, IX. mendean, eskandinaviarren eraginez; horrek arrazoi garbi bat du: monasterioak eta beraiei atxikitako eskolak agertu zirela Mendebaldeko Europan, 529an San Benitok Monte Cassino fundatu zuenetik aurrera. Horrelako zentroen sorrerari esker, zientziak berpizkunde garaia izan zituen Irlandan, VI. eta VII. mendetan, Nortunbrian, Bedaren aldia, eta Karlomagnoren inperioan, IX. mendean. Karlomagnok Alkuino ekarri zuen gonbidaturik Nortunbriatik, bere hezkuntza ministroa izan zedin; beronek egin zituen erreforma nagusietako bat katedral garrantzitsuei eskolak atxikitzea izan zen. Horietako eskola batean –Laongo eskolan– ikasi zuen Adelardoren ilobak XII. mendean, curriculumaren oinarria artean entziklopedisten lana zenean. Ikasgaiak zazpi arte liberalak ziren soilik, Varronek K.a. lehen mendean eta Martianus Capellak seiehun urte geroago definitu zituztenen arabera. Gramatikak, logikak eta erretorikak *trivium*-aren lehen etapa osatzen zuten, eta geometriak, aritmetikak, astronomiak eta musikak goiko etapa, *quadrivium*-a alegia. Erabiltzen ziren testuak Plinio, Boezio, Kasiodoro eta Isidororenak ziren.

Plinioren egunetatik Adelardoren ilobak bere ikasketak Laonen egin zituen egunetara doan garaian garapen garrantzitsu bat gertatu

zen Mendebalde latindarreko ikasketetan: neoplatonismoa bereganatu egin zela, hain zuzen ere. Bereganatze hori funtsezkoa izan zen, kosmologiari buruz gizakiek zuten ikusmoldea determinatu egin zuelako XII. mendeko bigarren erdira arte. Greziako pentsaeraren tradizioak Kristandade latindarraren gogoetetara eramateko bide nagusia San Agustín (354-430) izan zen, eta San Agustín oso baldintzatuta egon zen Platonen eta neoplatonisten –adibidez: Plotino (~203-70)– eraginagatik. Agustinen xede nagusia jakintzarentzat nolabaiteko oinarria aurkitzea izan zen, eta hori betiereko ideien ikusmoldean aurkitu zuen, neoplatonistek azaltzen zuten eran eta Platonek berak Timaeus alegoria pitagorikoan azaldu zuen eran. Pentsaera eskola horren arabera, betiereko forma edo ideiak edozein gauza materialetatik bereizita existitzen ziren. Gizakion adimena betiereko esentzia horietako bat zen, eta eratu bazen besteak ezagutzeko izan zen. Ezagutzeko prozesu horretan, sentimen-organoei funtzio soil bat zuten: burua estimulu baten bidez akuilatu, unibertsoa esentzia osatzen zuten forma unibertsalak beregana zitzaizkien. Forma unibertsal horietako mota garrantzitsua bat matematika zen. *De Libero Arbitrio* (2. liburukia, 8. kapitulu, 21. atala) liburuan San Agustínek esan zuenez, «zenbakiak gorputzaren zentzumenen bidez hauteman ditut»

Baina ez naiz gai izan gorputzaren zentzumenen bidez zenbakien bereizkuntzaren eta elkarbetaren izaera ere hautemateko... Eta ez dakit gorputzaren zentzumen baten bidez ukitzen dutenak noiz arte iraungo ote duen adibidez, ez dakit zeru honek eta lur honek eta beraien barnean hauteman ditzakedan gainerako gorputzek noiz arte iraungo ote duten. Baina zazpi eta hiru hamar dira, eta ez orain soilik, beti baizik; zazpi eta hiru ez dira inola edo inoiz ere besterik izan, hamar baizik, eta ez dira inoiz ere besterik izango. Esan dut, beraz, zenbakien egia ustelgaitz hori bai niretzat eta bai arrazoimena erabiltzen duen ororentzat dela baliagarria.

IX. mendean, John Scot Erigenak (887an hila) eta beste aditu batzuek Platonen garrantzia azpimarratu zuten berriz ere. Entziklopedista latindarren eta beste batzuen lanaz gain, Greziako jatorrizko lan batzuk hasi zen erabiltzen autore hori; horien artean, bereziki aipatzekoak dira Kaltzidiok IV. mendean Platonen *Timaeus*-etik egin zuen itzulpena, Makrobiok –mende berean– egin zuen iruzkina eta Martianus Capellak geroago –V. mendean– egin zuen iruzkina. Erigenak berak interes gutxi erakutsi zuen mundu naturalagatik,

eta badirudi bere errealitateak iturri literarioak baino ez zituela hartu; dena dela, bere iturrien artean Platon sartu zuen, Agustinek ere lehenetsia, eta, horren eraginez, gizakiek unibertsoaz egin zituzten interpretazioek izaera platonikoa edo neoplatonikoa izan zuten ia 400 urtez, nahiz eta *Timaeus*-en zatirik zientifikoenak ez ziren beren-beregi azpimarratu XII. mendera arte, hau da, Chartresko eskola garatu zen arte.

Oro har, Mendebaldeko Kristandadeko jakintza teologikoa eta morala izan zen gehienbat; hala erakusten dute Adelardoren ilobaren, entziklopedista latindarren eta katedral zein monasterioetako eskolen ikusmoldeek. Garai klasikoetan ere ahalegin gutxi egin ziren «fruituak» lortzera zuzendutako ikerkuntza zientifikoa gauzatzeko –horrela deitu zion Francis Baconek bizi-baldintza materialen hobekuntzari–. Greziako zientziaren xedea ulermena izan zen, eta ondorengo filosofo klasikoek, hala nola, estoikoek, epikurearrek eta neoplatonikoek izan zuten eraginaren ondorioz, jakin-min naturala moteldu eta haren ordez kezkarik gabeko bakea eskuratzeko nahia nagusitu zen; bake hori, baina, materiaren eta haragiaren mendetasunetik askatutako adimenak soilik lor zezakeen. Filosofo fedegabe horiek galdera hau plazaratu zuten: egiteko eta jakiteko dauden gauzetatik, zerk merezi du benetan egina eta ezaguna izatea? Irakasle kristauek bazuten erantzun bat galdera horrentzat: jakin eta egin behar dena Jainkoaren maitasunera garamatzana da, horixe da merezi duena. Lehenengo kristauek jakin-min naturala baztertzan jarraitu zuten, eta hasieran filosofiaren ikaskuntza bera ere mesprezatzeko joera izan zuten, gizakiak Jainkoa pozteko lanetik desbideratzen omen zituelako. III. mendean, Klemente Alexandriakoak barre egin zuen filosofia paganoaz beldurtzeko joera horretaz, eta haurrek iratxoez beldurtzeko duten joerarekin alderatu zuen. Bai berak eta bai bere ikasle Origenesek zera aldarrikatu zuten: jakintza oro ona zela adimena hobetzera eramaten bazuen, eta, hortaz, filosofia eta zientzia naturala ikastea eta bizimodu kristaua eramatea ez zirela inondik ere bateraezinak. San Agustinek berak, bere ikerkuntza zientifikoren bilaketa zabalean, euren fedearen oinarri arrazionala aztertzeraz gonbidatu zituen gizakiak. Baina idazle horiek gorabehera, jakintza naturalak oso garrantzi txikia jarraitu zuen izaten Erdi Aroko lehen garaian. Gertaera naturalen aldeko interesaren arrazoi nagusia moral-

tasunaren eta erlijioaren egien adibide errealak aurkitzea zen. Naturaren ikaskuntzatik espero zena ez zen hipotesi eta orokortasun zientifikoetara iristea, baizik eta beraren bitartez errealitate moralen sinbolo biziak eskuratzea. Ilargia Elizaren irudia zen, Jainkoaren argia islatuz; haizea espirituaren irudi bat; zafiroa jainkozko kontenplazioaren antzekoa zen; eta hamaikagarren zenbakia bekatua zen berez, Hamar Aginduei zegozkien hamargarren zenbakitik haratago joateagatik.

Sinboloengatiko kezka handi hori bestiarioetan azaleratzen da argi eta garbi. Esoporen garaiaz geroztik, animaliei buruzko istorioak gizakion hainbat bertute eta bizio azaltzeko erabili izan dira. Tradizio horri Senecak eutsi zion I. mendean, bere *Questiones Naturales* liburuan, baita geroagoko beste lan greziar batzuek ere; Erdi Aroko bestiario moralizatzailerik guztien erdua, haatik, II. mendean Alexandrian idatzitako *Physiologus* liburua izan zen. Horrelako lanetan, Pliniorengandik bildutako historia naturaleko gertaerak elezahar mitiko hutsekin nahasten ziren, irakaskuntza kristauaren puntu bat edo beste azaltzearren. Hala, fenix Kristo berpiztuaren sinboloa zen. Lehoi-inurria lehoiarengandik eta inurriarengandik jaioa zen, bi izaera zituen, ezin zuen ez haragirik ez hazirik jan, eta, hortaz, era miserabilean hil egin zen, aldi berean Jainkoaren eta deabruaren jarraitzaile izan nahi duen adimen bikoitzeko edozein gizaki bezala. *Physiologus*-ek ospe itzela lortu zuen jendearen artean. V. mendean latinera itzuli zuten, baita anglo-saxoniera, etiopiera eta beste hizkuntza askotara ere. IV. mendean, Bibliari buruzko iruzkin bat idatzi zuten, San Ambrosiok modu librean erabili zituen animaliak sinbolo moral gisa. Geroago, XIII. mendeko lehen urteetan, Alexander Neckamek zera esan zuen bere *De Naturis Rerum*-en: liburuaren xedea irakaskuntza morala zela liburu horretan interes nabaria azaldu zuen errealitate zientifikoagatik. XII. mendean, gizakiek natura modu oso garbian behatu zezaketela erakusten zuten adierazle asko egon ziren, hala nola eskuizkribu batzuetako irudietan eta basa-biziari buruz Giraldu Cambrensisek (~1147-1223) eta beste bidaiari batzuek egin zituzten deskribapenetan ageri direnak. Aldi berean, dena dela, ikus zitekeen euren behaketa horiek eurentzat guztiz garrantzitsua zen alegoria sinboliko baten barnean egiten ziren tartekapenak baino ez zirela izaten. XIII. mendean, sinbolismo morala nabarmentzeko grina

hori hilarrietara ere iritsi zen. Antzinako munduan, ordea, harrien balio medikoa edo beraien ezaugarri magikoak izan ziren hilarrietan agertzen ziren gaiak; horrela ikus daiteke Teofrastoren (K.a. ~372-288), Dioskoridesen (I. mendea) eta Plinioren lanetan, baina baita zenbait lan kristauetan ere; adibidez: Isidororen (VII. mendea) edo Renessko Marbode apezpikuaren lanetan.

Gauza naturalen ezaugarri magiko eta astrologikoengatikiko kezka hori izan zen, sinbolo moralen bilaketarekin batera, Mendebaldeko Kristandadearen ikuspegi zientifikoaren bereizgarri nagusia XIII. mendera arte. Plinioren lanetan magia oparoa zegoen, eta beraren ideietako batek, errubrikaren doktrinak, eragin sakona izan zuen historia natural herrikoian; doktrina horren arabera, animalia, landare edo mineral bakoitzak bazuen markaren bat, bere ezkutuko bertute edo erabileren berri ematen zuena. San Agustín bere dialektikaren ahalmen guztiaz baliatu behar izan zen astrologiak nahi librearri berez ezartzen zion ukapenari aurre egiteko, baina ez zen gai izan sineskeria hori gainditzeko. Isidoro Sevillakoak onartu zuen naturan bazirela indar magikoak, nahiz eta bertan bi zati bereiztu zituen: alde batetik, astrologiaren zati naturala zegoen, hau da, giza-kiak zeruko gorputzen ibilbideak ikastera eramaten zituen zatia; beste zatia, sineskeriarena, horoskopoetan kontzentratzen zen. Isidorok onartu zuen zeruko gorputz horiek bazutela eragin astrologikoa giza-kion gorputzean, eta ilargiak landareen eta animalien bizian zuen eragina azter zezatela gomendatu zien medikuei. Erdi Aro osoan zehar iraun eta XVII. mendera arte heldu zen sinesmen orokor baten arabera, gaixotasunen bilakaera estu lotuta zegoen ilargiaren faseekin eta zeruko beste gorputz batzuen mugimenduekin; hala eta guztiz ere, garai horretako idazle batzuk –adibidez: XIV. mendeko Nicole d’Orseme eta XV. mendeko Pierre d’Ailly– astrologiaz trufatu ziren, eta zeruko eragina bero, argi eta ekintza mekanikora mugatu zuten soilik. Nolanahi ere, ikerkuntza medikoa eta astronomikoa elkarren eskutik ibili ziren². Salerno eta –geroago– Montpellier biengatik izan ziren famatu, eta Paduak ongietorria egin zien Galileori eta Harveyri gerora.

Naturaren mundua orokortasuntzat hartzen duen interpretazio astrologiko horren adibide bat unibertsoaren –edo makrokosmosaren– eta banakako gizakiaren –edo mikrokosmosaren– arteko korrespon-

dentziaren ikusmoldea da. Teoria hau *Timaeus*-en azaldu zen bere garaian, eta estoikoek astrologiarekiko erlazioan landu zuten. Sinesmen horren Erdi Aroko adierazpen klasikoa Hildegarda Bingengoak eman zuen. Beronek uste zuen giza gorputzaren atalak makrokosmosaren atal bereziekin zeudela loturik, halako moldez non «humoreak» zeruko gorputzen mugimenduen bidez determinatzen ziren.

Gilsonnek zera esan zuen Erdi Aroko lehen garaiko munduaz, Adelardoren ilobak hain ondo islatu zuen munduaz, alegia: «Garai horretako pentsalariarentzat, edozein gauza ulertzea eta azaltzea itxuraz zirudiena ez zela erakustea zen; pentsalariak erakutsi behar zuen gauza hori ez zela zirudiena, baizik eta errealitate sakonago baten sinboloa edo seinalea, hots, bestelako zerbait adierazi edo esan nahi zuela». Baina mundu naturalak pizten zuen interes teleologiko huts hori aldatzen hasia zen lehendik, greziar eta arabiar filosofo naturalen idazkiak Mendebaldeko Kristandadean modu zabalagoan eta sakonagoan ezagunak izan baino lehen, arabiar eta bizantziar munduekiko harreman intelektualak areagotu zirelako. Ikuspegian gertatutako aldaketa horren alderdi bat kalkulatzailen, doktoreen eta tratatu tekniko soilen idazleen jarduerak izandako gorakada izan zen; izan ere, jarduera horrek tradizio iraunkorra izan zuen Erdi Aroko lehen garaian. VI. mendean, bere monasterioko³ eritegia antolatzerakoan, Kasiodorok aholku zehatz eta praktikoak eman zituen belarren erabilerara medikoaz, bere *Institutio Divinarum Litterarum*-en I. liburukiko 31. kapituluan.

Beraz, ikas ezazue belarren natura eta azter ezazue arretaz espezie desberdinak nahasteko modua... eta ezin baduzue grezieraz irakurri, irakurri batez ere Dioskoridesen *Herbarium*-en itzulpenak, berak zehaztasun paregabez deskribatu eta marraztu baitzituen landetako belarrak. Horren ostean, irakur itzazue Hipokratesen eta Galenoren itzulpenak, bereziki *Therapeutiscena*..., baita Aurelio Zeltsoren *De Medicina* eta Hipokratesen *De Herbis et Curis* lanenak ere. Halaber, irakur itzazue medikuntzaren arteari buruz idatzi diren eta Jainkoari esker zeuen liburutegira ekarri ditudan beste hainbat liburu.

Bedaren idazkiak adibide ona dira ikusteko norainoko eragina izan zuten arazo praktikoek behaketa-ohituraren iraupenean; halaber, ederki erakusten dute zein zen ezagutza zientifiko latindarraren maila

grezierazko eta arabierazko testuen itzulpenak heldu aurretik. Mundu naturalari buruz Bedak izan zituen ideien sorburu nagusiak Elizako Gurasoak izan ziren, batez ere San Anbrosio, San Agustin, San Basilio Handia eta San Gregorio Handia; beraiekin batera, Plinio eta Isidororen testuak eta egutegiari buruzko idazki latindar batzuk. Grezieraz bazekien ere, bere iturri gehien-gehienak latindarrak izan ziren. Iturri horiek oinarritzat harturik, gai zientifikoei buruz Bedak idatzi zituen testuak bi motatakoak izan ziren: alde batetik, kosmologia orokorrari buruzko testuak, gehienbat beste autore batzuegandik mailegatutako materialez osatuak; bestetik, arazo praktiko espezifiko batzuei buruzko tratamendu independenteagoak, bereziki egutegiarekin zerikusia zuten arazoen kasuan.

Bedaren kosmologia interesgarria da VIII. mendeko pertsona eskolatu batek unibertsoa nola irudikatzen zuen ikusteko. Bere ikusmoldeak *De Rerum Natura*-n azaldu zituen; liburu hori Isidorok izenburu berberaz idatzi zuen liburuan oinarritu zen zati handi batean, baina baita Plinioren *Natural History*-n ere. Isidorok, ordea, ez zuen azken obra hori ezagutu. Hain zuzen ere, Plinio ezagutzea izan zen neurri handi batean, Bedaren sen kritikoagoaz batera, beronen liburua Isidororen liburuaren gain-gainetik jarri zuena. Bedaren unibertsoa kausa eta efektu egiaztagarrien arabera dago ordenatuta. Isidorok uste izan zuen lurra gorpil baten forma zuela; Bedaren ustez, aldiz, bost alderdiz osatutako esfera estatiko bat zen. Alderdi horietatik bakarrik bitan –klima epelekoetan– bizi zitekeen, nahiz eta iparraldeko hemisferioa zen biztanleak benetan zituen bakarra. Lurraren inguruan zazpi zeru zeuden: airea, eterra, Olinpo, su-espazioa, izartegia zeruko gorpuzekin, aingeruen zerua eta Hirutasunaren zerua. Izartegiko urek sorkuntza gorpuzduna eta sorkuntza espirituala bereizten zituzten. Mundu gorpuzdunak lau osagai zituen: lurra, ura, airea eta sua, zeinak pisu eta arintasunaren arabera ordenatuta baitzeuden. Sortu zirenean, lau elementu horiek Jainkoak sortu zituen *ex nihilo*, argia eta gizakion arimarekin batera. Mundu gorpuzduneko gainerako fenomeno guztiak konbinazioak ziren. Greziarrek zeruko gorputzen eguneko eta urteko mugimenduez zekitena Plinioren bitartez jakin zuen Bedak, eta era horretan Isidorok baino askoz ere informazio gehiago eskuratu zuen ulermen horretaz. Bere esanetan, izartegiko izarrak Lurraren inguruan biratzen ziren, eta izartegiaren barnean planetak epiziklo-sistema

baten arabera biratzen ziren. Azalpen garbiak eman zituen ilargiaren eta eklipseen faseei buruz.

Egutegiaren arazoa Ionako monjeek ekarri zuten Nortunbriara, Kristautasunarekin batera. Hori baino askoz ere lehenago, baina, Pazkoaren data kalkulatzeko metodoak *computus*-aren eskola-zientziaren zati izan ziren eta Ardi Aroko lehen garaiko zientziaren lehen-dabiziko ariketak eskaini zituzten.

Egutegi kristauarekin lotutako arazo nagusia bere izaeratik zetorren, hots, bi egutegiren konbinazioa izatetik. Izan ere, bere sus-trai bat Erromako egutegi juliotarra zen, eguzkiarekiko erreferentzian lurrak urtean zuen mugimenduan oinarritua; bestea, berriz, egutegi hebraiotarra zen, ilargiaren hileko faseetan oinarritua. Urtea eta bera-ren hilabete, aste eta egunen arabera banaketa eguzki-egutegi julio-tarrarenak ziren; baina Pazkoa ilargiaren faseen arabera determinatzen zen, juduen Pazkoa bezalaxe, eta urte juliotarrean zuen data urte bate-tik bestera aldatzen zen, muga jakin batzuen barnean. Pazkoaren data kalkulatu ahal izateko beharrezkoa zen eguzki-urtearen iraupena eta ilargi-hilabetearena konbinatzea. Kalkulu horien funtsezkoa zailtasu-na zen eguzki-urtearen, ilargi-hilabetearen eta egunaren iraupenak neurtezinak zirela. Ezinezkoa da ilargi-hilabeteen edo eguzki-urteen kopuru zehatza egunetan ematea, eta ezinezkoa da eguzki-urteen kopuru zehatza ilargi-hilabeteetan ematea. Horrenbestez, ilargiaren faseak eguzki-urtearekin osoko egunen bidez zehatz-mehatz lotu ahal izateko –egutegi bat eraikitzerakoan–, doikuntzak egiteko ad hoc sis-tema bat erabili behar da, ziklo definitu bati jarraituz.

II. mendetik aurrera data desberdinak eman ziren Pazkorako, kalkuluak egiteko metodo desberdinen ondorioz. Horrek tirabirak sortu zituen, eta tirabira horiek arazo kroniko bihurtu ziren ondoren-go kontzilioetan. Une eta leku desberdinetan, ilargi-hilabetea eguzki-urtearekin lotzen zuten ziklo desberdinak probatu ziren, harik eta, IV. mendean, 19 urteko ziklo baten erabilera orokorra onartu zen arte; beraren arabera, 19 eguzki-urte 235 ilargi-hilabeteren baliokidetzat har zitezkeen. Hori horrela izan arren, artean ere desberdintasunak sor zitezkeen ziklo hori Pazkoaren data determinatzeko nola erabili behar ote zen zehazterakoan; alde horretatik, erdialdean uniformetasuna egon arren, periferiarekin zeuden komunikazio zailtasunek eragin bat izan zuten batzuetan, hots, Afrikan, Espainian, Irlandan eta beste pro-

bintzia batzuetan Pazkoa ez zela ospatzen Erroman eta Alexandrian ospatzen zen egun berberetan.

Beda jaio baino zertxobait lehenago, Nortunbriak Ionako monje irlandarrek sartutako ohitura ugari baztertu zituen Whitbyko Sinodoan, Pazkoaren datazioa barne zegoelarik, eta Erromarekin uniformatu egin zen. Dena dela, Pazkoaren data kalkulatzeko erak nahas-mendu handia sortzen zuen artean ere, eta ez Britainian soilik. Bedaren ekarpen nagusia, zenbait tratatutan azaldua –Jarrowko ikasleentzat 703an idatzi zuen *De Temporibus* lanarekin hasita–, gai osoa ordenatzea izan zen. Gehienbat iturri irlandarrak erabili zituen, berauek Kontinenteko idazki goiztiarren ezagutza sakonean oinarrituta baitzeuden; horren bitartez, 19 urteko zikloa etorkizuneko Pazko-Taulak kalkulatzeko nola erabili behar zen erakustez gain, hainbat arazo orokor eztabaidatu zituen: denboraren neurraketa, kalkulu aritmetikoa, kronologia kosmologiko eta historikoa, eta fenomeno astronomikoak eta beraiekin zerikusia zuten beste fenomeno batzuk. Batzuetan iturri literarioez fidatu zen berak bere begiekin beha zitzakeen gauzak azaltzeko –adibidez, Erromako harresia idatzizko iturrien bidez deskribatu zuen, bere monasterioko gelatik hamar miliara bazegoen ere–, baina, hala eta guztiz ere, Bedak ez zuen inoiz ere ulertu gabe kopiaitu. Behatu zituen gertaera guztiak lege orokorren mende jartzen ahalegindu zen, eta, bere jakintzaren muga barnean, unibertsoaren irudi koherente eta egiaztatu bat eraikitzen saiatu zen. Bere idazki zientifiko garrantzitsuen *De Temporum Ratione* liburuan (29. kapitulan) mareei buruz egiten duen deskribapena da, 725. urtean bukatua. Bertan, berak eta Nortunbriako bere herrikideek zuten jakin-min praktikoa erakutsi ez ezik, zientzia naturalaren funtsezko elementuak ere bildu zituen.

Bere iturrietatik Bedak ikasi zuen mareek ilargiaren faseei jarraitzen dietela; ikasi ere mareak zergatik sortzen ziren ikasi zuen, hots, ilargiak ozeanoa erakartzen duelako. Marea biziak eta marea hilak eztabaidatu zituen, eta, «Britainiak banatzen duen itsasoaren kostaldean bizi garenon gauzei» helduz, haizeak marea bat nola aurreratu edo atzeratu zezakeen deskribatu zuen; horrekin batera, gaur egun «portu-establezimendua» izenez ezagutzen dugun printzipio garrantzitsua adierazi zuen lehendabiziko aldiz. Printzipio horren arabera, mareek ilargiarekiko atzerapenak izaten dituzte, tarte jakinetan; tarte

horiek desberdinak izan daitezke kostalde berbereko puntu desberdinetan, eta, hortaz, mareak banan-banan tabulatu behar dira portu bakoitzerako. Bedak haxe idatzi zuen: «Gure kostaldeko iparraldean bizi direnek geuk baino lehenago ikusten dituzte itsasgora eta itsasbhehera; hegoaldekoek, aldiz, gure ostean ikusten dituzte. Ilargiak eskualde guztietan betetzen du behin betiko onartu duen asoziazio-araua. Hori oinarritzat harturik, Bedak iradoki zuen edozein portutako mareak 19 urteko zikloa erabiliz iragar zitezkeela; ziklo horrek Plinioren 8 urteko zikloa ordeztu zuen, beronek zehaztasun gutxiago zuelako. Bedaren garaia ostean idatzitako *computi*-etan mareen taulak agertzen ziren sarritan.

Bere garaiko testuingurua nolakoa zen kontuan harturik, Bedaren zientzia lorpen nabaria izan zen. Ekarpen garrantzitsua izan zen Kontinenteko Errenazimendu Karolingiarrentzat; halaber, Alkuino Yorkekoak Karlomagnoarentzat antolatu zituen katedra-eskolekin abiatu zen hezkuntza-tradizioan sartzeko bidea aurkitu zuen. Egutegiei buruz Bedak idatzi zituen tratatuak testu-liburu estandarrak izan ziren hurrengo bost mendeetan, eta 1582ko erreforma gregoriarren ondoren ere erabili ziren. *De Temporum Ratione* liburua egutegi kristauaren printzipioen azalpen argienetako bat da oraindik ere.

Nortunbriaz gain, Ingalaterra anglo-saxoniarrak Wessexen izan zituen garapen zientifiko batzuk. VII. mendean, Kenten astronomia eta medikuntza irakasten ziren; orobat, badira kirurgia praktikatzen zela frogatzen duten zenbait datu; eta Aldhelmek, Malmesburyko abadeak, animaliei eta landareei buruzko igarkizun metrikoak idatzi zituen. Ekarpen aipagarriena, haatik, X. mendeko lehen erdian etorri zen, Balden *Leech Book*-en eskutik; garbi dago Bald Alfredo erregearen garaian edo zertxobait geroago bizi izan zen sendagile bat izan zela, liburuak errege horren inguruko aipamenak baititu. *Leech Book*-ek ongi deskribatzen du aldi hartako medikuntzaren egoera. Lehenengo zatia terapeutikoa da gehienbat; bere jaioterriko landareen eta lorategiko landareen inguruan zuen jakintza sakonean oinarrituz, Baldek era askotako gaixotasunak sendatzera zuzendutako belar-errezetak biltzen ditu liburuan, buruko gaixotasunetatik hasita. Hiru mota-tako sukarrak bereiztu zituen: hiru egunetik behin errepikatzen dena, lau egunetik behin errepikatzen dena eta egunerokoa. Gainera, «pozoi hegalaria» edo «aireak transmititutako kutsadura» aipatu zituen, hau

da, normalean epidemikoak izaten ziren gaixotasunak; aipatu ere baztanga, elefantiasia, izurri bubonikoa –seguruenik–, buruko zenbait min eta hotzeria sendatzeko lurren-bainuak aipatu zituen. *Leech Booken* bigarren zatiazen edukia desberdina da: gehienbat barneko gaixotasunak jorratzen ditu, sintomak eta patologia aztertzeaz batera. Badirudi Greziako medikuntza laburbiltzen duela, eta agian bere iturri nagusia Alexandro Tralleskoaren idazkien latinezko itzulpenak dira, zuzeneko behaketa batzuekin batera. Horren adibide on bat «saihetseko minaz» edo pleuresiaz egiten duen deskribapena da: beraren «ezaugarri» edo sintoma asko greziarrek deskribatu zituzten aurretik, baina badira autoreak erantsitako beste berri batzuk ere. Mediku anglo-saxoniarrak horrek bazekien pleuresia traumatikoaren berri; jakin ere bazekien, antzinako idazleek ez bezala, gaixotasun idiopatikorekin nahas zitekeela. Tratamendua hasten zen ahotik edo enema moduan ematen zen laxante begetal arin batez; horren ostean, kataplasma bat jartzen zen puntu minduan, bentosa bat sorbaldetan, eta zenbait belar hartzen ziren barnetik. Horiez gain beste gaixotasun batzuk ere deskribatzen dira liburuan, hala nola birikietako tuberkulosia edo gibleko abszesua; azken kasu horretan, tratamendua operazio kirurgiko batez bukatzen zen. Orokorrean, dena dela, datu gutxi daude behaketa klinikoa egiten zela frogatzeko; pultsua ez zen ezertarako erabiltzen, eta orinaren itxurari ez zitzaion ia erreparatzen, greziarrentzat eta erromatarrentzat «zantzu» estandarrak izan arren. Kirurgia anglo-saxoniarrak medikuntzak bezalaxe elkartzen ditu enpirismoa eta tradizio literarioa; hautsitako eta lokatutako gorputz-adarren tratamenduak deskribatzen dira, eta, orobat, kirurgia plastikoa erbi-ezpaina osatzeko eta anputazioak gangrenari aurre egiteko.

Historia naturalari buruzko jakintza –medikuntzaren eremuan– hobetzeko aditu anglo-saxoniarrak zuten interes biziaren adierazle bat *Herbarium* obra da, 1000-1050. urteen inguruan latinetik ingeles zaharrera itzulia. Liburu hori Apuleio Barbarusi edo Platonen jarraitzaile bati egotzi zitzaion modu aprokrikoan. Garai hartako herbario gehienak bezala, testuak bakarrik aipatzen zuen belar bakoitzaren izena, non aurkitzen zen eta beraren erabilera medikoa zein zen; ez dago identifikazioa ahalbide dezakeen deskribapenik, eta, hortaz, identifikazioa irudi diagramatikoen bidez egin behar zen; berauek jatorrizko eskuizkributik hartu behar ziren, ez naturatik beretik.

Herbario horretan ingelesezko 500 izen erabiltzen dira, gutxi gorabehera, eta era horretan landareen inguruko ezagutza sakona erakusten da; izan ere, horietako asko bertako jatorrizko landareak dira, iturri latindarren bitartez ezin ezagutu zitezkeenak.

Badira beste hainbat adibide, interes praktikoek adituen ikuspuntu zientifikoetan zuten eragina erakusten dutenak. Pigmentuak prestatzeko erak, urrearen ekoizpena eta artista edo margolariei sor zekizkiekeen beste arazo praktikoei buruz ezagutzen den lehenengo latinezko eskuizkribua VIII. mendean agertu zen Italian; Adelardoren idazki batek gai hori jorratu zuen. Medikuntzaren eremuan, Karlomagnoren katedra-eskolek nolabaiteko kritikak zuzendu zituzten literatura tradizionalak gaixotasunen tratamenduetarako ematen zituen gomendioetara. Ildo beretik, esperientzia praktikoak kritika gogorrakoak eragin zituen Salernoko medikuntza-eskola ospetsuan, Petrocellusen Praktika liburuan islatzen den bezala. Halaber, egutegiari buruz egiten ari ziren lanen barnean, kalkulatzailerak jarraitu zuten esperientziak eta oinarrizko teknika matematikoak multzo batean biltzen. Pazkoaren data kalkulatzeko arazo hori izan zen aritmetikarekiko interes etengabearen arrazoi nagusia; horrekin batera, VIII. mendeko hasieratik XI. eta XII. mendeak arte hainbat saiakuntza egin ziren teknikaren eremuan. Hala, VIII. mendean Bedak bere kronologia eta «atzamarren bidezko kontaketa» sortu zituen; X. mendeko amaieran, berriz, Helperiko monjeak aritmetikari buruzko bere testu-liburua argitaratu zuen, eta XI. eta XII. mendeetan gai horren inguruko eskuizkribu ugari agertu ziren. Horrenbestez, daten kalkuluak behaketa astronomikoengatik interesatzera eramane zuten; Gerbertok eta X. mendeko beste aditu batzuek arabiarrek astrolabioaz zekitena jakin zutenean behaketa zehatzagoak ahalbidetu ziren. Garai hartako zentro zientifiko nagusia Lotarinjia izan zen; Kanutok eta –geroago– Harold kondeak eta Gilermo Konkistatzaileak Ingalaterrara etortzera animatu zituzten Lotarinjiako astronomoak eta matematikariak, bertan elizako karguak ematen baitzizkieten.

Arazo praktikoengatik etengabe erakusten zen interes horrez gain, garrantzi berbera izan zuen beste joera berri bat sinbolismo moralizatzailearen ordeztaturaren mundura ikuspegi filosofiko berri batez hurbiltzea izan zen; alde horretatik, bereziki aipatu behar da XI. mendeko Roscelin nominalistarekin eta bere ikasle Pedro Abelardo-

rekin (1079-1142) lotutako ikuspegi aldaketa. XI. mendeko amaieran, Roscelinen irakaspenek «unibertsalei» buruzko eztabaida sutua piztu zuten; eztabaida horrek gauza indibidual eta materialengatik –berez diren moduan hartuta– gehiago interesatzera bultzatu zituen gizakiak, gauza horiek betiereko ideia baten isla soilzat hartzen zituen San Agustinen teoria baztertuz. Eztabaida Boezioren aipamen batzuen inguruan hasi zen, hain zuzen ere «gizona», «arrosa», «zazpi» eta gisa bereko ideia unibertsalek gauza indibidualekin, zenbakiekin eta beraien berri zekiten giza buruekin zuten erlazioaren inguruan. Bizi al zen «arrosa» unibertsala arrosa indibidualekin batera, ala gauza fisikoetatik bereiztutako betiereko ideia bat zen? Ba ote zen unibertsala mundu errealean baliokiderik ez zuen zerbait, abstrakzio hutsa ote zen? San Agustinen ikuspuntuari egin zitzaion eraso gogorrenetako bat Abelardoren eskutik etorri zen; Abelardo Roscelinen ikaslea izan zen, eta Adelardo Bathekoaren ia garai berean bizi izan zen; bere trebetasun dialektikoak eta bere bortizkeriak *Rhinocerus indomitus* goitizena eman zioten. Abelardok ez zuen onartu Roscelinek unibertsalei buruz zuen ikuspuntua, hots, berauek abstrakzio hutsak eta izen soilak zirela zioen ikuspuntua. Aitzitik, bere esanetan, errealtate bakarra betiereko ideiak baldin baziren, orduan ezin egon zitekeen benetako desberdintasunik arrosa edo gizon indibidualen artean, eta, azken batean, edozein gauza beste edozein gauza izango zen. San Agustinek unibertsaltasunari buruz zuen muturreko ikuspuntu horri egindako kritikaren emaitza hauxe izan zen: gauza indibidual eta materialen garrantzia azpimarratzea eta gauza partikularren behaketa bultzatzea.

Ikuspegi filosofikoaren aldaketa horren, tratatu praktikoen kopuruaren igoeraren eta greziarren lanak arabiarrekiko kontaktuaren bidez berriz deskubritzearen eragina garbi ikusten da Adelardo Bathekoak bere ilobak egindako galdera zientifikoei emandako erantzunetan. Hona hemen *Questiones Naturales*-en lehenengo galdera:

Zergatik sortzen dira landareak Lurretik? Zein da horren arrazoia eta nola azal daiteke? Hasieran Lurreko azala leun eta geldia baldin bada, zergatik mugitzen da gero, gorantz bultzatuz eta adarrak atereaz? Hauts lehorra bildu, xehe-xehe bahetu eta buztinezko edo brontzezko ontzi batean jartzen baduzu, hortik gutxira landareak ernetzen ikusten dituzu. Zeri egotz diezaiokezu hori, Jainkoaren nahi zoragarri bati ez bada?

Adelardok onartu egin zuen azken hori, hots, Sortzailearen nahia zela landareak Lurretik sortzearen arrazoa; hala ere, esan ere esan zuen bere iritziz «prozesu horrek arrazoi natural bat ere bazuela». Iritzi hori gero errepikatu zuen, ilobak egindako galdera bati erantzunez. Ilobak galdetu zion ea ez ote zen «egokiagoa unibertsoko operazio guztiak Jainkoari egozte», osabak operazio guzientzako azalpen naturalak ezin eman zitzaakeela ikusirik. Adelardok honela erantzun zion:

Ez diot baliorik kentzen Jainkoari. Existitzen den guztia berarena da eta berarengatik sortu da. Baina (natura) ez da gauza nahasia eta sistematik gabea, eta gizakion jakintzak aurrera egin duenez, kontuan hartu beharko genuke orain. Bakarrik naturak modu nabarian huts egiten duenean jo beharko genuke Jainkoarengana.

Aipamen horrekin, Erdi Aroan naturari buruz zegoen ikusmoldea bi garairen arteko banalerroa hasi zen zeharkatzen, hots, natura moraltasunaren ilustrazioak bilatzeko erabiltzen zen garaia eta natura berezko ikasgai bezala hartzen hasi zen garaia bereizten zituen banalerroa. Ikusmolde hori Adelardori esker abiatu ahal izan zen, beronek «arrazoi naturalak» eskatu baitzituen, iraganeko idazleen «kabestrutik lotuta zetozenekin» ezin zuela ezer ere eztabaidatu esateaz batera.

Orain autoritatetzat hartzen diren horiek euren arrazoimena erabiltzearen bitartez eskuratu zuten posizio hori... Beraz, nigandik zer edo zer gehiago entzun nahi baduzue, eman eta har ezazue arrazoimena.

Unibertsoa sinbolo moralen arabera soilik interpretatzeko ahaleginak baztertu zirenean, unibertsoa arrazoi naturalen bitartez interpretatzera zuzendu zen lehen azalpena Chartresko eskolako izan omen zen; azalpen hori Platonen doktrinaren eraginpean zegoen modu nabarian. XII. mendeko lehenengo urteetan, Chartresko eskolak interes berpiztua erakutsi zuen *Timaeus*-en biltzen ziren ideia zientifikoengatik. Gilbert de la Porréek, (~1076-1154), Thierry Chartreskoak (~1155ean hila), Bernard Silvesterrek (~1150ean fl.) eta beste aditu batzuek Bibliako arazoak aztertu zituzten, beraiekin zerikusia zuten gai zientifikoei lehen baino arreta handiagoa eskainiz; San Agustinek eragin sakona izan zuen erudituhoriengan. Adelardori gertatu zitzaion bezala, aditu hauek ere jarrera libre eta arrazionala izan zuten jakintzaren iraganeko autoritateen aurrean, eta jakintzaren aurrerabidean sinetsi zuten. Bernardek idatzi zuenez:

Erraldoien sorbaldetan zutik dauden ipotxak bezalakoak gara: beraiek baino gauza gehiago ikus ditzakegu, baita urrunago ikusi ere, baina ez gure ikusmena zorrotzagoa delako edo altuagoak garelako, bizik eta euren estatua erraldoiari esker geu altxa gaitzkeelako.

Thierry Chartreskoa sorkuntza modu arrazionalen azaltzen saiatu zen bere *De Septem Deibus et Sex Operum Distinctionibus* liburuan. Bertan adierazi zuenez, ezinezkoa zen Genesis-en historia ulertzea *quadrivium*-ek ematen zuen prestakuntza intelektuala izan gabe, hau da, matematika menderatu gabe, zeren unibertsoari buruzko azalpen arrazional guztiak matematikaren mende baitzeuden. Sorkuntzaren historia interpretatzerakoan, Thierryk esan zuen hasieran Jainkoak sortu zuela espazioa edo kaosa; Platonentzat, aldiz, espazio edo kaos hori aurretik existitu zen, eta gero demiurgoak mundu materialaren forma eman zion. San Agustinen idazkietan, berriz, Jainko Kristauak hartu zuen demiurgoaren lekua, eta mundu materialari eman zitzaizkion formak Jainkoaren buruan existitzen ziren betiereko ideien isla ziren.

Platonen *Timaeus*-en arabera, unibertsoak lau osagai zituen: lurra, ura, airea eta sua. Lau osagai horiek partikula txiki eta ikusezinez osatuta zeuden, eta osagai bakoitzaren partikulek forma geometriko berezi bat zuten, zeinaren bidez demiurgoak ordenatu egin baitzituen kaosaren hasierako mugimendu eragabeak.⁴ Osagaiak elkarren artean transforma zitezkeen, forma geometriko bakoitza apurtuz eta beste batzuk sortuz, baina, hala eta guztiz ere, euren funtsezko masak esfera zentrokidetan antolatzen ziren: zentroan Lurra zegoen, beraren ondoan ura, gero airea eta azkenik sua; modu horretan unibertso esferiko finitu bat sortzen zen. Suaren esfera Ilargitik izar finkoetara heldzen zen, eta bere barnean zeruko gorputz horien eta bitarteko beste planeta batzuen esferak zituen. Zeruko gorputzen osagai nagusia sua zen.

Thierryren ikuspuntutik, suak Lurreko ur batzuk lurrundu zituen eta izartegia sortzeko igo zituen, izartegiaren azpian zeuden urak izartegiaren gainean zeudenetatik bereiztuz. Lurraren zentroko esfera estaltzen zuten urak gutxitzeak lehorraren agerpena ekarri zuen berekin. Airearen berotasunak eta Lurraren hezetasunak landareak eta zuhaitzak ernarazi zituzten. Gero izarrak eratu ziren, izartegiaren gaineko uren konglomeratu bezala, eta beraien ondorengo mugimenduek

garatu zuten berotasunak txori eta arrainen eklosioa eragin zuen Lurreko uretan, baita animalien eklosioa ere Lurrean bertan. Animalietako bat gizakia zen, Jainkoaren irudiari jarraituz sortua. Seigarren egunaren ostean ez zen ezer gehiagorik sortu, baina Thierryk teoria bat hartu zuen San Agustinentatik geroago beste izaki batzuk zergatik agertu ziren azaltzeko. San Agustinek itxuraz kontraesankorrak ziren bi kontakizun hartu zituen Genesis-etik eta uztartu egin zituen; horietako batean gauza guztiak aldi berean sortzen ziren; beste kontakizunean, aldiz, bata bestearen ostean agertzen ziren izakiak, gizakia barne. Era horretan, Anaxagorasek (K.a. V. mendean) asmatu eta gero estoikoek garatu zuten ideia bat onartu zuen San Agustinek: jatorrizko hazi edo germenen ideia, alegia. Iradoki zuenez, sorkuntzaren lehenengo fasean landareak, animaliak eta gizakiak egin zituzten aldi berean, euren germenetan edo «kausa seminaletan»; bigarren fasean, berriaz, benetan agertu ziren, elkarren segidan.

Gorputzak zergatik erori eta igotzen ziren *Timaieus*-i jarraituz azaldu zuten Chartresko platonistek, antzeko izaera zuten gorputzek elkarrengana hurbiltzeko joera zutela suposatuz. Hortaz, edozein elementutik bereiztutako parte batek bere masa nagusira itzultzeko joera izango zuen: harria Lurraren esferara eroriko zen, unibertsoaren zentroan; sua, ordea, gorantz joango zen, unibertsoa kanpoaldeko muturrean zegoen suaren esferara iristeko. Grabitateari buruzko teoria platoniko hori ezaguna izan zen Erigenarentzat ere. Izan ere, beronek esan zuen pisua eta arintasuna Lurrarekin zegoen distantziaren arabera aldatzen zirela, berau grabitatearen zentroa baitzen. Adelardo Bathekoak ere grabitatearen teoria hori onetsi zuen, eta, ildo horretatik, bere ilobaren jakin-mina ase ahal izan zuen, harri bat Lurraren zentroa zeharkatzen zuen zulo batetik botaz gero zentroraino soilik eroriko zela esan baitzuen.

Zeruko gorputzen mugimendua azaltzeko haxe suposatu zuen: unibertsoak –esferikoa izanik– bazuela betiereko errotazio-mugimendu propio eta uniforme bat, zentro finko bat modu zirkularraren inguratzen zuena, izar finkoen eguneroko errotazioan ikusi ahal zen bezala. Zazpi «planetak» –Ilargia, Eguzkia, Artizarra, Merkurio, Martitz, Jupiter eta Saturno– esfera desberdinetan zeuden jarrita, eta esfera horiek abiadura uniforme desberdinez biratzen ziren, gorputz horien mugimenduen behaketak erakutsiko zuena islatuz. Esfera

bakoitzak bazuen bere adimen edo «arima» propioa, eta horixe zen bere mugimenduaren sorburua.

Timaeus-en eragina ez zen Thierryren eta bere garaiko adituen kosmogonian eta kosmologian soilik nabaritu, baizik eta baita beraien ikusmolde fisiko eta psikologikoetan ere. Platonekin bat etorritz, unibertsoaren barnean hutsarterik ez zegoela esan zuten. Espazioa *ple-num* bat zen, hau da, beterik zegoen. Beraz, mugimendua egon zedin gorputz bakoitzak bere albokoa bultzatu behar zuen, zurrumbilo moduko batean beraren tokiaz jabetuz. Arnasketa, digestioa eta gisa bereko funtzioak azaltzerakoan, funtzio horiek partikula igneoetan eta beste partikula batzuetan oinarritutako prozesu mekaniko hutsak zirela esan zuen Platonek. Bere ustez, sentsazioak sortzen ziren gorputzeko organoen barneko partikulak mugitzen zirelako. Edozein sentsazioen nolakotasuna –adibidez, kolore edo soinu jakin baten nolakotasuna– kanpo objektuaren berezko ezaugarrien bidez azaldu zuen, ezaugarri horiek objektuaren egituraren mende baitzeuden; beste aldetik, objektu horrek bere prozesu fisiko partikularra bideratzen zuen ukitutako zentzumenaren organora. Hala –Platonen aburuz–, ikusmena begitik objektura emititzen zen izpi baten bitartez gertatzen zen; koloreak, berriz, objektuetatik abiatu eta izpi horrekin elkarerraginean aritzen ziren neurri desberdineko partikula igneoei egotzi zizkien. Soinuak airearen partikulen mugimenduarekin lotu zituen, tinpanoaren eginkizuna ezagutzen ez bazuen ere. Zapore eta usain desberdinak egotearen arrazoia objektuak osatzen zituzten edo objektuek bidaltzen zituzten partikulen izaera zen. Ikusmolde horietako asko XII. mendeko filosofo naturalek berenganatu zituzten. *Timaeus*-en zuzeneko eragina zenbait modutan nabari daiteke beraiengan: alde batetik, materiaren suntsiezintasunean sinesten zuten; bestetik, elementuen ezaugarrien sustraia partikulen mugimendua zela esaten zuten, kontuan harturik abiadura eta gogortasuna elkarren osagarriak zirela, zeren ezinezkoa baitzen gorputz bat mugiaraztea beste gorputz baten aurka-ko erreakziorik eragin gabe. XII. mendeko filosofo batek, Gilermo Concheskoak, Platonen eta Lukrezioaren ideiak konbinatzen zituen atomismo forma bat asmatu zuen.

Unibertsoari buruzko ikusmolde platoniar horrek eragin garrantzitsua jarraitu zuen izaten Roger Baconen egunetara arte. Beronek, 1245. urtearen inguruan, gaztea zelarik, Chartresko eskola-

koen ikuspuntutik irakatsi zuen fisika. Baina Chartresko eskola bera bazegoen ordurako kontaktuan Toledon eta Itailako hegoaldean arabierazko eta grezierazko testuekin lan egiten ari ziren itzultzaileekin, eta Chartreskoa ere izan zen Ptolomeoren astronomia eta Aristotelesen fisika hartu zituen lehenengo eskola. Era horretan, Mendebaldeko Kristandadearen barneko pentsaeran gertatutako garapenen eraginez, Adelardoren ilobak gorpuzten zuen ideia-sistema zaharkitu samar hasi zen agertzen XII. mendeko erdialdean. Laster hartuko zuten ideia-sistema horren lekua haren osabaren bideari jarraituz greziarrak eta arabiarrek ikasteari eta arrazoi naturalak bilatzeari ekin ziotenen ideiek.

2

ZIENTZIA GREZIAR ETA ARABIARRAREN HARRERA MENDEBALDEKO KRISTANDADEAN

Mendebaldeko Kristandadera XII. mendean handik eta hementik iristen hasi zen zientzia berria gehienbat arabiarra zen, formaren aldetik, baina haren oinarria antzinako greziarren lanetan zegoen. Arabiarrek zientzia greziarraren zati handiak zaindu eta transmititu zituzten, eta euren zeregin garrantzitsuena ez zen izan eurek zientziaren edukiari gehitu ziotena, baizik eta zientzia ikasteko helburuaren ikusmoldean eurek egin zuten aldaketa.

Arabiarrek bi iturritz baliatu ziren Greziako zientziaren inguruko ezagutza eskuratzeko. Zati handi bat zuzenean ezagutu zuten, Bizantzioko Inperioko greziarren aldetik; beste jakintza iturri bat, berriz, Pertiako Ekialdeko kristau nestoriotarrak izan ziren, zeinek siriakoa baitzuten hizkuntzatzat. VI. eta VII. mendean zehar, kristau nestoriotarrek Greziako zientziaren lan garrantzitsu batzuk –logika eta medikuntzaren alorrekoak batik bat– itzuli zituzten siriakora euren Jundishapurko zentroan. Izan ere, siriakoak greziera ordeztu zuen Asiako Mendebaldean, hizkuntza literario gisa, III. mendetik aurrera. Arabiarrek Jundishapur konkistatu ondoren ere, garai batez, hiri horrek Islameko lehenengo zentro zientifiko eta medikoa izaten jarraitu zuen; bertan, kristauak, judutarrek eta kalifen beste mendeko batzuek itzulpengintzan jardun zuten, testuak siriakotik arabierara pasatuz. Damasko eta Bagdad ere era horretako lanen zentro bilakatu ziren, eta Bagdaden grezieratik itzultzen zituzten testuak zuzenean,

IX. mendeko hasieran. X. menderako, Mendebaldeko munduak Greziako zientziatik ezagutzen zituen testu gehien-gehienak arabieraz eskura zitezkeen.

Arabiarrek bildu zuten jakintza Mendebaldeko Kristandadean hasi zen sartzan, poliki-poliki, Kristandadearen eta Islamen arteko merkataritza-harremanak berpizten ziren heinean. IX. mendean, Venezia, Napoli, Bari eta Amalfik –baita geroago Pisa eta Genoak ere– merkataritzazko operazioak egiten zituzten Siziliako eta Mediterraneoko ekialdeko arabiarrekin. XI. mendean, Monte Cassinoko monje beneditar batek, Konstantino Afrikarrak, ezagutza sakona eskuratu zuen arabiarren lan zientifikoaz, hainbestearino non gai izan baitzen Galeno eta Hipokratesen parafrasi bat sortzeko Ali Abbas doktore pertsiarren (994an hila) entziklopedia medikotik. Badakigu Adelardo Bathekoak bidaiak egin zituela Italiako hegoaldean eta Sirian bertan XII. mendean; XIII. mendeko hasieran, berriz, Leonardo Fibonacci Pisakoa negozioetan ibili zen Afrikako iparraldean, eta han zegoelarik arabiarren matematika ikasi zuen.

Zientzia arabiarren eta –azken batean– greziarraren zentro hedatzaile nagusiak Sizilia eta Espainia izan ziren. Toledo Alfontso VI.aren eskuetan erori zen 1085ean, eta XII. mendearen erdian testuak arabieratik latinera itzultzeko Espainiako zentro nagusi bilakatu zen, bere artzapezpikuaren babesari esker. Gerardo Cremonakoari hainbeste bertsio egotzi izanak bertan eskola moduko zerbeit egongo zela pentsarazten du. Adelardo Bathekoa, Robert Chesterkoa, Alfred Sareshelgoa («Ingelesa»), Gerardo Cremonakoa, Platon Tivolikoa, Burugundio Pisakoa, James Veneziakoa, Eugenio Palermokoa, Michael Scot, Hermann Karintiakoa, Gilermo Moerbekekoa eta beste itzultzaile batzuen izenek garbi adierazten dute mugimendua Europa osoan zegoela hedaturik, eta gauza bera adierazten dute euren hitzek, hala nola Adelardorenek, Arabiako zientzia Mendebalde Latindarrarentzat irabaztera abiatu zirenean lehenengo adituek sentitu zuten zirrara azaltzean. Itzulpen asko lanikidetzan egin ziren; adibidez: hispano-judutar batek, Juan Sevillakoak, arabieratik gaztelaniara itzuli zuen, eta Domingo Gundisalvok latinera pasatu zituen gero beraren gaztelaniazko testuak. Ezagutzen den lehenengo «latina-arabiera» glosategia eskuiz-

kribu espainiar batean dago, agian XII. mendekoa, baina grezierazko eta arabierazko testuak itzultzeko lanaren oztopo nagusiak hauek ziren: zeregin horrekin zerikusia zuten hizkuntzak menderatzea, gaiaren zailtasun korapilatsua eta terminologia teknikoaren konplexutasuna. Itzulpenak hitzez hitzezkoak ziren sarritan, eta euren esanahi korapilatsuagatik behar bezain ondo ulertzen ez ziren hitzak euren arabierazko edo hebraierazko formatik transkribatzen ziren besterik gabe. Hitz horietako askok gaur egun arte iraun dute bizirik; adibidez: alkalia, zirkonioa, alanbikoa (destilatzeako ontziaren goiko partea), sorbetea, alkanforra, boraxa, elixirra, talkoa, Aldebaran, Altair eta Betelgeuse izarrak, nadirra, zenita, azurra (urdin argia), zeroa, zifra, algebra, algoritmoa, lautea, arrabita, alkatxofa, kafea, jasmina, azafraia eta taraxacuma. Horrelako hitz berriek Erdi Aroko latinaren hiztegia aberastu zuten, baina ez da harritzekoa hitz arraroz ziprintindutako itzulpen literal haiek kexuak piztu izana beste aditu batzuegan. Itzulpen ugari XIII. mendean berrikusi zituzten, dela arabierari buruzko ezagutza hobe bat erabiliz dela zuzen-zuzenean grezieratik itzuliz.

Sizilian, arabieratik egindako itzulpenez gain, grezieratik zuzenean egin ziren lehendabiziko itzulpenetako batzuk ere agertu ziren. Uharteko egoerak bereziki errazten zuen aditu arabiar, greziar eta latindarren arteko ideia trukea. Sirakusa erori zen arte (878) Sizilia Bizantzioren mende egon zen. Gero Islamen kontrolpean ego-tera pasatu zen ia berrehun urtez, 1060ra arte. Urte horretan, abenturazale normandiar bat Messinaz jabetu zen jarraitzaile talde txiki baten laguntzaz. Hain modu arrakastatsuan ezarri zuen bere agintea, non 1090. urterako uhartea Normandiako erresuma bilakatua baitzen; bertan, herritar latindar, greziar eta musulmanak elkarrekin bizi ziren, eta itzulpenetan aritzeko zituzten baldintzak Espainiakoak baino hobeak ziren.

XII. mendeko amaieratik XIII. mendeko amaierara arte, grezieratik zuzenean egiten ziren itzulpenen proportzioa hazi egin zen arabieraren bidez egiten ziren bigarren eskukoan aldean; XIV. mendean, baina, arabieratik egiten zen itzulpengintza ia erabat gelditu zen, mongolek Mesopotamia eta Pertsia inbaditu baitzituzten garai horretan. Esaten denez, XII. mendeko amaieratik aurrera, Greziako eskuizkribuz kargatutako itsasontziak etorri ziren Bizantziotik

Italiara, baina kasu gutxitan froga daiteke bide hori egin zutela. Laugarren Gurutzada Bizantzioren aurka desbideratu zen, halako moldez non mendebaldarrek 1204an mende hartu zuten. Horien ondorioetako bat izan zen eskuizkribu ugari Mendebalde Latindarrera pasatu zirela. 1205ean, Inozentzio III.ak Greziara joatera animatu zituen Parisko maisuak eta adituak, literaturaren ikaskuntza bere sorterrian berpiztu zezaten; halaber, Felipe Augustok ikastegi bat eratu zuen Senaren ondoan, Bizantzioko greziarrek latina ikas zezaten. Geroago, XIII. mendean, Roger Baconek grezierazko gramatika bat idatzi zuen; Gilermo Moerbekekoak, berriz, San Tomas Aquinokoaren iradokizunez, Aristotelesen lan gehienen itzulpena berraztertu eta osatu zuen, grezieratik zuzenean egindako bertsio literal batean.

XII. mendeko erdiaren inguruan, jakintza europarraren bildumari gehitutako lan berrien artean hauexek aipatu behar dira: Aristotelesen logica nova, hau da, logica vetus-en sartuta egon arren Boezioren itzulpenen ezagunetan ageri ez diren Analytics eta gainera-ko lan logikoak, Euklidesen *Elements*, *Optics* eta *Catoptrics*, eta Heronen *Pneumatica*. Horiekin batera, XII. mendean *De Ponderoso et Levi* obra pseudo-euklideoaren latinezko bertsioa ere agertu zen. Jatorriz Greziakoa den obra horrek grabitate espezifikari, palankari eta balantzari buruzko jakintza helarazi zien bai Islami eta bai Mendebaldeko Kristandadeari. Mende horretako hirugarren laurdenean, Ptolomeo, Galeno eta Hipokratesen lan nagusiak itzuli ziren; bertsio ezagunenak Espainiatik etortzen ziren gehienbat. Horiez gain, Aristotelesen *Physics*, *De Celo*, beste *libri naturales* batzuk eta *Metaphysics*-en lau liburu-erak lehenengoa ere itzuli ziren. XIII. mendeko lehendabiziko urteetan *Metaphysics* osoa itzuli zen, eta 1271. urtearen inguruan beraren *De Animalibus* agertu zen, *History*, *Parts* eta *Generation of Animals* barne hartuz. Aldi berean, *Liber de Plantis* edo *De Vegetabilibus* liburu pseudo-aristotelikoa ere itzuli zen; liburu hori Damaskoko Nikolasi (K.a. I. mendea) egotzi dio erudizio modernoak, eta Berant Erdi Aroko botanikaren iturri indibidual nagusietako bat izan zen, Dioskoridesen eta pseudo-Apuleioren herbarioez aparte. XIII. mendearen erdirako, Greziako zientziaren lan garrantzitsu gehienak latinezko itzulpenetan aurki zitezkeen (ikus I. taula). Lan batzuk herrietako hizkuntzetara ere itzuli ziren, batez ere italierara,

gastelaniara, frantsesera eta –geroago– ingelesera. Lan horien artetik Aristotelesenak izan ziren eragin handienekoak: bera izan zen greziarren eta arabiarren filosofia naturalaren oinarria eskaini zuena, eta funtzio berbera beteko zuen garai berri horretan Mendebaldeko Kristandadearentzat. Beraren lanen itzulpenak izan ziren 1200. urtearen inguruan hezkuntzaren interesean gertatu zen aldaketaren eragile nagusiak, zeren interes hori filosofiarantz eta zientziarantz bideratu baitzuten. John Salisburykoak (~115-80) kexu azaldu zen hori dela eta bere garaian, bere gaztaroko poesia eta historiaren ordeztu jakintza-gai horiek nagusitzen ari zirelako.

Arabiarren bitartez Mendebaldeko Kristandadera transmititu zen jakintza greziarraren barnean –eurek gehitutako ohar eta iruzkin batzuekin batera–, gai nagusietako batzuk Ptolomeoren astronomia berria (ikus geroago, 93.-103. orrialdeetan) eta berari lotutako trigonometria izan ziren. Jakintza hori al-Khwarizmi, al-Battani (929an hila), al-Fragani (IX. mendea) eta beste idazle batzuen lanen itzulpenen bidez iritsi ziren Europara; nolanahi ere, esan beharra dago egile horiek ez zirela ezer berririk gehitu Ptolomeoren sistema astronomikoaren oinarrian zeuden printzipioei. XII. mendean, al-Bitrujij –latinez Alpetragius izenez ezagunak– Aristotelesen lan astronomikoa biziberritu zuen, nahiz eta, hemen ere, arabiar horrek ez zuen aurrerapen handirik egin greziarraren teorian. Arabiarrek egin zutena izan zen behaketarako tresnak hobetzea eta gero eta taula zehatzagoak erakitzea xede astrologiko eta nautikoetarako. Famatuenak Espainian prestatu ziren; izan ere, Espainia behaketa astronomikoaren zentroa izan zen al-Zarualik (~1087an hila) bere *Toledan Tables* (Toledoko Taulak) edo *Canones Azarchelis* argitaratu zituenetik Alfontso X.a Jakitunaren (1284an hila) zuzendaritzapean hiri berean prestatutako beste taula batzuek lehengoak ordeztu zituztenera arteko garaian. Toledoko meridianoa Mendebaldeko konputazio estandarra izan zen denbora luzez, eta *Alfonsine Tables* (Alfontsoaren Taulak) izeneko taulak XVI. mendera arte erabili ziren.

Arabiarren itzulpen eta iruzkinen bidez Greziako lanetatik Mendebaldeko Kristandadera heldu zen bigarren jakintza multzoa medikuntzari buruzkoa izan zen; kasu horretan, funtsezko printzipioak ia ukitu gabe utzi bazituzten ere, aditu arabiarrek ohar baliagarriak gehitu zituzten. Informazio gehiena Hipokrates eta Galenorengandik

BEILEN	Leser	ORIG. LATEINER A. BEZUGSQUEIN ZUR LITZIALER. ERS. BEZUGSQUEIN PREFIGIERTES BEZUGSQUEIN	LATINISCHES BEZUGSQUEIN ERS. LATEIN
Armenia (1818-1821)	Armenia-Stationen mit Beilein Armenia-Stationen Armenia-Stationen Die Armenier (1818-1821) Armen mit geographischen und politischen Gegenständen (1818-1821)	Domingo Gundlach von Juan Gundlach, mit Beilein von Dr. Gundlach Vollst. von Gundlach, mit Beilein Gundlach, Gundlach, Gundlach	Beilein XII. Beilein Epistola - 1210 Beilein XII. Beilein
Aptenberger (XII. Beilein)	Beilein, Armenien Beilein, Armenien, Armenien, Armenien	Michael Beck, Armenien	Beilein 1217
Armenia (1818-1821)	Armenia, Armen, Armenien, Die Armenier Armenia, Die Armenier, Armenien beilein, Armenien, Armenien	Michael Beck, Armenien	XII. Beilein, Armenien
Armenia, Armenien, Armenien	Beilein, Armenien, Armenien, Armenien Armenien, Armenien, Armenien, Armenien	Armenien, Armenien, Armenien, Armenien	1212
Beilein, Armenien, Armenien, Armenien - 1210 - 1210, Armenien, Armenien	Armenien, Armenien, Armenien, Armenien Armenien, Armenien, Armenien, Armenien	Armenien, Armenien, Armenien, Armenien	XII. Beilein Beilein, Armenien XII. Beilein 1210, Armenien

<p>Pravoslav (Ms. 194.22)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>
<p>Pravoslav (Ms. 194.22)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>
<p>Pravoslav (Ms. 194.22)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>	<p>Pravoslav (Pravoslav)</p>

BIBLIEN	LIVRE	OBRAS LAUREAS E INCLUIDAS EN LOS PREMIOS DE LAS UNIDADES DE INVESTIGACION Y/O DE LAS ESPECIALIDADES	LAUREAS INCLUIDAS EN LOS PREMIOS
Apéndice (Box III monedas)	Grecia	Agas Gerasi, Comonatos, andronati. Una gran hornada labrada bajo 1. Llamaron así todo lo que llamaron. De Especialidad Comonatos andronati yon kato 2. Pluma singular con elabonados. XII monedas	XII monedas
Apéndice (Box II y III)	De Monas. Gual. las gualas (Comonatos, Comonatos (Medal mon. and)	Gerasi, Comonatos, andronati. Elabon. Med. andronati, gerasi and	Tudo XII monedas 1253
Ed. las (Box II monedas)	De Especialidad Comonatos	Gerasi, Comonatos, andronati	Tudo XII monedas
Banco Monedras (Box I monedas 3)	Comonatos Comonatos (Ed. andron. Comonatos y gerasi)	Gerasi andron. Elabon. Med. andronati, gerasi and	Ed. las XII monedas 1253 mon. andron
Comonatos Comonatos	Medonatos (Medonatos (Comonatos) Comonatos De Pluma and De Especialidad yon Comonatos Med. las y gerasi Box I monedas)	Gerasi andron. Elabon. Med. andronati, gerasi and Med. las y gerasi and	XIII monedas Comonatos Ed. las 1253 Ed. las y gerasi and 1253 Comonatos

Pomelo-Hülsen Gulien (129-130)	Elter-Büchle in Pöndör- u. Loo (129-130)	Arab. mittel Bergische, Pöndör, griech. mittel Gaul. Communitas, arab. mittel Lomb. arab. mittel Griech. Mittel-alte u. griech. mittel Griech. mittel	Mittel neu-latein 1130 1140 Mittel neu-latein 1277 Mittel neu-latein
	Zachl. neu-latein Zachl. neu-latein Zachl. neu-latein Zachl. neu-latein Arab. u. Mittel-alte u. griech. mittel		
Pöndör (129-130)	Almagor Opfer	Griech. mittel Gaul. Communitas, arab. mittel Bergische, Pöndör, arab. mittel	Gaul. 1130 1140 1175 1180
Almagor-Möndör (127-128)	Möndör- u. Bergische Komunität De Möndör u. Bergische	Griech. Mittel-alte u. griech. mittel Communitas, Gaul. arab. mittel	Mittel neu-latein 1140 Mittel neu-latein
Opfer (129-130)	De Gaul. u. Möndör Komunität Möndör- u. Bergische Komunität De Gaul. u. Möndör Komunität, arab. mittel	Lomb. Communitas, griech. mittel Griech. mittel Griech. Mittel-alte u. griech. mittel	Mittel neu-latein 1277
Pöndör (129-130)	Opfer u. Möndör (De Möndör)	Griech. mittel	Gaul. Mittel neu-latein

zeturten, Ali Abbas (994an hila), Avizena (980-1037) eta Rhazesen (~924an hila) entziklopedietan bilduta⁵; dena dela, arabiarrek gai izan ziren mineral berri batzuk (adibidez: Merkurioa) eta beste droga batzuk gehitzeko greziarren materia medica-ri, berau gehienbat belarrez osatuta baitzegoen; halaber, Rhazesek berari burututako ohar berri batzuk egin zituen zenbait gaitan, hala nola, baztangaren eta elgorriaren diagnosian.

Arabiarren ekarpen originala garrantzitsuagoa izan zen optikaren eta perspektibaren ikaskuntzan, zeren eta hor, Euklides, Heron eta Ptolomeoren lanek gai horri heldu bazioten ere, Alkindi (~873an hila) eta Alhazenek (~965-1039) aurrerapen nabaria egin baitzuten greziarrek lortutakoaren aldean. Beste gauza batzuen artean, Alhazenek ispilu esferiko eta parabolikoak eztabaidatu zituen, baita camera obscura, lenteak eta ikusmena ere.

Matematikaren arloan, greziarren esku inoiz ere egon ez zen balio handiko jakintza multzo bat transmititu zioten arabiarrek Mendebaldeko Kristandadeari; hala eta guztiz ere, hori egitean arabiarrek ez zuten inolako ekarpen originalik egin, baizik eta hinduen artean pentsaera matematikoak izan zituen garapenak areago hedatu. Greziarrek ez bezala, hinduek gehiago garatu zituzten aritmetika eta algebra geometria baino. Matematikari hindu ezagunenak Aryabhata (476an jaioa), Brahmagupta (598an jaioa) eta –geroago– Bhaskara (1114an jaioa) izan ziren. Matematikari hauek numeralen sistema bat garatu zuten, zeinean digitu baten balioa bere posizioagatik adierazten baitzen. Zeroaren erabilera ezagutzen zuten, erro karratu eta kubikoak kalkulatzeko gai ziren eta matematikaren arloko hainbat gai ulertzen zituzten: zatikiak, interes-problemak, serie aritmetiko eta geometrikoen batuketa, lehenengo eta bigarren mailako ekuazio determinatu eta indeterminatuen soluzioa, permutazioak, konbinazioak, eta aritmetika eta algebra bakuneko beste eragiketa batzuk. Gainera, teknika trigonometrikoa garatu zuten zeruko gorputzen mugimenduak adierazteko, eta sinuen taula trigonometrikoak asmatu zituzten.

Arabiarrek hinduengandik ikasi zuten ideia matematiko nagusia beraien numeralen sistema izan zen; sistema hori Kristandadean bereganatzea Europako zientziaren aurrerapen handienetako bat izan zen. Sistema modernoaren oinarri den sistema horren lorpen nagusia zeroaren sinboloa barne hartzen zuela da, eta, horrekin batera, edo-

zein zenbaki bere digituak ordena egokian jarritz adieraz zitekeela besterik gabe; digituaren balioa zerotik edo ezkerreko lehen digitutik zuen distantziaren bidez adierazten zen. Sistema berriak abantaila handiak zituen Erromako sistemaren aldean, berau oso deseroso eta neketsua baitzen.

Arabiarrek hinduengandik ikasi zuten sisteman, lehendabiziko hiru zenbakiak trazu batez, bi trazuz eta hiru trazuz –hurrenez hurren– adierazten ziren, eta badirudi 4, 5, 6, 7, 9 eta –segur aski– 8 zenbakien grafia hinduen hizkuntzaz zenbaki horien izenek zituzten inisialetatik hartu zela. Arabiarrek sistema horretako zerbait ikasi zuten hinduengandik, zeren VIII. mendetik aurrera merkataritza-harreman garrantzitsuak izan baitzituzten eurekin; al-Khwarizmi horren inguruko azalpen osa eman zuen IX. mendean. Latinez «algoritmo» izenez ezagutu zen sistema hori, beraren jatorrizko izena desitxuratu izanaren eraginez.

Hinduen numeralak XII. mendetik aurrera sartu ziren poliki-poliki Europako Mendebaldean. Matematikarien artean praxian zegoen joera zein zen ikusteko oso sintomatikoa da al-Khwarizmi berak esan zuena –algebrari buruz idatzi zuen lana Adelardo Bathekoak itzuli zuen–, hots (horrela jaso zuen F. Rosenek bere *The Algebra of Mohammed ben Musa* argitalpenean, Londres, 1831, 3. or.), bere zereginak

aritmetikan erabilgarrien diren gauzetara mugatu zituela, hau da, gizakiek etengabe egiten zituzten eskarietara, hala nola jaraunspen, ondare, banaketa, legezko auzi eta merkataritzara, baita euren arteko tratuetara ere, edota lurren neurketa, ubideen indusketa, konputazio geometrikoa eta mota desberdinetako beste gai batzuk barne hartzen dituzten kontuetara.

Mende horrexetan baina urte batzuk geroago, Rabbi ben Ezra –jatorriz judu espainiarra baitzen– arabiarren zenbakikuntza-sistema osoa azaldu zuen, batez ere 0 sinboloaren erabilera. Gerardo Cremonakoak azalpen hori indartu zuen gero. Baina sistema arabiarra ez zen modu hedatuan ezagutu XIII. mendera arte. Hedapen horren eragile nagusia Leonardo Fibonacci edo Leonardo Pisakoaren lana izan zen (1240aren ostean hila). Leonardoren aita Pisako merkataria bat zen, garai batean Bugia herri bereborean lantegi baten ardura hartzera bidali zutena; bertan, Leonardok asko ikasi bide zuen arabiarren numeralen balio praktikoaz eta al-Khwarizmiren idazkiez. 1202an

bere *Liber Abaci* argitaratu zuen, non, bere izena gorabehera, numeral arabiarren erabilera azaldu baitzuen oso-osorik. Leonardok ez zuen interes pertsonalik aritmetika komertzialean, eta, hortaz, bere lana oso teorikoa izan zen; hala eta guztiz ere, bere garaia osteko merkatari italiarrek zenbakikuntza-sistema arabiar edo hindua bereganatu zuten arian-arian.

XIII. eta XIV. mendeetan, numeral arabiarren jakintza Mendebaldeko Kristandadean zehar hedatu zen, almanaka eta egutegi herrikoien bidez. Pazkoaren eta Elizaren beste jai batzuen datak oso garrantzitsuak ziren etxe erlijioso guztietan, eta, horrenbestez, horrelako lekuetan almanaka edo egutegi bat egon ohi zen beti. Frantzia 1116an egin zen lehenengo egutegia bertako hizkuntzan, eta Islandiako lehen-dabizikoak garai berekoak dira. Orobat, matematikari batzuek sistema berriari buruz egin zituzten azalpen herrikoiak (herriarentzat zuzenduak) areago hedatu zuten jakintza hori Mendebaldean; alde horretatik, aipatzekoak dira Alexander de Villedieu eta John Holywood –Sacrobosco gaitzizenaz ezaguna– idazleak, baina baita Henri de Mondevillek idatzi zuen tratatu kirurgiko bat ere. XIII. mendeko erdian inguruan, Greziako bi matematikarik sistema azaldu zioten Bizantziori. Numeral hinduek ez zuten berehala hartu numeral erromatarren lekua. Izan ere, numeral erromatarrek modu zabalean erabili ziren Italiatik kanpo XVI. mendeko erdira arte, baina, hala eta guztiz ere, 1400. urterako numeral arabiarrek aski ezagunak ziren eta modu orokorrean ulertzen ziren, gutxienez adituen artean.

*

Arabiarrek Europako zientziari egin zioten ekarpen garrantzitsua eta originalena alkimiaren, magiaren eta astrologiaren eremuetan aurkitzen dugu, eta horren arrazoiak, neurri batean, pentsaera arabiarren tradizio sendo batek berez naturaren munduko arazoetara hurbiltzeko zuen modu berezia izan zen. Tradizio horren arazo nagusia ez zen jakitea zein ote ziren Jainkoaren asmo moralak ondoen ilustratzen zituzten alderdiak, ezta zein ote ziren Biblian edo eguneroko bizipenen munduan behatutako gertaeren azalpen arrazionala eman zezaketen arrazoi naturalak ere, baizik eta jakitea zer-nolako jakintzak emango ote zuten naturaren gaineko boterea. Ikertzaileek hauxe aurkitu nahi zuten: «Biziaren Elixirra, Filosofoen Harria, Talismana, Botearearen Hitza eta landare eta mineralen propietate magikoak»; eta

beraien galderen erantzuna alkimia izan zen. Ustezko botere magiko hori konpartitzeko nahia izan zen, hein batean, Mendebaldeko Kristandeko lehenengo itzultzaileak arabiarren jakintza-zentro batzuetara joatera bultzatu zituena, hala nola, Toledora eta Siziliara. Aditu batzuek uste zuten antzinako greziarrek horrelako jakintza eskuratu zutela eta ezkutatu egin zutela, idazki kriptikoetan eta sinbolo alkimikoetan.

XII. mendea baino lehenago idatzitako lan latindarrek ez zuten magia eta astrologia inola ere kanpo utzi (ikus 27.-8. orriak), baina arabiarren eta XII. mendearen ostean beraien eragina berenganatu zuten idazle latindarren artean berebiziko loraldia izan zuten magiak eta astrologiak. Ez zen bereizkuntza zehatzik egin zientzia naturalaren eta zientzia magiko edo ezkutuen artean, zeren bai arrazoi fisikoak eta bai arrazoi ezkutuek berdintzat jotzen baitziren fenomeno fisikoak azaltzeko orduan. Ikuspuntu hori oso garbi azaldu zuen Alkindik, IX. mendeko arabiar neoplatonistak, bere *On Stellar Rays* edo *The Theory of the Magic Art* liburuan. Hala izarrek eta Lurreko objektuek nola gizakien buruak, modu egokian esandako hitzen ahalmenari esker, «eragina» izatea lortzen dute euren sustraiak zeruko harmonian dituzten izpien bitartez. Izpien ondorioak aldatzen omen dira, zeruko gorputzen konfigurazioen arabera. XII. mendeko idazle latindar gehienek «zeruko bertutea» arrazoi bat zela onartu zuten, eta «espezien ugaltari» buruzko teoria zaharren inguruan Roger Baconek gauzatu zuen eztabaida famatua era desberdinetan interpretatu zen: batzuentzat, fisikarentzako ekarpen bat izan zen; beste batzuentzat, berriz, lerro zuzenean doazen astro-eraginei buruzko azalpen bat. «Mirariak», deabruen eta –beraz– gaizkiaren lana ez zirenean, naturako objektu batzuetan gordetzen ziren bertute ezkutuen emaitza izan zitezkeen, hau da, «magia naturalaren» emaitza. Filosofo eskolastiko natural ugari gaizkiaren eta magia naturalaren arteko bereizkuntzaren alde azaldu ziren; horien artean aipatzekoak dira Gilermo Auverniakoa, Albertus Magnus eta Roger Bacon, besteak beste. Bertute ezkutuen aurkikuntza Erdi Aroko esperimendatzaile askoren xede nagusietako bat izan zen. Alkimistek metalak transmutatzeko esperantza zuten, baita gizakien bizitza luzatzeko ere, eta, agian, lapurreta edo adulterioen errudunen izenak ezagutzeko behar bezainbesteko ahalmena eskuratzeko naturaren gainean.

XVI. mendea nahiko aurreratuta zegoela, magiaren eta esperimentazioaren alderdi baten arteko lotura oso estua zen. XVII. mendean, txoriek edo sorginek airetik eramana bidaiatzea gizakien garraio-metodo ezagunen artean sartu zuen Wilkins apezpikuak, Royal Societyko sortzaileetako batek, mekanikari buruz idatzi zuen *Mathematicall Magick* liburuan. Hori horrela izan arren, Mendebaldeko Kristandadeko XIII. mendeko filosofo natural asko gai ziren, neurri handi batean, magia euren lanetik kanpo uzteko. Jarrera hori izan zuten azterlari eta esperimentatzaileen artean, Albertus Magnus, Petrus Peregrinus eta Rufinus aipatu behar dira adibide gisa. Roger Baconek (~1219-92), naturaren gaineko boterea eskuratzeko gogoia –bere zientziaren xede gisa– eta harri zein belarren bertute ezkutuen inguruko sinetsmena magiaren nahi eta presuntzioetatik hartu bazituen ere, esperimentazio zientifikoari buruzko ikuspegi bat ere garatu zuen, zeina, agian, zientziaren helburuei buruzko ikuspegi praktikoaren lehen adierazpen esplizitua izan baitzen. Berarekin, Europako adiurre praktikoa «Mila eta Bat Gau» ipuin-bilduma arabiarraren magia aldatzen hasi zen, zientzia aplikatuaren lorpenetara eramanez.

Alkimia espekulatiboa eztabaidatu ondoren, Roger Baconek horrela jarraitu zuen bere *Opius Tertium*-en 12. kapituluari:

Baina bada beste alkimia bat, operatibo eta praktikoa, artearen bitartez metal nobleak, koloreak eta beste gauza askoren egoera naturala hobetzen eta haien kopurua handitzen irakasten duena. Eta gisa horretako zientzia bera-
ren aurrekoak baino hobea da, probetxuzko gauza gehiago produzitzen ditue-
lako. Zeren eta ondasunak eta ongizate publikoarentzako beste gauza asko
sortu ez ezik, gizakion bizitza naturak ezarritakoa baino denbora askoz ere
gehiagoz luza dezaketen gauzak nola aurki daitezkeen ere erakusten baitu...
Hortaz, zientzia horrek mota horretako probetxu bereziak ditu, baina, aldi
berean, alkimia teorikoaren balioa berresten du bere lanen bidez.

Zientziaren bitartez lor zitezkeen gauza erabilgarriez zuen ikuspegiari dagokionez, Roger Baconek bere garaiko iritzi arrunta izan zuen, hots: etorkizuna izarretan baino zehaztasun handiagoz irakurri ahal izango zen; Elizak Antikristoari eta tartariarrei irabaziko zien. Zientziaren azkeneko balioa Jainkoaren Elizaren eta fededunen komunitatearen zerbitzuan jardutea zen: Kristandadea naturaren gaineko boterearen bidez babestea eta Elizari gizateria ebanjelizatze-
ko

zereginean laguntzea, gizakien burua teologian errebelatutako Sortzailearen kontenplaziora eramanez, egia zientifikoan zehar, egia guztiak bat bihurtzen zituen kontenplaziora, alegia. Baina zientziaren berehalako erabilerari buruz zeukan ikusmoldean, XIX. mendeko iritzi ia berdina zuen Baconek.

Nekazaritza dela-eta haxe dio bere *Communia Naturalium*:

Hurrena, landare eta animalien izaeraren zientzia berezia dator, giza-kia salbuespentzat hartuta, zeren gizakia, bere nobleziaren kariaz, medikuntza izeneko zientzia berezi baten eremuan sartzen baita. Baina irakaskuntzaren hurrenkeran animalien zientzia dator lehenengo, animaliak gizakien aurrekoak direlako eta beraien erabileragatik beharrezkoak direlako. Zientzia honen lehendabiziko urratsa era guztietako lur motak eta Lurraren produktuak aztertzea da; alde horretatik, uzten arabera lau lur mota bereiztu behar dira: lehenengo lur mota zerealak eta lekaleak ereiteko erabiltzen dena da; bigarren lur mota basoz estalita dagoena da; hirugarrena, berriz, larrez eta txilardiz osatutakoa da; eta laugarrena ortua da, hots, arbolak, barazkiak, belarrak eta sustraia hazteko –bai elikadurarako eta bai medikuntzarako– erabiltzen den lurra. Zientzia horren xedea landare guztiak sakon aztertzea da, Aristotelesen *De Vegetabilibus* tratatuaren azalpenean dauden hutsuneak gaindituz; beraz, beharrezkoa da landareei buruzko zientzia egoki eta berezi bat sortzea eta zientzia hori nekazaritza-liburuetan irakastea. Nolanahi ere, nekazaritzak ezin du aurrera jo etxe-abere ugaririk gabe; basoen, larreen, txilardien eta horrelako lurren erabilera ezin uler liteke basabereen elikaduran duten zeregina kontuan hartu gabe; eta gizakien ongizatea ez litzateke hain handia izango gisa horretako animaliarik gabe; horrenbestez, zientzia hori animalien eremura ere zabaldu behar da.

Baconek ez zuen zientziei buruzko eztabaida hori garatu, baina garbi ikusi zuen mota horretako ikasketek izan zezaketen erabileraren garrantzia. Urpekuntzi eta automobilari buruz *Epistola de Secretis Operibus*-en 4. kapituluan egin zituen profeziak aski ezagunak dira, eta ondo baino hobeto erakusten dute ikasketa zientifikoak praktikotasun erabatekoaren bidetik eraman nahi zituela.

Nabigaziorako makinak arraunlaririk gabe egin litezke, halako moldez non gizon bakar batek ibai edo itsasoko ontzirik handienak mugitu ahal izango lituzkeen, ontzia gizonez beteta egongo balitz baino abiadura handiagoz. Autoak ere beste era batera egin litezke, animaliarik gabe ezin sinetsizko abiaduraz mugi daitezten. Horrelakoak ziren, gure ustez, antzinako gizonek

euren borroketan erabili zituzten segaz babestutako guda-gurdiak. Eraiki ere makina hegalariai eraiki litezke: bertan, gizon bat makinaren erdian eseriko litzateke, motore bat mugitzen eta horren bitartez hego artifizialak airean astintzen, txori hegalariek egiten duten bezalaxe. Orobat, makina txiki bat egin liteke pisu izugarriak igotzeko edo jaisteko, larrialdietan ez baitago hori baino tresna erabilgarriagorik. Izan ere, hiru hatz edo gutxiagoko luzera eta zabalera dituen makina bati esker gizon bat eta beraren lagunak pisuen arriskuari aurre egingo bailiokete, pisuak igotzean eta jaistean zapalduak izateko arriskua saihestuz. Halaber, erraza da gizaki bati berarenganantz mila gizon –berauen nahiaren aurka– indarrez erakartzea ahalbidetuko liokeen makina bat egitea, beste zenbait gauza era berean mugitzeko ahalmena emateaz batera. Egin ere itsasoan eta ibaietan arriskurik gabe ibiltzeko –baita berauen hondoraino ere iristeko– makinak egin daitezke. Ethicus astronomoak kontatu zuenez, Alexandro Handia horrelako makinez baliatu zen bazter sakonetako sekretuak ikusteko. Makina horiek Antzin Aroan egiten ziren eta gure garaian ere egin izan dira, hegan egiteko makina izan ezik –seguruenik–, nahiz eta nik ezagutzen dudan aditu batek makina hori egiteko modu bat asmatu duela esan didan. Eta gisa horretako gauzak ia mugarik gabe egin daitezke, hala nola zutabe edo euskarririk gabeko zubiak egitea ibaien gainetik, eta mekanismoak, eta motore harrigarriak.

Aurrekoaz gain, Baconek egutegia erreformatzeko premia azpimarratu zuen, bere maisu Robert Grossetestek egin zuen bezala, eta erreforma nola egin zitekeen deskribatu zuen, nahiz eta, errealitatean, bere iradokizunek 1528. urtera arte itxaron behar izan zuten praxira eramanak izateko. Dena dela, jakintza zientifikoak –arau tekniko enpiriko hutsetatik bereiztuta– hobekuntzak ekarri zituen berekin Berant Erdi Aroan, hala eraikuntzan nola kirurgian, betaurrekoak asmatzen laguntzeaz batera; hala eta guztiz ere, magiaren bitartez arabiarrek naturaren gainean lortu nahi izan zuten nagusitasun praktikoa ez zen eskuratu mende asko iragan arte.

Greziarren eta arabiarren jakintzak Mendebaldeko Kristandadeari egin zizkion ekarpen guztien artetik bada aparteko eragina izan zuen zerbait, hots, Aristoteles, Ptolomeo eta Galenoren lanek sistema arrazional orokor bat osatzen zutela, eta sistema horrek unibertsoa arrazoi naturalen bidez esplikatzen zuela. Aristotelesen sistemak zientzia naturala baino zerbait gehiago hartzen zuen barne, XX. mendeak zientzia naturaltzat zer hartzen duen erreferentziazat hartzen

badugu. Aristotelesena filosofia oso bat zen, «lehen materiati» hasi eta Jainkoarenganaino iristen baitzen. Baina osotasun hori izan zen, hain zuzen ere, Aristotelesen sistemari hainbesteko oposizioa ekarri ziona Mendebaldeko Kristandadean, zeren bertako adituek gisa bereko sistema orokor bat baitzuten, erlijio kristauan errebelatutako gerta-eretan oinarritua. Horrez gain, Aristotelesen teoria batzuk doktrina kristauaren kontra zihozten zuzen-zuzenean. Adibidez, Aristotelesek esan zuen mundua betierekoa zela, eta, hori, jakina, Jainkoa sortzaile-tzat hartzen zuen ikusmolde kristauari kontrajartzen zitzaion. Beraren iritzien susmagarritasuna bikoitza zen, Mendebaldera iritsi zirenean beraien determinismo absolutua azpimarratzen zuten iruzkin arabiarrekin batera iritsi zirelako. Arabiarrek Aristotelesezt egin zuten interpretazioa oso baldintzatuta egon zen kateari buruzko ikusmolde neoplatonikoagatik; beraren arabera bazen kate bat, honako begizta hauek zituena, ondorengo hurrenkeran: lehen materia, natura bizigabea, natura biziduna, gizakia, aingeruak, Adimenak eta Jainkoa, azken hori guztiaren jatorritzat hartuta. Alkindi, Alfarabi, Avizena eta bereziki Averroesek (1126-98) –beste iruzkingile batzuen artean– Mahomaren erlijiotik sorkuntzaren ideia hartu eta Aristotelesen sisteman sartu zuten, interpretazio jakin batez, hots: nahimen librea ukatzen zuten, ez gizakiei soilik, baizik eta baita Jainkoari berari ere. Beraien aburuz, mundua ez zen sortu Jainkoaren zuzeneko ekintzaren bidez, baizik eta ezinbesteko kausa batzuen hierarkia baten bidez. Hierarkia horren gailurrean Jainkoa zegoen; gero, behearantz eginez, zeruko esferak mugitzen zituzten zenbait Adimen zeuden, eta beraien azpian Ilargiaren esfera mugitzen zuen Adimena zegoen; beronek Entelegu Egile bereiztu baten existentzia eragin zuen, zeina komuna baitzen gizaki guztientzat, euren jakintzaren arrazoi bakarra izateaz batera. Giza arimaren forma Entelegu Egile horretan existitzen zen gizakia sortu baino lehenagotik, eta hil egin ostean beraren baitara itzultzen ziren giza arima guztiak. Unibertsoaren erdigunean, Ilargiaren esfera-ren barnean –hau da, Ilargiaren azpiko eremuan–, funtsezko materia komun bat sortzen zen, *materia prima* izenekoak, eta gero lau elementuak. Lau elementuetatik landareak, animaliak eta gizakia bera sortzen ziren, zeruko esferen eraginpean.

Sistema horretako zenbait puntu guztiz onartezinak ziren Mendebaldeko Kristandadeko XIII. mendeko filosofoentzat. Bana-

kako gizakien arimaren hilezkortasuna ukatzen zuen. Gizakien nahimen librea ukatzen zuen eta giza jokabide guztiak astrologiaren ikuspuntutik interpretatzeko aukera eskaintzen zuen. Orobat, sistema erabat determinista zen, Jainkoren jarduna Aristotelesek adierazitakoaren araberakoa soilik izan zitekeela esaten baitzuen. Iruzingile arabiarren jarrerak are arbuigarriago bihurtu zuen determinismo hori pentsalari kristautentzat, batez ere Averroesen jarrerak. Izan ere, beronen hitzetan:

Aristotelesen doktrina guztizko egia da, bere adimena giza adimenaren gailurra izan zelako. Beraz, zuzena da esatea Jainkoaren Probidentziak Aristoteles sortu eta eman zigula, berarengandik jakin genezan zer ote den benetan jakin daitekeena.

Kontuan hartu behar dugu adierazpen horretan Ekialdekoen ahoberokeria islatzen dela neurri batean, baina, hala eta guztiz ere, ikuspuntu hori oso ohikoa zen Averroesen jarraitzaile latindarren artean. Euren ustez, munduaren jatorria Jainkoa zen, baina Aristotelesek azaldu zuen modu zehatzean soilik, eta, beraz, ez zegoen beste inolako azalpen onargarririk. Gainera, interpretazio horren berealdiko arrazionalismo teologikoak ez zuen desitxuratzen Aristotelesen berezko pentsaera, zeren zientzia naturalari eta metafisikari buruzko bere ikusmoldeak hauxe hartu baitzuen oinarritzat: posible zela gauzen eta Jainkoaren esentzia arrazoimenaren bidez aurkitzea, munduan antzematen ziren erregulartasunak arrazoituz. Platonen ikusmoldea berdina izan zen, bertan inplikaturako arrazoimen-prozesuen eta aurkitutako esentzien izaeraren inguruan bestelako iritzia izan bazuen ere. *De Caelo*-ko 2. liburuko 3. kapituluko tour de force paregabean Aristotelesek erabateko sostengua eman zion Averroesek bere kosmologiari egin zuen interpretazioari. Bere asmoa zen frogatzea ezen sistema hori, errealitatean egiazkoa izateaz gain, berez ere egiazkoa izan behar zela ezinbestean, Jainkoaren esentzia eta perfekzioetik zetorrelako. Bere iritziz, gauza guztiak euren xedeengatik eta jomugan zuten perfekzioagatik existitzen ziren. Jainkoaren jarduna betierekoa zen, eta, hortaz, horrelakoa izan behar zen zeruaren mugimendua ere, berau jainko-gorputz bat zelako. «Horregatik, zeruari gorputz borobil bat eman zaio, bere izaeragatik zirkuluan mugitu behar dena...; eta Lurra beharrezkoa da gorputz baten betiereko mugimenduak betiereko atsedena behar duelako beste gorputz batean». Ildo beretik, bere

garaiko mundua –esan zuen– berak deskribatu eta esplikatzen zuen bezala izan behar zen, eta gauzen izaerari dagokionez ezin zitekeen bestelakorik izan.

Aristotelismoaren inguruan XIII. mendean sortu zen egoera hura ez zen izan, inola ere, greziarren arrazionalismoaren eta kristauen errebelazioaren artean pentsalari kristauak aurkitu eta bizi izan zuten lehen kontraesana. Bai greziarrek eta bai Guraso Latindarrek sakon eztabaidaturik, arrazoimenaren eta fedearen arteko harremanaz San Agustinek egin zuen azterketa izan zen arazo horrek Erdi Aroko Mendebaldean izan zuen tratamenduaren abiapuntua. *Confessions*-en pasarte oso ezagun batean, San Agustinek deskribatu zuen nola gizon gaztea zelarik, filosofia greziarraren metodoari jarraituz, existentzia ulertzen saiatzeari ekin zion arrazoimenaz soilik baliatuz, eta nola kristau bihurtzeak ulertze hori fede kristauaren bidez berehala lor zitekeela pentsatzera eramane zuen. Dena dela, aldi berean azpimarratu zuen ezinezkoa zela ulertzen ez zen zerbaitean sinestea, eta, beraz, doktrina kristauan beraren funtsa ulertzen saiatu gabe sinets zitekeela esatea sinetsmenaren benetako xedea ez ezagutzearen parekoa zela. Era horretan, San Agustinek errebelazioaren edukia gehitu zion esperientziaren edukiari, emandako munduaren osagai gisa; filosofo kristauak, hortaz, datu horien izaera eta elkarren arteko loturak argitu behar dituzte ikerkuntza arrazionala baliatuz.

Programa horretatik sortzen zen arazorik agerikoena eta eragin handienekoa hau da: nola ulertu behar ote zen bi datu-iturri horien arteko lotura, hau da, errebelazioaren eta esperientziaren arteko lotura, Eskritura Santuen eta zientziaren artekoa? San Agustinek gai horri heldu zion *De Genesi ad Litteram* iruzkinean –zeinaren exegesi-metodoak Galileok komentutako baitzituen. Egia berez koherentea dela funtsezko printzipiotzat hartuta, San Agustinek a priori baztertu zuen errebelazioaren datuek –definizioagatik egiazkoak, beraien iturriaren argitan– benetako kontraesanak izan zitzaketela behaketaren datuekin –aurrekoak bezain egiazkoak– eta egiazko arrazonamenduaren ondorioekin. Kontraesane bat zegoela ematen zuenean, horren arrazoiak aurrez aurre jarritako argudioen benetako esanahia gaizki ulertzea izan behar zen; alde horretatik, kontuan hartu behar zen –zioen San Agustinek– esanahi horiek ezin zirela literalak izan, ez Eskriturretan ez zientzian. Modu horretan sortutako interpretazio arazoak azaleratu

zuen lehenengo gatazka Eskrituren kosmologia hebraitarren eta astronomo greziarren artekoa izan zen: Eskrituren kosmologiarentzat Lurra laua zen eta zerua ganga-formakoa; astronomo greziarrek, aldiz, globoaz eta esferez hitz egiten zuten. Gai horiek jorratuz, San Agustinek bereizkuntza garbi bat egin zuen: alde batetik, Eskrituren funtsezko asmo moral eta espirituala zegoen; bestetik, mundu fisikoari buruz han eta hemen egiten ziren garrantzi gutxiko erreferentziak. Azken horien inguruan bat egin zuen San Jeronimok esan zuenarekin, hau da, erreferentzia horiek garai hartako ikusmoldeen arabera egin zirela, eta, beraz, ez zetozeala nahitaez bat egia literalarekin. Bera zientzialari naturala ez bazen ere, San Agustinen idazkiek ondo erakusten dute astronomia eta beste zientzia batzuk menderatzen zituela, eta, halaber, zientzia horiek ezagutzera bultzatu zituela bere lagun kristauak. Hala, zeruen eta Lurraren forma eta mugimendua, elementuak, animalien, landareen eta mineralen izaera eta naturaren eremuko beste gai batzuk eztabaidatu zituztenean, bazen San Agustinek kristauei bereziki eskatu zien gauza bat: ez zezatela erlijioaren doktrina nagusien onarpena arriskuan jarri adierazpen zentzugabeak eginez, ustez idazki kristauekin bat zetozelako, baldin eta eztabaidatzen ziren gaiak zientzia naturalak berez erabaki zitzakeen gaiak baziren. Egia da, jakina, San Agustin poztu egiten zela Eskrituretan esandakoa zientziaren bitartez berresten bazen, baina bere politika Eskriturak itxurazko falsifikazioetatik babestea zen, behaketa eta arrazoimena baliatuz, eta, aurreiritzirik gabe, berez naturaren eremukoak ziren gauzak ikerkuntza zientifikoaren esku utziz. «Ilunak diren eta gure ikusmenetik urrun dauden puntuei dagokienez» –idatzi zuen *De Genesi ad Litteram*-en I. liburuko 18. kapituluak– Eskritura Santuetan horren inguruko zerbait aurkitzen badugu, geure fedearekin bat datorren zerbait alegia, eta horrek esanahi bat baino gehiago izan badezake, ez dugu modu itxian eta arrapaladan esanahi bat aukeratu behar eta berarekin konprometitu, zeren egia sakonago ikertzen denean hauxe gerta baitaiteke: aukeratutako interpretazioak porrot egiten duela eta berarekin batera geu ere hondoratzen garela». Galileok pasarte hori aipatu zuen gerora, bere garaikideei politika arrazional berbera izan zezatela eskatzeko; hala eta guztiz ere, arazo horren historiari begiratzen badiogu, batez ere Erdi Aroko Aristotelismoarekin planteatu zen moduan, XIII. mendetik Galileoren egunetara arte, gertatutakoak zera erakusten digu: horrelako politika bat lagungarria izan daitekeela gatazka-eremua

murritzeko, baina, aldi berean, ez duela erantzun automatikorik eskaintzen arrazoimenaren eta errebelazioaren kosmologien artean sortzen ziren galdera guztietarako. San Agustinek berak, zabalkunde kristauaren funtsezko garrantziaz sinetsirik, hauxe esan zuen irmotasunez *De Genesi ad Litteram*-en 21. kapituluari: filosofoek irakatsiko balute «gure Eskrituren aurka doan zerbaite, hau da, fede katolikoaren aurkako zerbaite, erabat okerra dela pentsatuko genuke inolako zalantzarik gabe, eta hori horrela dela erakusteko gaitasuna izan beharko genuke nolabait».

Aristotelesen filosofiaren eta teologia kristauaren artean elkar-gune bat aurkitzeko ahaleginak izan ziren garapen interesgarrienak eta kritikoenak ekarri zituztenak, hala filosofiaren alorrean nola zientziari buruzko ikusmoldean, XIII. eta XIV. mendeetan. Hasierako ezbaiak eta estuasuna gaindituta, hiru irizpide nagusi hasi ziren arian-arian bereizten. Lehenengo irizpidea averroista latindarrena izan zen; berauen oinarria izan zen Aristotelesen filosofiaren egia arrazionala erabat ukaezina zela, eta, hortaz, teologia kristaua irrazionala edo gezurrezkoa zela onartu zuten ondorio gisa. Garbi omen dago Jean de Jandun (1328an hila) benetan gizon fedegabea izan zela, baina fedegabetasun hori ironiaren bidez moteltzen eta nolabait ezkututzen zuela, Voltairek egingo zuen legez. Teologia kristaurentzat eta zientzia enpirikoarentzat mehatxu berdina izanik, Jainkoaren nahiaren askatasun absolutuaren doktrina kristaua izan zen arrazionalismo averroistaren kritikaren oinarria mamitu zuena, nahiz eta munduari buruzko beharrezko egia arrazionalak egoteko posibilitatearen inguruko argudio logikoek nolabaiteko presioa egin zioten kritika horri. Irizpide moderatu bat, besteak beste, San Tomas Aquinokoarena izan zen. Beraren arabera, beharrezkoa zen zientziaren arrazionaltasuna onartzea; Jainkoarengan beharren bat aurki zitekeela esatea, ordea, ez zen onargarria. Fedearen defendatzaileen muturreko irizpidea XIV. mendean agertu zen. Garai horretan, Gilermo Ockhamgoak –adibidez– arrazoimenaren mehatxua ezabatu zuen: munduaren arrazionaltasuna ukatu zuen, erabat, eta beraren ordena, izatez, Jainkoaren ezin asma-tuzko nahimenarekiko mendekotasunera murriztu zuen.

XIII. mendeak Aristotelesen gaitzespen kategorikoa ikusi zuen aurrena, baina mendearen erdira iritsirik filosoforik garrantzitsuene-tako bat zela onartuta zegoen. 1210ean, Parisen –Paris irakaskuntza

zentro nagusi bihurtu zen XII. mendearen amaieran, Chartresen lekua hartuz-, Elizaren kontseilu probintzialak Aristotelesen filosofia naturalari buruzko ikuspuntuak eta beraiei buruzko iruzkinak irakastea debekatu zuen. 1215ean, antzeko dekretu batek beraren lan metafisiko eta naturalak azaltzea eragotzi zuen; nolana ere, dekretu horrek ez zuen ikaskuntza pribatua debekatu, eta Parisen soilik zen aplikatzekoa; izan ere, Tolosako Unibertsitateak lan horiei buruzko klaseak iragarri zituen urte haietan. Lehen aipatutakoen ostean beste debeku batzuk eman ziren, baina ezinezkoa izan zen debeku horiek betearaztea. 1231n, Gregorio IX.a Aita Santuak batzorde bat izendatu zuen Aristoteles lan natural batzuk ikuskatzeko; 1260an, berriz, Gilermo Moerbekekoak bere grezieratik itzulpena hasi zuen. Albertus Magnusek (1193/1206-80), beraren ikasle San Tomas Aquinokoak (1225-74) eta goi-mailako beste irakasle batzuek Aristoteles lanak azaldu zituzten, eta, horren ildotik, 1255ean, beraren lan metafisiko eta natural garrantzitsuenak azterketetarako gaiak ziren Parisko Arteen Fakultatean. Oxfordi dagokionez, «Aristoteles berriak» oposizio ofizialik piztu gabe egin zuen bere lehendabiziko sarrera. Tratatu logiko eta fisikoei buruzko lehenengo ikastaroak XIII. mendeko lehen hamarkadan hasi ziren, baina Robert Grosseteste (~1168-1253) filosofo eta irakasle ospetsuaren eragina izan zen zientzia berria, matematika eta logika, hizkuntzak eta Bibliaren edukia ikasteko interes iraunkorra Oxforden –Erdi Aroan– benetan sortu zuena. Grossetestek Unibertsitateko lehen urteetako ordezkari eta gidari nagusia izan zen; hasteko, 1214an, Unibertsitateko *Magister Scholarum* edo kantzeleri gisa –agian bera izan zen kargu hori hartu zuen lehenengoa–; geroago, Oxfordeko frantziskotarren etxeko irakasle gisa; eta 1235az geroztik Lincolngo apezpiku bezala, Oxford elizbarruti horri baitzegokion.

Unibertsoaren sistema aristotelikoari buruzko pentsaerak hainbat eskola izan zituen Erdi Aroan zehar. XIII. mendean, Oxfordeko fraide frantziskotarrek agustinismoaren printzipio nagusiak fideltasunez gordetzeko joera izan zuten, hala nola ezagutzaren teoria eta unibertsalen teoria; aldi berean, haatik, zeruko gorputzen mugimenduak eta beste fenomeno natural batzuk azaltzeko, Aristotelesen ekarpen garrantzitsu batzuk ere onartu zituzten, nahiz eta, sarritan, Aristotelesen eragin orokorrari aurre egiten zioten. Aldi berean,

Oxforden bazen pentsaera frantziskotarraren beste alderdi baten ezau-
garri interesgarri bat, Roger Baconengan islatua. Bacon biziki intere-
satuta zegoen Aristotelesen eta arabiarren jakintza matematiko, fisiko,
astronomiko eta medikoan, eta askoz ere interes txikiagoa zuen
beraien ikuspuntu metafisikoetan. Parisko Unibertsitatean, Albertus
Magnusek, San Tomas Aquinokoak eta beste domingotar batzuek
Aristotelesen fisikaren eta naturaren filosofiaren printzipio nagusiak
onartu zituzten (ikus, geroago, 69. or. eta hurrengoak), beraren deter-
minismo absolutua gaitzetsi bazuten ere. Aurrekoek gain beste pen-
tsaera eskola bat egon zen, laugarrena, unibertsoari buruzko interpre-
tazio guztiz determinista onartzen zuena; bere aditu ezagunena Siger
Brabantekoa izan zen, averroista amorratua bera. Eta, bukatzeko,
Italiako Salerno, Padua eta Bolognako unibertsitatean bosgarren talde
bat eratu zen; bertan, gai teologikoek Ingalaterran edo Frantzian baino
garrantzi txikiagoa zuten, eta Aristoteles eta arabiarrek ikasteko arra-
zoi nagusia beraien doktrina medikoak ziren.

Mendebaldeko Kristandadea Aristoteles onartzera gehien bul-
tzatu zutenak Albertus Magnus eta San Tomas Aquinokoa izan ziren,
Grossetesterekin batera. Jorratu behar izan zuten arazo nagusia fede-
aren eta arrazoimenaren arteko harremana izan zen. Zailtasun hori
gainditzeko ahaleginetan, Albertusek bi egia hartu zituen oinarritzat,
San Agustinek bezala: errebelatutako erlijioaren errealitateak eta bere
esperientzia pertsonalaren barneko gertaerak. Albertusek eta San
Tomasek ez zuten Aristoteles autoritate absolututzat hartu,
Averroesek egin zuen bezala, baizik eta arrazoimenerako gidatzat soi-
lik. Aristotelesi arazoak sortzen zitzaizkionean –dela modu esplizi-
tuan dela iruzkingile arabiarren interpretazioan– errebelazioaren edo
behaketaren gertaerekin, orduan erratuta egon behar zen; hau da,
mundua ezin zitekeen betierekoa izan, giza arima indibiduala hilezko-
rra izan behar zen, eta hala Jainkoak nola gizakiek nahimen librea
goza zezaketen. Halaber, Albertusek zoologiaren alorreko puntu
batzuetan zuzendu zuen Aristotelesekin esandakoa (ikus, geroago, 160-
66. orr. eta hurrengoak). Baina Albertusek eta –batez ere– San
Tomasek garbi ikusi zuten, Adelardo Bathekoak mende bat lehenago
egin zuen bezala, teologiak eta zientzia naturalak sarritan gauza ber-
beraz baina ikuspuntu desberdinetatik hitz egiten zutela, gauza bat
Jainkoaren Probidentziaren eta kausa natural baten emaitza izan zite-

keela aldi berean. Era horretan, bereizkuntza bat egin zuten teologia-
ren eta filosofiaren artean, bakoitzari bere metodo egokiak esleituz eta
bere jardun-eremua bermatuz. Ezin zen kontraesanik egon erlijioak
bere moduan errebelatutako egiaren eta arrazoimenak bere moduan
errebelatutako egiaren artean. Albertusek esan zuenez, fedearekin eta
moralarekin zerikusia zuten gaitan hobe zen apostoluei eta Elizako
gurasoei jarraitzea filosofoei baino. Medikuntzaren kontuetan, aldiz,
Hipokratesek edo Galenok esandakoa sinetsiko zuen, eta fisikaren
kontuetan Aristotelek esandakoa, berauek gehiago zekitelako natu-
rari buruz.

Parisko Etienne Tempier apezpikuak Aristotelesen doktrinaren
interpretazio determinista eta berari buruzko iruzkin averroistak gai-
tzetsi zituen 1277an; adibide horri jarraituz, Canterburyko John
Pecham artzapezpikuak gauza bera egin zuen urte berean. Zientziari
dagokionez, erabaki horien ondorio izan zen Averroesen interpreta-
zioa debekaturik geratu zela Kristandadeko iparraldean. Averroistak
Paduara joan ziren, eta bertan egia bikoitzaren doktrina asmatu zuten:
egia bat fedearentzat eta beste bat –agian kontraesankorra– arrazoi-
menarentzat. Duhem eta beste aditu moderno batzuen ustez, determi-
nismoaren gaitzespen horrek zientzia modernoaren hasiera ekarri
zuen berekin. Aristotelesen doktrina nagusi izango zen Berant Erdi
Aroko pentsaeran, baina averroistek Aristotelesi buruz zuten ikuspun-
tua gaitzestean, hau da, Aristotelek metafisikari eta zientzia natu-
ralari buruzko azken hitza esanda utzi zuela zioen ikuspuntua gaitzeste-
an, apezpikuek kritikarako bidea ireki zuten 1277an, eta hori egitean
euren sistemaren azpiak jan zitzakeen bidea ere ireki zuten. Filosofo
naturalek naturaren filosofia arrazional bat zuten orduan, Aristotelesi
esker, baina, horrez gain, teologo kristauen jarrera zela medio,
Aristotelesen autoritatea alde batera uzteko eta hipotesi propioak erai-
kitzeko askatasuna lortu zuten, baita buruko lanaren ohitura enpirikoa
egitura arrazional baten barnean garatzeko askatasuna ere, eta, era
horretan, aurkikuntza zientifikoak zabaltzeko.

3

PENTSAERA ZIENTIFIKOAREN SISTEMA HAMAIRUGARREN MENDEAN

I. ALDAKETAREN AZALPENA ETA SUBSTANTZIAREN KONTZEPZIOA

Mendebaldeko kristauak XIII. mendean ezagutu zuten pentsaera zientifikoaren sistema, grezieratik eta arabieratik itzulpenen bidez iritsia, osotasun koherentetzat har zitekeen neurri handi batean. Azalpen arrazionalerik osatutako sistema hori Mendebalde Latindarrean ordura arte ezagutzen zen beste edozein sistema baino haratago zihoratan, hedadura eta sakonera aldetik, eta beraren funtsezko printzipioak nagusi izan ziren Europako zientzian XVII. mendera arte. Dena dela, sistema zientifiko greko-arabiar horrek XIII. mendean izan zuen harreara ez zen inola ere pasiboa izan. XII. mendean filosofiaren eta teknologiaren eremuan azaldu zen jardura mentala beste xede batzuetara bideratu zen XIII. mendean, hots, Aristotelesen sistemaren barneko kontraesanak, Aristotelesen eta Ptolomeo, Galeno, Averroes, Avizena eta beste autoritate batzuen arteko kontraesanak eta autoritateen eta behatutako gertaeren arteko kontraesanak detektatzera eta konpontzen saiatzera. Mendebaldeko adituak ahaleginak egiten ari ziren mundu naturala ulergarri bihurtzeko, eta, hortaz, jakintza berria burua argituko zuen zerbait miragarritzat –baina ez behin betirakotzat– hartu zuten, baita etorkizuneko ikerkuntzaren abiapuntutzat ere.

Kapitulu honen helburua XIII. mendeko pentsaera sistema hori deskribatzea da, beraren zati bakoitzaren sorburu historikoak adieraziz; halaber, sistema Mendebaldera iritsi zenetik mende bat edo mende bat eta urte batzuk iragan arte gehitu zitzaizkion gertaerak eta

aldatu ziren xehetasunak ere azalduko ditut modu laburrean. Aldaketa horiek, gehienbat, behaketaren, esperimentazioaren eta matematika-ren erabilera hedatzearen emaitza izan ziren, eta, hein handi batean, teknologiaren alorrean eskuratutako praktika berrien ondorioz egin ahal izan ziren. Kapitulu honetan beharrezkoa izango da Erdi Aroko teknikaren alderdi batzuk aipatzeka, baina komenigarria iruditu zait haien inguruko eztabaida IV. kapituluaren sakontzea. Metodo esperimental eta matematikoak zientziaren teoria zehatz baten ondorio izan ziren, ikerkuntza eta azalpen metodo zehatzak postulatzen zituen teoria baten ondorio, hain zuzen ere. Kapitulu hau ulargarria izan dadin beharrezkoa izango da zientziaren teoria horren ezaugarri nagusiak nolabait azaltzea; gainera, deskribatuko ditugun gertaera berrietako asko zientzia horren aplikazioaren emaitza izan ziren. Nolanahi ere, Erdi Aroko metodo zientifikoaren azterketa sakona II. liburukiaren I. kapitulurako utziko dut. Behatutako gertaera berriez gain, XIII. mendeko sistema zientifikoan egin ziren beste aldaketa garrantzitsu batzuk ikuspuntu teoriko hutsetik egindako kritikaren eraginez etorri ziren. Sistemaren xehetasunekin zerikusia duten kritikak kapitulu honetan deskribatuko ditut, baina printzipio nagusiekin zerikusia dutenak II. liburukiaren I. kapitulurako utziko ditut. Kritika erradikalgia horiek XIII. mendean zehar zientziaren teorian gertatu zen aldaketatik datoz, gehienbat. Aldaketa horrek berekin ekarri zuen ikusmoldearen arabera, metodo esperimental eta matematikoak zientzia naturalaren eremu osora hedatu behar ziren. Ikusmolde hori izan zen, hain zuzen ere, XVII. mendean bere puntu gorenera iritsiko zen iraultza zientifikoa eragin zuena. Horrenbestez, kapitulu hau XIII. mendeko sistema zientifikora mugatzen bada ere, hurrengo bi kapituluetan zera azalduko dut: XVII. mendeko sistema zientifiko berrirako trantsizioa ahalbidetu zuten bi tradizioak, hau da, jardun zientifikoaren tradizio tekniko eta tradizio teorikoa.

XIII. mendean onartu zen pentsaera zientifikoa XX. mendeko irakurleentzat guztiz ulargarria izan dadin, beharrezkoa da zientzia horren bidez erantzun behar ziren galderen izaera ulertzea. XIII. mendeko filosofo naturalen ikuspuntutik, mundu fisikoaren ikerkuntza errealitatea eta egia bilatzera zuzendutako jardun filosofiko bakar baten zati zen. Bilaketa horren asmoa hauxe zen: zentzumenen bitartez hautematen zen munduan gertatzen ziren aldaketen atzean zegoen

errealitate iraunkor eta ulergarria ezagutzea. Arazo horixe izan zen, hain zuzen ere, antzinako Greziako filosofoen kezka nagusia, eta euren erantzuna «substantziaren» kontzepzioa izan zen: bera zen aldatetan zehar irauten zuen identitatea. Platonen ustez, identitate hori gauzen ideia unibertsala edo «forma» zen (ikus 271. orrialdeko oinoharra); Aristotelesek, berriz, Platonengandik hartu zuen formaren ideia hori, puntu garrantzitsu batzuetan aldatu bazuen ere. Beraz, XIII. mendeko zientziaren printzipio nagusiei zentzua ematen diena zer den ikusteko, konturatu behar gara ikerkuntza zientifikoaren xedea behatutako efektuen oinarrian zegoen eta efektu horiek sortzen zituen substantzia definitzea zela.

Substantziari buruz Aristotelesek zuen kontzepzioa izan zen XIII. mendeko zientzian nagusitu zena, eta hori ondo ulertzeko biderik onena zientziaren estruktura metodologikoari buruz Aristotelesek berak zeukan ikusmoldeetik hastea da. Aristotelesen arabera, ikerkuntza eta azalpen zientifikoa prozesu bikoitza zen, bata induktiboa eta bestea deduktiboa. Ikertzaileak hasi behar du ezagutzaren ordenaren barnean lehen datorrenarekin, hau da, zentzumenen bidez hautematen diren gertaerekin, eta indukzioaz baliatu behar da bere behaketak sistema orokor batean txertatzeko, zeren horren bitartez iritsiko baita azkenean forma unibertsalera. Forma horiek ziren behatutako aldaketan oinarrian zegoen eta aldaketa horiek eragiten zituen identitate ulergarri eta erreala; horrenbestez, esperientzia sentsorialetik urrun egon arren, «naturaren ordenan esperientzia horren aurretik zeuden» forma horiek. Zientzia naturalaren lehenengo prozesuaren xedea –prozesu induktiboaren xedea, alegia– forma horiek definitzea zen, zeren definizio hori bigarren prozesuaren abiapuntua izan baitzitekeen: behatutako efektuak definizio horretan oinarritutako dedukzioaren bidez erakutsiko ziren –bigarren prozesu horretan–, eta, hala, beraien kausatzat hartzen zen aurretiko printzipio orokorrago batez baliatuz frogatuko zen efektu horien esplikazioa. Formaren definizioa beharrezkoa zen frogapena hasi aurretik, zeren efektu guztiak substantzia baten atribututzat hartzen baitziren, eta efektu baten kausa frogatuta geratzen zen efektu hori substantzia jakin baten atributu bezala iragarri ahal zenean. Definizio horrek gauza bakoitzaren alderdi guztiak hartuko zituen barne: kolorea, neurria, forma, beste gauza batzuekiko erlazioak, etab. Ez zegoen substantzia bati atxikita egon gabe existitu

ahal zen inolako atributurik, hau da, ez inolako efekturik ez inolako gertaerarik, eta, alde horretatik, atributuak eta substantzia pentsamen-
duan soilik banandu ahal ziren. Bestela esanda, frogapen zientifikoaz
Aristotelesek zuen ikusmoldearentzat funtsezkoa zen zientzia guztia
subjektua-predikatua gisako proposizioen bidez adieraztea. Ikusiko
zenez, ikusmolde hori oso estruktura desegokia izango zen erlazio
numerikoen bidez soilik adierazi zitezkeen arazo zientifiko ugari
jorratzeko, hala nola, aldaketaren abiadura, mugimenduaren zientzia
modernoaren hasierako historiak erakutsiko zuen bezala.

Aristotelesek deskribatu zuen forma indukzioaren bidez aurki-
tzera eraman zuen prozesua; beraren arabera, prozesu hori zentzume-
nek ematen zituzten datuetatik abiatutako abstrakzio-prozesu bat izan
zen; halaber, esan zuen hiru abstrakzio-maila zeudela, errealtatearen
hiru alderdi desberdin errebelatzen zituztenak. Maila horiek zientzia
fisikoei (edo zientzia naturalari), matematikari eta metafisikari zegoz-
kien. Fisikaren gaiak aldaketa eta mugimendua ziren, gauza materia-
letan agertzen ziren bezala; matematikak jorratzen zituen gaiak alda-
keta eta materiatic hartzen ziren, abstrakzioa eginez, baina gauza
materialen atributu bezala soilik existitu ahal ziren. Metafisikak,
berriz, existentzia independentea zuten substantzia materiagabeak
aztertzen zituen. Sailkapen horrek galdera garrantzitsu bat planteatu
zuen, hots: zein ote zen gertaera fisikoen azalpenean matematikak
zuen rola. Aristotelesen esanetan, matematikak aztertzen zituen gaiak
gauza naturalen alderdi abstraktu eta kuantitatiboak ziren. Hortaz,
zientzia matematiko batzuek zientzia fisiko jakin batzuk zeuzkaten
euren mende hartuta; horrek esan nahi duena da zientzia matematiko
batek, zenbait kasutan, arrazoiak aurki zitzakeela zientzia fisikoaren
eremuko gauza materialetan behatutako gertaerentzat. Hala, geome-
triak optika edo astronomiaren bidez hautemandako gertaeren arra-
zoiak eman zitzakeen edo haien esplikazioa eskaini; orobat, propor-
tzio aritmetikoen azterketak harmonia musikalaren gertaerak esplika
zitzakeen. Matematika aldaketaren abstrakzio bat zen, eta, beraz,
beraren bidez ezin ezagut zitekeen behatutako gertaeren kausa. Izan
ere, beraren alderdi matematikoak deskribatu baino ezin zuen egin.
Bestela esanda, matematikak berez ezin izango zuen inoiz ere subs-
tantiaren definizio egoki bat eman, edo, Erdi Aroan esaten zitzaion
bezala, «forma substantzialaren» definizio egoki bat eman, jorratzen

zituen gaiak atributu matematikoak baino ez zirelako; substantzia kausalaren definizio egoki bat lortzeko ezinbestekoa zen atributu guztiak kontuan hartzea, hots, ez-matematikoak eta matematikoak. Eta, Aristotelesek esan zuenez, desberdintasun kualitatiboak, hala nola haragiaren eta hezuraren artekoak, kolore baten eta beste baten artekoak, edota goranzko eta beheranzko mugimenduen eta mugimendu zirkularraren artekoak, ezin ziren geometriaren eremuko desberdintasunen bidez soilik azaldu. Puntu horrexetan sortu zen Aristoteles Platonengandik eta atomista greziarrendik bereiztu zuen desadostasuna.

Beraz, fisika zen aldaketaren eta mugimenduaren kausa aztertzen zuen zientzia. Aldaketaren funtsa modu ulergarrian azalduko zuen esplikazio bat proposatzerakoan, Aristotelesek ahaleginak egin zituen bere aurreko aditu batzuek proposatuko azalpenek –bere ustez– zituzten akatsak gainditzeko (ikus 271. orrialdeko oin-oharra). Gauza fisikoen formak beraietatik aparte existitzen zirela zioen Platonen teoria onartu ez zuenez, ezin zuen aldaketa esplikatu gauza fisikoek beraien betiereko arketipoen antzekoak izan nahi zutela esanez. Halaber, ezin zuen atomistek aldaketaz ematen zuten azalpena onartu, hots, aldaketa atomoak hutsartean berrantolatzearen ondorio zela zioen azalpena, zeren ez baitzuen inolako arrazoirik ikusten gorputz fisikoen arteko bereizkuntza mugatzeko (edota beste edozein *continuum* mugatzeko, dela espazioaren kasuan, dela denboraren edo mugimenduaren kasuan). Bere ustez, atomistek hutsarteaz izan zuten kontzeptuari ezin eutsi zekiokeen –hutsartea hustasuna edo «ez-izatea» zen beraientzat, eta substantziaren edo «izatearen» atomoen artean zegoen–. «Ez-izatea» ezin zen existitu. Aldaketari buruzko bere azalpen propioa emateko, Aristotelesek hirugarren egoera bat erantsi zuen izatearen eta ez-izatearen artean: potentzialtasun egoera, alegia. Aldaketa, beraz, hauxe zen: gauza fisiko bakoitzak bere barnean izatez zituen atributu potentzialak errealitatean gauzatzea, hau da, erreal bihurtzea. Edozein unetan potentzialak ziren atributuak une horretan erreal bihurtuak zirenak bezain substantzialak ziren.

Aldaketan kauseraz Aristotelesek zuen ikusmoldea *phúsis* edo «naturaren» inguruan garatu zuen eztabaida kontuan hartuz uler daiteke; fisikaren zientzia «naturaren» zientzia zen, berez, baina zentzu tekniko eta espezifiko batez. Laws-en pasarte ezagun batean (10. libu-

ruan), gazteak jainkoengandik urruntzen ari zirela leporatu zien Platonek filosofoei, zeren hauek irakasten baitzieten ezen unibertso miragarri hau, zeruko mugimenduen erregularitasuna eta giza arima «ez zirela sortu ez adimen baten eraginez, ez Jainkoaren eraginez, ez artearen (*téchne*) eraginez, baizik eta –esan dezakegu– naturaren (*phúsis*) eta zoriaren (*túche*) eraginez. Platonek azpimarratu zuen unibertso materiala Jainkoaren artearen emaitza zela. Bere *Physics*-en (2. liburuan), Aristotelesek naturaren kausen bereizkuntza hirukoitz hori hartu zuen abiapuntutzat *phúsis*aren eta filosofo presokratikoen teoria naturalistak birgaitzeko.

Bere esanetan, antzinako filosofoek modu egokian aplikatu zioten *Phúsis* terminoa gauzak osatzen dituen materiari, baina materiari soilik aplikatzean ezinezko bihurtu zuten aldaketaren arrazoia azaltzea. Hortaz, berak printzipio aktibo bezala proposatu zuen *phúsis*-en ideia: beraren aktibitate espontaneoaren zen gauza natural bakoitzaren jokabide karakteristiko eta erregulararen berezko iturria; espontaneotasun natural bat –esan zuen berezko enpirismoarekin–, esperientziaren bidez ezagutzen genituen gorputz guztietan zuzeneko eran behatu zitekeena. Aristotelesek «forma» terminoa aplikatu zion *Phúsis*-i edo «naturari», berau aldaketaren eta gelditasunaren berezko iturri espontaneotzat hartuta; «materia» terminoak, berriz, formaren bidez erreala bihurtzen ziren atributuak jasotzeko potentzialtasuna zekarren printzipio pasiboa adierazten zuen. Gauza baten «naturak» –bi zentzuetan hartuta– substantzia bat zekarren berekin, gauza hori bere baitan atxikita zeukan substantzia bat, alegia; formak eta materiak substantziaren «natura» determinatzen zuten. Gauza batek «naturaltasunez» jokatzeko zuen bere berezko aldaketa printzipioaren arabera jokatzeko zuen; bestela, beraren jokabide naturala oztopatu egiten zen. Horixe gertatzen zen, adibidez, harri bat gorantz botatzen zenean, ekintza hori beherantz joateko harriak berez duen joera naturalaren kontrakoa baitzen. Horrelako mugimendu antinaturalak behartuak, indarrez ezarriak edo biolentoak zirela esaten zen.

Natura aldi berean aktibotzat eta pasibotzat hartzen zuen ikusmolde bikoitz horrek beste arazo eta bereizkuntza batzuk ekarri zituen berekin, eta eskolastikoak izan ziren arazo eta bereizkuntza horiek eztabaidatu eta garatu zituztenak. Hasteko, potentzialtasun «natura-

lak» zera esan nahi beharko zuen: potentzialtasun horrek berez eta modu naturalean perfektu bihurtzeko joera zuela, edo, bestela esanda, helburu jakin bateranzko mugimendu bat zekarrela berekin. Modu horretan, helburuzko kausaltasunaren operazio hori funtsezkoa zen naturari buruzko ikusmolde aristoteliko osoarentzat. Substantzia edo «forma substantziala» ez zen gauza bakoitzaren alderdi ulergarria soilik, baizik eta baita beraren jokabidearen iturri aktiboa ere, eta bere naturaz edo formaz jabetzeko joera edo «apetitu» naturala zuen. Izaki bizidunengan pertsona nagusia izan zitekeen horren adibidea, enbrioiairen garapenaren helmuga baitzen; Lurreko elementuetan, berriz, unibertsoan zegoen leku «naturala» hartzera iristea zen horren isla (ikus 79.-80. orr.). Helburua erdiestea potentzialtasun naturalez modu positiboan erabat jabetzea zen, eta, era horretan, «natura» ez zen aldaketa edo mugimendu naturalaren iturri aktiboa soilik, baizik eta baita betetasun naturalaren edo atsedenaren iturri aktiboa ere.

Baina garbi dago potentzialtasun pasiboak erreal bihurtzeko ezinbestekoa zela agente aktibo bat, printzipio bat. Printzipio hori Physics obraren 7. liburuko axioma ezagunaren bidez adierazi zuen Aristotelesekin: «Mugitzen diren gauza guztiak zerbaiten eraginez mugitu behar dira». (ikus 80. eta 115.-6. orrialdeak).

Aristotelesen arabera, agente hori aktibitatearen berezko iturri bat izan zitekeen; kasu bat izaki bizidunak ziren, euren burua mugitzen baitzuten nahita; bestea, berriz, substantzia bizigabeen aktibitate natural espontaneoaren zen, hala nola harria modu naturalean lurrera erortzen zenean. Eta bi berezko iturri horien artean bereizkuntza garrantzitsu bat (oso eztabaidatua) egin behar zen izaki bizidunen «arimek» aktiboki abiatzen zituzten mugimenduen eta izaki bizigabeen mugimenduen artean –azken horiek ez ziren izaki horien eraginez gertatzen, baizik eta kanpoko beharrezko baldintzen eraginez. Izaki bizidun baten «arima», hortaz, bere mugimenduaren «kausa eragilea zen»; izaki bizigabe baten aktibitate espontaneoaren kausa eragilea, berriz –zentzu zehatzean–, gauza hori bere ezaugarri horiekin existitzera jatorriz eraman zuen instantzia zen.

Eragilea, beraz, aldatzen ari zen gorputzetik kanpoko zerbait izan liteke; horixe gertatzen zen mugimendu behartu edo «biolentotian», hala nola mutiko batek pilota bat botatzen zuenean. Beste auke-

ra aldaketa naturala zen: atributu potentzialak erreal bihurtzen ziren, beste substantzia bat –zeinean atributu horiek errealak baitziren– ukitzean; hala gertatzen zen, adibidez, egurra erretzen zenean, egur hori ordurako piztuta zegoen sute bat ukitzen zuelako.

Iritzi horiekin bat etorriz, Aristotelesekin lau kausa mota bereiztu zituen. Horietako bik, kausa materialak eta kausa formalak, aldatze prozesuan zegoen substantzia definitzen zuten; beste biek, kausa eragileak eta xedezko kausak, mugimendua sortzen zuten errealitatean. Kausa horietako bakoitzari ematen zion esanahia zein zen garbi ikus daiteke animalien sorreraz Aristotelesekin zuen ikusmoldean. Bere ustez, emeak ez zuen inolako germen edo obulurik ekartzen ernalke-ta prozesura, zeren enbrioia egiteko erabiltzen zen materia pasiboa baino ez baitzen. Materia pasibo hori kausa materiala zen. Kausa eragilea, berriz, hazkuntza prozesua hasteko tresna gisa erabiltzen zen hazia jartzen zuen aita zen. Arraren haziak, gainera, enbrio horretatik sortuko zen animalia mota determinatzen zuen forma espezifikoak eramaten zion emearen materiari. Forma hori kausa formalak zen, eta garapenaren bidez eskuratuko zen azkeneko heldutasun-egoera adierazten zuenez, xedezko kausa ere bazen.

Edozein motatako aldaketa guztiak –kolorea, hazkundera, espazio-harremanak eta beste edozein atributukoak– esplikatzerakoan, Aristoteles printzipio berberaz baliatu zen, hots, potentzialak izan ziren atributuak erreal bihurtzen direla dioen printzipioaz. Hala, eklipseak izateko ahalmena bera ere Ilargiaren atributu bat zen, Ilargiaren substantziaren definizioan sartu behar zena. Eta garrantzitsua da gogoratzea ezen «mugimendua» (*motus*) terminoa ez zitzaiola aplikatzen lekuz aldatzeari bakarrik –hots, mugimendu lokalari–, baizik eta baita mota guztietako aldaketei ere.

Aristotelesekin lau aldaketa mota bereiztu zituen: (1) lekuz mugitzea (mugimendu lokala), (2) haztea edo txikitzea, (3) nolakotasuna aldatzea, eta (4) aldaketa substantziala –zeina sortze– eta usteltze prozesuan gertatzen baitzen. Lehenengo hiru motetan, gauzaren identitate hautemangarriak iraun egiten zuen aldaketan zehar; laugarren kasuan, aldiz, aldaketa egiten zuen gauzak bere atributu zahar guztiak galtzen zituen eta substantzia berri bat izatera pasatzen zen. Hori azaltzeko, bere muga idealeraino eramane zuen substantzia identitate iraunkortzat hartzen zuen ideia, esanez substantzia potentzialtasun hutsa zela, edo-

zein formaren bidez determina zitekeela eta ez zuela existentzia independenterik. Potentzialtasun huts horri *materia prima* deitu zioten Erdi Aroko eskolastikoek. Edozein gauza material, hortaz, forma baten bidez determinatutako materia prima-tzat har zitekeen.

Substantziari buruz zuen ideian oinarriturik Aristotelesek azaldu zuen iritzi bat eztabaida oso garrantzitsu batzuen gaia izan zen XIV. mendean: infinituaren ideia, alegia. Bere esanetan, infinitua –dela denboraren zatiketa edo batuketa izanik dela gauza materialen zatiketa edo batuketa izanik– potentzialtasun bat zen, behatutako prozesuari mugak jartzeko ezintasuna berekin zekarrena. Denborak –iragana zein etorkizuna– ezin zuen inolako muga asignaturik eduki, eta, hortaz, unibertsoaren iraupena infinitua zen. Baina gauza material bakoitzak bere formaren bidez determinatutako neurri bat zuen. Infinituraino txikia izango zen gorputz bat existitu ote zitekeen eztabaidatzean, Aristotelesek esan zuen gauza materialen zatiketak bazuela infinituraino joateko potentzialtasuna, baina potentzialtasun hori ezin izango zela inoiz ere erreal bihurtu. Infinituraino handia izango zen gorputz material bat, hau da, unibertso infinitu bat, ez zen ezta potentzialtasuna ere, zeren unibertsoa neurri mugatuko esfera bat baitzen.

Substantziaren kontzeptzioa, Aristotelesek garatu zuen moduan, esplikazio natural guztiaren oinarria izan zen XIII. mendetik XVII. mendera. Nolanahi ere, Aristotelesen ideiak modu orokorrean onartu zirenean ere neoplatonisten kritikak jaso zituzten. Materiari buruz Aristotelesek zuen ikusmoldearen eta San Agustinek, Erigenak eta beste neoplatonista batzuek zutenaren arteko desberdintasun nagusia aldaketa substantzialean zehar irauten zuen substantziaren naturaren ingurukoa zen. Neoplatonista horien aburuz, irauten zuen substantzia hori une bakoitzeko hedadura erreala zen, hau da, bere espazio-dimentsioen bidez determinatutako potentzialtasun hutsa (edo *materia prima*), eta potentzialtasun hori gauza materialen gainerako atributu guztien azpian zegoen; Aristotelesentzat, aldiz, potentzialtasun hutsa baino ez zen. Avizena, al-Ghazzali eta Averroes filosofo arabiarrekin eta Avicbron judutar espainarrarekin materiari buruzko teoria neoplatonikoak hartu zuen formaren arabera, gauza natural guztiek «gorpuztasun komun» bat zuten, beraien hedadura ahalbidetzen zuena. Eta, Avicbronek esan zuenez, gorpuztasun hori etengabea zen unibertsoan zehar. Teoria horren garrantzia zen matematikaren erabi-

lera zientzia natural osora hedatzeko aukera eskaini zuela, Robert Grossetesteren (~1168-1253) gogoetek –adibidez– erakutsi zuten bezala. Grossetestek argiarekin identifikatu zuen neoplatonisten gorpuztasun komuna; izan ere, argia norabide guztietan heda zitekeen puntu batetik, eta, era horretan, hedadura guztiaren kausa zen. Bere iritziz, unibertsoa argi puntu batetik sortu zen: puntu hori bere kabuz hedatu zen, eta modu horretan lau elementuetako esferak eta zeruko gorputzak sortu zituen, materiari bere forma eta dimentsioak emanez. Ikuspuntu hori abiapuntutzat harturik, Grossetestek zera ondorioztatu zuen: optika geometrikoaren legeak errealitate fisikoaren oinarriak zirela eta matematika funtsezkoa zela natura ulertu ahal izateko.

Mundu fisikoa esplikatzerakoan matematikak zer erabilera izan behar ote zuen arazo metodologiko nagusietako bat izan zen garai hartan, eta, izan ere, zientzia naturalak XVII. mendera arte izandako arazo nagusia izan zen modu askotan. XII. mendean ere, matematikak leku garrantzitsua izan zuen zazpi arte liberalen irakaskuntzan. Adibidez, Hugh St Victorkoak, iturri latindarretan soilik oinarrituz egindako zientzia-sailkapen garrantzitsuenetako baten autoreak, matematika fisika baino lehen irakatsi behar zela azpimarratu zuen, esanez matematika jakitea beharrezkoa zela fisika ikasi ahal izateko, nahiz eta matematikak jorratzen zuena gauza fisikoetatik bereiztutako entitate abstraktuak ziren. Antzeko ikuspuntua hartu zuen Domingo Gundisalvok, XII. mendean iturri arabiarretan oinarritutako zientzia-sailkapenik ezagunenaren egileak –ideia gehienak Alfarabirengandik hartuta. XIII. mendeko erdiko hamarkadetako Robert Kilwardby autoreak (1279an hila) ere antzeko ikuspuntua izan zuen, zientzia sailkatzerakoan iturri latindarrak eta arabiarrek erabiliz, hots, arreta berezia eskaini zion gai matematikoen eta fisikaren arteko harremanari, bien arteko bereizkuntza aristotelikoari eutsi bazion ere. Bere esanetan, geometriak gorputz fisikoen alderdi guztien abstrakzioa egiten zuen, kausa formala salbuespentzat hartuta, eta kausa hori soilik hartzen zuen kontuan; mugimenduaren kausen azterketa, berriz, fisikaren zeregina zen. Gerora, matematikak gero eta arrakasta handiagoa lortu zuen zientzia fisikoaren arazo konkretuen soluzioak aurkitzeko, eta, horren eraginez, bi diziplinen artean Aristotelesek egin zuen bereizkuntza zorrotza zalantzan hasi zen jartzen, pixkanaka-pixkanaka. Dena dela, XII. eta XVII. mendeen arteko zientzia europarraren his-

toriari ikuspuntu jakin batetik begiratzean, esan daiteke ezen beraren ezaugarri nagusia hauxe izan zela: matematika arian-arian sartu zela (metodo esperimentalarekin konbinatuta) iraganean «fisikarentzat» soilik erreserbatzen ziren eremuetan.

2. KOSMOLOGIA ETA ASTRONOMIA

Europako XIII. mendeko pentsaera zientifikoan nagusitu ziren ikusmolde aristotelikoak ez ziren substantziaren teoria eta esplikazio zientifikoaren printzipio nagusiak soilik izan, baizik eta baita unibertsoaren egitura errealari buruzko ideiak ere. Aristoteleren kosmologia behaketa xumean eta sen onean oinarritu zen eta bi printzipio nagusi izan zituen: (1) gauzen jokabidea kualitatiboki determinatutako formen edo «naturen» ondorio zela, eta (2) «natura» horiek guztiak antolatuta zeudela hierarkikoki ordenatutako osotasun edo kosmos bat osatzeko. Kosmos edo unibertso horren ezaugarri asko Platonek eta Eudoxo eta Kalipo astronomoek (K.a. IV. mendea) deskribatutakoen berdinak ziren; horiek guztiek esan zuten kosmosa esferikoa zela eta hainbat esfera zentrokidez osatuta zegoela; kanpoen zegoena izar finkoen esfera zen, eta Lurra zentroan jarrita zegoen. Dena dela, Aristotelesen sistemak puntu batzuk zehaztu zituen gehiago.

Aristotelesen kosmosa esfera erraldoi baina mugatu bat zen, Lurraren zentroaren gainean zentratua eta izar finkoen esferaren bidez mugatua; esfera hori eskolastikoen «lehen motore» edo *primum movens*-a zen, hau da, unibertsoaren barneko mugimendu guztiaren jatorrizko iturria (1. lamina). Unibertsoaren erdigunean lur esferikoa zegoen, eta beraren inguruan esfera zentrokide batzuk zeuden, tipula baten azalen arabera antolatuak. Lehenengo esferak Lurraren beste hiru elementuenak ziren, hau da, urarena, airearena eta suarena, hurrenez hurren. Suaren esfera inguratuz kristal-esferak zeuden, hau da, hurrenez hurren Ilargia, Merkurio, Artizarra, Eguzkia, Martitz, Jupiter eta Saturno –zazpi planetak, alegia– euren baita hartu eta eramaten zituzten esferak. Azken planetaren esferatik haratago izar finkoen esfera zetorren, eta azken horretatik haratago ezer ez.

Horrenbestez, unibertso horretako gorputz edo substantzia mota bakoitzak bere leku naturala zuen, baita leku horrekin lotutako mugimendu natural bat ere. Mugimendua puntu finko bat erreferen-

tziatzat harturik gertatzen zen, eta erreferentzia hori Lurraren zentroa zen, berau unibertsoaren zentroa baitzen. Alde horretatik, puntu hori erreferentzia izanik, bazen diferentzia kualitatibo bat gorputz batek norabide batean –puntu horretatik– egiten zituen mugimenduen eta beste norabide batean egiten zituenen artean. Beraz, gorputzen jokatibide naturala unibertsoan zuten lekuaren eta gorputza osatzen zuen substantziaren mende zegoen. Ilargiaren esferak bi esparru zeharo desberdinetan bereizten zuen unibertsoa: alde batetik Lurraren esparrua zegoen eta bestetik zeruaren esparrua. Lurraren esparruko gorputzei lau aldaketa motak geratzen zitzaizkien, eta naturaz zegokien mugimendu mota lerro zuzenean zihoan gorputz bakoitza osatzen zuen elementuaren esferako leku naturalerantz. Leku horretan egotea beraien «natura» betetzea zen, eta, horrenbestez, haraino heldurik atsedenean egon zitezkeen gorputzak. Arrazoi horrexek esplikatzeko zergatik Lurrean zegoen norbaitentzat substantzia batzuk, hala nola sua, zeinaren leku naturala goian zegoen, arinak ziren, eta beste batzuk, hala nola Lurra, zeinaren leku naturala behean zegoen, astunak ziren. Norabide horiek goialde eta behealde absolutuak adierazten zituzten, eta gorantz edo beherantz mugitzeko joera gorputz partikular bakoitza osatzen zuen substantziaren naturaren mende zegoen. Platonek mugimendu mota berbera postulatu zuen, baina bestelako era batean azaldu zuen.

Ilargiaren esferatik kanporantz, gorputzen osagaien artean bosgarren elementu bat –«kintaesentzia»– zegoen; elementu hori ez zen ez sortzen ez usteltzen, eta gertatzen zitzaion aldaketa bakarra mugimendu zirkular uniformearen zen, unibertso finitu batean betiko iraun zezakeen mugimendu bat, hain zuzen ere. Platonek esan zuen mugimendu hori mugimendu guztien arteko perfektuena zela, eta zeruko gorputzen mugimenduak mugimendu zirkular uniformeak izan behar zirela zioen ideiak astronomia menderatuko zuen XVI. mendea amaitu arte. Zeruko bosgarren elementu horretaz osatutako planeta eta izarren esferak Lurraren inguruan biratzen ziren.

Aristotelesen ustez, mugimendua gabezia– eta potentzialtasun-egoeratik (mugimenduaren kasuan, atsedena da potentzialtasun-egoera hori) abiatu eta errealitatera iristen zen prozesu bat zen, gainerako aldaketa mota guztiak bezala. Aldaketa prozesu horrek kausa bat behar zuen, eta, beraz, mugitzen ziren gorputz guztiek bi aukera zituz-

ten mugimendu hori abiatzeko: bata, berezko mugimendu printzipio bat, hala nola mugimendu naturalaren kasuan; bestea, kanpo motore edo eragile bat, mugimendu ez-natural edo behartuen kasuan bezala (ikus lehenago, 73-6. orr; geroago, 115-6. orr, II. lib., hurrengoak). Aristotelesek honela azaldu zuen *Physics*-en, 8. liburuko 4. kapitulu-
luan.

Beraz, mugitzen diren gauza guztien mugimendua naturala edo ez-natural eta biolentoa baldin bada, eta mugimendu biolento eta ez-naturala duten gauza guztiak zerbaiten eraginez mugitzen badira, hau da, beraiek ez diren beste zerbaiten eraginez mugitzen badira, eta mugimendu naturala duten gauza guztiak ere zerbaiten eraginez mugitzen badira— bai euren berezko eraginez mugitzen direnak [*scil.* izaki bizidunak] eta bai euren kabuz mugitzen ez direnak (adibidez: gauza arinak eta gauza astunak, zeinek bi kausa baitituzte mugitzeko: bata, gauza existentziara eraman zuen kausa eta, horren bidez, arin edo astun bezala sortu zuena; bestea, gauza horren mugimendua oztopatu edo eragozten zuena ezabatu zuen kausa); orduan mugitzen diren gauza guztiak zerbaiten eraginez mugitu behar dira.

Ondorio hori eta elementu arin eta astunen arteko bereizkuntza zuzeneko behaketen bidez justifikatu zituen Aristotelesek: gorputzak bultzatzen dituen eragilea gelditzen denean, gorputzak atsedenera iristen dira; eta gorputzak lurrian askatzen direnean batzuk igo eta beste batzuk jausi egiten dira. Suposatzen zen mugimenduaren abiadura proportzionala zela indar edo potentzia eragilearekin.

Zeruko esferekin batera, mugimenduaren jatorrizko iturria *pri - mum movens*-a zen. Aristotelesek esan zuenez —modu ilun samarrean esan zuenez—, *primum movens*-a berez mugitzen zen, Jainkoaren betiereko aktibitate ibilgea «eskuratzeko asmoarekin»; alde horretatik, betiereko mugimendu uniforme zirkularra zen gorputz fisikoa egoera horretara gehien hurbil zezakeen mugimendua. «Asmo» hori ahalbidetu ahal izateko, Aristotelesek suposatu behar izan zuen esfera horrek bazuela nolabaiteko «arima». Izan ere, «arimak» esleitu zizkien esfera guztiei, eta horixe izan zen neoplatonismo arabiarrek esferei atxikiko zizkien adimenen edo motoreen hierarkiaren sorburua. Mugimendua *primum movens*-etik komunikatzen zitzaion bere barneko esferari, *pri - mum mobile*-ari alegia, eta horrela barneagoko esferei ere.

Ilargiaren azpiko eskualdean zuten leku naturalerantz mugitzen ziren Lurreko gorputzen motoreak beraien berezko «natura» edo

«forma substantziala» zen, zeinaren betetasuna leku horretan atsedean egotea baitzen. Gorputzak betiko geratu ahal izango ziren egoera horretan, beste bi agente egon ez balira: bata, substantzien sorrera beraien leku naturaletik kanpo, Lurreko elementu bat transformatu eta bestelako bat izatera pasatzen zelako; bestea, berriz, kanpo motore baten eraginez sortutako «biolentzia». Bi agente horiek azkeneko kausa berbera zuten, hots, Eguzkiak aurrera egiten zuela ekliptikaren inguruko urteko ibilbidean; izan ere, garai hartan pentsatzen zuten mugimendu horrek aldizkako transformazioak sortzen zituela elementuetan, euren izaera aldatuz (ikus 3. irudia). Sortu berriko elementu horiek euren leku naturalerantz egiten zuten mugimendua «biolentziaren» sorburu nagusia zen zeharkatzen zuten eskualdeetan.

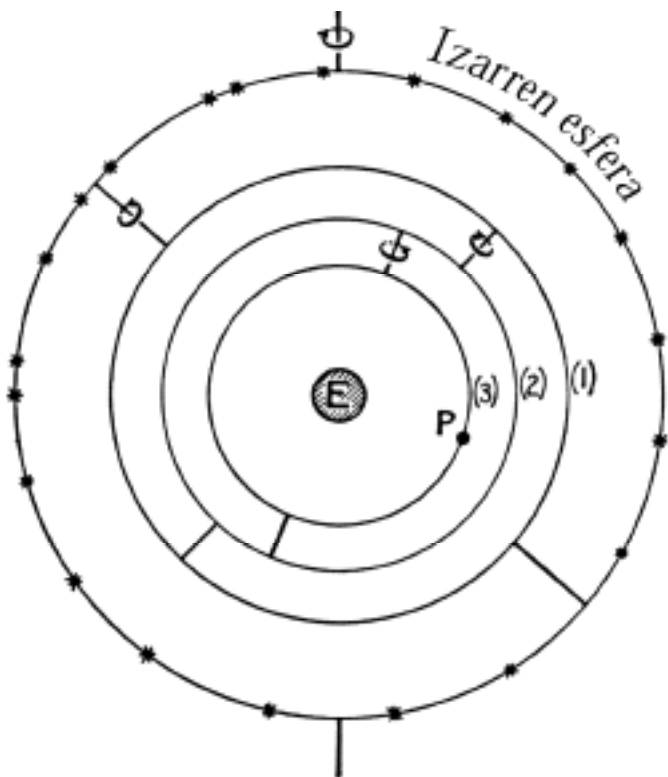
Elementuak euren leku naturaletatik kanpo sortze hori beste prozesu baten arrazoia zen, hau da, sorrera horrek esplikatzen zuen zergatik Lurreko eskualdean benetan aurki zitezkeen gorputzak ez ziren puruak izaten, lau elementuz osatutako konposatuak baizik; esate baterako, su arrunta edo ur arrunta gai konposatuak ziren, zeinetan izen horien elementu puruak nagusi baitziren. Are gehiago, esaten zen Eguzkiaren urteko mugimendua landare eta animalien sasoiz sasoiko jaiotza, hazkunde eta gainbeheraren kausa zela. Hala, unibertsoko aldaketa eta mugimendu ororen azkeneko kausa *primum movens*-a zen. Kapitulu hau bukatzeko geratzen den zatian, Aristotelesen sistema XIII. mendean sartu eta geroko ehun urteetan –gutxienez– unibertsoko eskualde bakoitzean behatutako aldaketa mota bakoitzari eman zitzaizkion azalpenak deskribatuko ditugu, astronomiarekin hasiz, bitarteko eremuak jorratzen zituzten zientzietatik pasatuz eta biologiarekin bukatuz.

*

Hamahirugarren mendeko astronomia, bere alde teorikoan, eztabaida nagusi batean murgilduta zegoen; eztabaidaren gaia zen ea zein zientziak ote zuen ahalmen erlatibo handiagoa fenomenoan esplikatuz egokiak eskaintzeko: fisikak ala matematikak. Fisikaren aldean, Aristotelesen azalpenak zeuden; matematikaren aldean, berriz, Ptolomeoren azalpenak. Azken batean, haatik, eztabaida hori aspaldiko eztabaida zahar bat zen: Greziako azken garaian hasi zen eta arabiarren garaian zehar iraun zuen, hainbat gorabehera pasatuta. Hala Aristotelesen sistema nola Ptolomeoren sistema ezagunak ziren Men-

debalde Latindarrean XIII. mendearen hasieran. Eztabaida Michael Scotek hasi zuen, 1217an XII. mendeko Alpertradius astronomo arabiarren *Liber Astronomiae* obra itzuli zuenean; izan ere, obra horretan Aristotelesen astronomiaren balioa berpizten saiatu zen, Ptolomeoren sistema zehatzagoaren aldean galtzaile ateratzen ari baitzen.

Antzin Aroko eta Erdi Aroko astronomia sistema guztiak Platonen teoria batean oinarritzen ziren: zeruko gorputzetan antzematen ziren mugimenduak mugimendu uniforme zirkularretara mugatu behar zirela zioen teorian, alegia. Aristotelesek bere esfera zentroki-deen sistemaz baliatu nahi izan zuen gertaerei azalpen bat emateko. Sistema horren hobekuntza geometrikoak Eudoxo eta Kaliporen-gandik hartu zituen, baina, aldi berean, errealitate fisikoa eman nahi izan zien zazpi «planetak» izar finkoen hondoaren kontra behatzean atzematen ziren mugimendu irregularrak, «geldiuneak» eta «atzerakadak» esplikatzeko erabili zituzten tresnei. Eudoxo eta Kalipori jarraituz, Aristotelesek ez zuen planeta bakoitzarentzat esfera bat soilik postulatu, esfera sistema bat baizik (1. irudia). Bere ustez, planeta zeraman esferaren ardatza beste esfera birakari baten barnealdeari atxikita zegoen; bigarren esfera horren ardatza hirugarren bati zegoen atxikita, eta horrela jarraitzen zuen sistemak. Esfera kopuru nahiko bat postulatu, ardatzak angelu egokietan antolatuz eta biraketaren abiadura aldatuz, Aristoteles gai izan zen bere behaketak modu nahiko zehatzean erakusteko. Primum movens-aren mugimendua mekanikoki komunikatzen zitzaien barneko esferei, esfera bakoitzak bere barnekoarekin kontaktatzean, eta kontaktu horri esker ezin sor zitekeen inolako hutsarterik esferen artean. Planeta partikularren bati lotutako esferaren batek ezin ziezaien bere mugimendua beraren azpiko esfera guztiei ezarri, planeten sistemen artean konpentsazio-esferak erantsi zituen, zeinak kanpo sistemako planeta-esferetako baten ardatz berdinarengatik inguruan eta garai berdinean biratzen ziren, baina kontrako norabidean. Guztira, 55 planeta- eta konpentsazio-esfera zeuden eta izar-esfera bat, hau da, 56 orotara. Aristotelesen garaiaren ostean beste esfera batzuk gehitu ziren: *primum movens*-a beste esfera bat bezala bereiztu zen izar-finkoen esferatik kanpo; halaber, Gilermo Auverniakoak (~1180-1249) eta Erdi Aroko beste autore batzuek beste esfera bat ere jarri zuten *primum movens*-etik haratago, zeru mugiezin bat, santuen bizilekua.



1. irudia. P planetaren mugimendua azaltzeko Eudoxo eta Aristotelesek erabilitako esfera zentrokideen sistema, ardatz guztiak paperaren planoan jarrita. P Saturnotzat harturik, kanpoen kokatutako esfera izarren esfera da; berau ekialdetik mendebaldera biratzen da egunero, E lur geldiaren zentroa zeharkatzen duen iparralde-hegoalde ardatz baten inguruan, eta bera da izar «finkoak» eta planeta egunero ateratzearen eta sartzearen arrazoia. Esfera horren barnean hiru esfera daude, zeinek izarren esfera-ko izar finkoen hondoaren kontra planetak urtean egiten dituen mugimendua esplikatzen duten. 1. esfera esplikatzen du zodiakoaren inguruan eta zirkulu handi bat eginez planetak urtean mendebaldetik ekialdera egiten duen mugimendua. Beraren ardatzak inklinazio bat du izarren esfera-ko ardatzarekin, gutxi gorabehera zodiakoaren bandak zeru-ekuatorearekin –ekuatore hori izarren esfera-ko ekuatorea da– egiten duen angelu berberarekin (ikus 1. eta 3. laminak). 2. eta 3. esfera-ko planetaren urteko geldiuneak eta atzerakadak esplikatzen dituzte, baita latitudean gertatzen diren aldaketa batzuk ere. 2. esfera-ko poloak zodiakoaren bandan daude kokaturik, hau da, 1. esfera-ko ekuatorean. 2. eta 3. esfera-ko kontrako norabideetan biratzen dira denbora berdinean; beraien errotazioaren abiadurak eta 3. esfera-ko ardatzak 2. esfera-ko ardatzarekin egiten duen inklinazio angelua aldatu egiten dira planeta batetik bestera. P planeta 3. esfera-ko ekuatorean mugitzen da. 2. eta 3. esfera-ko mugimendu-ko konbinazioak kurba bat egitera bultzatzen du P planeta; kurba horri «hippope-de» esaten zaio grezieraz (herrentasuna), eta berez lemniskata esferiko bat da, pla-

Unibertsoa esfera zentrokide multzo batez osatuta zegoela postulatzen zuten sistema guztien puntu ahul bat hauxe zen: zeruko gorputz bakoitzetik lurrera zegoen distantzia aldaezina zela onartu behar zutela. Baldintza horrek ezinezko bihurtzen zuen fenomeno ageriko batzuk orbitez soilik baliatuz esplikatzea, batez ere planeten itxurazko distiran gertatzen ziren aldaketak eta Ilargiaren itxurazko diametroan gertatzen zirenak; halaber, era horretan ezin esplika zitekeen zergatik Eguzki-eklipseak batzuetan osoak eta batzuetan eraztun-itxurakoak soilik ziren. Geroagoko astronomo greziarrek era desberdineko sistematik asmatu zituzten gertaera horiek esplikatzeko. Sistemarik garrantzitsuenak Hiparkok K.a.II mendean asmatu eta Ptolomeok K.o.II mendean bere egin zuena izan zen. Horixe izan zen sistema astronomikorik zehatzena eta onartuena Antzinako klasikoan eta mundu arabiarrean ezagutu zirenen artean. Ptolomeok Erdi Aroan *Almagest* izen arabiar latinizatuarekin ezagutu zen tratatuan deskribatu zuen sistema hori, eta tratatu horrek Mendebaldeko pentsaera astronomikoaren alderdi matematikoa menderatuko zuen Kopernikoren egunetara arte.

Ptolomeok *Almagest* tratatuan azaldu zuen sistema astronomikoa behatutako fenomenoak esplikatzen edo «itxurak gordetzera» zuzendutako tresna huts bezala interpretatu dute astronomo batzuek, hala nola Heath eta Duhemek. Baina ezin esan daiteke, besterik gabe, horixe izan zela Ptolomeok berak izan zuen ikuspegia. Abiapuntutzat hartu zituen usteak, hots, zeruak forma esferikokoak direla eta esfera moduan biratzen direla, Lurra bere esferaren erdigunean dagoela eta ibilgea dela, eta zeruko gorputzak zirkuluetan mugitzen direla ez ziren inola ere uste arbitrarioak, zeren erabat frogatzen saiatu ez bazen ere, ahal bezain onargarriak izan zitezen ahalegindu zen. Izan ere, badiurdi uste eta hipotesi horiek aukeratzerakoan Ptolomeok irizpide arbitrarioen kontrako bidea hartu zuela, hau da, beraren jarduna iritzi fisiko eta metafisikoen gidatu zutela, zeren berauek sendotzat jotzen baitzituen ikuspuntu enpirikotik. Ptolomeoren ikusmolde fisikoei dago-kienez, bere sistema aristotelikoa zen funtsean, eta Aristotelesen eragina zuzeneko eran irakur daiteke *Almagest*-en hitzaurrean; aldi bere

neten itxurazko mugimendu kiribilduarekin antzekotasun nabaria duena. Hurrengo planetaren esferak, Jupiterren esferak alegia, Saturno daraman esferaren barnera etorriko lirakeke, eta Jupiterren sisteman kanpoen dagoen esferak izarren esferaren eguneroko biraketa errepikatuko luke. Jupiterren barnean gainerako planeten esferak egongo lirakeke.

an, baina, sistema hori argudio enpirikoen bidez oinarritu zuen, Aristotelesek berak arategabeko zuzeneko behaketan izan zuen konfiantza berdina erakutsiz. Horren adibide on bat Lurraren ibilgetasunaren inguruan gauzatu zuen eztabaida eta Aristarko Samoskoaren hipotesia gaitzetsi izana da. Beronek suposatu zuen Lurra bere ardatzaren inguruan biratzen zela eta Eguzkia inguratzen zuela, Eguzkia eta izar finkoak atsedenean geldirik zeuden bitartean. Ptolomeok onartu zuen hipotesi horrekin errazagoa izan zitekeela izarren mugimenduak zehaztasun matematiko handiagoz kalkulatzeko, baina, aldi berean, hipotesi hori hainbeste kontrajartzen zitzaion arategabeko itxurek erakusten zutenari non gaitzetsi beharrekoa baitzen. Dirudenez, inoiz ez zuen asmorik izan arategabeko itxurak modu sinesgarrian esplikatzen saiatzeko.

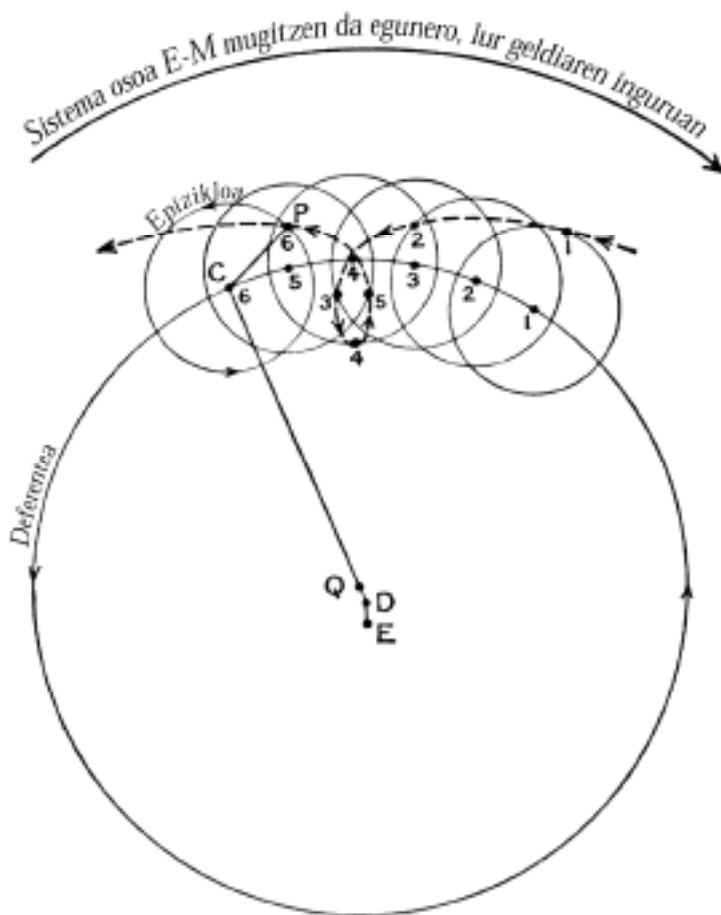
Ptolomeok Platoni egotzitako printzipio baten oinarritu zuen bere sistemaren alderdi matematikoa, berak idatzi zuenez: «sinesten dugu matematikariaren beharrezko asmo eta xedea zeruetako itxurak mugimendu erregular eta zirkularren emaitza direla erakustea dela». Printzipio hori ere zuzeneko behaketaren bidez justifikatu nahi izan zuen, esanez errealtatean zeruko gorputz guztiak jatorrizko lekuetara itzultzen zirela euren mugimenduetan. Dena dela, bere planetei buruzko teorian Ptolomeok erabili zituen tresna geometrikoei dagokienez, onartu behar da tresna horiek kalkuluen zehaztasunaren mende jarri zituztela bai planeten ibilbide fisiko errealei lotutako arazoak eta bai fisika aristotelikoaren printzipio onartuak ere. Horregatik hasi zitzaion zientzialari «konbentzionalista» esaten, hortik etorri zitzaion fama hori.

Ptolomeok bi tresna desberdin erabili zituen. Lehenengoa eszentriko mugigarria zen; beraren arabera, Ptolomeok suposatu zuen planetak puntu baten inguruan mugitzen zirela zirkuluan, baina puntu hori ez zegoela Lurraren zentroan, baizik eta Lurraren zentroa Eguzkiarekin lotzen zuen lerroaren lekuren batean. Puntu eszentriko hori zirkuluan mugitzen zen Lurraren inguruan. Bigarren tresna epizikloa zen –Ptolomeok erakutsi zuen epiziklo hori eszentriko mugigarriaren baliokide geometrikoa zela– eta hauxe zen berari buruzko suposizioa: planeta bakoitza zentro baten inguruan mugitzen zela zirkuluan, eta zentro horrek ere mugimendu zirkular bat zuela; zirkulu horren zentroa, baina, geldikorra zen Lurra erreferentziazat hartuz

gero, nahiz eta ez zegoen derrigor lurrean bertan (ikus 2. irudia). Barneko zirkulua deferentea izenarekin ezagutzen zen, eta kanpokoa, planeta eramaten zuena, epizikloa. Ez zegoen inolako mugarik «itxurak gordetzeko» postula zitezkeen zirkuluen kopururako. Ptolomeok onartu zuen epizikloaren zentroak deferentearen inguruan egiten zuen mugimendua agian ez zela uniforme, eta era horretan Platonen teoriatik aldendu zen, zeren honek esan baitzuen mugimendu zirkularrak baino ezin zirela erabili –hori alboko abiadurei aplikatzen zaiela ulertzen badugu, gutxienez–; nolanahi ere, Ptolomeok ortodoxiari eusteko ahaleginak egin zituen, abiadura angeluarra puntu baten inguruan uniforme zela esanez, ekuantearen inguruan alegia, zeina deferentearen barnean baitzegoen baina ez derrigor beraren zentroan.

Zirkuluak modu egokian antolatzearen bidez Ptolomeo gai izan zen, neurri handi batean, planeten mugimenduak edo «itxurak» modu nahiko zehatzean deskribatzeko. Behatutako beste fenomeno bat –ekinozioen zehaztasuna (hau da, izarraren longitudea modu erregularrean hazten dela beraren latitudeak aldatu gabe dirauen bitartean)– azaltzeko zera suposatu zuen ondoren idatzi zuen *Hypotheses of the Planets* obran: izar-esferatik kanpo (zortzigarrena, beraren sisteman) bazegoela bederatzigarren esfera bat, eta esfera horrek eguneroko ekialde-mendebalde mugimendua eragiten ziola izar-esferari; bitartean, izar-esfera bera, planetetako esferekin batera, astiro mugitzen zen 9. esferaren kontrako norabidean. *Primum movens*-a geroago izar-esferatik bereiztu zenean, 10. esfera bereiztu bat eskuratu zuen 9. esferatik haratago. IX. mendeko astronomo arabiar batek, Thabit ibn Qurraq, teoria oker bat proposatu zuen ekinozioei buruz: esan zuen ekinozioek ez zutela prezesiorik egiten, baizik eta oszilazio edo «dardara» mugimendu bat batez besteko posizio baten inguruan. Era horretan, eztabaida nabari bat piztu zuen Europan XIII. mendetik XVI. mendera bitartean.

Mendebaldeko Kristandadeko filosofo naturalek eta astronomoek Aristotelesen sistema «fisikoaren» eta Ptolomeoren sistema «matematikoen» artean aukeratu behar izan zutenean, hasieran zalantzan ibili ziren, greziarrak eta arabiarrek ere beraien aurrean ibili ziren bezala. Ptolomeok berak *Almagest* obra matematikoa idatzi zuen aurrena, eta bertan prest azaldu zen teoria astronomiko jakin batzuk tresna geometriko egoki bezala tratatzeko, itxurak ondoen



2. irudia. Epizikloaren tresna geometrikoa, Ptolomeok P planetaren mugimendurako asmatu zuen sisteman. Planeta guztien eguneroko mugimendua sistema osoak sortzen zuen, izar-esferaren eguneroko ekialde-mendebalde errotazioan parte hartuz. Planeta bakoitzak ekliptikaren inguruan egiten zuen ibilbide irregularra –Lurretik ikusten zen moduan (ikus 3. irudia)– irudikatzeko zera suposatzen da: planeta bakoitzak C-n zentratutako epizikloaren inguruan mugitzen den bitartean zentro hori ere mugitu egiten dela, D-n zentratutako deferentearen inguruan. Azken puntu hori ez dator bat Lurraren zentroarekin, E-rekin alegia; eta C modu uniformearen mugitzen da, baina ez D-ren inguruan ez E-ren inguruan, baizik eta hirugarren puntu baten inguruan, Q ekuantearen inguruan alegia; hain zuzen ere, Q hori aukeratu da planetaren abiadura itxuraz ez uniformearen irudikatzen laguntzeko. Planetak abiadura angeluar bat du Q-ren inguruan, halako moldez non CQ-k angelu berdinak egiten dituen denbora-tarte berdinetan. Hori horrela, planetak izar finkoetan zehar egiten duen ibilbide irregularra –Lurretik egun batzuk jarraian behatuz gero ikusten den bezala– lerro etenaren bidez deskribatzen da; P-k ibilbide horretan hartzen dituen posizioak bat

esplikatuko zituzten tresna sinpleenak erabiltzeko asmoz; horren ostean, baina, beste liburu bat idatzi zuen, *Hypotheses of the Planets* hain zuzen ere. Bigarren liburu horretan, zeruko mugimenduak fisikoki eta mekanikoki esplikatuko zituen sistema bat asmatzen saiatu zen (ikus 2. lamina). XIII. mendeko hasieran berehala onartu zen Ptolomeoren sistema tresna geometrikorik onena zela «itxurak gordetzeko», eta astronomo praktikoek ere aldeztu egin zuten, zenbaki-taulen oinarritzat har zitekeen sistema bakarra zela uste baitzuten. Dena dela, horrez gain beharrezkotzat jotzen zuten aldi berean «itxurak gordeko zituen», zeruko gorputzen ibilbide «errealak» deskribatuko zituen eta mugimenduen arrazoiak esplikatuko zituen sistema bat aurkitzea. Ikuspuntu horretatik begiratuta, garbi dago Ptolomeoren eszentrikoak eta epizikloak berez desegokiak zirela; orobat, garbi dago bere sistemak tupust egiten zuela egokitzen jo zitekeen sistema fisiko ezagun bakarraren hainbat printzipioarekin, Aristotelesen sistemaren hainbat printzipioarekin, hain zuzen ere. Lehenik, epizikloen teoria ezin batera zitekeen mugimendu zirkularrari buruzko Aristotelesen teoriarekin, zeren honen arabera mugimendu horiek zentro finko sendo bat behar baitzuten beraren inguruan biratzeko; bigarrenik, prezesioari buruzko Ptolomeoren azalpenak izar-esferak aldi berean bi mugimendu desberdinak izatea eskatuko zuen, eta hori ezin batera zitekeen Aristotelesen beste printzipio batekin: elkarri kontrajarritako atributuak substantzia berean aldi berean ezin txerta daitezkeela dioen printzipioarekin, alegia. Hala eta guztiz ere, Ptolomeoren sistemak Aristotelesenean aurkitzen ez ziren akats horiek bazituen ere, behatu-

datoz C-k deferentean hartzen dituenekin eta zenbakien bidez adierazten dira. Planeten «geldiuneak» –lurrean dagoen behatzaileari planeten mugimendua gelditu dela iruditzen zaionean– 3. eta 5. posizioen inguruan gertatzen dira; eta 3.aren eta 5.aren artean badirudi atzera egin dutela, hots, «atzerakada» deitzen zaiona egiten dutela. Goiko planeten kasuan –Martitz, Jupiter eta Saturnoren kasuan–, Eguzkitik kanpo kokatuta egonda, epizikloaren C zentroa deferentearen inguruan biratzen da, planeta bakoitzak ekliptikaren inguruan duen orbitari dagokion aldi propioan; planeta bakoitza, berriz, bere epizikloaren inguruan biratzen da urtean, eta horixe da urteko irregulartasunen esplikazioa (ikus I. lamina eta II. liburukiko 6. irudia). Beheko planetei dagokienez –Merkurio eta Artizarra–, epizikloa da aldi propioa esplikatzen duena, eta deferentea urteko irregulartasunen arrazoia. Eguzkia bera zirkulu eszentriko batean mugitzen da, epiziklorik gabe. Beheko planetek eta Ilargiak goiko planetek baino tresna konplexuagoak behar dituzte. Kasu guztietan, zehaztasun handiagoa lor daiteke baldin eta esfera gehiago gehitzen badira, mugimendu-osagarri erantsiak gehitzen bazaizkio deferenteari, edo epiziklo gehiago eransten badira, planeta kanpoen dagoen epizikloak eramaten duela kontuan harturik.

tako gertaeren deskripzio matematikoari dagokionez Ptolomeoren sistema askoz ere hobea zen Aristotelesena baino.

Dirudienez, VI. mendeko Sinplizio filosofo greziarrak Aristotelesen *Physics* eta *De Caelo* liburuei buruz egin zituen iruzkinak determinatu egin zuten dilema horren inguruan XIII. mendeko bigarren erdian hartu zen jarrera. *Physics*-i buruzko bere iruzkinaren 2. liburuko 2. kapituluari Sinpliziok egin zuen aipamen batek bi gauza adierazi zituen: alde batetik, Aristotelesen osteko greziarrek huts egin zutela astronomia fisikarekin eta dinamikarekin elkartuko zituen sistema bat aurkitzeko ahaleginetan; bestetik, garbi jakinarazi zuen mugimenduaren zientziaren azken xedea benetako sistema fisiko bat aurkitzea zela, bai zeruko mugimenduei zegokionez eta bai Lurrekoei zegokienez ere. Hauxe idatzi zuen:

Alexanderrek kontu handiz aipatu zuen Geminoren pasarte jakin bat, Posidonionen *Meteorologica* obra egin zuen laburpenetik hartua; Geminoren azalpena Aristotelesen ikuspuntutetan oinarritu zen eta hauxe dio:

«Ikerkuntza fisikoaren zeregina zeruaren eta izarren substantzia ikeretzea da, beraien indarra eta nolakotasuna, beraien sorrera eta beraien suntsipena; halaber, beraien neurria, forma eta antolamenduari lotutako gertaerak frogatzea ere irits daiteke. Astronomiaren asmoa, berriz, ez da gisa horretako gauzez hitz egitea, baizik eta zeruko gorputzen mugimenduaren antolamendua frogatzea, zerua benetako kosmos bat dela oinarritzat hartuta; horrez gain, Lurraren, Eguzkiaren eta Ilargiaren forma, neurri eta distantziez hitz egiten digu, baita eklipseez eta izarren elkarketez ere, beraien mugimenduen nolakotasuna eta hedadura azaltzeaz batera. Horrekin batera, forma edo itxuraren kantitate, neurri eta nolakotasunaren ikerkuntzarekin lotuta dagoenez, berez beharrezkoa du aritmetikaz eta geometriaz baliatzea. Hortaz, astronomiak bere gaien eremuan sartzen dituen gauzak aritmetika eta geometriaz baliatuz azal ditzakeenak dira. Nolanahi ere, sarritan astronomoa eta fisikaria puntu berbera frogatzen saiatuko dira; adibidez: Eguzkiaren neurria handia dela edo Lurra esferikoa dela; baina ez dute bide beretik aurrera egingo. Fisikariari dagokionez, gertaera bakoitza frogatzerakoan esentzia edo substantzia hartuko du kontuan, indarrari begiratuko dio, gauzak diren bezala izan behar ote diren aztertuko du, baita beraien sorrera eta aldaketa aztertuko ere; astronomoak, berriz, irudien edo magnitudeen ezaugarrien bidez frogatuko ditu, edota mugimenduaren neurriagatik eta mugimenduarentzat egokia den denboragatik. Fisikaria, sarritan, indar sortzailea aztertzearen bidez iritsiko da

kausa aurkitzera; astronomoak, aldiz, kanpo baldintzetatik abiaturik frogatzen ditu gertaerak, eta, hortaz, ez du gaitasunik kausa aztertzeke. Halaxe gertatzen da, adibidez, Lurra edo izarrek esferikoak direla dioenean. Gainera, batzuetan ez du ahaleginik egiten kausa zein den jakiteko, hala nola eklipseari buruz mintzatzen denean; beste batzuetan hipotesiak asmatzen ditu, eta fenomenoak (beraien itxurak) gordetzeko erabiliko dituen zenbait tresna proposatu eta egiazkotzat jotzen ditu, auresuposizio gisa. Esate baterako: zergatik ematen du Eguzkia, Ilargia eta planetak modu irregularrean mugitzen direla? Erantzun bat eman dezakegu baldin eta onartzen badugu –auresuposizio gisa– beraien orbitak zirkulu eszentrikoak direla edo izarrek epiziklo bat egiten dutela; horri esker gorde dezakegu haien itxurazko irregulartasuna; eta beharrezkoa izango da haratago joatea eta fenomeno horiek zenbat modutan gerta daitezkeen aztertzea, planetei buruz dugun teoria bateragarria izan dadin kausak metodo onargarri baten arabera azaltzen dituen esplikazio horrekin. *Hala, pertsona bat aurkitu dugu [Heraklides Pontokoa]⁶, aurrera -go doana eta zera dioena: Lurra modu jakin batean mugitzen dela eta aldi berean Eguzkia nolabait atsedenean dagoela onartuta ere, Eguzkiarekiko erreferentzian dagoen itxurazko irregulartasun hori gorde daiteke.* Izan ere, ez da astronomoaren zeregina naturaz atsedeen posizio batean zer dagoen edo mugitzeko gaitasuna duten gorputzak zein diren jakitea, baizik eta gorputz batzuk finko gelditzea eta beste batzuk mugitzea ahalbidetzen duten hipotesiak proposatzea, horren ostean aztertzeke zein hipotesiri egokitzen ote zaizkion zeruan benetan behatutako fenomenoak. Hala eta guztiz ere, fisikariarengan bilatu behar ditu bere lehenengo printzipioak, hots: izarren mugimenduak sinple, uniforme eta ordenatuak direla, eta printzipio horien arabera frogatuko du izar guztien mugimendu erritmikoa zirkularra dela, batzuen zirkulu paraleloetan eta beste batzuen zirkulu zeharretan gertatzen badira ere». Horixe da Geminok edo Posidoniok, Geminoren obran– fisikaren eta astronomiaren arteko bereizkuntzaz ematen duen azalpena, Aristotelesen ikuspuntutik oinarritua.

Ikuspuntu horien eragina garbi antzeman daiteke San Tomas Aquinokoak egindako bereizkuntzan, *Summa Theologica*-ren 1. zatiko 32. gaiaren 1. artikuluan haxe esan baitzuen: bazegoela diferentzia bat ezinbestean egiazkoa izan behar zen hipotesi baten artean eta gertaerei egokitu baino egiten ez zuen beste hipotesi baten artean. Hipotesi fisikoak (edo metafisikoak) lehen motakoak ziren eta hipotesi matematikoak bigarren motakoak. Hona hemen beraren hitzak:

Edozein gauzatarako, sistema bat bi modutan planteatu daiteke. Modu bat printzipioren bat frogatzea da, hala nola zientzia naturalaren alorrean, zeruko mugimenduak beti abiadura uniformekoak direla erakusteko frogak nahikoak aurkitu ahal baitira. Beste moduan, arrazoiak ez dira nahikoak printzipioa frogatzeko, baina bai erakuts dezakete fenomenoaren ondorioak bat datozela printzipioarekin; horixe gertatzen da, adibidez, astronomiaren alorrean: eszentriko eta epizikloz osatutako sistema bat proposatzen da sistema horrek zeruko mugimenduen fenomeno hautemangarria esplikatzea ahalbidetzen duelako. Baina hori ez da frogak nahikoa, badiarelako mugimendu horiek beste era batera esplika litzaketen beste hipotesi batzuk ere.

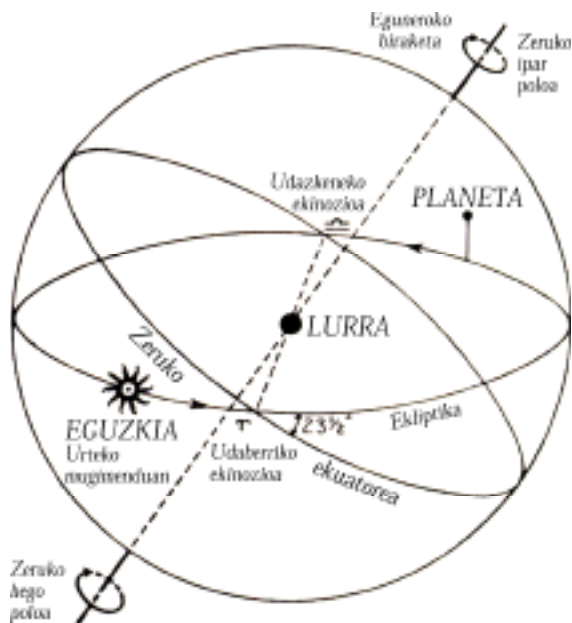
Urte batzuk geroago, Bernardo Verdungoak eta Gil Erromakoak (~1247-1316) esan zuten hipotesi astronomikoak eraikitzeke lehen xedea behatutako gertaerak esplikatzea izan behar zela, eta ebidentzia esperimentalak erabaki behar zuela «fisikari» aristoteliaren eta «matematikari» ptolomeikoen arteko eztabaida. Eta, Gilen arabera, aldi berean hipotesi batzuk planteatu zitezkeenean, hipotesi sinpleena zen aukeratu behar zena. Bi printzipio horiek, «itxurak gordetzea» eta sinpletasuna, izan ziren astronomia teorikoa Keplerren garairako arte eta hortik aurrera gidatuko zituztenak.

XIII. mendeko amaieraren inguruan, Aristotelesen sistema zentrokidea bazterturik geratu zen Parisen, esperientzia praktikoaren argitan, eta Ptolomeoren sistemak onarpen orokorra lortu zuen. Ahalegin batzuk egin ziren sistema astronomiko hori fisikarekin elkartzeko, Ptolomeoren azken garaiko pentsaeraren produktua bereganatuz eta planeten esfera eszentrikoak bosgarren elementuaren esfera solidotzat hartuz –epizikloak horietako bakoitzaren barnean biratzen ziren.

Dena dela, astronomiaren eskola desberdinen arteko eztabaidak ez ziren orduan amaitu. XIII. mendean bertan, gutxienez astronomo batek erakutsi zuen hipotesi guztiz berri batekin bere bidetik joateko joera: Pietro d'Abanok. Bere *Lucidator Astronomiae* obran, d'Abanok iradoki zuen izarrek ez zirela esferekin eramanda mugitzen, baizik eta askatasunez mugitzen zirela berez espazioan. XIV. mendean, Jean Buridan eta Nicole d'Oresmek berrikuntza are erradikalago bat eztabaidatu zuten, hots, biratzen zena ez zirela zeruko esferak, Lurra bera baizik; nolana ere, teoria horren lehenengo erreferentziak XIII. mendeko amaieran agertu ziren, François de Meyronnes frantziskotarraren

idazkietan. Dirudienez, hipotesi horren eta XIV. eta XV. mendeetan eztabaidatu ziren beste hipotesi batzuen sorburua antzinako greziarren teoriak izan bide ziren, batez ere K.a. IV. mendean Heraklides Pontokoak postulatu zuen sistema erdiheliozentrikoa, zeinean Artizarra eta Merkurio Eguzkiaren inguruan biratzen ziren eta, aldi berean, Eguzkia Lurraren inguruan. Sistema hori Makrobioren eta Martianus Capellaren idazkien bidez ezagutu zen Mendebaldeko Kristandadean (K.a. III. mendean Aristarko Samoskoak proposatu zuen sistema guztiz heliozentrikoa ez zen ezagutu Erdi Aroan, San Tomas Aquinokoak –adibidez– Aristarkok horrelako sistema bat postulatu zuela jakin bazuen ere). Berrikuntza horien oinarri nagusia Aristotelesen fisikari XIV. mendean egin zitzaizkion kritikak izan ziren. Hori horrela izanik, beraien inguruko eztabaida gerorako utziko dugu.

XIII. mendeko astronomia praktikoari dagokionez, behaketen helburu nagusia kalkuluak egiteko taulak eraikitzea izan zen, hala datak kalkulatzeko –bereziki Pazkoaren datak–, nola latitudea eta longitudea determinatzeko eta iragarpen astrologikoak egiteko. Azken zeregin horretan gehienbat italiarrek jardun zuten. Hasieran, Erdi Aroko Kristandadeko astronomia praktikoaren gidaritza arabiarren esku egon zen. Hala, Omar Khayyamen egutegia, 1079koa, 1582ko erreforma gregoriarraren egutegia sortu arte proposatu zen beste edozein gauza bezain zehazta izan zen, gutxienez; gainera, arabiarren tresna, behaketa, taula eta mapek ere euren nagusitasunari eutsi zioten XIII. mendeko erdira arte –gutxienez. Harrezkero, Mendebaldeko Kristandadea independentzia irabazten hasi zen. Nolanahi ere, Mendebaldeko Kristandadeko lehenengo behaketa independenteetako bat garai hori baino lehenagokoa da, 1091koa edo 1092koa alegia: Walcher Malverngoak Ilargiaren eklipse bat behatu zuen Italian eta, Ingalaterrako ekialdeko lagun batek zer ordutan behatu zuen jakitearen bidez, bi puntu horietako longitudeen artean zegoen aldea determinatu zuen. Longitudea determinatzeko XII. mendean iradoki zen beste metodo bat Gerardo Cremonakoarena izan zen; berak proposatu zuena izan zen Ilargiaren posizioa eguerdian behatzea eta, posizio horren eta leku estandar batentzat –Toledorentzat, adibidez– eraikitako taulen arabera espero izango zen posizioaren arteko aldea oinarritzat hartuz, bi lekuetako longitudeen arteko aldea kalkulatzeko. Baina



3. irudia. Zeruko esfera. Lurrean dagoen behatzaileak izar-esferako erdigunetzat hartzen du bere posizioa. Zeruko gorputz baten posizioa zirkulu handiko sistemek emandako koordinaden bidez determina daiteke. Antzinaroan gisa horretako hiru sistema garatu ziren. Lehenengo sistema (1) zeruko poloei lotutakoa da. Zeruko poloak izar-esferako puntuak dira, esfera horren eguneroko itxurazko biraketaren ardatzak zeharkatzen dituenak –ardatz hori eta Lurraren ardatza berberak dira–. Zeruko ekuatorea eta Kantzer eta Kaprikornio tropikoak Lurrekoenei dagozkie, eta deklinazio-zirkuluak eta zuzeneko igoerako zirkuluak koordinadak ematen dituzte zeruko esferako puntu baten posizioa determinatzeko; koordinada horiek latitudeari eta longitudeari dagozkie, hurrenez hurren. Longitudea graduen bidez neurtzen da, udaberriko ekinoziotik, mendebaldetik ekialdera. Bigarren sistema (2) ekliptikari lotutakoa da. Eguzkia eta planeta guztiak –itxuraz– zirkulu handi batean mugitzen dira, biraketa-aldi desberdinetan bada ere, izar-esferako izar finkoek osatzen duten hondoaren kontra behatzen direnean. Eguzkiak mugimendu erregularrena du, eta, hortaz, bera hartzen da izar-esfera inguratzen duen ekliptika izeneko zirkulu hori definitzeko. Planetak alderri mugitzen dira beraien orbitetan, Eguzki-zirkuluaren iparraldean eta hegoaldean, bakoitza bere aldi propioan. Ekliptika inklinatuta dago, gutxi gorabehera $23 \frac{1}{2}$ graduko angeluan, ekuatorea erreferentziatzat hartuta; bi elkarguneek udaberriko eta udazkeneko ekinozioen puntu finkoak ematen dituzte (ekinozio-puntuak). Hori horrela, puntu bateko zeru-latitudea ipar eta hego gradutan neurtzen da, ekliptikatik hartuta; zeru-longitudea, beriz, udaberriko ekinoziotik hartutako gradutan neurtzen da, Eguzkiaren urteko itxurazko mugimenduaren norabidean, hau da, mendebaldetik ekialdera doan norabidean. Ekliptika 30na graduko hamabi atal berdinetan banatzen zen, eta banaketa tradizional horren bidez zodiakoaren zeinuak sortzen ziren; hasiera udaberriko ekinozioan zegoen, Ariesen lehen gradure-

longitudea zehaztasunez determinatu ahal izateko beharrezkoa zen ordua zehaztasunez neurtzea, eta hori ez zen lortu XVII. mendera arte. Latitudearen determinazioa, berriz, astrolabio baten bidez egin zitekeen, izarren goitasuna edo Eguzkiak eguerdian zuen goitasuna behatuz. Arabiarrek zehaztasunez neurtu zuten latitudea, Toledoko mendebaldean zegoen puntu bat lehenengo meridianotzat (0) hartuta. Beraien taulak Kristandadeko zenbait hiritarako egokitu ziren, hala nola Londres, Oxford eta Hereforderako (Ingalaterra), eta mendebaldean bertan beste behaketa batzuk egin ziren.

Astrolabioa tresna astronomiko nagusia izan zen Erdi Aroan, bai astronomo arabiarrentzat eta bai latindarrentzat, halako moldez non «harribitxi matematikoa» izenez ezagutzen zen. Astronomo greziarrei dagokienez, zaila da noraino erabili zuten esatea. Dirudienez, Hiparkok proiektzio estereografikoaren oinarrian zegoen teoria ezagutzen zuen, K.a. II. mendean, baina segur aski ez zuen tresna bera ezagutu; Ptolomeori dagokionez, aldiz, garbi dago astrolabioa ezagutu zuela tresna bezala II. mendean. Garai helenistikoaren amaieran mendebaldean eta ekialderantz hedatu zen beraren erabilera, agian Alexandriatik. Mendebaldeko astrolabioak Espainian aurkitutako arabiar motako astrolabiotik datoz. Gerbertok tresna hori aipatu zuen X. mendeko amaieran (berari egotzitako lan bat benetan berea baldin bada), baita Radolf de Liège ere XI. mendeko hasieran; halaber, Hermann Contractusek («Herrena») ere aipatu egin zuen, 1048^a baino lehen. Mendebaldeko astrolabio mota horri buruzko azalpen onenetako bat Geoffrey Cahucerrek idatzi zuen, ingelesez, XIV. mendeko bigarren zatian, *Treatise on the Astrolabe* tratatuan.

kin (ikus 1. lamina). Hirugarren sistema (3) behatzailearen horizonteari eta zenitari lotutakoa da. Lurrean dagoen behatzaileak horizontearen gainean agertzen diren zeruen erdiak soilik ikus ditzake –horizonteak zirkulu handi bat eratzen du izar-esferan–. Zirkulu horrekin lotuta almikantaratak eta azimutak daude. Lehenengoak horizontearekin paraleloak diren altuera bereko zirkuluak dira; bigarrenak zenita zeharkatzen dute, bertikalki behatzailearen buruaren gainetik, eta horizontea ebakitzen dute angelu zuzenetan. Garbi dago sistema horrekin koordenada multzo desberdin bat dagoela Lurraren azaleko posizio bakoitzerako; hori kontuan hartu zen astrolabioa, Eguzki-erlojua eta gisa bereko tresnak diseinatzera (ikus 95. orrialdea eta hurrengoak). Diagraman ikusita, «ekliptika» izena daraman zirkulua behatzailearen horizontea izango balitz, beraren zenita Lurraren gainean egongo litzateke bertikalki, eta meridianoa –hots, zeruko poloak eta zenita zeharkatzen duen zirkulu handia– esferaren muga gisa azaltzen den zirkulua izango litzateke.

Astrolabioa, funtsean, bi objekturen arteko distantzia angeluarra neurtzeko tresna bat zen, eta, horrenbestez, zeruko gorputz baten goitasuna kalkulatzeko erabil zitekeen. Astrolabioa metalezko xafla borobil graduatu bat zen (normalean kobrezkoa), datu-linea bat eta orratz birakari bat zituen; orratza *alidade*-a deitzen zen, eta bere muturretan bi bisore zeuden (ikus 4. eta 5. laminak). Astrolabioa uztai batetik esekitzen zen, diametroaren goiko puntuan, datu-linearekin angelu zuzena eginez; linea hori, beraz, horizontearen linea zen, eta, diametro hori lurrarekin beti perpendikularra izanik, *alidade*-a izar jakin bat seinalatu arte biratzen zen, halako moldez non izar horren goitasuna tresnaren kanpo ertza inguratzen zuen gradu-eskalan irakurtzen baitzen. Informazio horrekin ordua kalkula zitekeen eta iparra determinatu. Astrolabioaren abantaila zen balio horiek tresnan bertan irakur zitezkeela. Latitude jakin baterako, Ipar-izarrak goitasun berbera izaten zuen, gutxi gorabehera, eta gainerako izarrak haren inguruan biratzen ziren. Astrolabioaren xaflaren atzealdean zeruko esferaren proiektzio estereografiko bertikal bat zegoen, ekuatorearekin paraleloa zen plano baten gainean, Lurreko latitude jakin batean behatzen zen bezala. Era horretan, ekinozioak, Kantzer eta Kaprikornio tropikoak, meridianoa, azimutak eta almikantaratak erakusten ziren (ikus 3. irudia). Horren eraginez, latitude bakoitzarentzat xafla desberdin bat behar zen. Izar jakin baten goitasuna xaflaren arabera zego-kion goitasunarekin lotzen bazen, gainerako izarrak ere euren posizio egokietan egongo ziren. Xafla horren gainean beste xafla bat zegoen, rete-a izenekoa. Rete hori kontu handiz ebaki eta bereizten zen lehen xaflatik, eta izarren mapa birakari bat osatzen zuen. Rete-an ekliptika irudikatzen zuen zirkulu bat markatzen zen, eta era horretan Eguzkiak izarrekin zuen posizioa –hots, izarrak erreferentziatzat hartuta Eguzkiak zuen posizioa– erakusten zen, urteko egun bakoitzarentzat. Izarrak euren posizio egokian baldin bazeuden, orduan Eguzkiaren posizioa irakur zitekeen. Eguzkiaren posizioa Ipar-izarraren posizioarekin lotzen zuen linea lortzeko, label-a (ipar-izarra irudikatzen zuen puntuaren inguruan biratzen zen orratz bat) Eguzkiaren posizioraino biratzen zen. Horrek Eguzkiak azimutean zuen norabidea ematen zuen, baita ordua adierazi ere.

Astrolabioa oso erabilgarria zen latitude tropikaletan, Eguzkiaren goitasuna asko aldatzen zelako bertan, eta horregatik era-

bili zuten hainbeste arabiarrek; adibidez: meskitetako otoitz-orduak determinatzeko eta Qibla-ren azimutak aurkitzeko, hau da, Mekaren norabidea aurkitzeko⁷. Hala eta guztiz ere, astrolabio arabiarrek –salbuespen batekin– ez zeuden oso garatuta Mendebaldean –adibidez– gero egingo zituztenen aldean, batez ere XVI. mendekoen aldean. Salbuespena *Saphaea Azarchelis* izenekoa da. Bere izena XI. mendeko al-Zarqali astronomoarengandik hartua da, nahiz eta, Millàs Vallicrosaren arabera, asmatzailea Toledoko garai bereko astronomo bat izan zen, Ali ben Khalaf alegia. Tresna horrek proiektzio horizontal bat erabiltzen zuen, proiektzio bertikalaren ordeztu, eta horri esker edozein latitude-tan nahikoa zen xafla bat soilik erabiltzea. Aldi berean, baina, modelo berri horrek bazituen bere alde txarrak, eta, izan ere, ez zuen inoiz ere modelo zaharra ordeztu iritsi; bai modelo hispano-arabiarra eta bai Mendebaldeko geroko modeloa bi proiektzioak elkartuz eraiki ziren. Proiektzio horizontala XVI. mendean biziberritu zen, Gemma Frisius kartografo flandestarraren eskutik eta *astrolabum* [sic] *catholicum* izenarekin; Roias eta La Hireren proiektzioak, berriz, horren aldaerak dira. Europako azken astrolabioak XVII. mendekoak dira, baina herri arabiarretan XIX. mendean ere egiten ziren. Ordua determinatzeko tresna bezala zuten erosotasuna eramangarriak izate-tik zetozkien. Eguzki-erlojua –tresna hauen xedea azimutaren an-geluan gertatzen den aldaketa erakustea da, eta, hortaz, ipar-rean eta hegoan lerrokatu behar dira–, aldiz, ezin zen eramangarri moduan fabrikatu konpas batekin elkartu ahal izan zen arte, eta gisa horretako elkarketa XV. mendeko amaieran lortu zen lehendabiziko aldiz.

XIII. mendean erabili zen beste tresna bat koadrantea izan zen; Novarako Juan Campanus (1292aren ostean hila) astronomo italiarrak eta garai berean bizi izan ziren Montpellierko bi astronomok bertsio hobetuak egin zituzten. Garai berean –gutxi gorabehera– erabiltzen hasi zen beste tresna bat hormako koadrantea izan zen: Alexandriako, Arabiako eta Pertiako zenbait astronomok erabili zuten. Muntatzen zen moduagatik, beraren mutur bat behatokiko hormako zulo baten parean geratzen zen. Gero, bisore mugikor bat eseki eta biratzen zen, hari- eta zulo hori eta astronomoa behatzen ari zen zeruko gorputza elkarrekin lerrokatzen ziren arte; hori egindakoan, angelua eskala batean irakurtzen zen. Campanusek eraiki zuen beste tresna bat esfe- ra armilar mota bat izan zen, planeten posizioa determinatzera zuzen-

dua. Tresna horrek armila edo uztai bat zuen, ekuatorearen planoan finkatua; horrekin batera, horizontea, meridianoa eta ekliptika irudikatzen zituzten beste uztai batzuk zeuden, halako moldez non zeruko esferaren modelo bat itxuratzen zen.

Gilermo St. Cloudekoa, Roger Baconen jarraitzailea eta Parisko astronomia eskolaren sortzailea, horrelako tresnez bailatu zen 1290ean ekliptikaren zehartasuna eta bere Parisko behatokiaren latitudea determinatzeko, Eguzkiaren solstizioetako goitasunak oinarritzat harturik. Bere kalkuluen arabera, zehartasuna $23^{\circ} 34'$ koa zen eta Parisko latitudea $48^{\circ} 50'$ koa. 1290eko zehartasunerako gaur egun kalkulaten den balioa $23^{\circ} 32'$ koa da, eta Parisko latitudearen balioa astronomo horrek eman zuen balio berbera da. Gillaume St. Cloudekoak egin zuen beste behaketa bat hauxe izan zen: argi-izpi bat sartzen uzteko irekiune txiki bat zuen gela ilun batean zegoen bitartean, Eguzkiaren goitasun meridianoa behatu eta haren datua jaso zuen, eta horren arabera udaberriko ekinozioaren garaia determinatu zuen. Beste frantziar batek, Jean de Mursek, 14 oineko erradiodun arku graduatu batez baliatu zen neurketa berbera 1318ko martxoaren 13an Evreuxen egiteko.

Grosseteste eta Roger Baconek egutegiaren erreformaren premia azpimarratu ondoren, erreforma horrek interesa piztu zuen berriz ere 1293aren inguruan, Alfontsoar Taulak Parisera iritsi zirenean. Klemente VI.a aita santuak Jean de Murs eta Firmin de Bellevall deitu zituen Avignonera, proiektuari buruzko azalpenak eman ziezazkiten, eta berauek halaxe egin zuten 1345ean. Beste txosten bat Pierre d'Ailly kardinalak egin zuen, Konstantzako Kontziliarako (1414-18). Dena dela, Alfontsoar Taulen zehaztasuna nahiko badaezpadakoa zen, eta, beraz, erreforma heldu arte beste bi mende pasatu behar izan ziren. Hala eta guztiz ere, erreforma hori azkenean egin zenean, oinarritzat hartu ziren zenbakizko balioak nahiko hurbil zeuden XIV. mendean kalkulatu ziren balioetatik.

Frantzian beste tresna batzuk asmatu edo hobetu ziren, eta XIV. mende osoan behaketak egiten jarraitu zuten. Jean de Linièrsek 47 izarren posizioak jasotzen zituen katalogo bat egin zuen, Ptolomeoren II. mendeko katalogoak izarrei esleitzen zizkien lekuetako batzuk zuzentzeko Kristandadean egin zen lehen ahalegina gauzatuz. 1342an, Montpellierko Levi ben Gernson judutarrak «Baculus Jacobi»

(Jakoben makila) izeneko tresna hasi zen erabiltzen, Jacob ben Makirrek XIII. mendean asmatu omen zuen tresna bat, hain zuzen ere. Levik eskala diagonal bat aplikatu zion tresnari. Jakoben makilak bi izarren arteko distantzia angeluarra neurtzeko erabiltzen zen, edo nabigaziorako tresna gisa, izar jakin batek edo Eguzkiak horizontearen gainean zuen goitasuna kalkulatzeko. Jakoben makilak haga edo makila graduatu bat zen, angelu zuzenean langet bat atxikita zeukana. Tresna erabiltzeko, makilatik hartu eta begiaren kontra jartzen zen. Gero langeta mugitzen zen, mutur bateko bisorea horizontearekin eta beste muturrekoa izar batekin edo Eguzkiarekin lerrokatuta egon arte. Makilako eskala graduatuan agertzen zen datua irakurriz, izarren goitasun angelua lortzen zen angelu-taula batetik.

XIV. mendeko lehenengo zatian astronomia eskola garrantzitsu bat sortu zen Oxforden ere, batez ere Merton Collegen. Han gauzatu-tako lanaren emaitzetako bat trigonometriaren garapena izan zen. John Maudith (1301), Thomas Bradwardine (1349an hila) eta Richard Wallingfordekoak (~1292-1335) tangenteak erabili zituzten; azken horrek al-Zarqaliren Toledoko Tauletako trigonometrian erabilitako gutxi gorabeherako metodoak hartu eta Euklidesen frogatze-metodo zorrotzei aplikatu zizkien. John Maudith eta Richard Wallingfordekoa trigonometriaren sortzailatzat jotzen dira, nahiz eta Levi ben Gersonen ere (1288-1344) horri buruzko tratatu garrantzitsu bat idatzi zuen hebraieraz, gutxi gorabehera garai berean –1342an latinera itzuli zen–. Autore horiek teknika arloan egin zuten aurrerapen bat hindu eta arabiarren praktika bat berreskuratzea izan zen, hots, trigonometria laua sinuetan oinarritzea, kordetan oinarritu beharrean, Hiparkoz geroztiko tradizio greziar-erromatarrak egin zuen bezala. Praktika hori al-Zarqaliren taula astronomikoetan eta nahiko hedatuta zeuden beste taula batzuetan aurki zitekeen ordurako. Gainera, Richardek Alfontosotar Taulak egokitu zituen Oxfordeko, zenbait tresna asmatzeaz batera, hala nola *rectangulus* konplexu bat goitasunak neurtzeko eta alderatzeko, eta *equatorium* perfektionatu bat planelan posizioa azaltzeko.

XIII. eta XIV. mendeetan astronomiak piztu zuen interes bizia –zeinaren emaitza aipatutako lanak diren– garai hartan eraiki ziren modeloetan ere islatzen da. 1232an, Federiko II.a enperadoreak planetarium bat jaso zuen Damaskoko sultanarengandik. 1320. urtearen

inguruan, Richard Wallingfordekoak erloju astronomiko konplexu bat eraiki zuen, Eguzkiaren, Ilargiaren eta izarren posizioak ez ezik itsasgora eta itsasbehera ere erakusten zituen. Orobat, bere tresna erabiltzeko argibideak jasotzen zituen gidaliburu bat utzi zuen. Aurrekoez gain, Giovanni de Dondi (1318an jaioa) erlojugileak pisuen bidez gidatutako planetarium konplexu bat eraiki zuen, eta horrelako gauzak ospetsu bilakatu ziren jostailu zientifiko gisa.

3. METEOROLOGIA ETA OPTIKA

Meteorologiak eta optikak ikasgai bakar eta heterogeneo bat osatzen zuten XIII. mendean, zeren bi zientzia horiek fenomeno hauek aztertzen baitzituzten: Ilargiaren esferaren eta Lur planetaren arteko esparruan, suaren eta airearen eremuetan geratzen omen ziren fenomenoak. Gai horiek Aristotelesek jorratu zituen bere *Meteorologica*-n, XIII. mendeko «meteorologiaren» iturri nagusian, alegia. Lan horretan, eremu horietako aldaketei egotzi zizkien zeruan ikus zitezkeen aldaketa guztiak, zeruko gorputzen mugimenduak izan ezik. Su elementua errekontza printzipio bat edo horrelako zerbait zen, benetako sugarra baino gehiago, eta, hortaz, berez ez zen ikusgarria, baina erraz pizten zen edozein mugimenduagatik; aldi berean, Eguzkiaren izpien eraginez Lurretik igotzen ziren lurrunketa lehor eta beroek sortzen zuten agitazioak hainbat fenomeno sortzen zituen suaren esferan, hala nola kometak, izar uxtoak eta aurorak. Fenomeno horiek guztiak Ilargiaren azpiko eremuan gertatu behar ziren, zeren haratago zeruak ez baitziren ez sortzen ez usteltzen, eta, beraz, gerta zekiekeen aldaketa bakarra mugimendu zirkularra zen. Aire elementuaren esferan, lurrunketa lehor eta bero horiek haizea, trumoiak, tximistak eta oinaztargiak sortzen zituzten; uretan jotzean Eguzki-izpiek sortzen zituzten lurrunketa heze eta hotzek, berriz, hodeiak, euria, lainoa, ihintza, elurra eta txingorra. Halaber, bazen lurrunketa hezeekin lotutako fenomeno multzo bat: ortzadarrak, haloak eta parelioak.

Erdiko Aroan, kometak eta zeruan itxuraz gertatzen ziren beste antzeko aldaketa batzuk «meteorologikotzat» jotzen ziren, fenomeno astronomikotzat jo beharrean, hau da, Ilargiaren azpiko eremuan gertatzen ziren fenomenotzat jotzen ziren. XVI. mendean, beraien posizioak eta orbitak zehaztasun handiagoz neurtu ahal izan zirenez, uni-

bertsoaren egiturari buruz Aristotelesek plazaratu zituen ideien egiaz-kotasuna ezeztatzen zuten ebidentzia garbienetako batzuk lortu ziren. Kometak maiz deskribatu ziren XIII. eta XIV. mendean, eta, alde horretatik, aipamen interesgarrienetako bat ustez Halley kometa izan zitekeenari buruz Grossetestek egin zuena izan zen. Bere esanetan, kometa 1222an agertu bide zen⁸. Beste aipamen interesgarri bat Roger Baconi dagokio. Bere esanetan, 1264ko uztailean ikusi zen kometa ikaragarria Martitz planetaren eraginpean sortu zen eta ikerizia igoa-razi zuen, halako moldez non horren bitartez hedatu zen umore txar-rak gerra eta iskanbilak piztu baitzituen Ingalaterran, Espainian eta Italian, bai aldi hartan eta bai geroago ere.

XII. mendetik aurrera eguraldiari buruzko behaketak egin ziren, eta, horrekin batera, astrologiaren bidez eguraldia iragartzeko ahaleginak ere, neurri handi batean nekazaritzari lotutako interesaga-tik. Alde horretatik, azpimarratzekoak dira William Merleek 1337-44 garaian eguraldiaz hilero egin zituen erregistro serieak, Oxford barru-tian hain zuzen. Eguraldia iragartzeko ahaleginen oinarriaren zati bat zeruko gorputzen egoera zen, baina horrez gain beste adierazle txi-kiago batzuk ere erabili zituen Meerlek; adibidez: gatzaren delikues-zentzia, urruneko kanpaietako soinuaren transmisioa, eta arkakusoen aktibitatea eta beraien kosken aparteko mina, horiek guztiek hezeta-sunaren iguera adierazten baitzuten.

XIII. eta XIV. mendeetako aurrerapen zientifiko aipagarriene-tako bat optikarena izan zen. Argiaren ikerkuntzak filosofia arloan platonismoaren eta agustinismoaren inguruan zeudenak erakarri zituen gehienbat, bi arrazoi hauengatik: alde batetik, San Agustin eta beste neoplatonista batzuentzat argia jainkoaren graziaren analogia zelako eta jainkoaren egiak gizakien adimena argitzen zuela adieraz-ten zuelako; bestetik, matematikaren bidez tratatu ahal zelako. Optika aztertzeari Erdi Aroan ekin zion lehengo autore garrantzitsua Grosseteste izan zen, eta berak ezarri zuen ikerkuntzaren geroko bila-kaeraren norabidea. Grossetestek arrazoi bat zuen optikaren ikerkun-tzari berebiziko garrantzia emateko, hots: berak sinesten zuen argia gauza materialen lehenengo «gorputz-forma» zela, eta, halaber, gau-zek espazioan zituzten dimentsioen sustraia ez ezik mugimenduaren eta kausaltasun eragilearen lehen printzipioa ere bazela. Grossetesteren arabera, unibertsoko aldaketa guztien azken kausa fun-

tsezko gorputz-forma horren aktibitatea zen, eta gauza batek distantziatik beste batean eragina izateko ahalmena indar-izpien hedapenetik zetorren, edota, berak deitzen zionez, «espezieen ugalketatik» edo «bertutetik». Horren bidez zera adierazten zuen: kausaltasun eragilearen edozein formak bitarteko baten bidez gauzatzen zuen transmisioa, non kausaltasunaren iturriak sortzen zuen eragina iturri horren nolakotasunaren ondorio baitzen; adibidez: gorputz argidun batek igortzen zuen argia «espezie» bat zen, bitartekoaren bidez puntu batek bestera hedatu edo ugaltzen zena, lerro zuzenean zetorren mugimendu batean. Grossetesteren ustez, kausaltasun eragilearen forma guztiek –esate baterako: beroa, eragin astrologikoa eta ekintza mekanikoa– «espezieen» hedapen edo ugalketa hori zuten oinarri, nahiz eta hori aztertzeko modurik egokiena argi ikusgarria aztertzea zen.

Hortaz, optikaren ikerkuntzak garrantzi berezia zuen mundu fisikoa ulertu ahal izateko. Espezieen ugalketari buruz Grossetestek plazaratu zuen teoria Roger Bacon, Witelo, Percham eta beste autore batzuek ere berenganatu zuten, eta horiek guztiak ekarpenak egin zituzten optikari, argiaren jokabide soila ikertzearekin batera kausaltasun eragilearen izaera –orokorra– ere aurkitzeko esperantzarekin. Xede horretarako ezinbestekoa zen matematikaren erabilera, zeren eta, Aristotelek adierazi zuenez, optika geometriaren mende baitzegoen; izan ere, Erdi Aroko optikaren aurrerapena ezinezkoa izango zen Euklidesen *Elements* eta Apolonioren *Conics* lanak ezagutu gabe. Optikaren alderdi matematikoen eta fisikoen arteko bereizkuntza aristotelikoak bere horretan iraun zuen Erdi Aro osoan zehar, baina baita askoz ere geroago ere. Islapenaren legea eztabaidatzean Grossetestek esan zuenez, geometriak gertatzen zena deskriba zezakeen, baina ezin esplikatu zezakeen beraren zergatia. Bere esanetan, argian beha zitekeen jokabidearen eta eraso– eta islapen-angeluen berdintasunaren kausa argiaren naturan bertan bilatu behar zen. Natura fisiko hori eza-gutzea ezinbestekoa zen mugimenduaren kausa ulertu ahal izateko.

XIII. mendeko optikaren iturri nagusiak, Aristotelesen *Meteorologica* eta *De Anima*-ez gain, Euklidesek, Ptolomeok eta Dioklese (K.a. II. mendea) optikari buruz idatzi zituzten lanak izan ziren, Alkindi, Alhazen, Avizena eta Averroes autore arabiarrek idatzi zituztenekin batera. Aristoteles kezkatuago zegoen ikusmenaren kausagatik beraren legeengatik baino. Bere teoriaren arabera, argia (edo

kolorea) ez zen mugimendu bat, gorputz jakin baten gardentasun-egoera bat baizik, eta potentzialki gardena izan zitekeen medio baten une bateko aldaketa kualitatibo baten eraginez sortzen zen. Greziako beste filosofo batzuek bestelako azalpenak proposatu zituzten. Enpedoklesekin esan zuen argia mugimendu bat zela, transmititua izateko denbora behar zuena; Platonentzat, berriz, ikusmenaren esplikazioa begitik objektura zihoazen izpi bereiztu batzuek osatutako serie bat zen (ikus 39. orrialdea). Estoikoak, aldiz, kanpo-igorpenaren teoria horretatik aldendu ziren, zeren ikusmena objektutik begira sartzen ziren izpien ondorio zela iradoki baitzuten. Argia lerro zuzenean mugitzen zela zioten teoria horietako bat –izpiei buruzko teoria horietako bat, alegia– izan zen Euklides, Ptolomeo eta Greziako beste geometrilari batzuek hartu zutena. Beraien lanari esker, optika astronomiaren eta mekanikaren parean jarri zen, Antzinaroko zientzia fisiko aurreratuen artean leku bat eskuratuz. Gizon horiek deskubritu zuten azalera batetik islatzen ziren izpien islapen-angelua eta eraso-angelua berdinak zirela. Ptolomeok aietik beirara eta uretara pasatzen ziren izpien errefrakzioaren neurria kalkulatu zuen; hori egitean, konturatu zen errefrakzio-angelua eraso-angelua baino txikiagoa izaten zela beti, baina modu okerrean suposatu zuen hori proportzio berdinean gertatzen zela. Behaketa hori oinarritzat harturik, Ptolomeok pentsatu zuen izarren itxurazko posizioa ez zela beti bat etortzen euren benetako posizioarekin, atmosferaren errefrakzioa tartean zegoelako.

Optikari buruzko lan greziar hori gehiago garatu zuten gero arabiarrek, batez ere Alhazenek (965-1039). Izan ere, beraren obra izan zen Mendebaldeko Erdi Aroko optika fisiko eta fisiologikoaren iturri nagusia⁹. Alhazenek lorpen iraultzaileak egin zituen bi eremu horietan, nahiz eta uste oker bati eutsi zion, hots, begiaren sentimena kristalinoan zegoelako usteari. Autore horrek erakutsi zuen errefrakzio-angelua ez zela proportzionala eraso-angeluarekin; gainera, ispilu esferiko eta parabolikoak, aberrazio esferikoa, lenteak eta errefrakzio atmosferikoa ikertu zituen. Horrez gain, Alhazenek esan zuen argiaren transmisioa ez zela unean bertan gertatzen, eta Euklidesek eta Ptolomeok aldeztu zuten kanpo-igorpenaren teoria gaitzetsi zuen; horren ordez, argia objektutik begira etortzen zela eta bertan kristalinoan irudi bat itxuratzen zuela zioen ikuspegiaren alde azaldu zen.

Arabiarrek begiaren anatomia buruzko ezagutza sakondu zuten, Rufo Efesokoaren lana informazio iturri nagusitzat hartuta. Rhazes eta Avizenak azpimarratu beharreko lana egin zuten alor horretan.

Optikari buruz XIII. mendean idatzi zuten autoreen artean Grosseteste bera ere aipatu behar da, batez ere ortzadarraren forma esplikatzeke egin zituen ahaleginengatik; horretarako, esperimentazioaren bidez azter zezakeen fenomeno bakar batez baliatu zen: argiak lente esferiko batean egiten zuen errefrakzioaz, alegia. Aristotelesek esan zuen ortzadarra ur-tantek hodeian egiten zuten islapenagatik sortzen zela; Grossetestek, ordea, errefrakzioari egotzi zion fenomeno hori, nahiz eta beraren zergatia hodei osoak lente handi bat bezala jokatzek zuela zen. Optikari egin zion ekarpen garrantzitsuena metodo esperimental eta matematikoen balioa azpimarratzea izan zen, jakintza positiboari zerbait gehitzea baino gehiago, nahiz eta eremu horretan ere berrikuntza nabari batzuk ekarri zituen. *De Iride* liburuan, errefrakzioa modu kuantitatiboan jorratzen saiatu zen, Ptolomeoren lana hein batean ezagutzen zuela erakutsiz. Ikusmena kanporantz igorritako ikus-izpien bidez gauzatzen zela sinetsirik, errefrakzioaren «legea» proposatu zuen; beraren arabera, izpi bat dentsitate txikiko medio batetik dentsitate handiagoko medio batera pasatzen zenean (adibidez: airetik beirara), gainazal komunera zihoan perpendikularrerantz errefraktatzen zen, ikus-izpiaren proiektzioak perpendikular horrekin egiten zuen angelua bi zati berdinetan zatitzen zituen lerro bat osatuz. Bere esanetan, hori bat zetorren ekonomia printzipioarekin eta «esperimentuek erakusten digutenarekin», nahiz eta esperimentu sinple bat aski izango zen lege hori okerra zela frogatzeko. Horrez gain, irudi errefraktatua kokatzera zuzendutako arau bat ematerakoan, islapenaren ondoko irudi optikoa kokatzera zuzendutako arau klasiko batez baliatu zen. Grossetesteren arauaren arabera, irudia ikusiko zen ikus-izpiaren proiektzio bat eta ikusitako objektutik errefrakzio-gainazalera zihoan perpendikularra elkartzen ziren puntuan (ikus 4. irudia). Ikus-izpi bat dentsitate txikiko medio batetik dentsitate handiagoko medio batera pasatzen zenean, kontrako norabidean okertzen zen. Grossetestek azterketa hori erabili zuen zenbait fenomeno esplikatzeke, hala nola ortzadarraren forma eta lente esferikoaren edo beira gartsuaren funtzionamendua: Eguzkiaren argia bi aldiz errefraktatzen zen, lehenengo aldiz lentera sartzean eta bigarren

aldiz kanpoko aldetik irtetea; hori horrela, errefrakzioen konbinazioak foku batera eramaten zituen izpiak. Gainera, Grossetestek zera proposatu zuen: lenteak erabiltzea objektu txikiak handitzeko eta urrun kokatutako objektuak hurbiltzeko; gogoan izan behar dugu betaurrekoak XIII. mendeko amaieran asmatu zirela, Italiako iparraldean (ikus 254. eta 263-4. orrialdeak).

Grossetesteren beste ekarpen aipagarri bat hauxe da: argiaren eta soinuaren hedapen lerrozuzena uhin- edo pultsazio- serieen bitartez esplikatzeko teoria geometriko eta ia mekaniko bat formulatzeko saioa. Posterior Analytics-en 2. liburuko 4. kapituluari buruzko iruzkinean deskribatu zuen nola gorputz soinudun bat, kolpe indartsu bat hartzean, bibratzen jartzen den denbora batez; beraren mugimendu biolentoak eta «botere natural» batek atzera eta aurrera bidaltzen dituzte parteak, elkarren txandan, beraien posizio naturaletik haratago. Bibrazio horiek lehenengo «gorputz-forma» bezala gorputz soinudunean barneratu den funtsezko argira transmititzen dira. «Horrenbestez, gorputz soinudun batek kolpe bat hartu eta bibratzen hasten denean, antzeko bibrazio bat eta antzeko mugimendu bat gertatu behar dira beraren inguruko airean, eta bibrazio eta mugimendu horiek norabide guztietan hedatzen dira, lerro zuzenean». Hedapen horrek oztoporen bat jotzen badu, «atzera jo eta hasieratik sortu behar du berriz. Izan ere, oztupoarekin talka egiten duen airetik hedatzen diren parteak kontrako norabidean hedatu behar dira ezinbestean, eta, hortaz, airerik meheenean dagoen argira hedatzen den «efektu» hori atzera datorren soinua da, eta hori oihartzuna da». Oihartzuna funtsezko argiaren bitartez hedatzen zen bezala –mugimenduaren oinarritzko printzipioa airean txertatuta–, horrela ere irudi islatua argi ikusgarriaren «efektu» analogoaren ondorio zen, eta errefrakzioa modu berean esplikatzen zen.

Grossetesteren dizipulu nagusiak, Roger Baconek, ekarpen txiki batzuk egin zizkion islapenaren eta errefrakzioaren inguruko jakintzari, nahiz eta deskribatu zituen esperimendu asko Alkindik eta Alhazenek egindakoen errepikapenak baino ez ziren. Horrez gain, metodologiari buruz Grossetestek plazaratu zuen teoria irakasten jarraitu zuen. Orobat, determinazio experimental original batzuk egin zituen, hala nola Eguzkiak argitutako ispilu ahur baten foku-distantzia kalkulatzeko, eta adierazi zuen lurrera iristen ziren Eguzki-izpiak agian

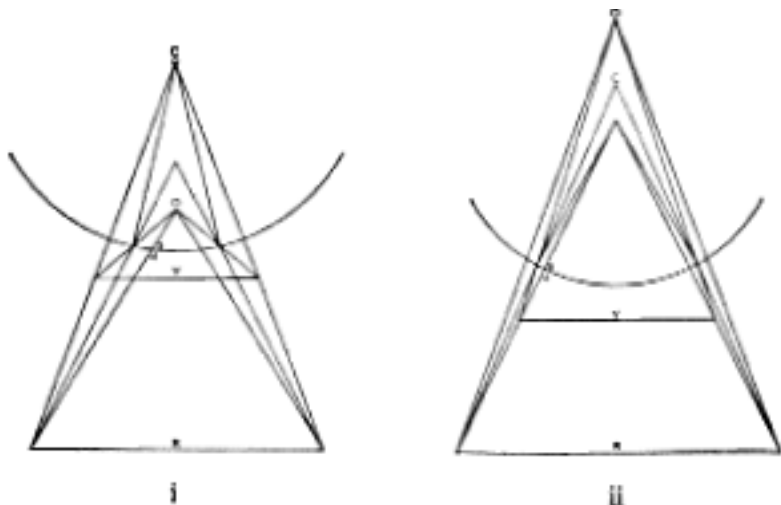
paralelotzat har zitezkeela, puntu batetik irradiatzen zirela onartu beharrean, era horretan azalpen hobe bat aurkituz lente gartsuentzat eta ispilu parabolikoentzat. Ikusmena dela-eta teoria bat aldeztu zuen irmoki, hots: argi materiala abiadura izugarri baina finituarekin mugitu eta ikusitako objektutik begira pasatzen zela, nahiz eta, aldi berean, ikusmen-ekintzan zerbait psikologikoa ere «ateratzen zen» –nolabait esateko– begitik. Argi materialaren hedapenaz eman zuen azalpena Grossetestek emandakoaren antzekoa zen; bere esanetan, hedapen hori ez zen uraren moduko gorputz baten isuria, baizik eta pultsazio moduko bat, soinuaren gisakoa, parte batetik bestera hedatzen zena. Argiaren «espezi en ugalketan» transmisio hori zegoen, besterik ez. Nolanahi ere, Baconek nabaritu zuen argia soinua baino askoz ere arinago mugitzen zela; izan ere, urrun dagoen norbait mailu batekin kolpeka ari bada, kolpea ikusten dugu soinua entzun baino lehen, eta, gisa berean, trumoa entzun aurretik tximista ikusi ohi dugu.

Baconek lehengo autore latindarrek baino hobeto deskribatu zituen ornodunen begia (ikus 6. lamina) eta nerbio optikoa, eta gaia ikertu nahi zutenei behiak edo txerriak disekezionatzea gomendatu zien. Ikusmena ahalbidetzen zuten baldintzak eztabaidatu zituen zehatz-mehatz, eta lente mota desberdinen edo lente-elkarketa desberdinen efektuak aztertu zituen. Halaber, Grossetesteren arau orokorretik zortzi arau partikular ondorioztatu zituen errefrakzio-angelua determinatzeko eta irudi optikoa kokatzeko (ikus 101-02. orrialdeak; 4. irudia). Objektu baten itxurazko tamaina objektuak begian eratzen duen angeluaren mende dagoela abiapuntutzat hartuta, ikusmena hobetzen saiatu zen lente lau-ganbilak erabiliz, nahiz eta lente mota hori partzialki soilik ulertu zuen. Bere irudimen zientifikoak askatasunez jokatu eta beste aukera batzuk planteatu zituen, hainbat aukera itxuratuz: lente edo ispilu okertuen konbinazioak, gauza txikiak nahi beste handitzeko eta urruneko objektuak hurbiltzeko; Ingalaterran gertatzen zena behatzeko Julio Zesarrek Galian eraiki omen zituen ispiluak; Eguzkia eta Ilargia etsaien burura jaisten zirelako itxura sortzen zuten lenteak; jasanezina –esan zuenez– jendaila eskolagabe harentzat.

Ortzadarraren kausa aurkitzeko Roger Baconek egin zuen saioak ederki adierazten du metodo inductiboaz izan zuen ikusmoldea (ikus II. liburukia, 38. orrialdea eta hurrengoak). Hasteko, ortzadarren antzeko fenomenoak biltzeari ekin zion: koloreak kristalean; ihintza

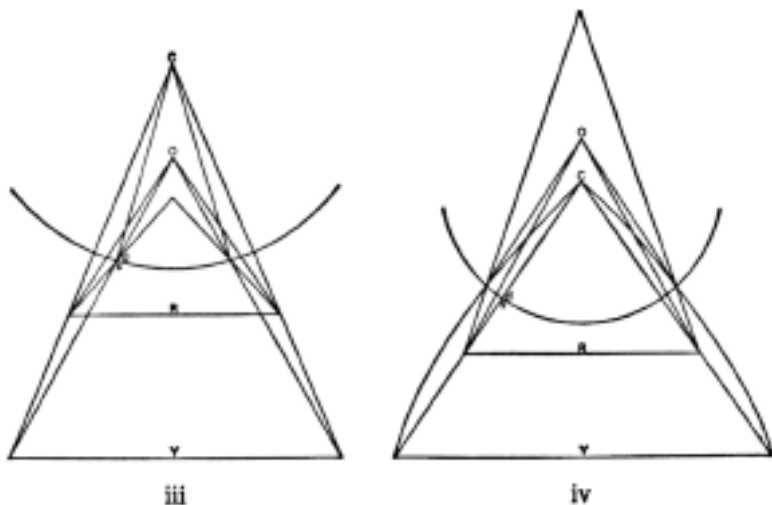
belarrean; errotarriek edo arraunek zipriztindutako ura, dela Eguzkiak argitzen zuen moduan dela oihal edo betileen zehar ikusten zen moduan. Gero ortzadarra bera aztertu zuen, beti hodeiak edo lainoa zegoenean agertzen zela ohartuta. Behaketa, teoria astronomikoa eta astrolabioarekin egindako neurketak konbinatuz, Baconek erakutsi ahal izan zuen ortzadarra Eguzkiaren kontrako aldetik agertzen zela beti; erakutsi ere behatzailearen begia eta Eguzkia lerro zuzenean egoten zirela erakutsi zuen, baita ortzadarraren eta Eguzkiaren goitasunen artean lotura definitu bat zegoela ere. Baconek erakutsi zuen ortzadarretik begirantz itzultzen ziren izpiek 42 graduko angelua egiten zutela Eguzkitik ortzadarrerantz zihoazen izpi erasotzaileekin. Gertaera horiek azaltzeko bere egin zuen Aristotelesen Meteorologica-n proposatuta teoria, hots, konoaren teoria: ortzadarra kono horren oinarria zen, Eguzkia beraren erpina, eta ardatza behatzailearen begian zehar Eguzkitik ortzadarraren erdigunera pasatzen zen lerroa. Konoaren oinarria igo edo jaisten zen, eta horren eraginez ortzadar handiagoak edo txikiagoak sortzen ziren, Eguzkiaren goitasunaren arabera; aski igo ahal izanez gero, zirkulu osoa horizontearen gainean agertuko zen, ur zipriztinduan eratzen ziren ortzadarretan bezala. Teoria horretaz baliatuz, ortzadarrak latitude desberdinetan eta urteko garai desberdinetan zuen goitasuna azaldu zuen. Beste gauza batzuen artean, horrek esan nahi izango zuen behatzaile bakoitzak ortzadar desberdin bat ikusiko zuela; hori berresteko bere behaketetan oinarritu zen, zeren ikusi baitzuen nola ortzadarrerantz, kontrako norabidean edo norabide paraleloan mugitzen zenean ortzadarra ere berarekin mugitzen zen, zuhaitzak eta etxeak erreferentziazat hartuta; ilaran 1000 gizon jarritz gero –esan zuen–, 1.000 ortzadar ikusiko lituzkete eta gizon bakoitzaren itzalak bi zati berdinetan banatuko luke ortzadar bakoitza. Beraz, ortzadarraren koloreek eta formak behatzaileari ekartzen zioten erlazioa ez zen kristalek eta gisa bereko objektu finkoek ekartzen zioten erlazio berdina. Koloreei dagokienez, Baconek gauzatutako eztabaidak ez zuen ondorio zehatzik ekarri, Newtonen garaira arte gainerako autoreen kasuan gertatu zen bezalaxe; formari dagokionez, berriz, Baconek esan zuen beraren kausa ur-tanta esferikoetako argiaren isla zela, eta, hortaz, behatzaile partikular baten ortzadarra tanta jakin batzuetan soilik agertzen zela, hots, izpiak beraren begietara islatzen zituzten tantetan. Teoria hori haloak eta parelioak ere azaltzeko erabili zuen, izatez egokia ez bazen ere.

Grossetestek XIII. mendean izan zituen ondorengoen artean Witelo autore silesiarra (~1230an jaioa) aipatu behar da. Witelok Ptolomeorenen antzeko esperimentuak deskribatu zituen, airea, ura eta beira zeharkatzean argiak egiten zituen errefrakzio-angeluen balioak determinatzeko; horretarako erabili zituen eraso-angeluak 10 gradutik hasi eta 80 gradura iristen ziren. Alhazenek ez zuen gisa horretako neurketarik deskribatu, baina badirudi Witelok egokitu egin zuela Alhazenek beste xede baterako deskribatu zuen aparatu bat. Aparatu hori letoizko ontzi zilindriko bat zen, zeinaren barnean 360 graduak eta minuutuak adierazten zituen zirkulu bat irudikatuta baitzegoen. Medio errefringentea zilindroaren barnean sartu eta neurriak egiten ziren, zirkulu graduatuaren diametro baten mutur bakoitzean egindako zuloen eta bisore baten bitartez.¹⁰ Eraso- eta errefrakzio-angeluetako aldaketa konkomitanteak adierazten dituen Witeloren taula garrantzitsua da, zeren gainazal errefringentean zehar bi norabideetan egindako behaketen emaitzak erakusten baititu. Emaiza horiek esanguratsuak dira. Adibidez, argia airetik uretara pasatzean egindako neurketen emaitzak nahiko zehatzak dira, baina alderantzizko kasuari



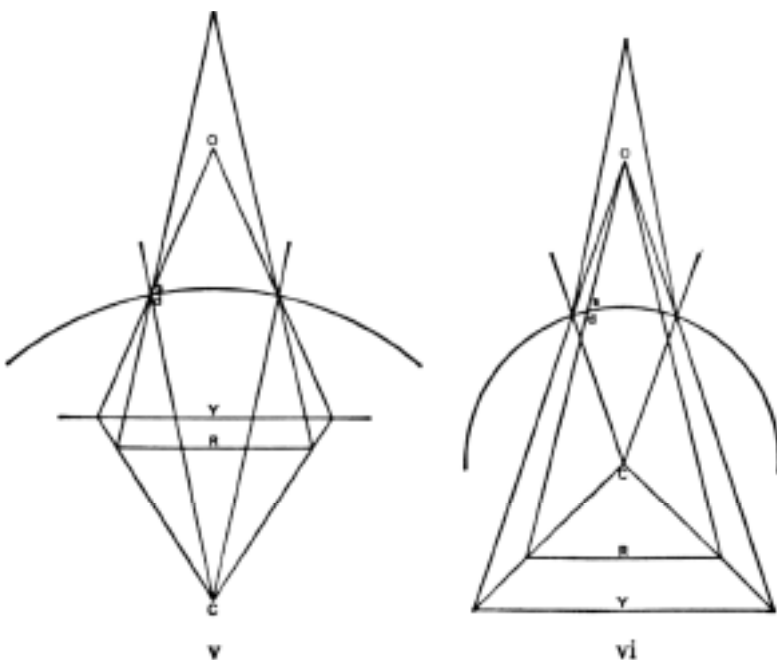
4. **irudia**. British Museumeko diagramak –MS Royal 7.F.viii (XIII. mendea)–, gainazal errefringente kurbatuen ezaugarriez Roger Baconek egin zuen sailkapena ilustratzen dutenak –*Opus Majus*, V–. Izpiak objektuaren mutur bakoitzetik abiatzen dira (*res* R), optikoki dentsitate txikiagoa duen medioa (*subtilior*, s) eta dentsitate handiagoa duen medioa (*densior*, d) –abibidez: airea eta beira– bereizten dituen gainazal

dagozkionak ez dira batere zehatzak edota ezin kalkula daitezke. Garbi dago Witelok berak ez zituela inoiz ere egin alderantzizko neurketa horiek; balioak lege bat gaizki aplikatzetik atera zituen, errefrakzio kantitatea bi norabideetan berdina dela dioen legetik, alegia. Hori egitean, ez zuen jakin eraso-angelu handienetan ez zela baliorik egongo errefrakziorako, argi guztia beheko gainazalean islatuko zelako, uraren eta airearen artean. Hortaz, Witelok galdu egin zuen fenomeno garrantzitsu bat deskubritzeko aukera, hots: argiaren osoko islapena angelu kritikoan. Hala eta guztiz ere, bere lana interesgarria izan zen eta, gainera, ahaleginak egin zituen bere emaitzak orokortasun matematikoen bidez adierazteko. Witelok azaldu zuenez, errefrakzio kantitatea eraso-angeluarekin batera igotzen zen, baina lehenengoaren igoera bigarrenarena baino txikiagoa izaten zen beti. Orokortasun horiek medioen dentsitateen arteko desberdintasunekin lotu nahi izan zituen. Beste esperimentu batzuetan, Witelok lortu zuen espektroaren koloreak sortzea, argi zuria kristal hexagonal baten zehar pasatuz, eta ulertu zuen, gutxienez inplizituki, izpi urdinen errefrakzio-angelua izpi gorriena baino handiagoa zela. Beraren ustez, koloreen espektroa



kurbatuan makurtzen dira, eta begian elkartzen dira (*oculus*, O). Irudia (*ymago*, Y) ikusten da izpi errefraktatu horietako proiektzioa eta objektuko perpendikularra –adibidez: zentrora doan linea c– elkartzen diren puntuan. Irudia handitu edo txikitzen da, honako faktore hauek kontuan hartuta: begirantz dagoen gainazala zein den, ahu-rra (i-iv) ala ganbila (v-viii); begia kurbaren zein aldetan dagoen, dentsitate txikia-

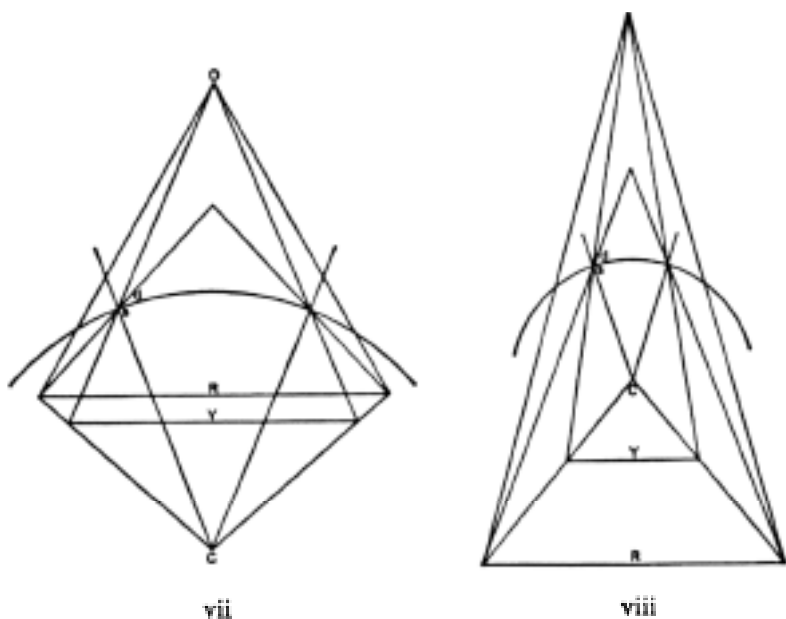
sortzen zen argi zuria arian-arian ahuldu egiten zelako errefrakzioaren eraginez; izan ere, hori gertatzean gero eta iluntasun handiagoa sartu ahal izaten zen mediotik. Azalpen berbera eman zuen Grossetesteren zirkuluarekin lotutako autore ingeles batek, pseudo-Grosseteste izena hartuta idatzitako *Summa Philosophiae* obran. Witelok bere ikerketa optikoak erabili zituen ortzadarraren inguruko azalpen adimentsu baina oker bat emateko. Orobat, interesgarria da ikusmenaren psikologiari buruz gauzatu zuen eztabaida. Beste idazle ingeles batek, John Pechamek (1292an hila), ekarpen erabilgarri bat egin zuen optikari buruzko testu-liburu txiki bat idatziz; liburuaren azalpenak oso argiak dira, baina aurrerapen original gutxi egin zituen. Theodoric edo Dietrich von Freiberg (1311n hila) idazle alemaniarrek, berriz, aurrerapen aipagarri batzuk egin zituen, halako moldez non errefrakzioari



goko aldean (i, ii, v, vi) ala dentsitate handiagoko aldean (iii, iv, vii, viii); begia kurbaren zentroaren (centrum, C) zein aldetarantz dagoen, objekturantz dagoen aldean (i, iii) ala alderantzizko aldean (ii, iv); edota kurbaren zentroa objektuaren zein aldetan dagoen, begirantz dagoen aldean (vi, viii) ala alderantzizko aldean (v, vii). Bacon irudi txikitu bat (i) eta irudi handitu bat (iii) marraztera eraman zuen araua zuzendu-

eta ortzadarrari buruz idatzi zuen lanak ederki erakusten baitu metodo esperimentalak Erdi Aroan nola erabiltzen zen.

Theodorice *De Iride et Radialibus Impresssionibus* obra baino lehen ortzadarrari buruz idatzi zutenen artean Grosseteste, Albertus Magnus eta Witelo daude. Lehenengoak errefrakzioari egotzi zion ortzadarraren forma; beste biek, berriz, askoz ere jakintza handiagoz idatzi eta zera esan zuten: beharrezkoa zela izpiek euri-tanta indibidualetan egiten zituzten errefrakzioa eta islapena kontuan hartzea. Theodoricek berak teoria bat aurreratu zuen, zeinaren arabera lehenengo uztia sortzen zen argia euri-tanta esferikoetara erori, tanta bakoitzean errefraktatu, beraien barnean islatu eta kanporantz errefraktatzen zelako; bigarren uztia, berriz, bigarren errefrakzioaren



ta dago *Opus Majus* horretako geroko kapitulu batean, zeren Baconek «ikus-angeluaren tamaina itxura horietako faktore nagusia dela» esan baitzuen hor; hau da, objektuak eta irudiak begian egiten dituzten angeluak. Ikusmen ahulari laguntzeko, hemisferio bat (vi) edo hemisferio batera iristen ez zen forma bat (v) osatzen zuen lente ganbil bat gomendatu zuen.

aurretik gertatzen zen beste islapen baten eraginez sortzen zen. Horixe da gaur egun onartzen den azalpena, nahiz eta berau Descartesi egotzi ohi zaion, beraren azalpen matematikoa askoz ere hobea baita edozein ikuspuntutatik begiratuta. Horren oinarrian dagoen aurkikuntza garrantzitsua –argia euri-tanta bakoitzaren barne-gainazal ahurrean islatzen zela– Theodoricek egin zuen, esperimentuen bidez. Horretarako, euri-tanta bat itxuratu zuen urez betetako beirazko ontzi esferiko bat erabiliz; ontzi hori, seguru aski, medikuntzan txizarako erabiltzen ziren flaskoetako bat zen, kristalezko esfera batekin.¹¹ Gainera, aparatu horrekin erakutsi zuen nola horrelako esfera bat –Eguzkiarekiko eta begiarekiko posizio egoki batean jarritz gero– igo edo jaisten zenean ortzadarraren koloreak ordena konstantean agertzen ziren. Esfera posizio horretatik 11 gradu inguru igotzen bazen, kolore berberak alderantzizko ordenan agertzen zirela erakutsi zuen. Horrenbestez, beste esperimentu batzuen bidez Theodoric gai izan zen lehenengo eta bigarren ortzadarrak sortzen zituzten izpien ibilbidea modu nahiko zehatzean trazatzeko (ikus 7., 8., 9. eta 10. laminak). Bitxia da balio oker bat eman zuela –berau astrolabio batez neur zitekeela esanez– Eguzkitik ortzadarrera doazen izpien eta ortzadarretik behatzailearen begietara doazen izpien arteko angelurako: 22 gradu. Izan ere, ordurako nahiko ezaguna zen Roger Baconek emandako balioa –42 gradu– zuzena zela.

Orobat, Theodoricek ahaleginak egin zituen ortzadarraren koloreak ere modu esperimentalean ikertzeko. Erakutsi zuen nola ortzadarraren ikusten diren kolore berberak beste era batera era lor zitezkeela, hots: argia kristalezko bolak edo urez betetako beirazko ontzi esferikoak zeharkaraziz, baita kristal hexagonalak zeharkaraziz ere, bai begia flaskoaren edo kristalaren muturrean jartzen bazen eta bai argia pantaila opako batean proiektatzen bazen. Espektrorik horren koloreak ordena berebanean egoten ziren beti: gorria eraso-lineatik hurbilen zegoen, eta beraren ostean horia, berdea eta urdina zetozen, berak bereiztu zituen lau kolore nagusiak, hain zuzen ere. Bere deskribapenak erakusten duenez, Theodoricek ulertu zuen ezen koloreak gorputz errefringenteen barnean eratzen zirela izpiek topatzen zuten lehen gainazalean errefraktatu ondoren, hau da, ez zirela besterik gabe gorputz horietatik sortzen. Espektroraren itxura esplikatzeko, Aristotelesi buruzko iruzkine-tan Averroesek koloreak azaltzeko erabili zuen teoriari heldu zion

Theodoricek. Teoria horren arabera, koloreak sortzen ziren kontrajarritako bi ezaugarri pare neurri desberdinean agertzen zirelako: distira eta iluntasuna; muga eta mugarik eza. Lehenengo parearen osagaiak kausa formalak ziren eta bigarren parearenak kausa materialak, eta espektroa sortzea ahalbidetzen zuen arrazoa zen argi-fluxua ez zegoela linea geometrikoz osatuta, baizik eta zabalera eta sakonera zituzten «zuta-bez», halako moldez non beraren parteek efektu desberdinak izan zitzaieten medio egoki bat zeharkatzean. Hala, argia kristal hexagonal edo esferiko baten gainazalera edo flasko esferiko baten gainazalera perpendikularki jaisten zenean, modu zuzenean zeharkatzen zuen gainazal hori, errefrakziorik gabe, eta erabat distiratsu eta mugatu gabe irauten zuen. Horren eraginez, argi hura zuri geratzen zen. Kristalaren edo flaskoaren gainazalera angelu bat eginez jaisten zen argia, aldiz, errefraktatu eta ahuldu egiten zen; aldi berean, beraren distirak behera egiten zuen iluntasun kantitate positiboaren eraginez, eta gorputz errefringentearen gainazalaren mugatasunak eragina zuen berarengan. Argi-fluxuan eragina zuten ezaugarrien konbinazio desberdinek errefrakzioaren ostean sortzen zen kolore espektroa sortzen zuten, kolore distiratsuenarekin hasita –gorria– eta ilunenarekin –urdina– bukatuz, nahiz eta kristala eta flaskoko ura ez ziren koloreztatzen, beira koloreztatua-rekin –adibidez– gertatzen zen bezala.

Theodoricek hainbat esperimentu gauzatu zituen teoria horren puntu batzuk frogatzeko. Beren-beregi esan zuenez, kristal hexagonal batean zehar edo urez betetako beirazko flasko batean zehar errefraktatzen ziren izpietan gorria jatorrizko eraso-lineatik hurbilen agertzen zen eta urdina hortik urrunen. Ez zitzaion bururatu koloreak beste era batean konbinatzea, argi zuria alderantzizko posizioan jarritako bigarren kristal batetik pasaraziz eta modu horretan eraldatuz, Newtonek egingo zuen bezala. Theodoricek ikusi zuen ezen pantaila kristaletik oso gertu jartzen bazen bertan proiektatzen zen argiak ez zuela espektrorik erakusten eta zuri agertzen zela; horren arrazoa zen –beraren esanetan– distantzia horretan argia indartsuegia zela eta horren eraginez iluntasunak eta mugatasunak ezin zutela euren efektua sortu. Orokorrean hartuta, Theodoricek aurrerapen nabariak egin zituen optikan eta metodo esperimentalean, eta berak erabilitako teknika bat oso oparoa izango zen etorkizunean, hots: fenomeno konplikatuak –hala nola ortzadarren forma eta koloreak– arazo sinpleagoetan bereiztea eta beren-beregi

diseinatutako esperimentuen bitartez banan-banan ikertzea. Theodoriceen teoria ez zen ahaztuta geratu; XIV. mendean Themo Judaeik eztabaidatu zuen, XV. mendean Regiomontanusek, eta Erfurteko Unibersitatean eta agian beste lekuren batean gauza bera egin zen XVI. mendean. Erfurten, Jodocus Trutfetter von Eisenach izeneko autore batek lehenengo eta bigarren ortzadarrez Theodoricek egin zituen diagramen xilografiak argitaratu zituen 1514an (10. lamina). Marko Antonio Dominisekoak ortzadarrari buruzko azalpen bat eman zuen, Theodoricek emandakoaren antzekoa, eta 1611n argitaratu zuen; azalpen hori izan zen, seguru aski, Descartesek 1637an argitaratuko zuen azalpen sakonagoaren oinarria.

Kointzidentzia batengatik, Qutb al-din al-Shirazik (1236-1311) eta Kamal-al din al-Farisik (~1320an hila) Theodoriceen azalpenarekin antzekotasun handia zuen azalpen bat eman zuten garai berean. Badirudi Mendebaldeko eta Ekialdeko autoreek aldi berean landu zituztela gai horiek, eta, elkarrengandik independentziaz lan egin arren, iturri berberak erabili zituztela, batez ere Aristoteles eta Alhazen. Gainera, al-Farisik errefrakzioari buruzko azalpen interesgarri bat eman zuen; bere esanetan, errefrakzioa sortzen zen medio desberdinak zeharkatzen zituen argiaren abiadura murriztu egiten zelako, «dentsitate optikoaren» alderantzizko proportzioan; teoria horrek iradoki zuen argiaren teoria ondulatorioaren aldekoek XVII. mendean proposatuko zutena. Beste kointzidentzia interesgarri batengatik, camera obscura-ren teoria –edo orratzaren neurriko zulodun kamera-ren teoria– hobetzen ari zenean Levi ben Gerson ere antzeko zeregin bat gauzatzen ari zen bere aldetik. Biek erakutsi zutenek, eratzten ziren irudiek ez zuten zuloaren formaren efektua nabaritzen; halaber, irekiunea puntu txiki bat izanez gero, irudi zehatz bat eratzten zen; zuloa handiagoa izanez gero, berriz, elkarren gainen partzialki jartzen ziren irudi ugari agertzen ziren. Tresna hori eklipseak eta beste zenbait fenomeno astronomiko behatzeko erabili zuten, baita txorien eta hodeien mugimenduak behatzeko ere.

Erdi Aroko optikaren beste garapen garrantzitsu bat perspektibaren ikerkuntza geometrikoa pinturarekin lotu zuena izan zen. Proiektzio zentrala nahita erabiltzeko joeraren lehen urratsak XIV. mendean eman ziren, Sienan, Ambrogio Lorenzettiren eskutik. Joera horrek iraultza ekarriko zion Italiako pinturari XV. mendean.

4. MEKANIKA ETA MAGNETISMOA

Argiaren «espezien ugalketari» buruzko teoria alde batera utzita, Lurraren eremuan gertatzen zen mugimendu lokalaren kausen arte-
tik ekintza mekanikoa eta magnetismoa izan ziren XIII. mendean kon-
tuan hartu ziren bakarrak, eta kausa mekaniko natural bakarrak grabi-
tatea eta arintasuna ziren. Astronomia eta optikarekin batera, Erdi
Aroko fisikaren eremuko gaien artean mekanika izan zen matemati-
karen aplikazioa ondoen ahalbidetu zuena; alde horretatik, XIII. men-
deko mekanikaren iturri nagusiak corpus aristotelikoaren tratatu
matematikoenak izan ziren, *Mechanica* (*Mechanical Problems*) alegia
—garai hartan Aristoteles bera hartzen zuten obra horren egilezat,
modu okerrean—, baita geroagoko tratatu greziar eta arabiar batzuk
ere. Orobat, Aristotelesen *Physics* ere garrantzitsua izan zen mekani-
karen inguruko ideietarako. Izan ere, XIII. mendera iritsi zen mekani-
karen corpus osoak obra horretan azaldutako printzipioa hartu zuen
oinarritzat, hots: mugimendu lokala —beste aldaketa mota batzuk
bezala— prozesu bat zela, zeinean potentzialtasun bat erreal bihurtzen
baitzen mugimenduaren bitartez. Prozesu horrek kausa baten etenga-
beko eragina behar zuen ezinbestean, eta kausa hori desagertzen zene-
an efektua ere desagertzen zen. Hortaz, mugitzen ziren gorputz guz-
tiek printzipio bat behar zuten euren mugimendurako. Printzipio hori
bi motatakoa izan zitekeen; mota bat barneko printzipio «naturala»
zen, «natura» edo «forma», gorputzaren mugimendu naturalaren
motorea; bestea, berriz, kanpo eragile bat, gorputzetik bereiztuta
zegoena baina mugitzen zuen gorputzarekin batera ezinbestean ager-
tu behar zena (ikus 74.-75. eta 80.-81. orrialdeak). Horrez gain, efek-
tua proportzionala zen kausarekin, halako moldez non mugitzen zen
gorputzaren abiadura zuzeneko proportzioan aldatzen zen barneko
«naturaren» edo kanpo eragilearen ahalmen edo «bertutearekin»¹²,
eta, gorputz eta ahalmen motore berberarentzat, medio desberdinetan,
alderantzizko proportzioan medioak jartzen zuen erresistentziarekin.
Hortaz, mugimendua eta abiadura bi indarren eraginaren bidez deter-
minatzen ziren; indar batek, barnekoa zein kanpokoa izanik, gorputza
bultzatzen zuen; beste batek, gorputzetik kanpokoa, kontra egiten zion
erresistentzia jarritz. Aristotelesekin ez zuen masa kontzeptua ezagutu,
hau da, mugitzen den gorputz ororen berezko erresistentzia, XVII.
mendeko mekanikaren oinarria izango zen ezaugarri bat, hain zuzen

ere^Y. Erortzen diren gorputzen kasuan, pisua da mugimendua sortzen duen indarra, eta, goiko printzipioei jarraituz, erortzen den gorputz batek medio jakin batean duen abiadura proportzionala da beraren pisuarekin; hori horrela, gorputz bat erresistentziarik jartzen ez duen medio batean mugituko balitz, beraren abiadura infinitua izango litza-teke. Ondorio horrek ezinezkoa den zerbait dakar berekin, eta, hortaz, Aristotelesek argudio erantsitzat hartu zuen hutsartea existitzen ez zela esateko.

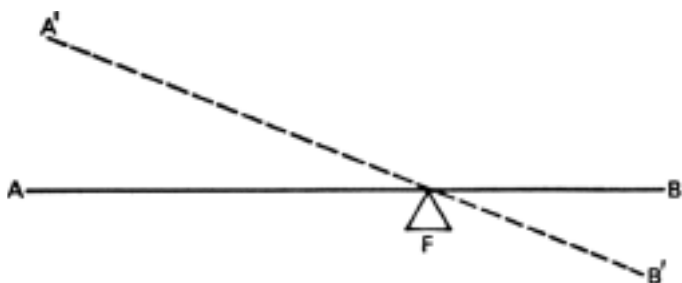
Aristotelesen mekanika Mendebaldeko Kristandadean ezagu-tu zenean, XIII. mendean, logikaren eta enpirismoaren ikuspuntutik aztertu zuten adituek, beraren gainerako ideia zientifikoak bezala. Horren eraginez, hurrengo mendean kritika erradikal bat egin zitzaien beraren ideia dinamikoei eta berauen ondorio fisikoei, hala nola hutsartea existitzeko ezintasunari. Kritika horrek bidea prestatu zien Galileori eta beraren XVII. mendeko jarraitzaileei, lan intelek-tual eskerga baten bitartez printzipio aristotelikoetatik ihes egin eta mekanika matematikoa sor zezaten, Iraultza Zientifikoaren ezaugarri nagusia, hain zuzen ere.

XIII. mendean, ikerkuntzaren aurrerapen handienak ez ziren dinamikaren eremuan egin, baizik eta estatikaren eta, neurri batean, zinematikaren eremuan –hau da, mugimenduaren abiadura aztertzen duen alor zientifikoan–, batez ere Jordanus Nemorariusen eskolan. Batzuek Jordanus Saxorekin (11237an hila) identifikatzen dute aditu hori, hots, Predikarien edo Domingotarren Ordenaren garai hartako bigarren maisu nagusiarekin, baina beraren benetako identitatea eze-zaguna da oraindik ere. Abiadura indar motorearekiko proportzionala zela zioen printzipio aristotelikoa abiapuntutzat hartuta, Jordanusek pentsatu zuen indar motorea abiadurarekiko proportzionala izan zite-keela. Aristotelek esan zuen ezen indar motore jakin batek gorputz jakin bat abiadura jakin batez mugitzen bazuen, orduan indar motore bikoitza behar izango zela gorputz berbera abiadura bikoitzez mugi-tzeko. Horrenbestez, indar motorearen neurria gorputzaren pisua eta gorputzak hartutako abiadura biderkatzearen emaitza izango zen (gor-putzaren pisua bider beraren abiadura). Horri «Aristotelesen axioma» deitu zitzaion. Aristotelesek ez zituen ondo bereiztu ideia dinamikoak eta estatikoak, eta gauza bera gertatu zitzaion *Mechanica*-ren autore-ari, *Liber Euclidis de Ponderoso et Levi* liburu greziarraren idazleari

eta obra horietatik abiatuta Erdi Aroko estatika latindarren oinarria osatu zuten lan arabiarrei. Nolanahi ere, goiko teorema dinamikoa termino estatikoetara eramanez gero haxe ondoriozta zitekeen: indar motorea mugitutako gorputzaren pisua bider mugimenduak egiten zuen distantzia zela.

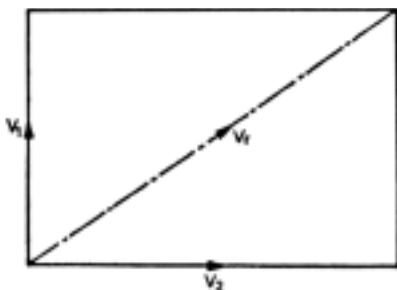
Aristotelesen ideia horiek eta Alexandriako mekanikaren zati batzuk –Arkimedesen obra txiki batzuk soilik barne sartuta– oinarritzat harturik, Jordanus Nemorariusek eta beraren eskolak Stevin, Galileo eta Descarteskek XVII. mendean bere egingo zituzten ideia mekaniko garrantzitsu batzuk garatu zituzten. *Mechanica*-n erakutsi zenez –Aristotelesen axiomari jarraituz–, palanka bateko bi muturretan kulunkatzen diren bi pisuek alderantzizko proportzionaltasuna dute palanka mugitzean beraien lotura-puntuen mugimenduek hartzen dituzten abiadurekin (5. irudia).

Elementa Jordani Super Demonstrationem Ponderis liburuan, euste-puntutik distantzia berberera jarrita dauden eta berdinak diren bi pisu orekan daudela frogatu zuen Jordanusek, Aristotelesen axiomatik abiatuta. Hori egitean, «Jordanusen axioma» izenez ezagutzen den axiomaz baliatu zen; horren arabera, pisu jakin bat altuera jakin batera igo dezakeen indar motoreak k aldiz astunagoa den pisu bat igo dezake aurrekoa baino $1/k$ aldiz altuagoa den puntu batera. Horixe da desplazamendu birtualen printzipioaren hazia.



5. irudia. Bi pisu desberdin –A eta B– orekan egongo dira baldin eta palankako posizio zehatz batzuetan jartzen badira, hots, palanka F euste-puntuan mugitzean A'/B' abiaduren ratioa B/A pisuen ratioarekin proportzionala izatea ahalbidetzen duten posizioetan jartzen badira.

Horrez gain, *Mechanica*-k mugimenduen osaketaren ideia ere jaso zuen. Erakutsita zegoenez, aldi berean bi abiadurez (V_1 eta V_2) mugitzen den gorputz bat –abiadura horien arteko ratioa konstantea izanik– abiadura horiekiko proportzionalak diren lerroek osatzen duten laukizuzenaren diagonaletik (V_r) mugituko litzateke (6. irudia); orobat, abiaduren ratioa aldatuz gero, ondorioztatuko litzatekeen mugimendua ez litzateke lerro zuzen bat izango, kurba bat baizik (7. irudia).

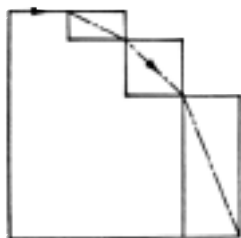


6. Irudia

Jordanusek ideia hori hartu eta zehiharrean erortzen den gorputz baten mugimenduari aplikatu zion. Hala, erakutsi zuen ezen gorputza edozein unetan mugitzen zuten indar eragile edo motoreak bi indarretan bereiz zitekeela: alde batetik, Lurraren zentrorantz zuzentzen den grabitate naturala zegoen; bestetik, proiektzio-indar horizontal «bortitz» bat. Mugimenduaren ibilbidean eragina zuen grabitate-osagaiari *gravitas secundum situm* deitu zion, edo «posizioari lotutako grabitatea»; erakutsi zuenez, ibilbide hori zenbat eta zeharragoa izan –hau da, horizontaletik zenbat eta hurbilago egon–, orduan eta txikiagoa zen osagai hori. Esan zuenez, bi ibilbideren zehartasunak honela aldera zitezkeen: emandako distantzia horizontal batean beherantz egindako tartea neurtuz.

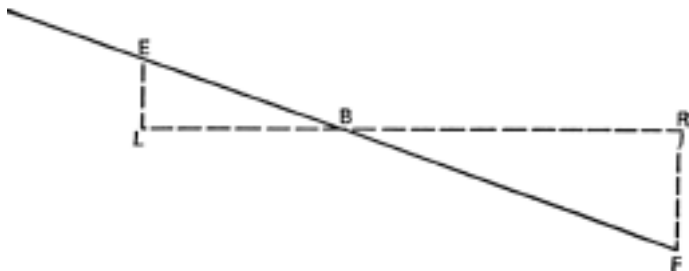
Beste tratatu batean, *De Ratione Ponderis* edo *De Ponderositate* izenekoan –tradizioz Jordanusi egotzi izan zaio, baina baliteke autoreak beste norbait izatea, hain zuzen ere Duhemek bere *Origines de la Statique* obran «Leonardoren Aitzindaria» izena eman zion autoreak–, Jordanusen ideiak garatu eta palanka angeluarra eta plano inklinatuan jarritako gorputzen jokabidea aztertzeke erabili ziren. *Mechanica*-n

soluzio oker bat eman zitzaion palanka angeluarraren arazoari. *De Ratione Ponderis*-en autoreak kasu berezi bat aztertu zuen, hots, palanka makurtuaren besoetako muturrean esekitako pisu berdin kasua; autorea desplazamendu birtualen printzipioaz baliatu zen berriz –gutxienez inplizituki– eta zera erakutsi zuen: pisuak orekan egongo direla euste-puntua zeharkatzen duen bertikaletik dauden distantzia horizontalak berdinak direnean. Segur aski, autore horrek printzipio orokorragoa ere ezagutu zuen, hau da, edozein motatako bi



7. irudia. Egindako distantzia bertikalak handitu egiten dira gehitzen den denbora-unitate bakoitzeko; denbora-tarte berean egindako distantzia horizontalek, berriz, aldatu gabe irausten dute.

pisu orekan daudela alderantzizko proportzionaltasunean baldin badaude distantzia horizontalekin; printzipio horrek momentu estatikoaren funtsezko ideia dakar berekin. Palanka batean jarritako E eta F pisuak orekan egongo lirateke euste-puntutik (B) dituzten benetako distantziekin –BL eta BR– alderantzizko proportzionaltasunean daudenean, hau da, hauxe gertatzen denean: $EF = BR/BL$ (8. irudia). Izan ere, Heron Alexandriakoak palanka angeluarraren printzipioa formulatu zuen modu orokorrean bere *Mechanica*-ren I. liburuko 33. kapituluan, baina *De Ratione Ponderis*-en autoreak ez zuen obra hori ezagutu.



8. irudia

Plano inklinatuetakoko gorputzetan eragina duen grabitate-osa-gaia eztabaidatzean, *De Ratione Ponderis*-en autoreak esan zuen gorputz baten *gravitas secundum situm*-a berdina zela planoko puntu guztietan. Gero, Jordanusen axioma abiapuntutzat hartuta, balio hori inklinazio desberdineko planoetan nola aldera zitekeen erakutsi zuen. Hauxe ondorioztatu zuen:

Bi pisu inklinazio desberdineko planoetan jaisten badira eta pisu horiek zuzeneko proportzionaltasuna badute inklinazioen luzerekin, pisu horiek indar motore berdina izango dute euren jaitsieran (Duhem, *Origines de la Statique*, 1905, 146. or.).

Stevinek eta Galileok bat egingo zuten gerora adierazpen horrekin; dirudienez, autore horiek aukera izan zuten *De Ratione Ponderis*-en testuaz Tartagliak inprimatu zuen eta beraren heriotzaren ostean –1565ean– argitaratu zen edizioa eskuratzeko. Tratatu horren baitan Estratoni (K.A. 288an fl.) egozten zaion printzipio hidrodinamikoa ere ageri zen; beraren arabera, altuera jakin batetik jaisten den likido baten sekzioa zenbat eta txikiagoa izan, orduan eta handiagoa da beraren isuri-abiadura.

Jordanus Nemorariusen eta beraren eskolakoen lan horren eza-gutza nabarmenki hedatu zen XIII. eta XIV. mendeetan. Blasius Parmakoak haren laburpen bat egin zuen XV. mendean eta, Duhemek erakutsi zuenez, Leonardo da Vincik asko erabili zuen. Gainera, XVI. eta XVII. mendeetan mekanikaren alorrean egingo ziren aurrerapen aipagarrienetako batzuen abiapuntua izan zen.

*

Grabitateaz gain, XIII. mendeko fisikarien arreta gehien erakarrri zuen beste ahalmen edo indar motore naturala erakarpen magnetikoa izan zen. Horixe izan zen XVI. mendea baino lehen gauzatu zen ikerkuntza esperimental antolatua adibide nabarrienetako baten gaia; alde horretatik, 1600ean idatzitako testu batean, 1269ko abuztuaren 8an bukatutako liburu txiki horrekin zuen zorra aitortu zuen William Gilbertek. Petrus Peregrinus Maricourtekoaren *Epistola de Magnete* –zeinean Gilberten obraren atal garrantzitsu batzuk aurreratu baitziren– beraren autoreak Pikardian zuen herrikide bati zuzendutako gutun moduan idatzi zen, Peregrinus Anjouko Karlosen armadarekin batera Lucera hiriko setioan zegoen bitartean, Italiako hegoaldean.

Imanaren ezaugarri batzuk ezagunak ziren Petrus Peregrinusen ikerketen aurretik. Hala, Talesek imanak burdina erakar zezakeela jakin zuen, eta, gerora, «bertute» ezkutuen adibide klasiko bezala aipatu zen sarritan. Iparralderantz eta hegoalderantz orientatzeko zuen joera hori ezaguna izan zen txinatarrentzat, eta norbait –agian musulmanak, itsasoaren bitartez txinatarrekin harremanetan egon zirelako– beraz baliatu zen egokitzapen bat eginda konpasa asmatzeko. Erdi Aroko literatura latindarrean tresna horretaz dauden lehenengo erreferentziak Alexander Neckamen *De Naturis Rerum*-en eta 1200. urtearen inguruko beste lan batzuetan ageri dira, baina badirudi Mendebaldeko nabigazioan data hori baino lehen erabili zela. Bai marinel arabiarrek eta bai kristauak konpasa erabili zuten Mediterraneoan XIII. mendeko amaieratik aurrera (hasieran orratz flotagarriko konpasa erabili zuten, eta geroago orratz birakariko konpasak ere), mapa portulano edo «itsas kartekin» batera (ikus 219. eta hurrengo orrialdeak). Bere tratatuaren amaieran Petrus Peregrinusek tresna perfektionatuak deskribatu zituen bi mota horientzat, hau da, orratz flotagarriko konpasentzat eta orratz birakariko konpasentzat (11. lamina). Bere orratz flotagarria 360 gradutan banandutako erreferentzia-eskala batez erabiltzen zen.

Peregrinusek ondorengo oharrarekin hasi zuen imanei buruzko behaketa-lana:

Konturatu behar zara, lagun maitea, gai hau ikertzen duenak gauzen natura ezagutu behar duela, eta zeruko gorputzen mugimenduak ere hartu behar dituela aintzakotzat; halaber, bere eskuez baliatzeko prest egon behar du, harri hau manipulatzearen bidez efektu aipagarriak erakusteko gai izan dadin. Izan ere, bere arretari esker gauza izango da filosofia naturalak eta matematikak berez inoiz zuzenduko ez zuten errakuntza bat denbora laburrean zuzentzeko, hau da, bere eskuak erabili gabe inoiz zuzenduko ez zuen errakuntza bat zuzendu ahal izango du. Zeren ezkutuko operazioetan ezinbestekoa baita esku-trebetasuna, horren ezean ia ezinezkoa delako ezer modu egokian burutzea. Aldi berean, baina, arrazoimenaren arauaren mende dauden gauza batzuk ezin dira eskuarekin soilik erabat ikertu.

Ohar hori eginda, hainbat puntu aztertzeari ekin zion; imanei antzemateko era; beraien poloak determinatzeko eta iparra eta hegoa bereizteko modua; polo berdinen aldarapena; burdina iman baten polo jakin batez marruskatzean, kontrako poloan gertatzen den indukzioa;

poloen alderanzketa; orratz magnetiko bat orratz txikiagoetan zatikatzeo ekintza; eta erakarpen magnetikoak ur eta beiran zehar duen eragina. Esperimenturik zailenetako bat hauxe izan zen: zeruko mugimenduak ilustratzeko diseinatutako iman esferiko baten –edo, berak deitu zion bezala, *magnes rotundus* baten– poloak determinatzea. Imanaren gainazalean orratz bat jartzen zen eta harrian lerro bat egiten zen, orratzak hartzen zuen norabide berean. Hainbat posiziotatik egindako lerroen bi lotuneak imanaren poloak izango ziren.

Imanek iparralderantz seinalatzeko duten joera ez zion egotzi ez Lurraren polo magnetikoen eraginari, Gilbertek –lurra iman handi bat zela zioen teoriarekin– esan zuen bezala, ez ipar-izarraren eraginari ere, Petrusen garaiko aditu batzuek esan zuten bezala. Peregrinusen esanetan, imanak ez zuen beti zuzen-zuzenean Ipar-izarrerantz seinalatzen. Halaber, beraren orientazioa ezin egotz zekiekeen Lurraren ipar-eskualdeetan omen zeuden iman-multzoei, zeren iman-meategiak beste leku batzuetan ere aurki baitzitezkeen. Beraren arabera, imana zeruko esferaren biraketaren ardatz ziren zeru-poloetarantz zuzentzen zen, eta teoria horretan oinarrituko zen *perpetuum mobile* bat diseinatzea planteatu zuen. Hori horrela izan arren, bere garaiko beste autore bat, John St. Amandekoa, magnetismoari buruzko ikusmolde modernorantz hurbildu zen bere *Antidotarium Nicolai* obraren amaieran. Hona hemen haren hitzak:

Hortaz, nik diot imanean munduaren aztarna aurki daitekeela, zeren bertan bada mendebaldearen ezaugarria duen zati bat, ekialdearen ezaugarria duen beste zati bat, hegoaldearena duen beste bat eta iparraldearena duen beste bat. Eta nik diot iparralderantz eta hegoalderantz indar handiagoz erakartzen duela eta ekialderantz eta mendebalderantz indar txikiagoz.¹³

Magnetismoak burdin zati batean sortzen zuen indukzioaz Petrus Peregrinusek eman zuen azalpena kausaltasunari buruzko printzipio aristotelikoetan oinarritzen zen. Imana agente aktibo bat zen, burdin pasiboa beretzat asimilatzen zuena, beraren magnetismo potentziala erreal bihurtuz. Ikusmolde hori John St. Amandekoak landu zuen. Beraren esanetan, iman batek Lurreko poloetarantz seinalatzen duenean,

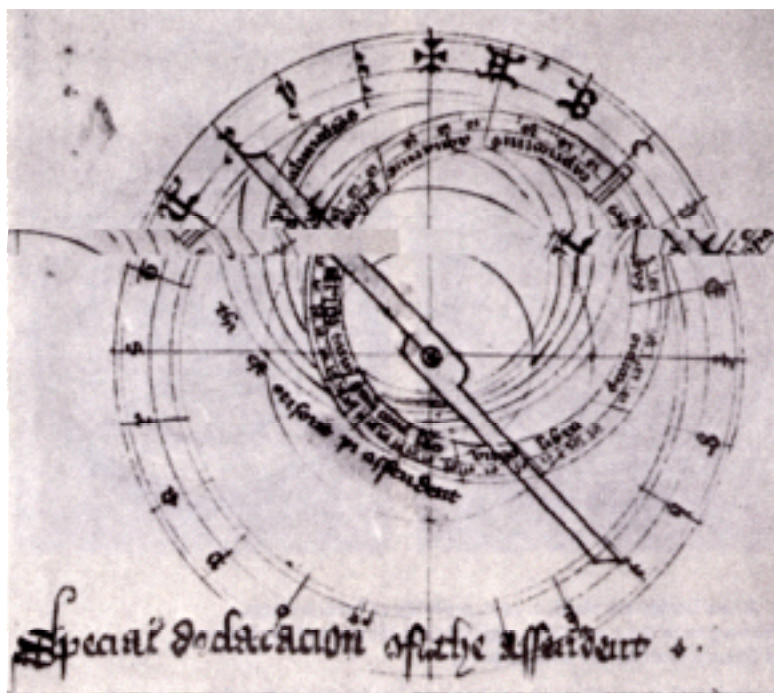
hegoaldeko parteak iparraldekoaren ezaugarria eta izaera dituen poloa erakartzen du, biek forma espezifiko berdina dituzten arren, eta hori gertatzen da ezaugarri jakin bat osatuagoa dagoelako hegoaldeko partean; iparraldeko



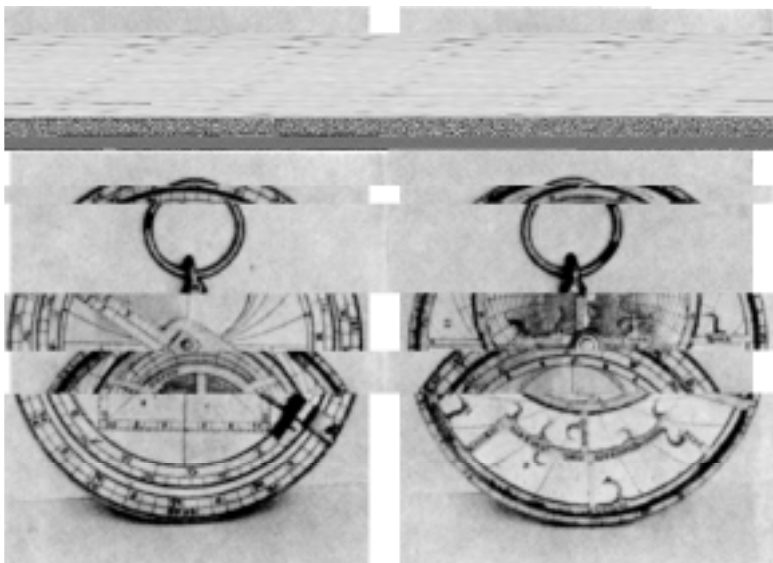
1. Aristotelesen kosmologia. Iturria: Petrus Apianus, *Cosmographia per Gemma Phrysius restituta*, Anberes, 1539.



2. Esfera solidoen modelo mekanikoa, Saturno planetarentzat Erdi Aroan egina. Iturria: G. Reisch, *Margarita Philosophica*, Friburgo, 1503. Kanpoen dagoen esfera (zuria) izarren esfera da, lurrean zentratua. Planeta bere epizikloan erakusten da; berau hiru esferako sistema baten bigarren esferan dago txertatuta (esfera horiek mugitu egiten dute). Bigarren esfera hori (zuriz koloreztatuta) deferentea da eta eszentrikoa da, halako moldez non lehen eta hirugarren esferetako albo-gainazalak (beltzez koloreztatuta) ere eszentrikoak diren. Esferai behar diren mugimenduak ematen zaizkie, hau da, planetaren mugimendua behaketekin bat etor dadin behar diren mugimenduak. Saturnoren barneko azken esferaren barnean, gainerako planetetako sistemak etorriko lirateke euren ordena egokian (ikus 2. irudia).



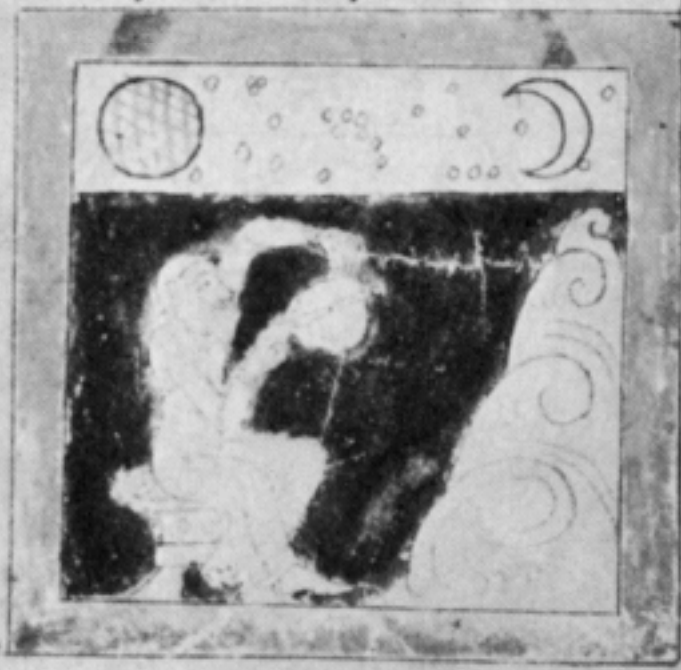
3. Astrolabio baten marrazkia, aurrealdea eta *alidade*-a erakutsiz. Iturria: Chaucer, *Treatise on the Astrolabe*, Cambridgeko Unibertsitateko Liburutegia, MS Dd. 3.35 (XIV. mendea).



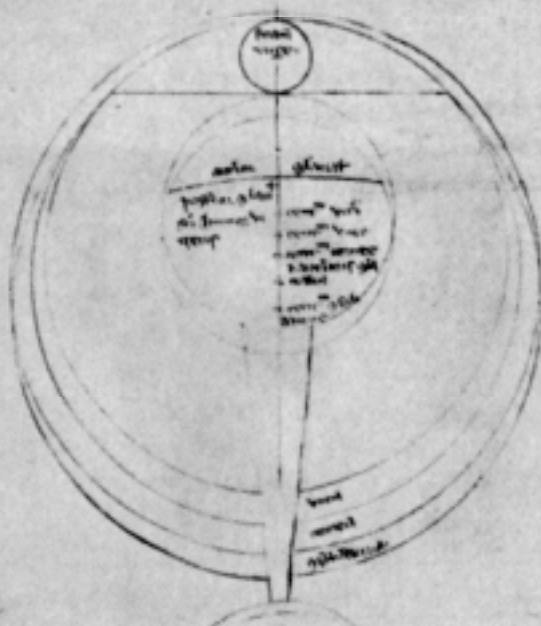
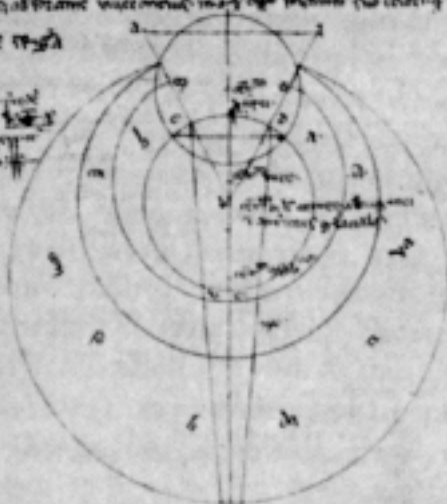
4. Gotiko berantiarreko astrolabio bat, 1430. urtearen ingurukoa, seguru aski Frantzian egina. Atzealdea (ezkerrean) eta aurrealdea (eskuinean) ikus daitezke. Museum of the History of Science, Oxford. Ikus 275. orrialdeko oharra.

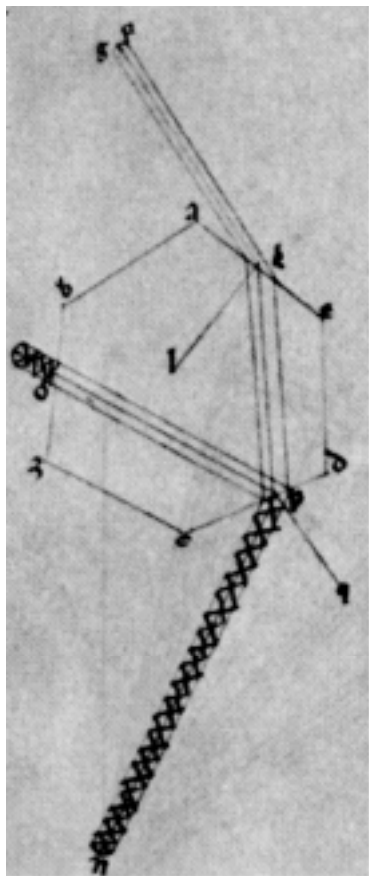
5. Astrolabio baten erabilera. Iturria: Bodleyren MS ingeles bat, 614 (XII. mendea), Oxford.

In aere uidentur stelle aliquando cadere nulla cadente.
 Cū enī sint natæ ignee & ppe stellarū loc' sit
 ether: nunq̃. ad terrā descendunt. Terram cū sint
 maxime & si ex remotione parue uideantur. si aliq̃
 ex illis caderet. totā tām ul maximā eiusdē partē
 occuparet. Non cadē q̃. s; cadē uidentur. Sepe enī
 in supiorib; partib; aeris ē uent' & cōmotio. & si n̄
 sit inferiorib; . ex ea cōmotioē aer ignit' et spen
 dens. p aera discurrit. Qu cū iuxta aliquam
 stellam spende incipit: splendore suo unum illi
 stelle nobis aufert. Videtq; qd stella illa occidit.
 S; dicat aliq̃. Videt' ē q̃ stella illa n̄ uidemus?
 Huic dicim. Stellā eandem p̄ea a nob' uidē s; eā esse
 nescim. q̃a cū: alio loco q̃. an eēt uidet'. alia stella p̄ea



5105 400

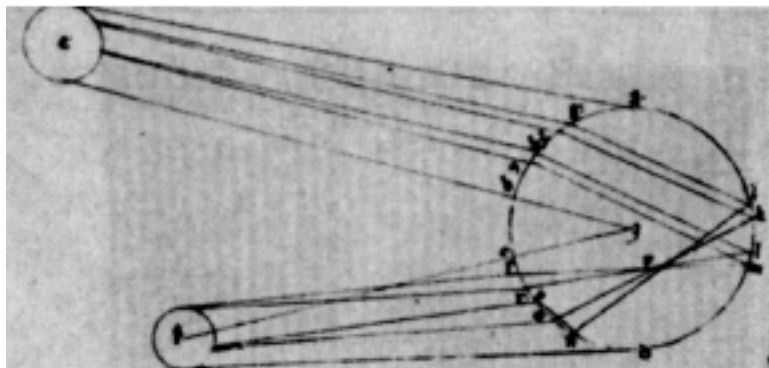
[illegible]



6. Roger Baconen diagrama geometrikoak, medio errefringenteek begian egiten dituzten kurbadurak erakutsiz. Iturria: *Opus Majus*, British Museum MS Royal 7.F.viii (XIII. mendea). Ikus 275. orrialdeko oharra.

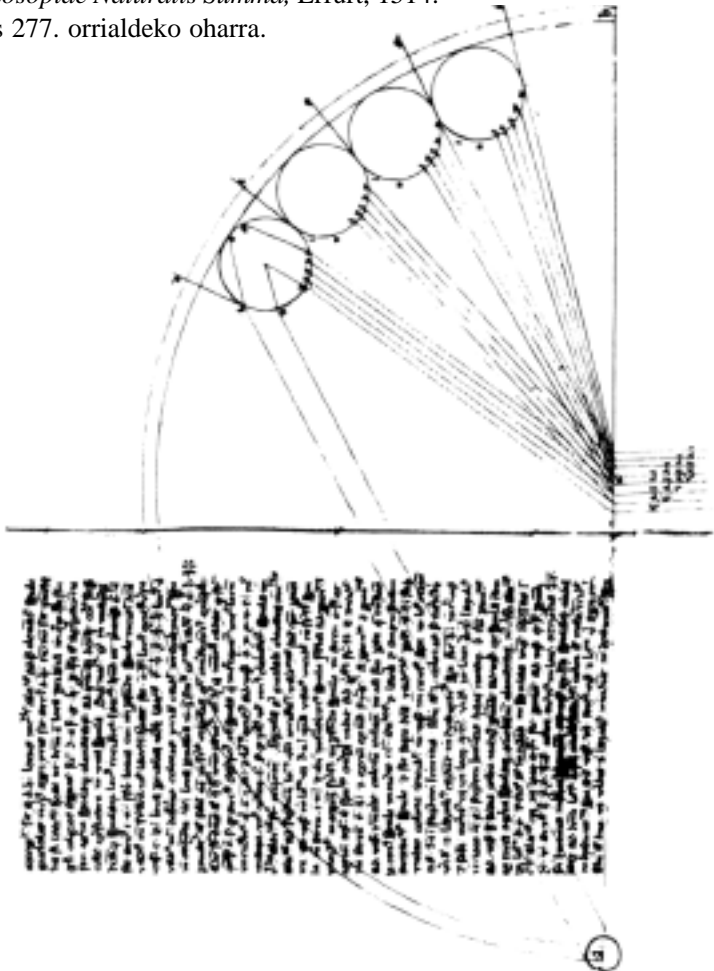
7. Argiaren errefrakzioarekin egindako esperimentu bat erakusten duen marrazki bat. Theodoric Freibergekoa, *De Iride*, Basileako Unibertsitateko Liburutegia MS Fiv.30 (XIV. mendea). Ikus 275. orrialdeko oharra.

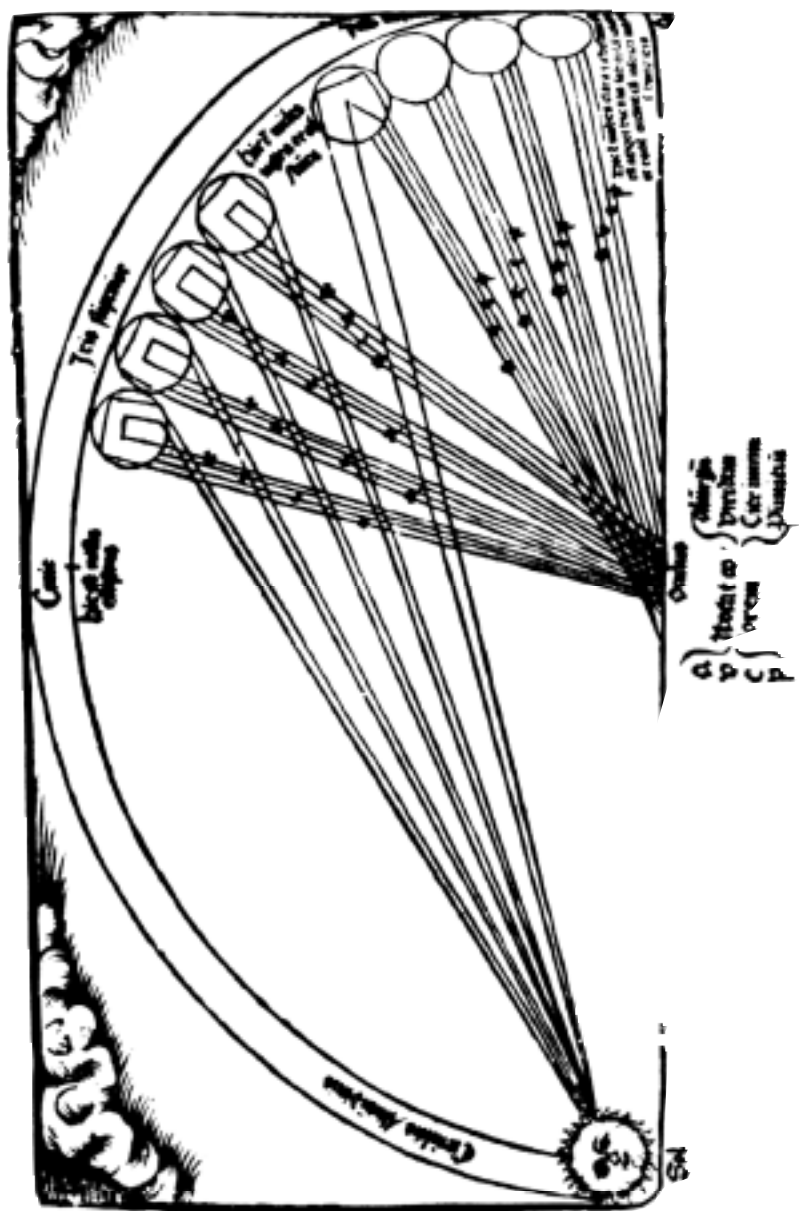
8. Izpiek esfera garden baten barnean –adibidez: urrez betetako beirazko ontzi esferiko bat edo euri tanta bat– egiten dituzten bideak erakusten dituen marrazki bat, lehenengo ortzadarra nola sortzen den azaltzeko xedez egina. Iturria: *De Iride*. Ikus 275. orrialdeko oharra.

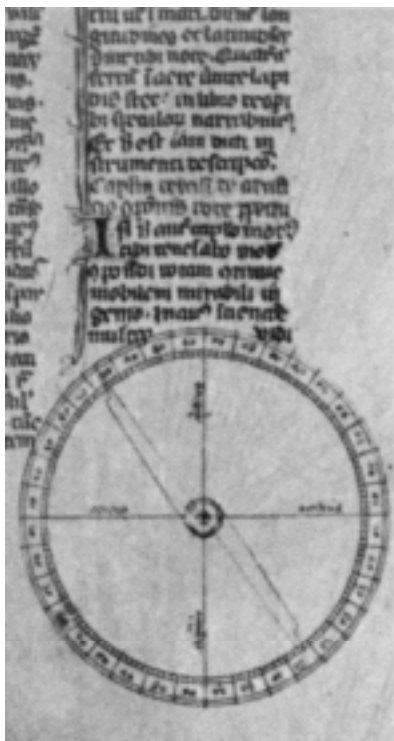


9. Tanta esferikoen barnean gertatzen den errefrakzio eta islapen bikoitzaren eraginez lehenengo ortzadarra nola sortzen den ilustratzen duen marrazkia. Iturria: *De Iride*. Ikus 277. orrialdeko oharra.

10. Theodoric Freibergekoak ortzadarraz eman zuen azalpena ilustratzen duen diagrama. Iturria: Jodocus Trutfetter, *Totius Philosophiae Naturalis Summa*, Erfurt, 1514. Ikus 277. orrialdeko oharra.







11. Iman birakari batez ezagutzen den lehen deskribapena egiten duen kapitulu bat ilustratzeko diagrama. Iturria: Petrus Peregrinus. *De Magnete*, Bodleian Library, Oxford, MS Ashmole 1522 (XIV. mendea).

12. Garian egindako inurri habi baten marrazkia. British Museum MS Royal 12. C. xix (XII. mendeko amaiera).

13. Federiko II.a enperadorearen *De Arte Venandi Cum Avibus*-en orrialde bat, txori espezie batzuek beraien kumeak nola babesten dituzten erakusten duena. Iturria: MS Vaticano Palatino Latino 1071 (XIII. mendea).







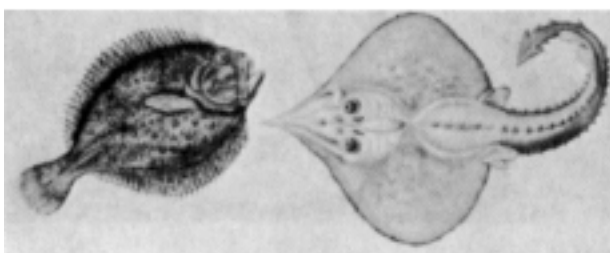
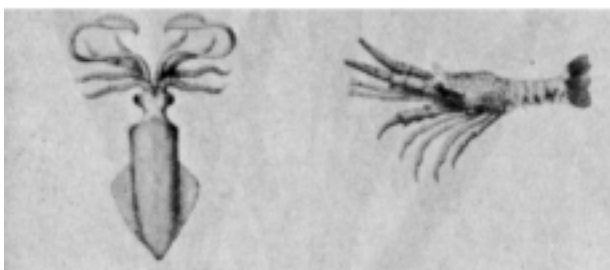
14. Armiarma eta intsektuen marrazkiak, iraganean Cybo Hyèresko-ari egotzia. British Museum, MS Additional 28841 (XIV. mendea).



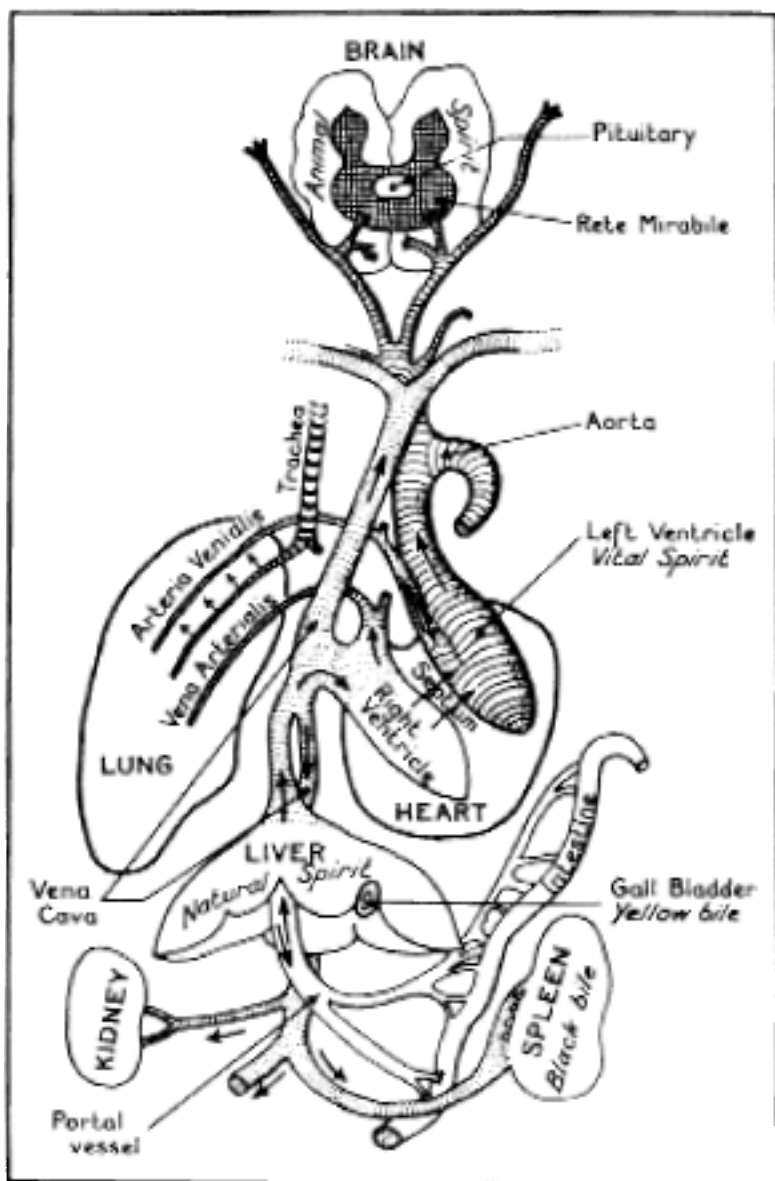
15. Laharra (*Rubus fructicosus*) erakusten duen akuarela bat. Iturria: Diskoridesen Juliana Anicia kodizea, *Codex Vindobonensis* (512), Vienako Liburutegi Nazionalea.



17. Lirio baten irudia, seguruenik *I. chamaeiris*. Iturria: Benedetto Rinio, *Liber de Simplicibus*, MS Marciano Latino VI.59 (1410), Biblioteca Nazionale di S. Marco, Venezia.



18. Petrus Candidusen irudi zoologikoak, *De Omnium Animantium Naturis*, MS Vaticano Urbinato Latino 276 (1460). Goitik beherako hurrenkeran hauxe ilustratzen dute: (A) *Formices* (ezin identifikatuzko inurriak); (B) *Castor* (kastorea, *Castor fiber*); *Loligines* (txibia, *Loligo vulgaris*) eta *Locusta maris* (otarraina, *Palinurus vulgaris*); (D) *Rombus* (erreboiloa, *Rhombus* esp.) eta *Ratte vel rais* (zapo zuria, *Lophius piscatorius*). Kasu bakoitzeko lehen izena Petrus Candidusek berak emandakoa da.



19. Galenoren sistema fisiologikoa. Geziek odolaren eta airearen mugimenduaren norabide orokorra adierazten dute.



20. Guido da Vigevanoren *Anatomia*-ko bi ilustrazio; hurrenez hurren hauxe erakusten dute: kirurgilari bat diseekzio bat hasiz, eta torax eta abdomeneko erraiak. Gorpua mako batetik esekita dago, diseekzioa egin ahal izateko; ikus II. liburukiko 21. lamina. Iturria: MS Chantilly 569 (XIV. mendea).



21. Richard Wallingfordekoa, konpas batez tresna zirkular bat neur-tzen. Ikus artzain-makila eta mitra –zoruan– eta bere aurpegiko orba-nak; azken horiek, seguruenik, gaztaroan hartu eta berrogeita hiru urte zituelarik heriotza ekarri zion legenarrak sortuak dira. Iturria: British Museum MS Cotton Claudius E.iv (XIV. mendea).



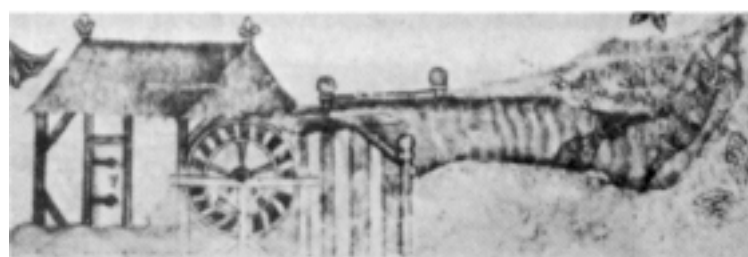
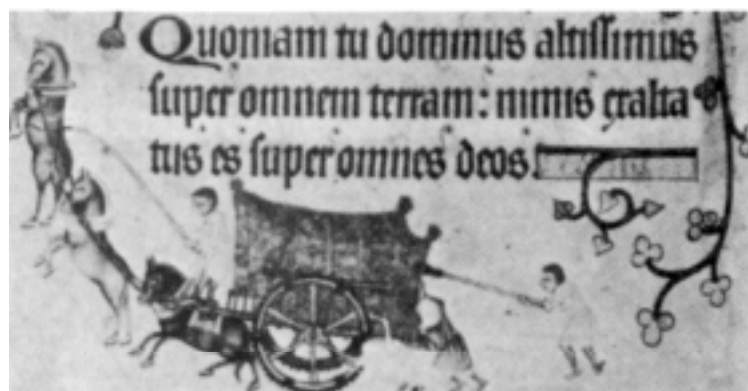
22. Hari-instrumentu bat arku batez jotzen. Iturria: British Museum MS Additional 11695 (XII. mendea).

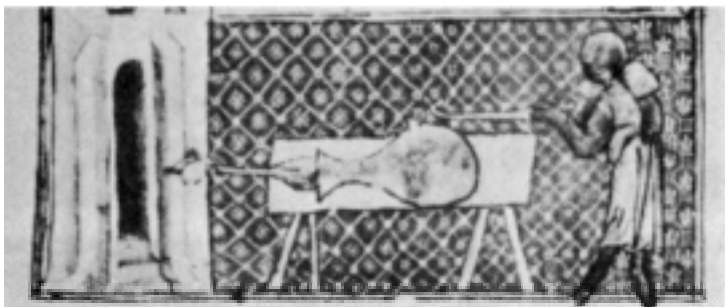
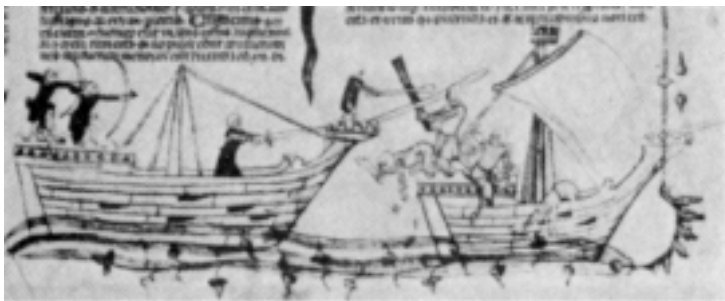
23. Idi-golde saxoniarra. Iturria: British Museum MS Julius. A.vi (VIII. mendea).

24. Lepokoz eta alboko uhalez hornitutako arnesak eta ferra iltzatuak. Iturria: *Luttrell Psalter*, British Museum MS Additional 42130 (XIV. mendea).

25. Ur-errota. Iturria: *Luttrell Psalter*.

26. Gorua. Iturria: British Museum MS Royal 10.E.iv (XIV. mendea).

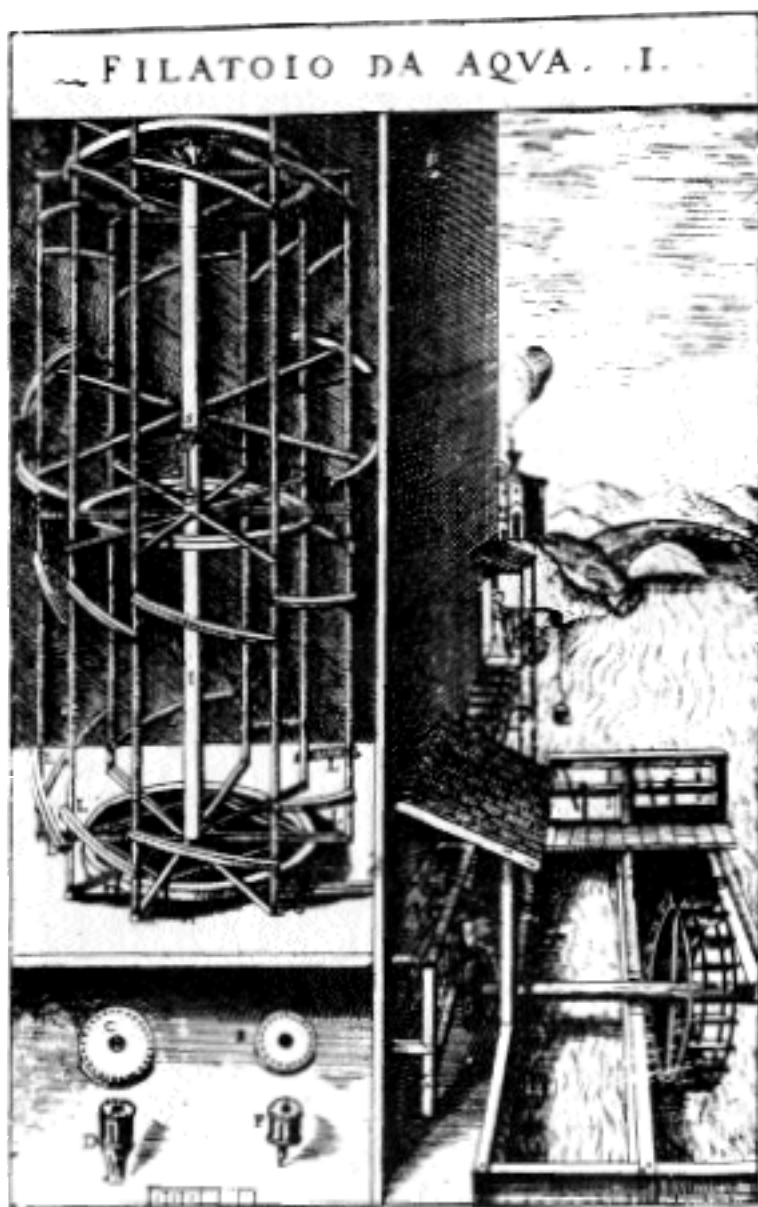




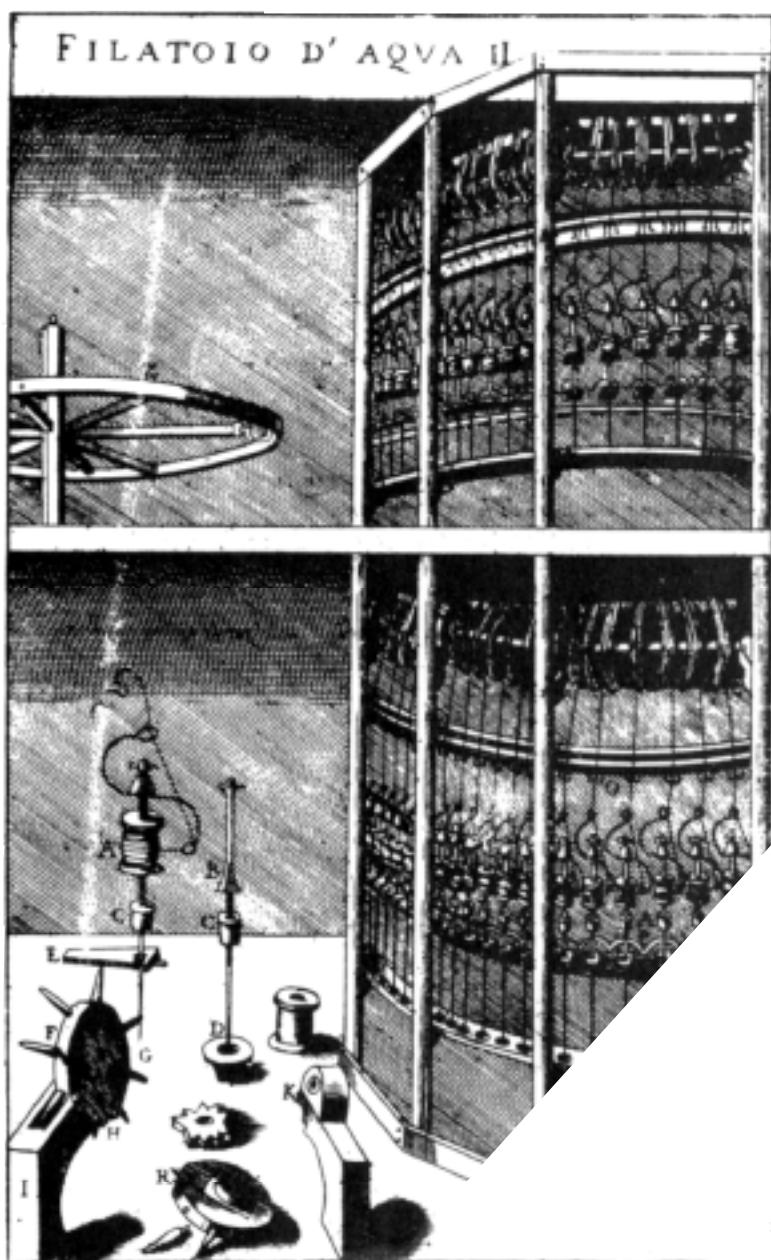
27. Haize-erota. Iturria: Oxford MS Bodley 264 (XIV. mendea).

28. Bi itsasontzi, armazoa, aparailuak eta arraunak erakutsiz. Iturria: *Luttrell Psalter*.

29. Zaldun bat, kanoi batez gaztelu baten aurka tiro egiten. Iturria: Walter de Milemete, *De Nobilitatibus Sapientiis et Prudentiis Regum*, Christ Church, Oxford, MS 92.



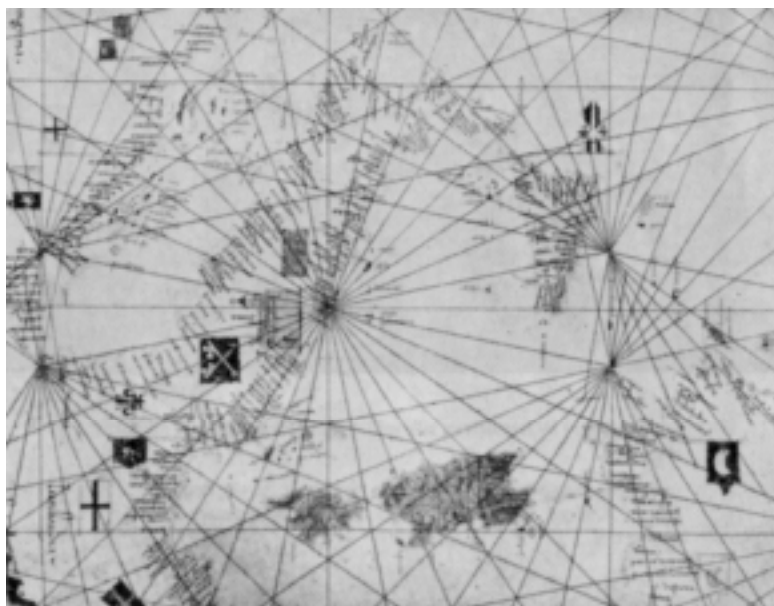
30. Energia hidraulikoz mugitutako zeta-lantegia. Iturria: V. Zonca, *Nova Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1607.





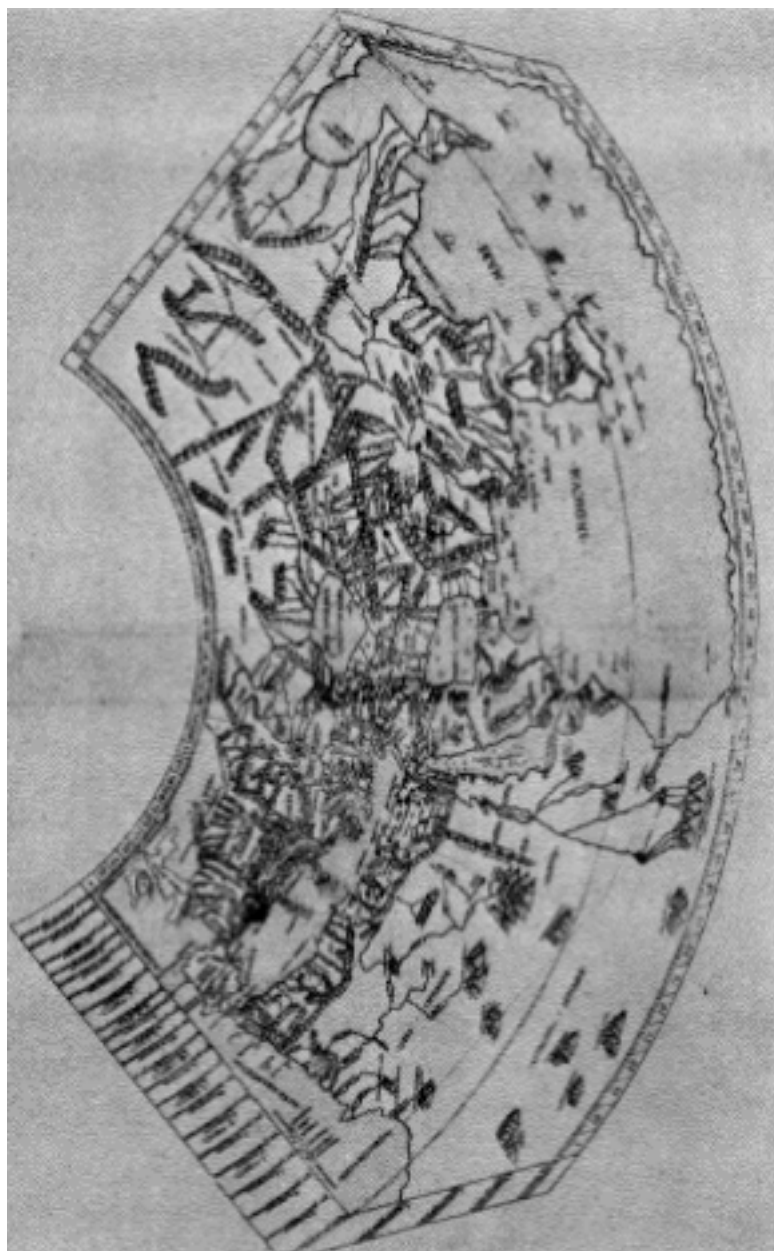
31. Energia hidraulikoz mugitutako zeta-lantegia. Iturria: *Nova Teatro di Machine et Edificii*.

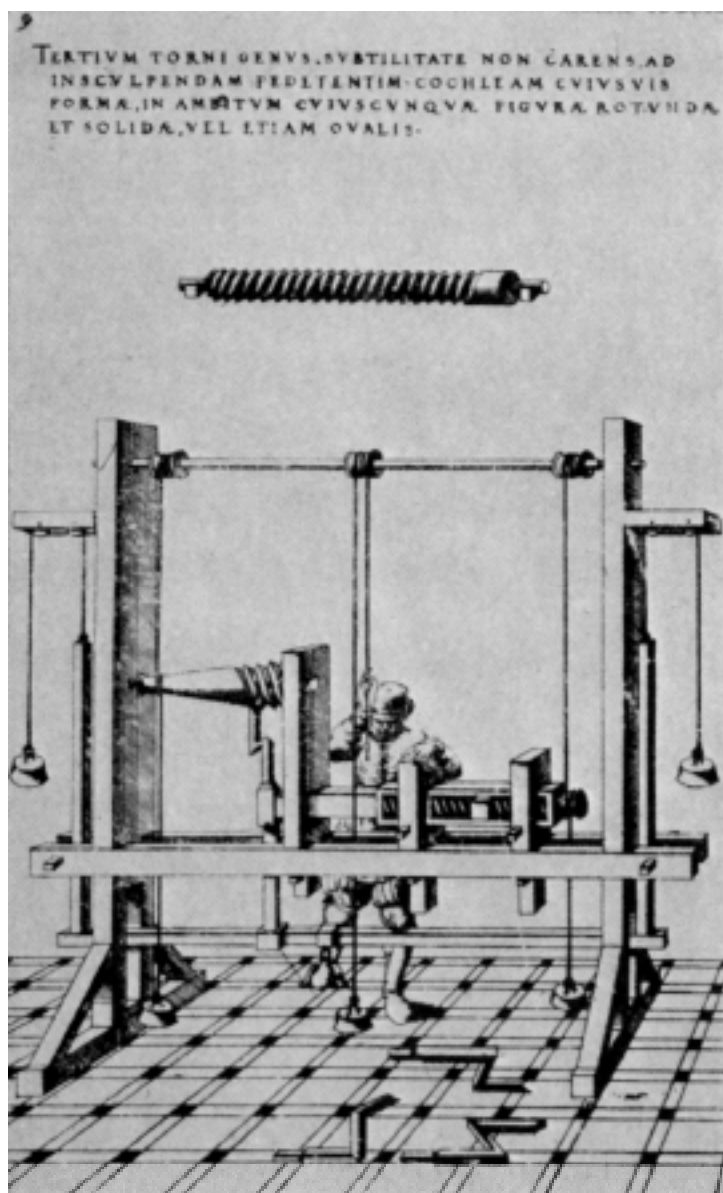
32. «Gough Map» izenekoaren zati bat, Ingalaterrako Hegoekialdea erakutsiz. Bodleian Library, Oxford. Ekialdea maparen goiko aldean dago marraztuta.



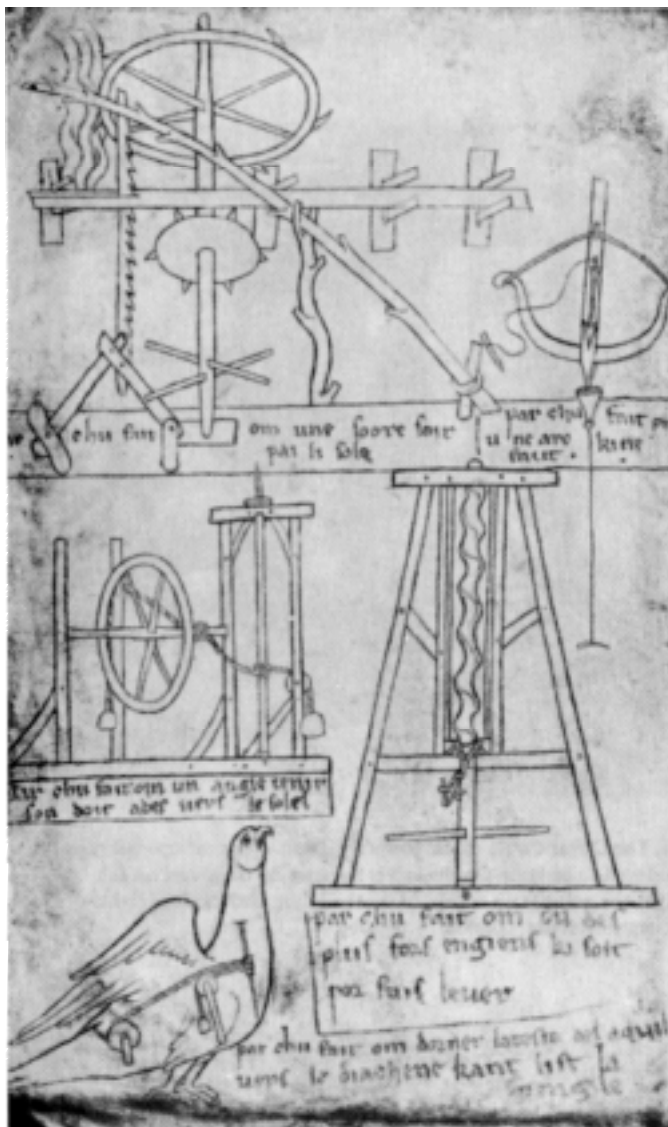
33. Italia, Sizilia eta Afrikako Iparraldea erakusten duen mapa portulano baten parte. Iturria: British Museum MS Additional 25691 (~1327-30). Hegoaldea mapako goiko partean dago marraztuta, garai hartako kartetan egiten zen bezala.

34. Ptolomeoren munduko mapa, Italiako kartografoek moldatua. Iturria: *Geographica*-ren bigarren edizioa (Erroma, 1478) –mapak eranstekeo egina–. Inprimatutako lehen atlasa Bolognan argitaratutako edizioa izan zen, 1477. Ikus 242. orrialdea.

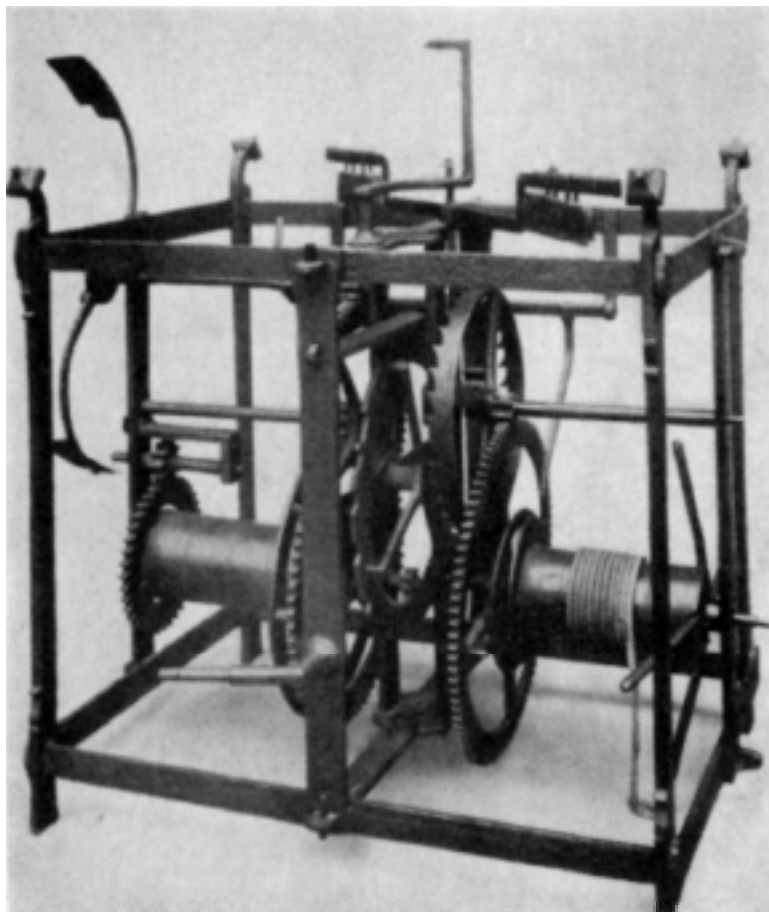




35. Torlojuak ebakitzeko tornua. Iturria: Jacques Besson, *Theatrum Instrumentorum et Machinarum*, Lyons, 1569 (1. edizioa, 1568).



36. Villard de Honnecourt *Album-en orrialde bat*, zentroko ezker-raldean ihes-mekanismoa erakusten duena. Gainean energia hidraulikoz funtzionatzen duen zerra bat dago. Iturria: *Bibliothèque Nationale*, Paris, MS français 19093 (XIII. mendea).



37. Doverko Gazteluko erlojua. Iraganean XIV. mendekotzat hartzen zen, baina orain geroagoko dela pentsatzen da. Ezkerraldean ordua jotzen duen engranajea ikus daiteke, eta eskuinaldean erlojua mugitzen duen engranajea, foliotaren bidez erregulatua. Crown Copyright. Science Museum, Londres.



38. Beiraren fabrikazioa. Iturria: British Museum MS Additional 24189 (XV. mendea).



39. Kirurgia. Paziente bat –legenardun bat, seguruenik– belakiz garbitzen; trepanatzen; herniako ebakuntza egiten; eta hezur-haustaketak tratatzen. Iturria: Rolando Parmakoaren *Livre de Chirurgie*. British Museum MS Sloane 1977 (XIII. mendea).

parteak, berriz, potentzialki soilik du ezaugarri hori, eta erakarpen-ekintza horren bidez osatu eta erreal bihurtzen zaio.

Distantziatiko erakarpen magnetikoa «espezien ugalketaren» forma bezala azaldu zuen Averroesek. Imanak berarekiko kontaktuan zegoen medioaren parteak aldatzen zituen –adibidez: aire edo uraren parteak–, eta parte horiek beraien ondoan zeudenak aldatzen zituzten gero; prozesuak horrela jarraitzen zuen, harik eta *species magnetica* hori burdinara iristen zen arte; bertan, bertute motore bat sortzen zen eta imanera hurbiltzen zuen. Deskribapen horrek antzekotasun handia zuen Faradayren eta Maxwellen indar-hodiekkin, eta antzekotasun hori are handiagoa zen John St. Amandekoak emandako deskribapen batekin, «imanaren gainean –zuzenean– jarritako orratz osoa imanetik zeharkatzen duen korrontearen» deskribapenarekin, hain zuzen ere.

5. GEOLOGIA

XIII. mendeko geologiaren gai nagusiak hauexek izan ziren: unibertsoko zentroan lur planeta osatzen zuten ur- eta lur- elementuen masa nagusien posizio erlatiboetan gertatzen ziren aldaketak; kontinente, ozeano, mendi eta ibaien jatorria; eta mineralak eta fosilak sortzen zituen kausa. Erdi Aroko geologiaren iturririk garrantzitsuenak hiru izan ziren, hots, Aristotelesen *Meteorologica* eta bi tratatu arabiar: pseudo-Aristotelesen *De Proprietatibus Elementorum* edo *De Elementis*, seguruenik X. mendean idatzia, eta Avizenak X. mendean idatzitako *De Mineralibus*. Aristotelesek ez zituen osotasunez jorratu bere teoria kosmologikoetatik gero ondorioztatuko ziren gai geologiko guztiak, baina bai konturatu zen orduan lehorrean zeuden alde batzuk ur azpian egon zirela aurreko garai batean, eta itsasoaren hondoko alde batzuk lehorrean egondakoak zirela. Bere ustez, horren arrazoi nagusia uraren higadura zen. Halaber, ibai eta mineralei buruzko azalpenak eskaini zituen. Bere teoriaren arabera, ibaiak sortzen ziren –gehienbat– Eguzkiaren eraginez itsasotik lurruntzen zen uragatik; ur hori igo eta hodeiak eratzen zituen, eta hauek, hozten zirenean, euri moduan berriro jausi eta harri aroletan sartzen ziren. Harrietan era horretan sartuta, ura iturri gisa azaleratzen zen berriro eta ibaien bitartez itsasora itzultzen zen. Halaber, Aristotelesek pentsatu zuen ura Lurraren barnean sortzen zela, beste elementu batzuen transformazioaren ondorioz. Mineralak, berriz, Eguzki-izpien eragin-

pean Lurraren barnean sortzen ziren lurrunketen emaitza ziren. Lurrunketa hezeek metalak sortzen zituzten, eta lurrunketa lehorrek «fosilak».

Geroagoko autore greziar batzuek urak zekarren higadura erabili zuten lurra adin mugatua zuela frogatzeko, zeren eta, esan zuteenez, Lurra betidanik existitu izan balitz, mendiak eta beste hainbat ezaugarri desagertuta egongo baitziren ordurako. Greziako beste lan batzuetan horren aurkako iritzia plazaratu ziren, hala nola, *On the Cosmos* izenekoan, aditu batzuen ustez Teofrastoren lanean oinarritua¹⁴ (K.a. ~372 – 287). Lan horretan aldeztu zen teoriaren arabera, urak sortutako higadura eta Lurraren barnean harrapatutako suak bere leku naturalera itzultzen saiatzean gorantz mugitzen zuen lur berria oreka aldakorrean zeuden. Teoria horri kontrajarririk eta *Meteorologica*-n oinarrituta, Alexander Afrodisiakoak (193an fl. – 217) eta geroagoko beste iruzkingile greziar batzuek teoria «neptuniko» huts bat garatu zuten, zeinaren arabera Lurra urez erabat estalirik egon zen garai batean, baina Eguzkiaren berotasunak horren zati bat lurrundu eta eremu lehorrak utzi zituen agerian. Beraien ustez, bazirudien ur elementua poliki-poliki suntsitzen ari zela. Azken ikusmolde hori, berez, lehorrean fosilak aurkitu izanetik ondorioztatu zuten Kristoren aurreko V. mendeko filosofo greziar batzuek; antza denez, Antzinaroan eurek bakarrik ulertu zuten fosilak zer ziren, hots: aurkitu zituzten lekuak garai batean estali zituzten uren azpian bizi izan ziren animalien hondakinak. Lehorrean maskorrak agertu izanaren arrazoia, geroagoko geografo greziarren esanetan, itsasoaren atzera egite partzialak ziren, hala nola Niloren alubioien eraginez gertatutakoak; mendietan aurkitutako maskorrak, berriz, aldian aldiko uholdeek ekarriak ziren. Mendien esplikazioari dagokionez, *Meteorologica*-ri buruzko garai hartako iruzkingile greziarrek zera esan zuten: Lurra desestali eta beraren forma guztiz esferikoa agerian geratu zenean urak haren gainazala landu egin zuela, haranak sortuz eta beraiei gainean mendiak eratuz.

X. mendearen inguruan, *De Elementis* obra pseudo-aristoteliakoaren autoreak «neptunismo» huts hori ezeztatu zuen berriro, eta Avizenak mendiei buruzko esplikazio «plutoniko» bat proposatu zuen haren ordez bere *De Mineralibus*-en. Lur osoa garai batean urez estalita egon zela zioen teoria onartu zuen; eremu lehorren azaleratzea eta

mendien eraketa direla-eta, berriz, Avizenak esan zuen horren arrazoia, batzuetan, itsaspean gertatutako sedimentazioa zela, baina, sarriagotan, lur azpian indarrez harrapatutako haizeak sortutako lurrikarek kanporantz erupzio gisa botatako lurrak zirela. Era horretan igotzen zen lokatza harri bihurtzen zen, alde batetik Eguzkitan gertatutako buztina gogortzen zelako eta bestetik ura «izozten» zelako, dela estalaktitak eta estalagmitak sortzen diren moduan, dela berotasunak ekarritako prezipitazio formaren baten bidez, edota buztina harri bihurtzeko prozesuan sortzen den «bertute mineralizatzaile» ezezagun baten eraginez. Buztinean harrapatutako landareak eta animaliak fosil bihurtzen ziren. Mendiak eratuta zeudenean, haizeak eta urak higatu eta arian-arian suntsitu egiten zituzten.

Bere *De Mineralibus et Rebus Metallicis* liburuan, (~1260) Albertus Magnusek Avizenaren teoria bere egin zuen; horren arabera, sumendiek lur azpian harrapatutako haizerik bazegoela erakusten zuten. «Bertute mineralizatzailearen» jatorria, berriz, Eguzkiaren eta izarren eraginari egotzi zion teoria horrek. Albertusen geologia, hein handi batean, *Meteorologica*, *De Elementis*, *On the Cosmos* –agian– eta Avizenaren *De Mineralibus* obretan oinarritu zen, baina obra klasiko horietatik hartutako ideiak teoria koherente batean antolatu zituen eta hainbat ekarpen propio gehitu zizkion. Avizenak fosilei buruz azaldu zuen ikuspuntua areago landu zuen bere *De Mineralibus et Rebus Metallicis*-en I. liburuko 2. tratatuko 8. kapituluan:

Ez dago inor harritu gabe geratzen denik kanpoan eta bar ruan animalien aztarnak dituzten harriak aurkitzean. Kanpoaldean beraien profila erakusten dute, eta apurtu eta irekitzen ditugunean animalia horien barneko atalen forma agertzen da. Avizenak esan digu zein den fenomeno horren arrazoia, hots, animaliak erabat transformatu eta harri bihur daitezkeela, bereziki gatz-harri. Lurra eta ura harrien materia naturala diren bezala –dio Avizenak–, animaliak harri jakin batzuen materia bihur daitezke. Gorputz horiek indar mineralizatzaile (*vis lapidificativa*) bat aieratzen ari den leku batean egonez gero, beraien elementuetara bihurtu eta leku horietako berezko ezaugarrien mende geratzen dira. Animalia horien gorputzek zeuzkaten elementuak beraien elementu nagusia den elementura transformatzen dira: hori lur elementua da, ur elementuarekin nahastua; gero, indar mineralizatzaileak harri bihurtzen du lur elementua. Animalia barne eta kanpo atalek lehenetik zuten forma gordetzen dute.

Ildo horri jarraituz zera esan zuen *De Causis Proprietatum Elementorum*-en 2. liburuko 3. tratatuko 5. Kapitluan:

Horren froga da animalia akuatikoen atalak eta –agian– nabigazioko tresnetako zatiak mendietako zuloetako harrietan agertu zirela; garbi dago urak lokatz likatsuz inguratuta utzi zituela bertan, eta harriaren hoztasun eta lehortasunari esker atal horiek ez zirela erabat harri bihurtu. Parisko harrietan gisa horretako froga sendoak aurkitzen dira, bertan Ilargiaren formako masakor biribilak topatzen baitira maiz.

Albertusek harribitxi eta balio handiko mineral askoren deskribapenak egin zituen, nahiz eta bere mineralogiaren funtsa Marboderen lanetik hartu zuen. Harriei egotzitako propietate magikoetako asko onartu zituen. Halaber, ibaiei buruz eman zuen azalpenak onarpen zabala izan zuen XVII. mendera arte. Platon, Anaxagoras eta Greziako antzinako beste idazle batzuen esanetan, lurrean bazen urtegi erraldoi bat, iturri eta ibaien sorburua zena. Horrek teoria bat abiarazi zuen, Bibliaren pasarte batzuek bultzatua, zeinaren arabera urak zirkulazio-zirkuitu etengabe bat zuen: itsasoan hasita, lurrazpiko leizeak zeharkatu eta mendietan gora igotzen zen barnetik, gero ibaien formapean itsasora berriz isurtzeko. Albertusek bere egin zuen teoria hori. Bere behaketa geologiko propioen artean, Brujasetik gertu egin zituenek ozeanoen bat-bateko uholde unibertsalak ezeztatzaera eraman zuten, baita kontinenteen eta itsasoen itxuraren aldakuntzak eremu mugatuetan gertatutako aldaketa txikiak zirela esatera ere.

XIII. mendeko beste zenbait autorek beste fenomeno geologiko batzuei buruzko behaketak egin zituzten. Posidonio estoikoak (K.a. ~135ean jaioa) Ilargiaren faseekin lotu zituen mareak; emakumeen menstruzioa bezala, mareen kausa eragin astrologikoei egotzen zitzaien aldi hartan. XII. mendean, Giraldus Cambrensisek zenbait behaketa uztartu zituen teoria horren eta beste batzuen eztabaidarekin. Hurrengo mendean, Grossetestek Ilargiaren «bertutearen» erakarpen-indarrari egotzi zion mareen kausa, esanez erakarpen-indar hori zuzeneko lerroan mugitzen zela Ilargiaren argiarekin batera. Bere esanetan, itsasgorak eta itsasbeherak sortzen ziren Ilargiak lanbroa altxatzen zuelako itsasoaren behetik: Ilargia igotzen zenean lanbro hori gorantz erakartzen zuen, baina indar nahikorik gabe lanbroak ura zeharka zezan. Gero, Ilargia bere puntu gorenera iristen zenean, lanbroak ura zeharkatzen zuen eta ura jaitsi egiten zen. Bigarren marea,

zeina hilekoa eta txikiagoa baitzen, kristalezko esferatik Lurraren kontrako aldera berriz islatzen ziren Ilargi-izpiei egotzi zien, kontuan haturik izpi horiek zuzeneko izpiak baino ahulagoak zirela. Roger Baconek bere egin zuen azalpen hori. Grossetesteren inguruko taldearekin lotutako beste lan batean, pseudo-Grossetesteren *Summa Philosophiae*-n, garai hartako geologiari –oro har– eta berarekin zerikusia zuten beste gai batzuei buruzko pentsaeraren berri zehatza ematen da. XIII. mendeko beste lan batek, Norvegiako entziklopediak –*Konungs Skuggsja* edo *Speculum Regale*–, glaziar, iceberg, geyser eta beste fenomeno batzuen deskribapenak biltzen ditu. Deskribapen horiek, Michael Scotek ur sufretsuko iturri beroei eta Lipari Uharteetako fenomeno bolkanikoei buruz eman zituenekin batera, geologia lokalaz interes handia zegoela erakusten dute. Interes hori, gainera, gero eta handiagoa izango zen hurrengo mendeetan.

XIII. mendean geologian jardun zuen autore italiar garrantzitsuenak Ristoro d'Arezzo izan zen. Badirudi Albertus Magnusen lana ezagutu zuela, edo, agian, iturri berberek baidatu zela. Nolanahi ere, Italiako geologiaren hurrengo bi mendeetako autore nagusia Albertus Magnus izan zen. Tradizio italiarrari jarraituz, Ristororen *La Composizione del Mondo* (1282) lana oso astrologikoa izan zen. Beraren iritziz, eremu lehorrak itsasotik igo izanaren arrazoia izarren erakarpen-indarra izan zen, imanek Lurreko burdina erakarri baitzuten. Orobat, beste eragin batzuk ere deskribatu zituen, hala nola, uraren higadura, itsasoko uhinak harea eta hartxintxarra gorantz botatzen, Noeren Uholdeak metatutako sedimentuak, lurrikarak, ur jakin batzuen kare-metaketak eta gizakien jarduerak. Hainbat behaketa egin zituen, eta Apeninoetan almenen formaz higatutako geruzak deskribatu zituen, geruza horiek barnean burdina zutela eta harea-lur, eskisto eta konglomeratu leunagoz osatutako ur-metaketen gainean zeudela adieraziz. Fosildutako molusku maskor batzuen jatorria itsasoa zela jakin zuen; gainera –antza denez–, mendira egindako espedizio batean putzu bero bat deskubritu zuen, eta bertan bainatzen ari zelarik ilea «harri bihurtu» zitzaion. Beraren ustez, fosildutako maskor horiek mendietan agertu izanaren arrazoia ez zen bizirik egon ziren garaian harri bihurtu zirela, baizik eta Uholdearen eragina.

XIV. mendean, Giovanni de'Dondi erlojugileak gatz iturri beroetatik nola erauzten zen deskribatu zuen; esan zuenez, iturri

horien sustraia lurpean berotutako urak ziren, baina bero hori ez zen sortzen –Aristotelesek eta Albertus Magnusek esan zuten bezala– ura sufreaken gainetik pasatzen zelako, baizik eta zeruko izpien berokuntzak lurpean sortzen zituen su eta gasengatik. Zeruko bertutearen ekintza berotzaile hori Lurraren zentroko suaren kausa azaltzeko ere erabili zen; izan ere, hainbat alkimistak su horretan sinesten zuten eta metalezko meen –metalezko meak, uste zutenek, metal-lurrunei zerien kondentsazioak eratzen zituen–, sumendien eta gisa bereko beste fenomeno batzuen presentzia esplikatzeko erabili zuten. Geologiaren eremuko gaiak Italian jorratu zituzten autoreen artean Dante (1265-1321), Boccaccio (1313-75) eta Paulo Nicoletti Veneziakoa (1429an hila) aipa daitezke, XIV. mendekoen artean, eta Leonardo Qualea (~1470) eta Leon Battista Alberti (1404-72) XV. mendean. Azken horrek fenomeno lokal batzuk behatu zituen. Eremu hori landu zuten autore italiarren artean bi jarrera bereizten dira fosilen gaia dela-eta. Batzuek mendietako fosilei buruz Ristorok eman zuen azalpena onartu zuten, hau da, Uholdeak hara eraman zituela zioen teoria. Onartu ez zutenek, berriz, beraien jatorri organikoa ezeztatu zuten erabat, esanez zeruaren eraginez agertutako bertute plastiko edo itxuratzaile batek modu espontaneoan sortu zituela, edota, besterik gabe, naturaren bat-bateko gorabeherak edo «jolasak» zirela.

XIV. mendeko Parisen, lurren eta mendien eraketari buruzko azalpen berri bat garatu zuten Jean Buridanek (1358aren ostean hila), bere *Quaestiones de Caelo et Mundo*, eta Alberto Saxoniakoak –edo Albertus Parvusek (~1357an fl.), batzuetan deitzen zioten bezala–. Albertok bere grabitateari buruzko teorian oinarritu zituen bere konklusioak. Beraren esanetan, Lurra bere leku naturalean zegoen beraren grabitate-zentroa unibertsoko zentroan zegoenean. Lurraren bolumenaren zentroa eta grabitate-zentroa ez ziren berdinak, zerren Eguzkiaren beroak Lurraren parte bat hedatu eta Lurra inguratzen zuen uraren gainera proiektatzen baitzuen; urak, berriz, likidoa zenez, unibertsoko zentroan mantentzen zuen bere grabitate-zentroa. Lurrak desplazamendu bat egiten zuen uretatik, eta, era horretan, eremu lehorrak sortzen ziren; aldi berean, baina, beste lur zati batzuk urpean gertatzen ziren, halako moldez non Kristobal Kolonek geroago (1492) ezeztatuko zuen hipotesi bat justifikatzen zen, hots, ozeano-hemisferio batek lur-hemisferio bat orekatzen zuela zioen hipotesia. Azaleratutako lurak uraren

higadura jasaten zuen gero, haranak sortuz eta beraien inguruan mendiak eratuz. Horixe izan zen Alberto Saxoniakoak urari egotzi zion funtzio bakarra; Eguzkiaren berotasunarekin batera, Lurraren grabitate-zentroa desplazatzen zuen, eta, horren eraginez, grabitate-zentro horretan mugimendu txikiak gertatzen ziren etengabe, unibertsoaren zentroa zegoen leku berean egon ahal izan zedin, eta hori egitean etengabeko aldaketak sortzen zituen lehorren eta itsasoaren arteko mugetan. Uraren higadurak itsasora eramaten zuen lehorra; aldi berean, itsasoaren behea –Lurraren grabitate-zentroaren mugimenduen eraginez– arian-arian mugitzen zen Lurraren zentroan zehar, harik eta kontrako aldean lehor bezala berriz agertzen zen arte. Lurraren desplazamenduari buruzko teoria hori ekinozioen prezesioa azaltzeko erabili zuen. Fosilak, aldiz, ez zituen ezta aipatu ere egin.

Albertus Magnusek iparraldeko herrietan izan zuen beste ondorengo bat Conrad von Megenburg (1309-74) izan zen. Autore horrek bere *Das Buch der Natur* liburuan esan zuenez, iturri eta ibaien jatorri bakarra euria zen, ez ezer beste. Ikusmolde hori antzina iradoki zuen Vitruvio arkitekto erromatarrak (K.a. I. mendea). Azalpen hori, Alberto Saxoniakoak mendiei buruz proposatu zuena eta Albertus Magnusek fosilei buruz eman zuen azalpena Leonardo da Vinciren onarpena jaso zuten, eta Cardano eta Bernard Palissyren bidez XVII. mendera pasatu ziren.

6. KIMIKA

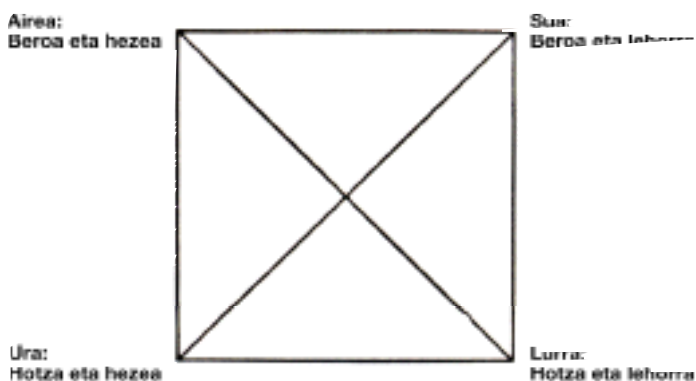
Erdi Aroko kimika arte enpiriko bezala hasi zen, baina XIII. menderako nahiko osatuta zuen bere corpus teorikoa. Beraren xedea zen kimikaren eremuarekin zerikusia zuen aldaketa mota partikularra esplikatzea, hots, Lurreko substantzia bizigabeen nolakotasunean eta funtsean gertatzen ziren aldaketak. Corpus teoriko hori erabat korapilatu zen alkimiarekin, modu askaezinean, eta lotura horrek ikerkuntza kimikoaren izaera determinatu zuen lau mendez. Alkimia enpirikoa zen, izatez, baina beraren ibilbideak kale-itsu teoriko batera eramaten zuen, zeren arreta koloreen eta itxuraren aldaketan kontzentratu baitzuten masaren aldaketan baino gehiago. Era horretan, alkimiaren praktiak informazio erabilgarri asko ekarri bazituen ere, alkimiaren teoriak ezer gutxi eskaini ahal izango zion XVII. mendean hazten hasi zen kimika berriari.

XIII. mendeko kimika praktikoaren iturri nagusia, belaunaldiz belaunaldi transmititutako esperientzia praktikoaz gain, tindaketa, pintura, kristalgintza eta beste zenbait apainketa-prozesu, piroteknia, *materia medica*, meatzaritza eta metalurgiari buruzko tratatu greziar eta arabiar batzuen latinezko itzulpenak izan ziren, ondorengo belaunaldiek gehitutako errezeta bat edo besterekin batera (ikus 245.-54. orrialdeak eta hurrengoak). XII. mendearen aurreko urteetatik gorde ziren latinezko eskuizkribu kimikoak gutxi izan ziren eta ia guztiak praktikoak, baina 1144. urtearen inguruan arabiarren alkimia sartzen hasi zen Europako Mendebaldean, Robert Chesterrek *Liber de Compositione Alchemiae* itzuli zuenean.

Dirudienez, alkimia sortu zen Egiptoko metalgintzako langileen praxia Alexandriako gnostiko eta neoplatonikoen materiari buruz proposatu zuten teoriarekin uztartu zenean; berauek aristotelikoak ziren, funtsean, *materia prima*-ri buruz zuten ikusmoldea *Timaeus*-en oinarritzen bazen ere. Lehendabiziko alkimistak, hala nola Zosimus eta Sinesius –K.a. III. mendean–, gnostikoak izan ziren, eta, hortaz, tresna kimikoen eta laborategiko esperimentu praktikoekin batera unibertso ikusgarriari buruzko azalpen bat eman zuten, unibertso hori zenbaki eta sinboloen adierazpena zela esanez; halaber, sinpatiaren bidezko ekin-tzetan, distantziatik ekintzetan eta zeruaren eraginean sinesten zuten, baita ezaugarri agerikoen atzean botere ezkutuak zeudela eta zenbakiak botereak zituztela ere. Ideia horiek kimikan txertatuta egon ziren K.a. III. mendetik XVII. mendera arte, eta, sarritan, laborategiko operazio praktikoak ere hizkuntza ilun eta sinboliko batez deskribatzen ziren, agian beste kimikari batzuk engainatzeko eta sekretuak ezkutuan gordetzeko xedez. Zosimus izan zen chemeia hitza –Lur Beltzaren Arte, Egipto edo Kehm– erabili zuen lehena; gero, hitz horretatik alchemy hitz arabiarra eta chemistry hitz ingeles modernoa sortu ziren. Alkimiaren helburu nagusia oinarritzko metaletatik urrea ekoiztea zen. Hori egin ahal zela pentsatzeko arrazoiak Aristotelesek garatutako ideia bat zen, hots, substantzia baten funtsezko ezaugarriak aldatuz gero substantzia hori beste batera alda zitekeelako ideia.

Aristotelesek azaldutakoaren arabera, Ilargiaren azpiko eskualdean forma substantzialak sortzen eta usteltzen ziren, maila desberdinetan eta substantzia-hierarkia jakin batean. Materia hautemangarriaren

instantzia bakunenak lau elementuak ziren, baina pentsamenduaren eremuan elementu horiek materia prima bezala aztertu ahal ziren, non materia prima determinatzen baitzen kontrajarritako ezaugarri primarioez edo printzipio elementalez osatutako bi pareen konbinazio desberdinen bidez –«formak» bezala funtzionatuz–. Substantzia hautemangarriak modu askotan bereizten ziren elkarren artean, hala nola usain, zapora edo kolorearen bidez, baina horiek guztiak, esan zuen Aristotelesekin, beroak edo hotzak ziren, hezeak edo lehorrak (fluidoak edo solidoak). Horrenbestez, lau ezaugarri horiek primarioak ziren eta gainerako guztiak sekundarioak edo deribatuak. Lau elementuak ezaugarri primarioen bitartez determinatzen ziren, era honetan: beroa eta lehorra = sua; beroa eta hezea = airea; hotza eta hezea = ura; hotza eta lehorra = lurra.



9. Irudia. Lau elementuak

Enpedoklesen lau elementuak aldaezinak ziren; Aristotelesekin, aldiz, kontrajarritako ezaugarri primarioen bi pareen osagaiak elkarren artean truka zitezkeen, eta horren bitartez elementu bat beste batera alda zitezkeen. Hori gertatzen zenean, forma zaharra (adibidez: hotza eta hezea) usteldu eta forma berria (adibidez: beroa eta hezea) sortzen zela esaten zen. Gisa horretako aldaketa substantzialek ezaugarri baten edo bi ezaugarrien aldaketa ekar zezaketen; orobat, bi elementu elkar zitezkeen eta beraien ezaugarriak trukatu, horren bitartez beste biak sortzeko; adibidez: ura (hotza eta hezea) + sua (beroa eta lehorra) \leftarrow Lurra (hotza eta lehorra) + airea (beroa eta hezea) (9. irudia). Bigarren aldaketa mota hori, jakina, ezin gerta zitezkeen elementu kontsekutiboen artean, zeren horrek bi ezaugarri berdin edo kontrajarritako

bi ezaugarri elkartuko bailituzke, eta hori ezinezkoa zen ipso facto. Beraz, aldaketa eta konbinazio kimikoan parte hartzen zuten substantziak beraien ezaugarriekin batera desagertzen ziren, potentzialki berriz sor bazitezkeen ere, eta elkarketa horretatik ezaugarri berriak zituzten substantzia berriak sortzen ziren. Nahasketa batean, aldiz, parte hartzen zuten substantzia guztiek euren ezaugarriak gordetzen zituzten eta ez zen «forma substantzial» berririk agertzen. Elementuak transformazitezkeela zioen ideia aristoteliko horrek zera iradoki zuen: metalei propietate jakin batzuk edo –agian– propietate guztiak kenduz gero eta, hortaz, *materia prima*-ra itzuliz gero, urraren propietateak eman ahal izango zitzaizkiela. Asmo horri begira, alkimistak elixir bat aurkitzen saiatu ziren, «filosofoen harria» alegia, zeinak katalizatzaile edo hartzigarri moduan funtzionatuko baitzuen, legamiak orean egiten duen bezala.

VII. mendean, arabiarrek Alexandria hartu zutenean, alkimia greziarraren alderdi magikoa alderdi praktikotik baino askoz ere haratago joanda zegoen. Alkimia arabiarra iturri greziarretatik zetorren gehienbat, baina beraren autore nagusiek praxiaren alorrera bideratu zuten berriz. Alkimiari buruz agertu ziren lehenengo agiri arabiar garrantzitsuak VIII. mendean bizi izan omen zen autore bati egotzi zitzaizkion garai batean, Jabir ibn Hayyan autoreari alegia. Geroago, baina, Paul Krausen ikerkuntza bikainak garbi utzi zuen agiri horiek IX. mendeko amaierakoak eta X. mendeko hasierakoak zirela. Dena dela, badirudi Jabirren izenean argitaratutako idazkiak sekta baten lanak direla, alkimia naturaren indarren gaineko kontrola emateko eta arima arazteko ahalmena zuen zientzia bezala lantzen zuen sekta bate-na, hain zuzen ere. Idazki horien egilea zela esaten bazen ere, Jabir legendazko pertsona bat izan zen, seguruenik. Beraien ikerkuntzen bidean, idazki horiek garapen nabariak adierazten dituzte bai teorian eta bai praxian. E.J. Holmyardek bere *Makers of Chemistry*-n (Oxford, 1931, 60. orrialdea) jaso zuen pasarte baten arabera,

Kimikaren lehen eta funtsezko faktorea da lan praktikoa egin behar duzula eta esperimenduak gauzatu, zeren ez lan praktikorik ez esperimenterik egiten ez duen horrek ez baitu inoiz maisuen maila gorena erdietsiko. Baina zeuk, nire seme horrek, ekin iezaiozu esperimentazioari, horiren bidez jakintza eskuratuko duzulako.

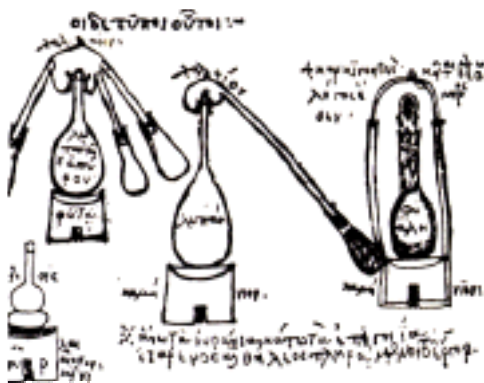
Jabirren corpusak mineralen sorrerari buruz Aristotelesekin eman zuen teoria onartu zuen, hau da, mineralak Lurreko lurrunketen eraginez

sortzen zirela; aldi berean, baina, metalak eratzean lurrunketa lehorrek aurrena sufrea eta lurrunketa hezeek Merkurioa sortzen zutela esan zuen, baita metalak bi substantzia horien ondorengo konbinazioaren bidez eratzen zirela ere. Dena dela, corpus horretan aurkikuntza baten berri ematen da, hots: sufre eta Merkurio arruntak konbinatzean ez zela metalik sortzen, baizik eta «harri gorri» bat edo zinabrioa (Merkurio-sulfuroa), eta, beraz, Jabirrek dio metalak sortzen dituzten substantziak ez direla sufrea eta Merkurioa, baizik eta substantzia hipotetiko batzuk, zeinetatik hurbilen daudenak aipatutako horiek diren (sufrea eta Merkurioa). Harmonia natural perfektuenak eta konbinazioaren proportzio egokiak urrea sortzen zuten; gainerako metalak bi osagai horien purutasunean edo beraien konbinazioaren proportzioan sortutako akatsen ondorio ziren. Beraz, alkimiaren helburua akats horiek ezabatzea zen. Kimika praktikolari dagokionez, Jabirri egozten zaizkion eskuizkribu arabiarrek hainbat prozesu deskribatu zituzten, hala nola destilazioa, harea-bainuen eta ur-bainuen erabilera, kristalizazioa, kaltzinazioa, disoluzioa, sublimazioa eta erredukzioa; deskribatu ere zenbait aplikazio praktikoko deskribatu zituzten; adibidez: altzairua, tindagaiak, bernizak eta ilerako tindagaiak.

Mendebaldeko Kristandadean eragina izan zuten gainerako alkimista arabiarren artean, garrantzitsuenak Rhazes (~924an hila) eta Avizena (980-1037) izan ziren. Rhazesek metalen galdaketari, destilazioari eta beste operazio batzuei buruzko azalpen garbiak eman zituen, eta, horrekin batera, substantzia eta erreakzio kimikoen sailkapen sistematiko bat egin zuen. Orobat, Aristotelesen *materia prima*-ri buruzko teoria eta atomismo forma bat konbinatu zituen. Avizenari dagokionez, bere *De Mineralibus* obran –*Sanatio (Kitab al-Shifa)* obraren parte geologiko eta alkimikoa– aurrerapen garrantzitsu gutxi egin zituen kimikaren alorrean, baina modu garbian azaldu zituen ordurako onartutako teoriak. Teoria kimikoaren eremuan arazoak sortzen zituen espplikazio bat haxe zen: nola birstotu ahal ziren, konbinazio kimikoetan, konposatua eratzean desagertuak ziren elementuak? Avizenak esan zuen konposatuetan zeuden elementuak ez zirela soilik potentzialak, baizik eta baita errealak ere, baina arazo horrek kezagarria jarraitu zuen izaten Erdi Aroko eskolastikoentzat. Beste alde batetik, Avizenak urreginen kontra egin zuen. Transmutazioan ez sinesteko joera Jabirren idazkien garaitik zetorren, eta Avizenak, iritzi horren oinarrian zegoen materiari buruzko teoria onartzen bazuen ere, alkimistek lortutako emaitzak

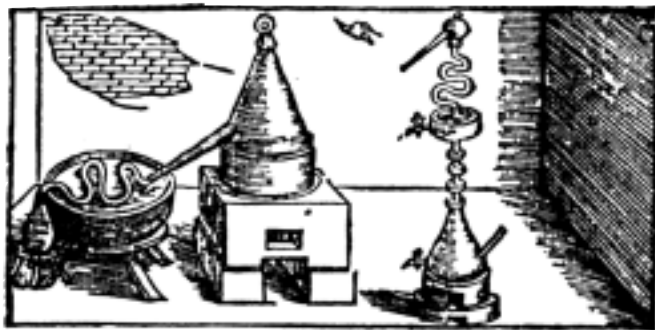
–kolorean, adibidez– kasualitateen ondorio baino ez zirela esan zuen. Rhazesen sen praktikoari esker, kimikari arabiarrek hainbat prozesu garatu zituzten, hala nola metalak kupelazioaren bitartez errefinatzea –hau da, metalak sakonera txikiko ontzi batean errefinatzea–, materialak azidotan disolbatzea, eta urrezko zein zilarrezko aleazioen kalitatea (kilateak) pisuaren eta grabitate espezifikoaren bidez determinatzea. Baina sen praktiko hori eta Avizenaren kritikak gorabehera, alkimiaren alde esoteriko eta magikoak indar handiz jarraitu zuen loratzen. Hortaz, arabieratik latinera itzuli ziren lehenengo lanak ez ziren izan soilik alunbre (edo bitriolo) eta gatzei buruzko Rhazesen tratatuak eta Avizenaren *De Mineralibus*, baizik eta baita *Emerald Table* obra magikoa ere.

Alkimiaren bi alderdi horiek ospe handia lortu zuten Mendebaldeko Kristandadeko herritarren artean XIII. mendetik aurrera, nahiz eta Albertus Magnusek eta beste autore batzuek bere egin zuten Avizenak transmutazioaren aurrean erakutsi zuen eszeptizismoa. Bartolome Ingelesak (~1230-40an fl.), Vincent Beauvaiskoak, Albertus Magnusek eta Rogen Baconek egindako entziklopediek kimikari buruzko informazio ugari hartu zituzten iturri latindar eta arabiarretatik, eta badirudi azken bi autoreek nolabait ezagutzen zutela laborategietan erabiltzen ziren teknikak. Teoria kimikoari dagokionez, arabiarren garaitik ez zen aurrerapen handirik egin Parazeltsoren egunetara arte, XVI. mendeko hasiera arte alegia; kimika praktikoaren alorrean, ordea, zenbait ekarpen garrantzitsu egin ziren Berant Erdi Aroan.



10. **irudia.** Greziako alkimistek destilazio, sublimazio (alanbikak) eta digestiorako erabilitako aparatu motak, (~K.a. 100-300). Mendebaldean, XVIII. medera arte erabiltzen ziren horren antzeko aparatuak. Bibliothèque Nationale, Paris. MS Grecque 2327.

Agian Mendebaldeak kimika praktikoari egin zion ekarpen garrantzitsuena destilazio-metodoena izan zen. Alanbikearen forma tradizionala Egipto greko-erromatarrean garatu zen, eta bai Zosimusek eta bai antzinako beste autore alkimista batzuek ere deskribatu zuten. Alanbiki horrek atal hauek zituen: kalabaza formako ontzia, non destilatu beharreko gaia jartzen baitzen; alanbiketa edo destilazio-burua, non kondentsazioa gertatzen baitzen; eta kondentsazioaren ostean geratzen zen parte destilatua hartzen zuen ontzia (10. irudia). Kalabaza su baten gainean jarrita berotzen zen, edota hareia-bainu edo ur-bainu batean. Diseinu estandar horretan aldaketak egin ziren zenbait asmotarako, eta arabiarrek aldaketa horiek gorde eta Mendebaldera helarazi zituzten geroago; gainera, diseinu horietako batzuk –adibidez: turko-burua izaneko mota, zeinean destilazio-buruaren zati bat uretan murgiltzen baitzen kondentsazioa azkartzeko– XVIII. mendera arte erabili ziren. Alanbiki greko-egiptoarra tenperatura nahiko altuekin erabiltzen zen, eta erabilgarria zen Merkurio, artsenikoa eta sufrea destilatzeko edo sublimatzeko. Arabiarrek zenbait modutan hobetu zuten alanbiketa; hobekuntza horietako bat labe batean berotzen ziren alanbiki batzuek osatutako galeria bat zen, arrosa-esentzia, nafta eta antzeko substantziak neurri handian ekoizteko erabiltzen zena. Aldi berean, baina, ez greziarrek ez arabiarrek ez zuten metodo eraginkorrik garatu alanbiketa hozteko eta, horren bitartez, alkohola eta horrelako substantzia hegazkorrak kondentsatzeko. Badirudi hori Mendebaldeko kimikaren ekarpena izan zela (11. irudia).



11. irudia. Canale serpentium edo serpentes motako kondentsazio-hodia duen alanbiketa. Iturria: V. Biringuccio, *Pirotechnica*, Venezia, 1558 (1. argitalpena: 1540).

Alkoholaren prestaketari buruz ezagutzen den lehenengo deskribapena *Mappae Clavicula* izeneko tratatu teknikoaren eskuizkributik –XII. mendeko hasiera– itzulitako paragrafo bat da, Berthelotek *La Chimie au Moyen Age*, I. liburukiko 61. orrialdean eztabaidatua:

Ardo puru eta oso bizi bat hiru gatz-parterekin nahasten bada eta xede horretarako egokiak diren ontzietan berotzen bada, materiala (ura isurtzen zaion materiala) kontsumitu gabe erretzen den ur sukoi bat lortzen da.

XIII. mendean, Italian, destilazio baten bitartez aqua ardens-a prestatzen zen; beronen %60 alkohola zen, gutxi gorabehera. Bi destilazio eginez gero, berriz, *aqua vitae*-a lortzen zen –kasu horretan alkohola %96 zen, gutxi gorabehera. Taddeo Alderotti (1223-1303) mediku florentziarrak XIII. mendean egin zuen deskribapenaren arabera, hozketa metodoak hauxe egiten zuen: alambiketik likido destilatua jasotzen zuen ontzira zihoan hodia luzatu eta ur ontzi batean zehar horizontalki pasatu. Kareharri edo karearekin egindako destilazioaren bidezko errektifikazioa erabili zuen lehena Raimon Lull (~1232-1315) izan omen zen; hozketa-aparatuan XIV. mendean egindako zenbait hobekuntza, berriz, Joan Ruppescissakoa (1356aren ostean hila) alkimista frantziskotarrari egozten zaizkio. Hasieran erabili ziren alambike gehienak metalezkoak edo buztinezkoak ziren, seguruenik, baina XV. mendeko hasieran beiraz egindako destilazio-aparatu batez hitz egin zuen Michael Savonarola (1384-1464) doktore italiarrak; horrelako aparatu batek abantaila nabariak izango zituen azido mineralak eta gisa bereko substantziak destilatzeke. XIII. mendea amaitu zenerako alkohola substantzia garrantzitsua bilakatua zen: disolbatzaile bezala erabiltzen zen lurringaiak eta botikak prestatzeko, doktore batzuek –adibidez: Arnau de Vilanovak (~1235-1311)– sendagai moduan hartzeko agintzen zuten, eta likoreak leku bat hasi ziren hartzen edari bezala ardoaren eta garagardoaren ondoan. XV. menderako, destilatzaileek euren gremio propioa zuten eratuta.

Alkoholaz gain, alambikea beste hainbat substantzia prestatzeko erabiltzen zen. Azido nitriko eta sulfuriakoaren prestaketari buruzko lehendabiziko deskribapenak *Liber de Investigatione Perfectionis* izeneko lan baten latinezko eskuizkribuan agertu ziren, XIII. mendeko amaieran; liburua Geberri egotzi zitzaion (Geber Jabir izenaren forma latinizatua da), eta badirudi iturri arabiarretan oinarritu zela, ekarpen latindar batzuk gehituta. XIII. mendean alambike mota berri

bat agertu zen, azido kontzentratuak prestatzeko; bertan, kalabazaren lepoa luzatu eta kurbatu egiten zen, «erretorta» baten forma hartuz, destilatzen ari ziren azidoek kalterik egin ez ziezaieten lepoaren eta alambikearen parte hermetikoaren arteko junturarako erabiltzen ziren *lutae* edo zementuei. Azido mineralak kantitate handian ekoizten ziren, metalurgiako materialen kalitatea aztertzeko erabiltzen baitziren; alde horretatik, Agricolak, Biringuncciok eta XVI. mendean metalurgiaz idatzi zuten beste autore batzuek nahiko ondo deskribatu zuten azido horien fabrikazioa, baita sufre, Merkurio eta destilazioaren bidez ekoiztutako beste substantzia batzuen prozesua ere. Landare, belar siku eta beste substantzia organiko –adibidez: inurriak eta igelak– batzuen «urak» edo «esentziak» bapore-destilazioaren bidez lortzen ziren, bai eta substantziak alkoholean disolbatzearen bidez ere, eta medikuntzarako erabiltzen ziren. Orobat, gutxienez XVI. mendean geroztik, Hieronymus Brunschwigekin, «esentzia» horiek drogen printzipio aktiboak zirela onartu zen.

Kimika praktikoan egindako beste aurrerapen batzuk XIII. mendeko amaieran argitaratutako beste tratatu alkimiko latindar batean agertu ziren, hots, Geberri egotzitako *Summa Perfectionis* tratatu ospetsuan. Badirudi tratatu hori ere jatorriz arabiarra zela, ekarpen latindar batzuk gehituta. Liburu horretan, urrea ekoizteko ahaleginean erabiltzen ziren praktika eta aparatu kimikoak deskribatzen dira, azalpen garbi eta ondo osatuen bitartez. Hasieran, transmutazioaren aurkako argudioak eta berauek ezeztatzeak arrazoiak eztabaidatzen dira; gero, metalak sufrez eta Merkurioren osatuta daudela dioen teoria azaltzen da, eta sei metalen –urrea, zilarra, beruna, eztainua, kobrea eta burdina– ezaugarriak deskribatu eta definitzen dira. Horren ostean, hainbat metodo kimiko deskribatzen dira: sublimazioa, destilazioa, kaltzinazioa, disoluzioa, koagulazioa eta finkapena. Deskribatu ere zenbait substantziaren izaera deskribatzen da, baita substantzia horietako bakoitza elixir bihurtzeko –transmutazioaren bidez– egin behar den prestaketa ere. Bukatzeko, transmutazioa arrakastatsua izan ote den aztertzeraz zuzendutako metodoen berri ematen da. Metodo horien artean hauek daude, besteak beste: kupelazioa, ignizioa, fusioa, substantzia bapore gainean jartzea, substantzia sufre gartsuarekin nahastea, kaltzinazioa eta erredukzioa. *Summa Perfectionis* tratatuak garbi erakusten duenez, Mendebaldeko alkimistek XIII. men-

deko amaieran aparatu eta prozesu kimikoez zuten ezagutza aski zabalaren. Halaber, oso interesgarriak dira balantzaren erabileraz ematen dituen datuak (12. irudia). Adibidez, berunari buruz zera dio: kaltzinatzen denean pisua irabazten duela, «espiritua gorputzarekin elkartzen delako». Hortaz, kolorearen eta itxuraren aldaketetan gehiagiko kontzentratzeagatik teoria alkimikoak bide okerra hartu bazuen ere, balantzari buruz zuten ezagutzak –gutxienez– bidea prestatu zuen masa kontzeptua nabarmentzeko, hau da, kimika modernoaren oinarria kontzentratzeko.



12. irudia. Balantza eta labe kimikoak. Iturria: V. Biringuccio, *Pirotechnia*.

Bai alkimiaren alderdi magikoa eta bai beraren alderdi praktikoa indar handiz hazi ziren Mendebaldean Berant Erdi Aroan. Osasuna, betiereko gaztetasuna, ondasunak eta boterea emango zituen formula aurkitzeko alkimistek egin zuten bilaketa zenbait legendaren jatorria da, hala nola Fausto doktorearena; beste alde batetik, XIII. mendeko entziklopedista nagusiek alkimiaren alderdi zientifikoa modu zabalean hedatu izanak urtearen ekoizpena xede zuten eskuizkribu ugari sortarazi zituen XIII. eta XVII. mendeen artean. Lehenengo eskuizkribuak autore eskolatuek idatzi zituzten, baina geroago, XIV. eta XV. mendeetan, klase guztietako pertsonak aurki daitezke autoreen artean; Thomas Nortonek *The Ordinall of Alchimy* (~1477) liburuan adierazitako hitzetan: «harginak, galdaragileak eta erretore pobreak; jostunak eta beiragileak... eta latorrigile traketsak». Gainera, sarritan, idazki horiek Albertus Magnus, Roger Bacon, Arnau de Vilanova, Raimon Lull eta horrelako autore ospetsuen izeenez argitaratzen ziren. Dena dela, hainbeste hedatu zen praktika hori

herritar xumeen artean non hainbat printze eta prelatuk gaitzetsi egin zuten, diruaren balioan izan zezakeen eraginagatik beldurtuta.

7. BIOLOGIA

Aristotelesen eta XIII. mendeko pentsaeraren arabera, gauza bizidunak eta bizigabeak elkarren artetik bereizten zituen ezaugarri erkidea mugimendua eta aldaketa kanpo motorerik gabe hasteko ahalmena zen, hau da, norberaren berezko indarrez mugitzeko eta aldatzeko ahalmena. Gauza bizidun guztientzat erkide ziren mugimendu edo aldaketa motak hauexek ziren: hazkundera, organismoaren formapean era desberdineko materialak asimilatze gaitasuna, eta prozesu hori espezieen ugalketaren bidez jarraitze gaitasuna. Horiexek ziren landareek izaki bizidun moduan gauzatzen zituzten aktibitate baka-rrak. Beraien forma substantziala, beraz, «arima elikagarri» bat zen (edo bizi-printzipio bat), zeina ez baitzen, jakina, planta materialetik bereizitako zerbait, baizik eta berezko printzipio bat, behatutako jokatibidearen sortzaile zena.

Animaliek sentiberatasuna gehitzen zioten elikagarritasunari, hau da, ingurunetik zetozen estimuluei mugimendu lokalaren bidez erantzuteko ahalmena; hori horrela, beraien arima «arima sentikor» bat zen. Gizakia bereizten zuten ezaugarriak, berriz, gogoeta abstraktuak egiteko gaitasuna eta borondatearen erabilera ziren, hau da, «arima arrazionalaren» ezaugarriak. Gizakiek sentiberatasuna eta elikagarritasuna ere bazituzten ezaugarritzat, eta animaliek elikagarritasuna, zeren arimaren goiko formek beheko formak ere berenganatzen baitzituzten. Era horretan, Aristotelesek hierarkia jakin bat antzeman zuen izaki bizidunengan. *Historia Animalium* (588 b 4) liburuan esan zuen bezala, hierarkia hori gauza bizigabe txikiekin hasi eta animalia-biziraino iristen zen poliki-poliki: hasieran, behe-mailako landareen lehenengo bizi-zantzuak zeuden, gero landareak, belakiak eta landareetatik gutxi bereizten ziren beste animalia eseri batzuk; horien atzean, animalia ornogabeak eta ornodunak zetozen, gero tximinoak eta pigmeoak, eta azkenean gizakiak. Mota bakoitza desberdina eta aldaezina zen, eta beraren forma substantziala beraren gorputzaren aktibitate partikularraren kausa eragilea eta helburuzko kausa zen aldi berean, bai elikaduran eta bai ugalketan, bai lokomozioan eta bai sentsazioan eta arrazonamenduan ere.

Beraz, XIII. mendeko biologiaren gaia natura biziaren eskala osatzen zuten izakien aktibitate horiek ziren, eta beraiei buruz garatu zuen ikusmoldeak –jakina– esplikazio teleologiko eta mekanikoen bidea zabaldu zuen. Hala Aristotelesek nola Galenok ikuspuntu teleologiko bat izan zuten estruktura organikoen existentzia eta funtzionamenduaz, eta horri esker aurkikuntza baliagarriak egin ahal izan zituzten organismoaren atalek elkarrengana egokitze zuten gaitasunaz eta organismoak –bere osotasunean– bere ingurunera egokitze zuten ahalmenaz. Egia da, izan, organoen xedea edo funtzioa bilatzeko ahaleginek konklusio baliagarriak ekarri zituztela XIII. mendean eta ondorengo garaian. Batzuetan, baina, ahalegin horiek neurritik kanpo atera ziren; adibidez: Guy de Chauliacek azalpen astun eta amaigabeak eman zituen –hala deskribatu dira beraren azalpenak– modu akas-tunean deskribatutako estrukturen existentzia arrazoitzeko.

XIII. mendera arte, botanikaz interesatzeko latindarrek izan zuten arrazoi nagusia beraren alderdi medikoa izan zen, eta zoologiaz interesatzeko arrazoiak arrazoi moral eta didaktikoak. Aipatu behar da, alde horretatik, jarrera horiexek izan zirela historia naturalaren ezaugarri nagusiak XVII. mendera arte. XIII. mendean, biologia behaketa eta azalpen naturalez osatutako sistema bat elkartzen zituen zientzia bilakatu zenean, horren zergati nagusia Aristotelesen lan biologiko propioen itzulpenak izan ziren, baita *De Plantis* lan pseudo-aristotelikoa (Aristotelesen eta Teofrastoren lanen konpilazio bat, Erdi Aroan lehenengoaren jatorrizko lantzat hartua) eta Galenoren tratatu batzuk ere. Halaber, Robert Crickladekoak (St. Frideswideko priorea, Oxford, ~1141-71) *Natural History*-ko laburpenez egindako antologiak zera erakusten du: Plinioren lanak interesa piztu zuela berriz XII. mendearen erdian; gainera, arabiarren irakaspenak –batez ere Avizena eta Averroesenak– arin asimilatzen ziren eskuratzen zirenean.

Mugimendu horren ondorioz sortu ziren lehendabiziko entziklopediek istorio sinesgaitz ugari hartzen zituzten barne. Alexander Neckamek (1157-1217) irrigarritzat hartu zuen kastoreari buruzko legenda herrikoia, hots, ehiztariengandik ihes egiteko kastoreak bere burua irendu zuela zioen legenda –kastorearen testikuluak botika bat egiteko erabiltzen ziren–; beste alde batetik, ordea, gisa bereko beste ideia batzuk onartu zituen, hala nola basiliskoa apo batek berotutako arrautza batetik jaioa zela zioen teoria edota animaliek belarren balio

medikoa ezagutzen zutela zioen sinesmen arrunta. Izan ere, Neckamek hauxe esan zuen bere *De Naturis Rerum*-en II. liburuko 123. kapituluan:

naturaz hezia, belarren bertuteak ezagutzen dituzte, nahiz eta Salemon medikuntza ikasi ez duten eta Montepellierko eskoletan trebatu ez diren.

Dena dela, Neckamek ez zuen bere burua zientzialaritzat hartu, eta, Hildegarda Bingengoak (1098-1179) egin zuen bezala –azken horrek, kosmologia mistikoari buruzko azalpenak emateaz gain, Alemaniako ia mila landare eta animaliairen izenak eman zituen bera-ri egotzitako (agian modu okerrean) lan batean–, gizakien Bekatuak naturan eragin fisikoak izan zituela sinetsi zuen: Ilargiko orbanak, animalien egoera basatia, intsektuen izurriteak, animalien pozoiak eta gaixotasunak. Neckamen xedea benetan didaktikoa izan zen.

Jarrera didaktiko hori ondorengo beste entziklopedia askotan ere ageri da, baina beste jarduera batzuek ere behaketarako aukera eskaini zuten. Horietako batzuek nekazaritzarekin zuten zerikusia (ikus 196. or eta hurrengoak), eta, hala, Walter Henleykoak (~1250?) eta Peter Crescenzikoak (~1306) laborantzari buruz idatzitako trata-tuak sortu ziren, baita Albertus Magnusen (*De Vegetabilibus et Plantis*) eta Vincent Beauvaiskoaren (*Speculum Doctrinale*) entziklo-pedietan nekazaritzari buruz idatzitako atalak ere. Crescenzikoaren tratatua gai horri buruzko obra estandarra izan zen XVI. mendeko amaierara arte. Aurrekoez gain, Thomas Cantimprékoaren *De Natura Rerum*-ek (~1228-44) sardinzarren arrantza deskribatzen du, *Konungs Skuggsia*-k itsas txakur, mortsa eta baleen arrantza, eta Albertsu Magnusek, Alemaniako probintzia domingotarraren probintziala iza-teagatik oinezko bidaia luzeak egin behar izan zituenetz, baleen eta bestelako arrainen arrantza eta Alemaniako nekazaritza islatu zituen bere *De Animalibus*-en. Beste alde batetik, Marco Polok, William Rubruckekoak eta beste zenbait bidaiarik izaki berrien, Asia Zentraleko basa-astoen, arrozaren, jengibrearen eta buztan lodiko ardien deskribapenak ekarri zituzten eurekin Europara itzultzean. Federiko II.a enperadoreak (1194-1250) bere gortean izan zituen filo-sofo natural eta magoek zaldien gaixotasunei buruzko tratatu bat pres-tatu zuten, eta Federikok berak idatzitako *De Arte Venandi cum Avibus* zoologiari buruzko obra garrantzitsuenetako bat izan zen Erdi Aroan.

The Art of Falconry, Aristotelesen lanetan eta hainbat iturri arabiarretan oinarritua, txorien anatomiarri eta ohiturei buruzko sarrera zoologiko batez hasten da; gero, belatzen hazkuntza eta elikadura deskribatzen ditu, eta horren ondoren belatzen ehizarako erabiltzen ziren txakurren trebakuntza, belatz motak, eta kurrilo, lertxun eta ehizatzen ziren gainerako txoriak. Federikok falkoneriari buruzko beste tratatu praktikoren bat erabiltzen zuenean, «gezurrezkoa eta desegokia» zela esaten zuen inolako zalantzarik gabe, Aristoteles liburu-gizona zela zalantzarik gabe esaten zuen bezala. Enperadorearen liburuak 900 txoriren irudiak ditu, horietako batzuk Federikok berak eginak; irudiak oso zehatzak dira, hainbestearino non lumen xehetasunak ere erakusten dituzten, eta garbi dago hegaz doazen txoriez egindako irudikapenak behaketa hurbil eta arretatsuetan oinarrituak direla (13. lamina). Federikok belatz-hazle sarrazenoen lana behatu zuen eta beraiekin hitz egin zuen, lertxun, kuku eta saien habiak behatu zituen, eta zertzetak zuhaitzetako lanpernetatik ateratzen zirela zioen herri sinemenaren gezurtatu zuen. Lanpernak ekar diezazkiotela eskatu zuen, eta bertan txori aztarnarik ez zegoela ikusirik zera ondorioztatu zuen, zertzetak inor heltzen ez zen leku urrunetan ernaltzea eta ugaltzea zela istorio hori sortu eta hedatu izanaren arrazoia. Gainera, hegadaren baldintza mekanikoengatik eta migrazioengatik interesatu zen biziki, arrautzak modu artifizialean berotzeko esperimentuak egin zituen, eta begiak estalita izanez gero saiak haragi bila joaten ez zirela erakutsi zuen. Orobat, txorien jokabidearen beste puntu batzuk aipatu zituen; adibidez: belatz amak erdi hildako txoriak ematen zizkiola bere kumeari, txoriak ehizatzeke modua irakastearren, edota ahate amak eta beste txori ez-harrapari batzuek zauritu itxurak egiten zituztela euren habietara hurbiltzen ziren animaliak uxatzeko. Horrez gain, hezurretako aire-barrunbeak, birikietako estrukturak eta hegaztien anatomiaz ordura arte aipatuta ez zeuden beste alderdi batzuk deskribatu zituen.

Falkoneriari buruz latinez zein beste hizkuntza batzuek idatzitako beste lan batzuek arte hori oso ospetsua zela egiaztatzen dute, baina hori ez zen izan zoologiari mesede egin zion kirol bakarra. Italiako eta Mendebaldeko erregeek, printzeek edo hiriek –hartzen arteko borroketarako edo jakin-min hutsagatik– izaten zituzten piztien parkeak Antzinaroan egon zirenen ondorengoak ziren. Hala, Federiko

II.ak bere bidaietan –Alpetan barrena egin zituen bidaietan barne– garraiatu zituen basapiztien artean elefanteak, dromedarioak, game-luak, panterak, lehoiak, lehoinabarrak, belatzak, hontza bizardunak, tximinoak eta Europan agertu omen zen lehengo jirafa zeuden. Iparraldeko lehenengo piztien parke handia XI. mendean ireki zen, Woodstocken, errege normandoen eskutik. XIV. mendean, Aita Santuek basapizti exotikoz osatutako bilduma handi bat izan zuten Avignonen. Parke zoologiko modernoan aurrendari horiek aberatsen jakin-mina ase zezaketen, eta jende arruntaren buruan animalia haiek eragiten zuten lilura garbi adierazten da Bartolome Ingelesak *On the Properties of Things* obran –Shakespeareren historia naturalaren iturri preziatuan, alegia– etxeko katuaz egin zuen deskribapen ospetsuan.

Naturagatiko interes bertsua antzeman daitezke York, Ely edo Southwellgo katedraletako kapitela, ganga-giltzarri eta miseriak estaltzen dituzten txakur, azeri, erbi eta –batez ere– hostotzetan. Bertan ikus daitezke, bizirik eta indartsu, pinu, haritz, astigar, urrebotoi, bostorri, lupulu, astamahats, huntz eta elorrien hostoak, loreak edo fruituak. Bere *Religious Art in France in the Thirteenth Century* liburuan (ingelesezko itzulpena, 1913, 52. orrialdea) Émile Mâlek dioenez, Frantziako katedral gotikoetan honako hauek ikusi zituen: «platanoa, suge-belarra, urrebotoia, iratzea, hirusta, zaran-belarra, gibel-belarra, kuku-belarra, berroa, perrexila, marrubi-landarea, huntza, dragoi-muturra, isatsaren lorea eta haritzaren hostoa». Beste alde batetik, natura egia espiritualen sinbolotzat hartzen zuen ikusmoldeak nabarmenki bultzatu zuen behaketaren praktika XII. eta XIII. mendeetan.

Gorostiaren azala
edozein behazun bezain mingotsa da
eta Mariak Jesukristo gozoa ekarri zigan
geu guztiak berrerosteko

Eskuizkribu batzuetako ilustrazioetan naturagatiko interes berbera antzeman daiteke. Matthew Parisek mokokerren (*cancellata*) inmigratio bat deskribatu zuen bere *Chronica Majora*-n (~1250) eta txoriaren irudiak eman zituen. XIII. mendeaz geroztik, eskuizkribuetako marjinak irudi naturalistez ilustratuta egoten ziren sarritan; bertan, besteak beste, loreak eta era askotako animalia, ganba, maskor eta intsektuen irudiak agertzen ziren. XIII. mendeko arkitekto frantziar

batek, Villard de Honnecourtek, hainbat animalia marraztu zituen bere marrazki arkitektonikoekin, perspektiba-estudioekin eta gerra-makinetako zein mugimendu iraunkorreko makinetako diseinuekin batera; izan ere, bere ilustrazioen artean honako animalia hauek agertzen dira marrazturik: otarrain bat, euli bat, burduntzi bat, matxinsalto bat, bi papagai kota batean, bi ostruka, untxi bat, ardi bat, katu bat, txakurrak, hartz bat eta «errealitatetik kopiaututako» lehoi bat. Horrez gain, herbarioetako lore ihartuen kolore naturalak gordetzeko errezeta bat eman zuen. Villard de Honnecourten ondorengo mendean ilustrazio naturalistaren eremuan egin zen aurrerapena baloratzeko, beraren marrazkiak Liguriako XIV. mendeko bukaerako eskuizkribu batean –hasieran Cybo Hyèreskoa izeneko autore bati egotzia– ageri direnekin aldera daitezke. Eskuizkribu horretako marjinetan landareak, lauoinakoak, txoriak, moluskuak eta krustazeoak, armiarmak, tximeletak eta liztorrak, kakalardoak eta beste zenbait intsektu –beldarrak zein helduak– agertzen dira. Oso interesgarria da garai hartan antzematen zen joera bat ikustea, hots, gaur egun talde berean sailkatuta dauden animaliak orrialde berean elkarrekin jartzeko joera (14. lamina).

Eskuizkribu horietako espiritu naturalistari kontrajarrita, entziklopedia eta herbario askotan ikonografia konbentzionala aurkitzen dugu. Singerrek bereizkuntza bat egin zuen herbarioen artean, alde batetik tradizio naturalistakoak eta bestetik tradizio erromanikokoak zeudela esanez. Ikonografia botanikoaren arrastoari jarraituz gero, VI. mendeko *Codex Aniciae Julianae* kodize bizantziarretik pasatzen gara eta Dioskoridesen laneraino heltzen gara; beronen lana, gainera, Cratevasen herbarioan oinarritu zen (K.a. I. mendea). Plinioren arabera, Cratevasek landare koloreztatuak marrazten zituen. Beneditarren monasterioetan, nekazaritza-lursail handiak lantzeaz gain ortuariak eta medikuntzarako landareak ere landatzen zituzten; herbarioak prestatzen zituzten autoreek ezer gutxi zekiten landareen banaketa geografikoaz, eta, hortaz, beraien xedea izaten zen Dioskoridesen lanetan eta pseudo-Apuleioren *Herbarium*-en (K.a. 5. mendea, seguruenik) –horiexek ziren bi obra nagusiak– aipatzen ziren landareak euren ortuetan identifikatzea. Liburu horietan aipatzen ziren landare mediterraniarrak gutxitan agertzen ziren ortu horietan, edota, askoz jota, genero bereko beste espezie batzuk agertzen ziren haien orde; horren eraginez, ez bertako irudiek ez bertan emandako deskribapenek ez

zegozkien Iparraldeko botanikariek ikus zitzaketen landareei. Herbario berrietan edo herbario zaharren kopia berrietan, testuek eta ilustrazioek egile desberdinak izaten zituzten sarritan; tradizio erromanikoan, idazleek utzitako tarteetan egindako marrazkiekin gero eta kopia estilizatuagoak egiten ziren. Frantziako iparraldean sortu eta arte erromatarren estilo degradatu batetik omen zetorren tradizio hori XII. mendeko amaieran iritsi zen bere mugara.

Landare eta animalien irudikapen naturalistak Goiz Erdi Aroko urteetan ere egin ziren; adibidez: Erroma, Ravenna eta Veneziako eliza askotako mosaikoetan. XI. eta XII. mendeko herbario latindar batzuk ere tradizio naturalista horren arabera zeuden ilustratuta, Bury St. Edmunden XII. mendeko herbarioak ondo baino hobeto erakusten duen bezala (16. lamina; ikus 15. lamina). XIII. mendean geroztik, ilustrazio naturalisten kopuruak gora egin zuen etengabe. Herbarioetatik aparte, landare eta animalien irudikapen naturalistak Giotto (~1276-1336) eta Spinello Aretino (~1333-1410) artisten koadroetan agertzen ziren; XV. mendean, berriz, herbarioen ilustratzaileek Italia eta Flandesko hiru dimentsioko errerealismoaren teknika ikasi zuten, Leonardo da Vinciren eta Albrecht Düreren koadroetan perfektiora iritsi zen teknika, hain zuzen ere. Horren adibide garbi bat Benedetto Rinioren herbarioa da; berau, 1410ean bukatua, Veneziako Andrea Amodio artistaren 440 lamina paregabez ilustratuta zegoen (17. lamina). Bai tradizio naturalistak eta bai erromanikoak bere horretan jarraitu zuten, etengabe, botanikari buruzko historien hasieran agertu ohi ziren lehengo herbario inprimatuak iritsi ziren arte.

Irudiak eta ilustrazioak nola osatu ziren ikusita, ez da harritzekoa sarritan elkarren arteko loturarik ez egotea; adibidez, honelakoak gertatzen ziren maiz: testuak kopiaren iturritzat hartutako autoritateak ezagutzen zuen espezie mediterraniar bat deskribatzen zuen bitartean, ilustrazioa irudi formal baino ez zen, edota artistak bere herrian ezagutzen zuen espezie baten irudia. Medikuek, aldiz, herbarioez fidatzen ziren botika moduan erabil zitezkeen landareak identifikatzeko; halaber, zenbait ahalegin egin behar izan zituzten ahozko deskribapenak hobetzeko. Deskribapen horiek traketsak eta zehaztugabeak izaten ziren maiz, eta lexiko botaniko edo pandekten autoreek –adibidez: Simon Genoakoa XIII. mendean eta Matthaeus Sylvaticus (ikus 188. orrialdea) XIV. mendean– ematen zituzten sinonimoak ez zitzaizkion

beti objektu berberari egokitzen, marrazkiak egin baino lehen behaketa pertsonal luzea egiten bazen ere. Izan ere, XVII. mendea baino lehen ez da inon nomenklatura garbi, zehatz eta anbiguotasunik gabe-
korik aurkitzen, eta Linnaeusen aurretik egin zirenak ere ez zeuden behar bezain ondo osatuta.

Erdi Aroko herbario gehienen interesa farmaziaren eremuan kontzentratu bazen ere, herbario batzuek esparru hori gaintitu zuten, eta, gainera, zehaztasun handiagoko deskribapenak eman zituzten. Rufinusen *Herbal*-a (~1287), Thorndikek orain dela gutxi argitaratua, ez zen herbario mediko soilak izan, baizik eta baita landareei buruzko liburu botaniko bat ere. Rufinusen autoritateak hauexek izan ziren: Dioskorides; *Macer Floridus* obra, Odo Meungekoari egotzia (XI. mendeko amaieran *fl.*); Salernoko sendagile Matthaeus Plateariusen *Circa Instans* –XII. mendeko botanikari egindako ekarpen nagusia–; eta beste zenbait obra. Thorndikek aipatu zuenez, Rufinusek zera gehitu zien bere autoritateei:

Landarea bera arretaz eta xehetasunez deskribatu zuen –zurtoina, hostoak eta lorea– eta beraren aldaerak zehatz-mehatz bereiztu zituen; halaber, landare bakoitza beraren antzekoak ziren edo berarekin zerikusia zuten beste landareekin alderatu zuen, baita beraietatik bereiztu ere. Horrez gain, ardura handia hartu zuen landare jakin bati ematen zitzaizkion gainerako izenez informatzeko edo izen berbera zuten landare desberdinen berri emateko.

Beste herbario batzuetan bezala, ia landare gehienak ordena alfabetikoan ageri ziren. Diskoridesek zehaztasun gutxiko sailkapenak egin zituen batzuetan landareekin, «labiateae (ezpaindun), compositae (konposatu) eta leguminosae (leguminoso)» multzoei zegozkien serieak aurkeztuz. Joera berbera antzeman daiteke 1000. urtearen inguruan Dioskorides eta pseudo-Apuleioren lanetan oinarritutako *herbario* anglo-saxoiarrean; bertan, landare unbeliferoen sailkapen erreal bat egiten da. Iparraldeko tradizio zientifiko naturalak ahalegin serioak egin zituen sailkapen egokiak egiteko. Rufinusek, aldiz, Napoli eta Bolognako tradizio mediko italiarrean trebatua izanik, ez omen zuen ezagutu ezta Albertus Magnusen *De Vegetabilibus et Plantis* obra ere, kostu handiko eskuizkribuen garai hartan.

Bartolome Ingelesak, Thomas Cantimprékoak eta Vincent Beauvaiskoak XIII. mendean osatu zituzten entziklopedien atal botaniko eta zoologikoei ez zitzaien inola ere behaketa-oinarririk falta

izan, baina alde horretatik ezin aldera daitezke Aristotelesen lanei buruzko iruzkinak egitean Albertus Magnusek bere ikerketa pertsonalez egin zituen deskribapenekin. Iruzkina izan zen lan zientifikoa aurkezteko Erdi Aroan erabili zen ohiko forma, XIII. mendeko latindarreko arabiarrengandik hartu baitzuten. Iruzkin batzuetan garbi bereizten zen jatorrizko testua; beste batzuetan, ordea, eztabaida kritikoaren testuaren baitan sartzen zen tartekaturik. *De Vegetabilibus et Plantis* (~1250) tratatua pseudo-Aristotelesen *De Plantis*-en iruzkin bat zen, eta Alfred Sareshelgoaren itzulpenean teoria botanikoaren iturri nagusia izan zen XVI. mendera arte. Bere jaioterriko landare ezagunei buruzko eztabaida baten hasieran zera azpimarratu zuen Albertusek:

Seigarren liburu honetan ikasleen jakin-mina aseko dugu filosofiak baino gehiago. Izan ere, filosofiak ezin eztabaida ditzake xehetasunak... Natura konkretuei buruz ezin da silogismorik egin, zeren esperientzia (*experientum*) baita horien datuak ziurta ditzakeen bakarra.

Albertusen digresioek morfologiaz eta ekologiaren erakusten duten sena ez zen gaingitu Aristotelesen eta Teofrastoren garaitik Cesalpino eta Jungen garaira bitarteko denbora-tartean. Landareei buruz egin zuen konparazio-azterlanak beraien atal guztiak hartu zituen barne: sustraia, zurtoina, hostoa, lorea, fruitua, azala, bihotza eta abar; orobat, beraien forma ere hartu zuen barne. Albertusek ikusi zuen nola gerizpean hazten ziren zuhaitzak besteak baino altuagoak eta meheagoak ziren eta adar gutxiago zituzten; ikusi ere leku hotz eta itzaltsuetan hazten zirenen egurra gogorragoa zela ikusi zuen. Bi efektu horien zergatia –beraren iritziz– ez zen argirik eza, berotasunik eza baizik, horri esker sustraientzat errazagoa zelako Lurreko elikagaiak zurgatzea. Aristotelesen arabera, Lurreko berotasunak landareen urdailaren funtzioa egiten zuen: beraientzako janaria prestatzen bide zuen, eta, hortaz, pentsa zitekeen landareek ez zutela gorotzik sortu behar. Albertusek esan zuenez, landareen izerdia –izerdia landarearen atal orotzat har zitekeen, elikagaia ematen zielako– zainetan eramaten zen, eta zain horiek odol-basoen antzekoak ziren, baina pultsurik gabe. Landareen neguko loaldia izerdia barnerantz itzultzen zelako gertatzen zen.

Aurrekoaz gain, arantzen arteko bereizkuntza bat egin zuen, esanez batzuk zurtoinaren naturakoak zirela eta beste batzuk azalean soilik garatzen zirela. Mahatsondoei begiratzean, mahats-mulkoen

ordez batzuetan kiribil bat hazten zela antzeman zuen, eta hortik kiribila mahats-mulkoaren forma akastun bat zela ondorioztatu zuen. Borrajaren lorean, ugalketarako zituzten funtzioak ulertu ez bazituen ere, atal hauek bereiztu zituen: kaliza berdea, korola bere ligula-luzakinekin, bost estamineak (*vingulae*) eta pistilo zentrala. Loreen formak hiru motatan sailkatu zituen: txori formakoak, kuku-belarrean, bioletan eta asun hilean bezala; piramide edo kanpai formakoak, konbolbulazeoetan bezala; eta izar formakoak, arrosetan bezala. Gainera, fruituei buruzko konparazio-azterlan zabal bat egin zuen, fruitu «lehorrak» eta fruitu mamitsuak bereiztuz, eta zenbait mota deskribatu zituen, desberdintze-irizpide hauek erabiliz: haziaren, perikarpoaren eta errezeptakuluaren estruktura eta elkarren arteko loturak; heldutasunarekin batera fruituari zer gertatzen zitzaion –hots, ea zorroak lehertzen ziren edo mamia lehortzen zen–; eta gisa bereko beste zenbait irizpide. Fruitu mamitsuetako mamiak hazia elikatzen ez zuela erakutsi zuen, eta hazia ernamuina zela antzeman zuen. Horrekin batera, 6. liburuko I. tratatuko 31. kapituluan haxe azpimarratu zuen:

Haritzaren hostoaren gainean pilota forma duten eta kukusagar deitzen zaaien objektu batzuk eratzen dira sarritan; berauek garai batez geratzen dira zuhaitzean, eta hostoa usteltzen denean har txiki bat sortzen da beraien barnean.

Bere *Inquiry into Plants* liburuan, Teofrastok sailkapen bat proposatu zuen landare-erreinurako; sail nagusiak zuhaitzak, zuhaixkak, zuhaixka txikiak eta belarrak izango ziren, eta talde horien barnean beste bereizkuntza batzuk egingo ziren landareen artean: landare landuak eta basalandareak, landare loredunak eta lorerik gabekoak, fruitudunak eta fruiturik gabekoak, hosto erorkorrak dituztenak eta hosto iraunkorrak dituztenak, edota lehorreko, zingirako eta uretako landareak. Teofrastoren iradokizunak nahiko zehaztu gabeak eta esperimentalak izan ziren. Albertusen sailkapen nagusiak eskema horren ildo nagusiei jarraitu zien. Beronek ez zuen bere eskema zehatz-mehatz azaldu; hala eta guztiz ere, *herbarioei* buruz idatzi zuen liburuan, Agnes Arber doktoreak esan zuen agian hau zela Albertusen gogoan zegoen eskema: landareek eskala bat osatzen zuten, onddoekin hasi eta landare loredunekin bukatzen zena; dena dela, azken talde horretan ez zuen beren-beregi ezagutu monokotiledoneoen eta dikotiledoneoen arteko bereizkuntza.

- I. Hostorik gabeko landareak (gehienbat gure kriptogamoak, hau da, benetako lorerik ez duten landareak).
- II. Landare hostodunak (gure fanerogamoak edo landare loreduak eta kriptogamo jakin batzuk).
 1. Kanpo azal zurrunez estalitako landareak (gure monokotiledoneoak, hazian lobulu bakarra izanik).
 2. Landare tunikatuak, eraztun formakoak –*ex ligneis tunicis*– (gure dikotiledoneoak, hazian bi lobulu izakin).
 - a. Belarkarak.
 - b. Zurezkoak.

Espezie berrien agerpenari dagokionez, Albertus Magnusen garaiaren aurreko filosofo natural ugari azalpenak eman zituzten. Antzinaroko greziarren kosmogonietan ahaleginak egin ziren biziaren jatorria eta izaki bizidunen dibertsitatea esplikatzeko. Hala, Anaximandroren ustez, bizi guztia uretan sortu zen berez; gizakia, berriz, arrainaren bilakaeraren emaitza zen. Xenofanesez arrain eta itsas belar fosilduak hartu zituen oinarritzat bizia lokatzean sortua zela esateko. Enpedoklesekin uste zuen bizia Lurretik sortu zela berez: aurrena landareak agertu ziren, eta beraien ostean animalien atalak (gizakia barne), hala nola buruak, besoak, begiak eta abar; atal horiek kasualitatez elkartu ziren gero eta era askotako formak sortu zituzten, batzuk egokiak eta beste batzuk munstro-itxurakoak. Forma egokiek munstro itxurakoak desagerrarazi zituzten, eta sexuak elkarren artean bereiztu zirenean ugaltu egin ziren; hori gertatu zenean, lurrak utzi egin zion formak sortzeari. Lukreziok ere antzeko ikuspuntuak izan zituen, eta Lurreko «hazien» nozioak –Adelardo Bathekoak aipatuak– azalpen bat izan zuen estoikoen *logoi spermatikoi* ikusmoldearekin; *logoi spermatikoi* horiek gauza bizidunen eta bizigabeen espezie berriak sortzeko joera zuten, determinatu gabeko materia abiapuntutzat hartuta. Ikusmolde horretan oinarritu zen San Agustín ere, gauzak euren *rationes seminales* edo «arrazoi seminaletan» sortzen zirela esateko. Teoria horrek (ikus lehenago, 39. orrialdean) eragin handia izan zuen Erdi Aroan, eta arabiarren artean paralelismo bat izango zuen IX. mendean, al-Nazzam eta beraren ikasle al-Jahiz-en eskutik, berauek gogoetak egin baitzituzten egokitzapenari eta bizirik irauteko borrokari buruz.

Anaximandorena alde batera utzita, teoria horiek guztiek esplikazio berdina eman zuten espezie berrien suzesioaz, hots, suzesioa ez zela gertatzen bizirik zeuden aitzinakoak aldatu egiten zirelako, baizik eta espezieak Lurra bezalako iturri komun batetik sortzen zirelako. Dena dela, Teofrastok eta Antzinaroko beste autore batzuek existitzen ziren espezieak batzuetan mutatzten zirela sinetsi zuten. Albertusek bere egin zuen sinesmen hori eta adibideez baliatuz frogatu zuen, basalandare batzuk ortuko landare bihurtzen zirela eta ortuko landare batzuk basalandare bihurtzen zirela erakutsiz. Bere deskribapenen arabera, transformazio hori bost modutan gerta zitekeen. Transformazio horietako batzuek ez zuten espezie aldaketarik ekartzen, atributu potentzialak erreal bihurtu baino ez baitzuten egiten; adibidez: horixe gertatzen zitzaion zekaleari, bere tamaina hiru urtez handitu ondoren gari bihurtzen baitzen. Beste transformazio prozesu batzuetan, berriz, forma substantzial bat usteldu eta beste bat sortzen zen; horixe gertatzen zen, adibidez, botatako harizti edo pagadi baten lekuan lertxunak edo makalak ernamuntzen zirenean, edota gaixotutako zuhaitz batetik mihura sortzen zenean. Peter Crescenzikoari geroago gertatuko zitzaion bezala, txertaketaren bidez espezie berria sor zitezkeela sinetsi zuen Albertusek ere.

Espezie berrien sorrerari eta existitzen ziren espezieen mutazioari buruzko espekulazioek hurrengo mendean jarraitu zuten, Henry Hessekoaren (1325-97) eskutik. Beronek gaixotasun berrien agerpena eta gaixotasun horiek sendatzeko beharko ziren belar berriak aipatu zituen. Gerora, espekulazio horiek Brunoren filosofia naturalean sartu ziren –Brunok estoikoak ere izan zituen iturritzat–, baita Francis Bacon, Leibniz eta XVIII. mendeko eboluzionisten filosofian ere. Albertus Magnusek eta Henry Hessekoak espezien mutazioaz egin zituzten gogoetak ez zeuden lotuta eboluzio, garapen edo aurrerapen prozesuan ari zen inongo unibertso, animalia-erreinu edo giza arrazaren kontzepturekin; izan ere, kontzeptu hori Aro Modernoaren berezko ezaugarria da, eta ez zuen lekurik izan Erdi Aroko pentsaeran. Aristotelesek naturaren eskala bat deskribatu zuen bere lan biologikoetan, baina eskala horretan ez zegoen goranzko mugimendurik; hori horrela, Albertusek eskala aristotelikoa bere sistema botaniko eta zoologikoaren oinarritzat hartu zuenean, espezieen ugalketa existitzen ziren motak aldatu gabe egiten zela onartu

zuen –aipatutako gorabeherak eta mutaziorako arrazoiak alde batera utzita–.

Albertusen *De Animalibus* –batez ere ugalketa eta enbriologia-ri buruzko atalak– adibide ezin hobea da ikusteko Aristotelesen eta beste greziar batzuen lanen itzulpenek eskaini zituzten gertaera-sistemak eta esplikazio naturalek XIII. mendeko filosofo naturalak nola akuilatu zituzten, bai gisa bereko behaketa propioak egitera bultzatuz eta bai garai hartako esplikazioak aipatutako obra horien argitan moldatzera eramanez. *De Animalibus*-en 26 liburuetakoa lehenengo 19ak iruzkin bat dira, Aristotelesen *History of Animals*, *Parts of Animals* eta *Generations of Animals* lanaz Michael Scotek egindako itzulpenaren testua barne hartzen duena. Albertusek Avizenak lan horien inguruan egin zuen iruzkina ere erabili zuen, baita Avizenaren *Canon* –Galenoren obran oinarritua– eta Galenoren lan batzuen itzulpen latindarrak ere. Albertusen 26 liburu horietatik geratzen diren gainerako zazpiak biologiaren eremuko gai batzuen eztabaida originalak dira, eta, horiekin batera, animalia konkretu batzuen deskribapenak, hein batean Thomas Cantimprérengandik hartuak.

Aristotelesentzat, forma espezifikokoaren ugalketa hazkundearen hedapen bat zen, zeren eta, hazkundera gizabanako baten forma erreal bihurtzea zenez, ugalketa hauxe zen: sortzen zen gizabanako berriarengan gertatzen zen errealizazio prozesu hori. Albertusek Aristotelesekin bat egin eta lau ugalketa mota bereiztu zituen: lehenik, ugalketa sexuala, zeinean ar– eta eme-printzipioak gizabanako desberdinenaren bereiztuta dauden, hala nola, goi mailako animalienaren eta –oro har– mugimendu lokala dutenaren, edota elkartuta, hala nola landareetan, animalia eseriengana eta beste zenbaitengana –adibidez: erleengan–; beste ugalketa mota bat erneketa da, muskuilu batzuen kasuan bezala; eta, azkenik, berezko sorkuntza dugu, intsektu, aingira eta –oro har– behe-mailako izakiei dagokien mota, alegia. Landareen sexuak garbi bereiztu zituen bakarra Camerarius (1694) izan zen, Teofrasto, Plinio eta San Tomas Aquinokoak gaia iradoki bazuten ere. Aristotelesekin bezala, Albertusek ere Hipokratesek formulatu eta Galenok aldeztu zuen teoria gaitzetsi zuen, hots, forma itxuratzekoan bi gurasoen parte hartzen zutela zioen teoria. Aristotelesen arabera, emeak egiten zuen gauza bakarra hauxe zen: arraren forma inmaterialak enbrioia eraikitzeke erabiliko zuen materiala ekartzea (bere ustez,

ugaztunengan menstruazioa –*menstruum*– zen material hori, eta hegaztietan arrautzaren gorringoa). Albertusek bere egin zuen teoria hori, baina, aldi berean, Avizenak esandakoa ere onartu zuen, hau da, emeak sortutako materiala hazi bat –edo *humor seminalis*– zela, menstruaziotik edo gorringotik bereiztua, zeren azken horiek elikagaia baino ez baitziren. Hazi hori arrautzaren zuringoarekin identifikatu zuen, modu okerrean. Espermatozoidea, jakina, ez zen deskubritu mikroskopioa asmatu zen arte, eta, beraz, oilarraren hazia txalazarekin identifikatu zuen. Sexuen arteko bereizkuntzari dagokionez, Albertusek esan zuen arraren «bizi-beroa» gai zela soberan zegoen odola semenean «nahasteko», espeziearen forma emanek; emea, aldiz, hotzegia zen aldaketa substantzial hori gauzatzeko. Sexuen arteko gainerako desberdintasunak bigarren mailakoak ziren horren aldean.

Bizi-beroaren eraginkortasunaren arrazoia hauxe zen: ezaugarri primarioek osatzen zituzten bi pareetako bat – beroa eta hotza– aktibo zegoela, beste parea –lehorra eta hezea– pasibo zegoen bitartean. Bihotza bizi-beroaren zentroa zen, baita gorputzarena ere. Nerbioak bihotzera bideratzen ziren, ez garunera, zeren hau, Aristotelesek esan zuen bezala, hozketa-organo bat baitzen. Bizi-beroa bizi-jarduera guztien iturria zen. Beraren eraginez heldu egiten zen fruta, beragatik egiten zen digestioa –zeina elikagaiak prestatzeko modu bat baitzen–, eta berak determinatzen zuen amaren barnetik ateratako animalia helduen formara zer neurritan hurbilduko zen. Herentziaren gorabeherak azaltzeko, berriz, zera esan zuen Aristotelesek: funtsezko faktorea arraren formak emearen formaren gainean zuen nagusitasun-gradua zela, halako moldez non arraren bizi-beroa txikia zenean emearen ezaugarriak nagusitzen baitziren. Munstro-itxurako formak sortzen ziren baldin eta emearen materia akastuna bazen –bilatzen zen xederako– eta forma determinatzailea geldiarazten bazuen.

Aristotelesek *De Generatione Animalium*-en (736 b 36) emandako deskribapenaren arabera, «bizi-beroa semenean eta bere aparrean sartutako espiritua da (pneuma), baita espirituen printzipio naturala ere, izarretako elementuaren analogoa izanik». Albertusen esanetan, bizi-beroa berezko sorreraren arrazoia ere bazen. Hildako organismoen forma usteltzeak beheragoko mailako izakiak –euren formak– sortzen zituen, eta horiek eskura zegoen materia antolatzen

zuten, simaurrean sortutako zizareen antzera. Eguzkiaren bizi-beroak ere berezko sorrera eragiten zuen; alde horretatik, bai arabiarrek eta bai eskolastikoez horrelako formak zeruko «bertuteak» sortzen zituela uste izan zuten.

Ea enbrioia hazi arrak soilik sortzen ote zuen eztabaidatzeak Hipokratesen eta Galenoren aurka jarri zuen Aristoteles, eta gauza bera gertatu zen enbriologiaren eremuko beste gai baten inguruan, hots: ea ezaugarri berriak sortzen ote ziren ala ezaugarri guztiak aurretik hazian ote zeuden eta garatu baino ez zuten egin behar. Hipokratesek aurre-formazioaren teoria horren aldaera bat defendatu zuen, pangenesiarekin elkartu baitzuen; bere ustez, esperma gurasoaren gorputzaren atal guztietatik ateratzen zen, eta, hortaz, atal berdinak sortzen zituen ondorengoengan. Aristotelesek erakutsi zuenez, enbrioia neurri txikiko heldu bat zela eta garatu baino egin behar ez zuela zioen teoriak ondorio bat zekarren berekin, hots, geroago garatuko ziren parteak hasieran eta esperman bertan ere existitzen zirela, spermako parteak beraren gurasoengan ere existitzen zirela, eta, beraz, baita gurasoa sortu zuen esperman ere, eta hala infinituraino. Bere ustez, horrelako *emboîtement* edo ahokadura konklusio zentzugabe bat zen, eta, horrenbestez, teoria epigenetikoari eutsi zion. Horren arabera, parteak *de novo* agertzen ziren, forma imaterialak enbrioaren materia determinatzen eta bereizten zuen heinean. Hazi arrak materia emea koagulatzen zuen, eta horren ostean enbrioia makina konplikatu baten antzera garatzen zen: haren mekanismoak abiatzen zirenetik aldeztu aurretik antolatutako mugimenduak egiten zituen, prozesua gauzatuz. Aristotelesek hainbat animalien garapena deskribatu zituen, eta konparazio-azterlan horretan oinarritu zen animalien sailkapena egiteko. Garapena buruaren muturrean arinagoa zela antzeman zuen, gradiente axialen teoria modernoa iragarritz; orobat, ezaugarri orokorrak ezaugarri espezifikoagoen aurretik sortzen zirela esan zuen, Von Baerri aurrea hartuz. Horrez gain, modu egokian ulertu zituen plazentaren eta zilborrestearen funtzioak.

Albertusek Aristotelesen teorian oinarritu zituen enbriologiari buruz egin zituen ikerketak¹⁵. Ez zuen inoiz zalantzarik izan bere begiek erakusten ziotena onartzeko, baina, aldi berean, beste autoritate batzuen alternatibak ere bereganatu zituen. Hala, Avizenak epigenesia eta pangenesiaren teoria bat uztartu zituen bezala, berak kopis-

tei egozten zizkien datuetan agertzen ziren errakuntzak, Aristotelesi egotzi beharrean. Aristotelesen ereuari jarraituz, Albertusek oiloen arrautzak ireki zituen txitaldiaren denbora-tarte desberdinetan, eta *per anathomyam* eta prozesua ondo ulertuz areago sakondu zuen Aristotelesek egindako deskribapena, bihotzaren orban gorri taupakaria agertzen zenetik txita ateratzen zen arte. Aztertu ere arrain eta ugaztunen garapena aztertu zuen, fetua nola elikatzen zen ulertuz. Beste alde batetik, Aristotelesek pentsatu zuen krisalida intsektuaren arrautza zela, esanez beraren bizitza amarengan hasten zela, gero larba izatera pasatzen zela, gero krisalida izatera (beraren arrautza) eta bukatzeko heldua izatera iristen zela; Albertusek, aldiz, intsektuaren benetako arrautza aurkitu zuen, baita zorriarena ere. *De Animalibus*-en 17. liburuko 2. tratatuko 1. kapituluan, Aristotelesen azalpenari heldu eta zera gaineratu zion:

Hasieran, arrautzak oso txikiak dira, eta beraietatik zizareak sortzen dira; berauek, berriz, obuluen (adibidez: krisalidak) materiara aldatzen dira, eta hortik forma hegalaria sortzen da. Era horretan, arrautzatik aldaketa hiru-koitza gertatzen da: arrautzatik zizarera, zizaretik arrautza moduko izaki batera, eta hortik hegaz egiten duen izaki batera.

Bere esanetan, «animalia guztien sorrera arrautzetan hasten da». Aldi berean, baina, berezko sorreran ere sinetsi zuen. Oso ondo deskribatu zuen intsektuen estalketa, eta 5. liburuko 1. tratatuko 4. kapituluan tximeleta edo sits baten bizitzaz eman zuen deskribapena behaketa jarraituaren adibide paregabea da:

Beldar bat ezkutatuta dago arrailen artean, Eguzkiak udako tropikotik aldentzen hasi eta gero; barnetik usteltzen da, eta eraztun-itxurako azal gogor eta korneo bat eratzen da beraren inguruan. Azal horren barnean zizare bat jaiotzen da; beronek mihi luze eta kiribildu bat du bere aurreko partean, loreen barnera sartu eta nektarra hurrupatzeko. Lau hego garatzen ditu, bi aurrealdean eta bi atzealdean, hegaz egiten du, kolore anitz ateratzen zaizkio eta zenbait hanka garatzen ditu, baina ez beldarra zenean bezainbeste. Koloreak bi modutan aldatzen dira: generoaren arabera eta indibiduoaren arabera. Genero batzuk zuriak dira, beste batzuk beltzak eta beste batzuk bitarteko kolorekoak. Dena dela, azken generoaren baitan bada mota berezi bat, indibiduo berean kolore oso desberdinak biltzen dituen. Animalia hori, hegaduna eta beldar batetik sortua, latinezko *verviscella* izen arruntaz ezagutzen dute pertsona batzuek. Udazkenaren amaieran hegaz egiten du eta arrautza ugari

jartzen ditu, zeren bere gorputzaren beheko parte guztia, toraxetik beherantz, arrautza bihurtzen baita, eta arrautzak jartzean hil egiten da. Gero, berriz ere, arrautza horietatik beldarrak jaiotzen dira hurrengo udaberrian. Hala eta guztiz ere, larba batzuk ez dira *verviscellae* bilakatzen, zeren zuhaitzetako adarren muturretan biltzen baitira eta bertan habiak eratu eta arrautzak jartzen dituzte, eta arrautza horietatik larbak jaiotzen dira hurrengo udaberrian. Mota horretakoek Eguzkirantz hedatzen dute habia beti, eguerdian. Forma hegalarrietatik sortzen den motakoek, aldiz, lorategietatik gertu dauden etxeetako egur eta hormetako arrakaletan jartzen dituzte euren arrautzak.

Albertusen behaketa pertsonalak beste fenomeno zoologiko askotara zuzendu ziren, ugalketaren eremuko fenomenoez gain. Thomas Cantimprékoak, behatzaile ona izan arren, fabulazko animaliez osatutako liburu oso bat sartu zuen bere *De Natura Rerum*-en (~1228-44); Albertus, baina, bere behaketa pertsonalez baliatu zen arrabioaren, kastorearen eta zertzetaren istorioak kritikatzeko. Fenixaren kasuan, berriz, berpizkundearen sinbolo hori teologo mistikoek aztertzen zutela esan zuen, filosofo naturalek baino gehiago. Deskribapen bikainak eman zituen Aristotelesek ezagutu ez zituen iparraldeko animalia ugari buruz; hala, urtxintxaren (*pirolus*) kolorearen aldaerak aipatu zituen, Alemaniatik Errusiara joatean gorri izatetik gris izatera pasatzen zela ikusi baitzuen; halaber, klima hotzetan belatz (*falcones*), bele txiki (*monedulae*) eta beleen (*corvi*) kolorea argitu egiten zela antzeman zuen. Bere ustez, formaren aldean koloreak ez zuen garrantzi handirik ezaugarri espezifiko gisa. Gorpuzkeraren eta lokomozio-metodoaren arteko loturari antzeman zion, eta Aristotelesen «homologia» printzipioa aplikatu zuen zaldiaren eta txakurraren aurreko hanketako hezurren arteko korrespondentzia aztertzeko. Gainera, Albertusek erakutsi zuen antenak kentzen zitzaizkien inurriek norabi-dearen zentzua galtzen zutela, eta, hortaz, antenek begiak zituztela ondorioztatu zuen (modu okerrean). Barne anatomia buruz zuen ezagutza eskasa zen batzuetan, baina kilkerak disezcionatu zituen eta obarioetako folikuluak eta trakea behatu zituen. Antza denez, karramarroen garuna eta nerbio-kordoa ezagutzea lortu zuen, baita beraren mugimendu-funtzioaren zati bat aztertzea ere. Gainera, karramarroen mudak euren gorputz-adarrak ere barne hartzen zituela ikusi zuen, eta anputatuz gero berriz sortzen zirela erakutsi zuen. Dena dela, 7. liburuko 3. tratatuko 4. kapituluan esan zuen bezala:

mota horretako animalien abdomena gutxitan sortzen da berriro, beraien parte bigunei eusten dien zubian dauden mugimendu-organoak finkatuta daudelako; eta bertute motorea (*vis motiva*) zubi horretan behera joaten da, garunari dagokion aldetik. Horrenbestez, indar nobleago baten kokagunea denez, abdomena ezin ken daiteke arriskurik sortu gabe.

23.-26. liburuetan deskribatutako animaliak sailkatzeko Albertusek erabili zuen sistemak Aristotelesek proposatutako ildo nagusiei jarraitu zien, berak gehitutako zenbait hobekuntzarekin. Aristotelesek hiru antzekotasun-gradu antzeman zituen animalia-erreinuan: lehenengoa «espeziea» zen; bertan, tipoak erabateko identitatea zuen eta indibiduen arteko desberdintasunak akzidentalak ziren, hau da, ugalketan ez ziren betikotzen. Bigarren gradua «generoa» zen: generoak taldeak ziren, hala nola, arrain taldeak edo txori taldeak. Eta hirugarrena «genero handia» zen; beronek zenbait korrespondentzia morfologiko edo homologia zekartzan —ezkataren eta lumaren artean, arrain-hezurraren eta hezurraren artean, eskuaren eta atzaparraren artean, azkazalaren eta apatxaren artean— eta beraren adibide bat animalia odoldunen talde osoa zen (gaur egungo ornodunak). Aristoteles ez zen iritsi sailkapena benetan egitera, baina beraren sistemaren ildo nagusiak erraz ikus daitezke, Albertusek egin zuen bezala. Espezie eta genero guztiek diferentzia ugari zituztenez, hainbat modutan sailka zitezkeen, eta, berriro Aristotelesek bezala, Albertusek ez zuen sistema bat soilik erabili. Izan ere, batzuetan morfologien edo ugalketa-sistemen antzekotasunera jo zuen animaliak taldekatzeko, eta beste batzuetan irizpide ekologikoak erabili zituen taldeak egiteko, honako hauek bereiztuz: hegaz egiten zutenak (*volatilia*), igeri egiten zutenak (*natatilia*), ibiltzen zirenak (*gressibilia*) eta herrestatzen zirenak (*reptilia*). Kasu horretan, Aristotelesen teoria aurrera eraman zuen eta animalia akuatikoak hamar generotan bereiztea proposatu zuen: *malachye* (zefalopodoak), *animalia mollis tastae* (karramarroak), *animalia duris testae* (maskordunak), *yricii marini* (itsas trikua), *mastuc* (itsas anemonak), *lignei* (itsas izarrak, itsas luzokerrak), *veretrале* (pennatulazeoak edo gefireoak?), *serpentini* (poliketoak?), *flecmatici* (medusak) eta *spongia marina* (belakiak). Animalia batzuekin Aristotelesek izan zituen errakuntza berberak edo okerragoak egin zituen Albertusek; adibidez: baleak arraineekin jarri zituen eta saguzarrak txoriekin, nahiz eta saguzarren hortzak behatu

eta «koadrupedoen naturara hurbiltzen zirela» esan zuen (I. liburua, 2. tratatua, 4. kapitulua).

Aristotelesengandik Albertusek hartu zuen sailkapen sistema nagusiaren oinarria animaliaen sorrera mota zen, hau da, garapen-gradua, zeina gurasoen bizi-beroaren eta bizi-hezetasunaren mende zegoen, hain zuzen ere amaren gorputzetik ateratzeko unean seme-alabak eskuratuta zuen bizi-beroaren eta bizi-hezetasunaren neurriaren mende. Era horretan, ugaztunak animaliarik beroenak ziren, eta euren gurasoen ezaugarri berdinak baina neurri txikiagoan zituzten seme-alabak sortzen zituzten, modu bibiparoan; sugedorriak eta arrain kartilagodunak obiparoak ziren barnean eta bibiparoak kanpoan; txoriek eta narrastiek arrautza perfektuak produzitzen zituzten, hau da, jartzen zituztenetik handitzen ez ziren arrautzak; arrain, zefalopodo eta krustazeoek, aldiz, arrautza inperfektuak produzitzen zituzten. Intsektuek *scolex* bat (larba edo «arrautza» goiztiarra) produzitzen zuten hasieran; gero, *scolex* hori garatu eta «arrautza» (krisalida) bilakatzen zen; maskordunek ugalketa-humore bat produzitzen zuten, edo erneketaren bidez ugaltzen ziren; eta, oro har, beheko taldeetako animaliak berezko sorreraren bitartez ugaltzen ziren. 2. taulan (190. orrialdea) natura bizidunaren eskala «aristoteliko» osoa ikus daiteke, Albertusek ezagutu eta aldatu zuen eran.

XIII. mendez geroztik, botanika eta zoologia deskribatzailea landu zutenak belar-biltzaileak eta naturalistak izan ziren, bakoitza bere interesengatik. Belar-biltzaileen artean, Matthaeus Sylvaticusek landareei buruzko informazio handia bildu zuen bere *Pandectae* edo botika «sinpleen» hiztegian –1317–; informazio horren oinarriak bi izan ziren: alde batetik, bisitatutako leku ugaritan egindako behaketa pertsonalak; bestetik, autoreak Salernon izan zuen lorategi botanikoa, an gordetako etxeko eta atzerriko landareen bilduma. Horixe da monasterioetatik kanpo eratu omen zen lehenengo lorategi botanikoa, eta harrezkero beste batzuk agertuko ziren, batez ere unibertsitateetako medikuntza fakultateei lotuta; lehendabizikoa Pragan zabaldu zen, 1350ean. XIV. mendeko zenbait kirurgilari eta sendagilek herbarioak idatzi zituzten; horien artean hauexek aipatu behar dira: Joan Milangoa Italian, John Arderne Ingalaterran eta Thomas Sareptakoa Silesian. Joan Milangoak 210 landareen marrazkiekin osatu zuen bere *Flos Medicinae* herbarioa –1328 baino lehen bukatua–. Thomas Sareptakoa apezpikua zelarik hil zen 1378aren inguruan, eta beraren lana bereziki interesgarria da, zeren gaztetan herbario bat egin baitzuen Ingalaterran eta beste leku batzuetan bildutako landare ihartuekin. 1380aren inguruan Vauden egindako herbario frantziar anonimo bat interesgarria da Suitzako landareei buruzko informazio berria eman zuelako, baina garai horretako herbariorik garrantzitsuen *Liber de Simplicibus* da, Benedetto Riniok 1410ean Venezian bukatua (ikus 176. orrialdea). Bertako eta atzerriko 450 landare modu paregabea pintaturik biltzeaz gain, herbario horretan hainbat ohar botaniko egin zituen autoreak, uztaren aroak aipatuz, sendagaia landarearen zein partetan zegoen eta erabilitako autoritatea zein zen esanez, eta landare bakoitzaren izena latinez, grekoz, arabieraz, alemanez, Italiako dialekto batzuek eta eslavieraz emanez. Garai hartan, Venezia merkataritza-jardun indartsua zuen sendagaien alorrean, bai Ekialdeko herriekin eta bai Mendebaldekoekin, eta Rinioren herbarioa botika-saltoki nagusietako batean gordetzen zen, bertan erabili ahal izaten baitzen landareak praxian identifikatzeko. Interes mediko horixe izan zen XV. mendean agertzen hasiko ziren herbario inprimatuak gehien bultzatu zituen.

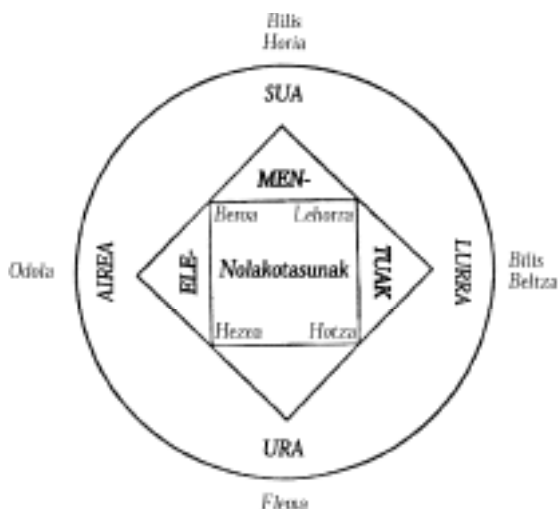
XIV. mendeko gainerako naturalisten artean, Crescenzik bere herriko landare eta animalia mota askori buruzko datu ugari bildu

zituen bere *Ruralia Commoda*-n, eta atal berezi bat eskaini zien lora-tegiei (ikus 222. orrialdea eta hurrengoak). Nekazaritzaren eremuan izan zituen autoritate nagusiak Katon Zaharra, Varron eta Plinio autore erromatarrak izan ziren, baita *Geoponica*-k (Burgundio Pisakoaren itzulpena eskura baitzuen) mahatsondoei dedikatu zien zatia ere; biologia zientifikoari dagokionez, Albertus Magnusen eta Avizenaren obretara jo zuen. Conrad von Megenburg naturalista alemaniarra ere azpimarratzekoa da, zeren berak idatzi baitzuen, 1350aren inguruan, alemanez agertu zen lehenengo liburu zientifiko garrantzitsua: *Das Buch der Natur*. Berau, funtsean, Thomas Cantimprékoaren *De Rerum Natura*-ren itzulpen bat zen, baina bazituen ohar berri batzuk ere, ortzadar, izurri eta zenbait animalia eta landareri buruzkoak. Oso eza-guna izan zen herritarren artean, eta bere lehenengo edizioa –1475– izan zen landareak irudikatzen zituzten xilografiak testua ilustratzeko beren-beregi erabili zituen lehenengo lana, hau da, irudi horiek apain-garri huts bezala erabili ez zituen lehenengo lana. Seguruenik, ilustrazio horiek ez ziren egin inprimatutako testua baino askoz ere lehenago; nolanahi ere, XIV. mendeko amaieran bada bere ilustrazioetan behaketarako gaitasun zorrotza erakutsi zuen autore bat, Cybo Hyèreskoa alegia (ikus 174. orrialdea). Gaston de Foix, berriz, *Le Miroir de Phoebus* tratatu ospetsua hasi zen idazten frantsesez 1387an; autore horrek ehizaren eremuan egin zuen Federiko II.a enpe-radoreak falkoneriaren eremuan egin zuena, eta, horrez gain, naturalista bikaina zela erakutsi zuen. Lan hori oso ospetsua izan zen, eta XV. mendeko hasieran ingelesera itzuli zen; modu oso on eta praktikoan azaldu zuen txakurrak, belatzak eta ehizarako erabiltzen ziren beste animalia batzuk nola zaindu behar ziren, eta, horrez gain, informazio handia eman zuen orein, otso, azkonar, igaraba eta ehizan harrapatzen ziren beste zenbait animalia-aren ohiturez. Beste autore frantziar batek, Jehan de Briek, Gortearen giroan ere naturak interesa pizten zuela erakutsi zuen, 1379an Karlos V.arentzat «artzaintzari» buruz idatzitako liburu batean. Ingalaterran, berriz, landa-kirolei buruz idatzitako tratatu serie bat *Boke of St Albans*-arekin bukatu zen; liburu hori bi ediziotan argitaratu zen, 1486an eta 1496an hurrenez hurren, eta bigarrenak arrantzari buruz ingelesez idatzitako deskribapen luze eta zehatz bat zuen barne; *Boke*-ren azalpena aurretik idatzitako beste lan batean oinarritu zen, hamabosgarren mendeko lehenengo hogeitau urteetan idatzitako *Treatyse of Fysshynge with an Angle* ize-

neko lanean alegia. XV. mendeko Italian zoologiari buruz idatzi zuten artean Pier Candido Decembrio (1399-1477) eta Petrus Candidus aipatu behar dira; bigarrenak animaliei buruzko deskribapen multzo bat idatzi zuen 1460an, eta liburu horri txori, inurri eta beste animalia batzuen ilustrazio bikainak gehitu zizkioten XVI. mendean (ikus 18. lamina).

XIV. eta XV. mendeetan ere biologiaren inguruko lan teoriko asko idatzi ziren, batez ere Aristoteles, Galeno, Averroes edo Avizenaren liburu batzuen iruzkin gisa. XIII. mendean, Gil Erromakoak (~1247-1316) enbriologiari buruzko tratatu bat idatzi zuen *–De Formatione Corporis Humani in Utero–*, gehienbat Averroesen lanak oinarritzat hartuta, eta bertan fetua nola garatzen zen eta arima zein unetan sartzen zen izan zituen eztabaidagai. Azken puntu hori oso eztabaidatsua izan zen, eta horren inguruan eztabaidatzen aritu zirenen artean Dante egon zen. Dantek bere egin zuen San Agustinek eta Averroesek arimaz izan zuten ikusmoldea, hots, arima gorputzarekin batera sortzen zelako ikusmoldea; aldi berean, baina, arima fetuaren lehenengo mugimenduak sortu arte adierazten ez zela gaineratu zuen. XIV. mendeko beste autore batek, Dino del Garbo doktore italiarrak (1327an hila), hartziduraren antzeko prozesu bati egotzi zizkion landare eta animalien jaiotza *–hazietatiko jaiotza–* eta garapena, eta herentziazko gaixotasunen haziak bihotzean zeudela frogatzen saiatu zen. Beste italiar bat, Genile da Foligno, fetuaren eratze-uneak eta mugimenduek haurraren jaiotze-unearekin zuten lotura matematikoa aurkitzen saiatu zen. XIV. mendeko eskolastikoen arreta erakarri zuen beste gai bat animalien mugimenduaren jatorria eta izaera ezagutzea izan zen; alde horretatik, Walter Burley, Jean de Jandun eta Jean Buridanek arazo hori eztabaidatu zuten Aristotelesen *De Motu Animalium* obrari egindako iruzkinetan. Aristotelesen *De Animalibus*-en beste zenbait zatik ere iruzkinak izan zituzten beste autore batzuen aldetik; adibidez, Ingalaterran, John Dimsdale edo Teasdale aipa daitezke, XIV. mendeko hasieran, eta Pisan Agostino Nifo, XV. mendeko erdian. Halaber, *De Corde* edo *De Motu Cordis* izenburupean beste tratatu multzo bat idatzi zen, Alfred Sareschelgoaren tratatuarekin hasita. Ea izakien sorkuntzaren oinarrian zegoen haziak bi sexuen ekarpena ote zuen autore teorizatzaile batzuek ere eztabaidatu zuten, batez ere XV. mendean, Lukrezioaren

hazi bikoitzaren teoriak eskuratutako ospeak bultzatuta. Eztabaida horrek XVII. eta XVIII. mendeetan ere jarraitu zuen, animalkulisten eta obisten arteko tirabiran. XV. mendeko amaieran, Leonardo da Vincik esperimentazioaren eremura eraman nahi izan zituen gai teori-ko horietako batzuk, baina enbriologia esperimentalak ez zen benetan abiatu XIX. mendea iritsi arte.



13. **irudia.** Lau humoreak. Urtaroen zikloan, nagusitzen diren humoreen sekuentzia hauxe da: odola (udaberria), bilets horia (uda), bilets beltza edo malenkonia (udazkena), flema (negua).

XIV. eta XV. mendean, biologiaren barnean garapen interesgarrienak izan zuen arloa ez zen ez botanika, ez zoologia, ez enbriologia izan, giza anatomia baizik. Anatomia ikasteko arrazoi nagusia kirurgilariarentzat eta medikuentzat zuen balio praktikoa izan zen (ikus: 264. orrialdea eta hurrengoak). Anatomiaren inguruko jakintzaren iturri nagusiak Galeno (129-200) eta Avizena izan ziren; azken horri dagokionez, bere *Canon of Medicine* obrak anatomiaz zituen atalak Galenoren lanean oinarritu ziren gehienbat. Anatomiaren inguruko ideia alternatibo batzuk Aristotelesen lanetik hartuak ziren, Richard Wendoverrekoak XIII. mendeko hasieran idatzitako *Anatomia Vivorum*-en ikus daitekeen bezala –obra hori Albertus Magnusek erabili zuen–. XIII. mendeko amaieran, berriz,

Galenori ematen zitzaion lehentasuna, bere lana zehatzagoa baitzen kasu gehienetan.

Galenoren anatomiari buruzko ideiak gizakien eta animalien gorputzetako disezioetan oinarritu ziren, eta estu lotuta zeuden fisiologia-sistema batekin. Galenok berak esan zuenez, bai ideiak eta bai fisiologia-sistema hori iraganeko bi autoreren lanetan oinarritu ziren neurri handi batean, hots, Herofiloren eta –bereziki– Erasistratoren lanetan (K.a. III. mendekoak). Galenoren arabera, garuna (eta ez bihotza, Aristotelesekin esan zuen bezala) zen nerbio-sistemaren zentroa, eta bizi-funtzioak hiru espirituen (*spiritus* edo *pneuma*) eta Hipokratesen lau humoreen bidez esplikatzen ziren –lau humoreak lau elementuei zegozkien– (13. irudia). Lau humoreak odola, flema (edo *pituita*, gorputz pituitarioan kokatua), bilis beltza (edo *melancholia*, barean kokatua) eta bilis horia (edo *chole*, behazun-besikulan kokatua) ziren, eta beraien balantzea beharrezkoa zen gorputzak modu osasuntsuan funtziona zezan; beste alde batetik, baina, bizi-funtzioak hiru espirituen produkzioaren eta mugimenduen bidez gauzatzen ziren, hau da, gibelaren «espiritu naturalaren», bihotzaren «bizi-espirituaren» eta garunaren «animalia-espirituaren»¹⁶ bidez (19. lamina). Espirituak elikagaitik zetozen, baita arnasketaren bidez birikietara sartzen zen airetik ere; Galenoren esanetan, bizi-printzipioa orduan sartzen zen animalien gorputzean. Teoria fisiologiko horrek eta beraren hiru sistema nagusiek –sistema bakoitza hiru espirituetakoa batekin eta beraien funtzioekin zegoen lotuta– erabat menderatu zituzten egitura eta konexio anatomikoen esanahiari buruzko ideiak, harik eta William Harveyk gainditu zituen arte.

Galenoren arabera, urdailera sartzen zen janariaren lehen transformazioak kiloa sortzen zuen, berak lehenengo «egesketa» izendatu zuen prozesuaren bidez; prozesu hori animalien gorputzaren berezko beroaren bitartez aktibatzen zen, eta etxeko janaria prestatzeko erabiltzen zen prozesuaren antzekoa zen. Aldi berean, bareak janariaren hondakinak absorbitzen zituen; bertan, bilis beltz bihurtzen ziren eta gero hesteetatik kanporatzen ziren. Kiloa bera –likido zuri bat– gibelera eramaten zen urdailetatik eta hesteetatik, porta benaren bidez¹⁷. Bertan, bigarren egosketan, kiloa bena-odol bihurtzen zen, hau da, lau humoreetako humore nagusi bihurtzen zen; horrekin batera, substan-

tzia bizidun guztiek berez zeukaten pneuma bat bereganatzen zuen, «*espiritu naturala*» alegia, elikaduraren eta hazkundearen printzipioa bera.

Aristotelesekin lortu zuen benek eta arteriek bihotzarekin zuten lotura zein zen asmatzea; Galenok, aldiz, benek sistema guztiz bereiztu bat osatzen zutela esan zuen, baita beraien egitura eta funtzioek arterien egitura eta funtzioekin inolako zerikusirik ez zutela ere; bere esanetan, bena-sistemaren abiapuntua ez zen bihotza, gibela baizik. Esan zuenez, bena-sistemaren funtzioa bena-odola gibeletik gorputzaren atal guztietara eramatea zen, odol hori *espiritu naturalez* eta elikagaiez hornituta baitzegoen. *Vena cava* zuhaitz baten enborrarekin alderatu zuen: sustraiei Lurra gibela zen, eta beraren adarrak benak bezala hedatzen ziren. Benek eta arteriek bi sistema fisiologiko eta anatomiko guztiz desberdinak osatzen zituztela zioen ikusmolde horretan datza odolaren mugimenduari buruz Galenok proposatu zuen teoriaren eta Harveyk haren ordeztu jarri zuenaren arteko diferentzia nagusia. Galenoren ustez, bena-odolaren funtzioa elikagaia gibeletik gorputzeko beste ataletara eramatea zen. Benetatik absorbitutako elikagaia haragi bihurtzeko prozesuari hirugarren egosketa deitu zekioken, zentzu zabalean. Odolaren osoko kantitatea ez zen handia, eta gibelak etengabe berriztatzen zuen, poliki-poliki.

Galenoren arabera, gibeletik *vena cava*-ra deskargatzen zen odoletik zati txiki bat soilik sartzen zen bihotzaren eskumako aldean. Galenok esan zuen organo horrek bi barrunbe baino ez zituela, bentrakuluak alegia, aurikulak bena handien dilatazioak zirela uste zuen eta. Orobat, bihotza muskulu bat ez zela esan zuen, zeren eta, benetako muskuluak ez bezala, bihotza ezin baitzen mugitu norberaren nahien arabera, baizik eta nahi gabe eta etengabe, beraren ehunek zuten pultsazio-ahalmen espezifiko baten eraginez, *vis pulsifica*-ren eraginez hain zuzen ere. Galenoren esanetan, arteriek ere ahalmen berdina zuten eta pultsuan azaleratzen zuten.

Bihotzaren eta arterien pultsuaren jardunaz Galenok eta Aristotelesekin izan zituzten ikusmoldeak desberdinak izan ziren, bena-sistemaz izan zituzten ikusmoldeak bezain desberdinak. Biek esan zuten bihotza gorputzaren bero naturalaren edo berezko beroaren zentroa zela; Galenoren arabera, bero hori errekontza geldoaren bitartez sortzen zen; orobat, biek esan zuten bihotzaren mugimendu aktiboa

diastolean gertatzen zen dilatazioa zela, eta ez sistolean gertatzen zen uzkurdura, Harveyk erakutsiko zuen bezala. Aristotelesekin bihotzaren beroari egotzi zion dilatazio hori: odola irakin, hedatu eta aortara botatzen zuen, eta horrenbestez arterietara eta gorputz osora. Galenoren ustez, aldiz, bihotzaren *vis pulsifica* bera zen dilatazio kardiakoa eragiten zuena eta *vena-odola kaba benatik bihotzera erama-ten zuena*; horrekin batera, aortan eta arterietan gertatzen zen antzeko dilatazio aktibo bat zen arteria-odola eta espiritua bihotzetik *ateratzen zituena* eta gorputzera eramaten zituena. Bentrrikuluak dilatatzeko zirenez, Galenok pentsatu zuen ezkerreko bentrrikuluak birikietako airea ere eramaten zuela *vena-arteriatik*, eta, beste alde batetik, arteriek ere airea hartzen zutela larruazalean zehar. Izan ere, birikien arnasketak, bihotzaren taupadek eta arterien pulsuak funtzio berbera zuten Galenorentzat: arterien odola biziberritzea eta banatzea eta bihotzaren taupadetarako behar ziren hozketa eta garbiketa gitea.

Galenok ia erabat ezagutu zuen bihotzaren funtsezko anatomia, eta jakin zuen ezen odolak bihotzean zehar egiten zuen ibilbidea arautzeko bazeudela norabide bakarreko balbulak, beraren lau barrunbeetako sarrera-irteeretan. Balbula horiek Erasistratok deskubritu zituen (II. liburukia, 11. lamina). Galenok *De Naturalibus Facultatibus*-en III. liburukiko xiii. atalean idatzi zuenez, «naturak mintz-atxikidurez hornitu zituen bihotzeko irekiuneak, zeren horrela beraien edukia ezin baitzen atzera ekarri». Horrek esan nahi du odolak bihotz eta birikietan zehar egiten zuen bidea aurreranzkoa zela. *Vena cava*-tik eskumako bentrikulura sartzen zen odolak (balbulatik ihes egiten zuen kantidad txiki-txiki bat alde batera utzita) bi destino zituen orduan aukeran. Odol gehiena bentrikulutik arteria-benarantz (bena horri birika-arteria deitzen zaio gaur egun) irekitzen zen balbula batetik pasatzen zen. Toraxa uzkurtzean, odol horrek ezin zuen atzera egin, balbulak eragozten ziolako, eta birikietara joan behar zuen ezinbestean, bertara elikagaia eramanez; beste alde batetik, kanal mehe batzuen bidez *vena-arteriara* (gure birika-benara) iristen zen, eta bertan anastomosi bat sortzen zen berauen adarren eta arteria-benaren adarren artean. Galenok ez zuen argitu ea *vena-arteriak* orduan odola eramaten ote zuen ezkerreko bentrikulura. Bai azaldu zuen, ordea, *vena-arteriak* birikiek arnastean hartutako airea —edo hortik deribatutako zerbait— eramaten zuela birikietatik ezkerreko bentrikulura, diastolean.

Kontrako norabidean, berezko beroaren errekontzaren eraginez sortu-tako «kedar gisako hondakina» birikietara eramaten zen ezkerreko bentrikulutik, eta bertan kanpora botatzen zen. Ekintza horien efektua bihotza hoztea eta garbitzea zen, eta horixe zen –Galenorentzat– birikien funtzio nagusia. Galenoren iritziz, bena-arteriako bi norabideko zirkulazioa posible zen bihotzera zabaltzen zen balbula mitralaren eraginkortasun falta erlatiboagatik, baina horixe izan zen William Harvey Galenoren sistema osoa berraztertzea eramango zuten zailtasunetako bat.

Arteria-benara pasatzen zen kantitate nagusi horrez gain, Galenok esan zuen odol kantitate txiki bat eskumako bentrikulutik ezkerreko bentrikulura bidaltzen zela –eskumako bentrikulua estutuz–, bi bentrikuluak banatzen zituen trenkada edo *septum*-eko sakonunetan zeuden poro txikietatik. Ezkerreko bentrikuluan, bena-arteriaren bidez birikietatik ekarritako pneuma aurkitzen zuen odol horrek, eta bertan transformatu eta «bizi-espirtura» aldatzen zen, hau da, animalia-biziaren printzipiora, berezko beroan agertu eta arteria-odolean eramaten zen bezala. Ezkerreko bentrikulutik, arteria-odola kanpora bidaltzen zen kanporantz irekitzen zen balbula batetik, aortaren dilatazioak bultzaturik. Gero, odol hori aortan zehar eramaten zen eta arterietatik gorputz osora banatzen zen, pulsuaren eraginpean, era horretan bizi-espirtua atal guztietara eramanez.

Arteria batzuk burura zihoazen; bertan, garunaren oinarrian kokatutako *rete mirabile*-n¹⁸, odola xeheki banantzen zen eta hirugarren pneuma batez kargatzen zen, «animalia-espirtuez» alegia. Espiritu horiek garuneko bentrikuluetan gordetzen ziren eta sentimen-organoetara eta muskuluetara banatzen ziren, nerbioen bitartez, berauek hutsak baitziren –Galenoren ustez–. Animalia-espirtua sentazioen eta muskuluen borondatezko aktibitatearen oinarria zen.

Beraz, gorputzak hiru organo nagusi zituen, eta horietako bakoitza sistema anatomiko baten eta funtzio fisiologiko baten zentroa zen. Gibela bena-sistemaren zentroa zen, baita elikaduraz ardurtzen zen ahalmen begetatibo edo «naturalaren» zentroa ere; Galenoren iritziz (iritzi hori erabat kontrajartzen zitzaion Harveyrekin errotuko zen iritzinari), sistema horren egitura eta funtzioa guztiz bereiztuta zeuden arteria-sistematik, beronen zentroa bihotza baitzen. Arteriek pareta lodiak zituzten, eta itxura aldetik nabarmenki bereizten ziren bene-

tatik; beraien odola oso desberdina zen benen odolaren aldean, bai kolorean eta bai biskositatean, eta hori bat zetorren bakoitzak funtzio desberdin bat zuela zioen iritziarekin. Arteria-sistema «bizi-ahalmenaren» zerbitzuan zegoen; berau bihotzean zegoen kokatuta, horixe baitzen bizi-beroaren sorburua, birikien bidez hoztua. Bukatzeko, garuna zegoen, nerbio-sistemaren eta «animalia-ahalmen» edo ahalmen psikikoaren zentroa; animalia-espirituak bena-psike material (*anima*) bati zegozkion, eta, gutxienez eskolastikoen testuetan, gorputz materialaren eta arima arrazional inmaterialaren (*animus*) arteko lotunearen funtzioa egiten zuten.

Galenoren ikasketen oinarria Herofilo, Erasistrato eta haien ostean Alexandrian arituko ziren fisiologo eta anatomisten lana izan zen, eta autore horiek bezala behatzaile eta esperimendatzaile ona izan zen bera ere. Hezur eta muskuluen anatomia aztertu zuen, nahiz eta muskuluen kasuan, Vesaliusek gero egingo zuen bezala, animalia batzuen disezioan –adibidez: Berberiako makakoaren disezioan– oinarritu zen gizakiei buruzko ondorioak ateratzeko. Dirudienez, Galeno luze aritu zen animaliekin lan egiten. Nerbioei dagokienez, Galenok bereizkuntza hau egin zuen: alde batetik, gorputzetik nerbio-kordoiraz sartzen ziren sentimen-nerbioak («bigunak») zeuden; bestetik, nerbio-kordotik kanpora zihoazen nerbio motoreak («gogorrak»). Garezurreko nerbio ugari ezagutzea lortzeaz gain, Galenok esperimenduak egin zituen nerbio-kordioan; alde horretatik, animalia bizidunen orno desberdinen artean ebaketak egiteak efektu desberdinak zituela erakutsi zuen: ebaketa lehenengo eta bigarren ornoen artean eginez gero, animalia unean bertan hiltzen zen; ebaketa beheargoko puntu desberdinetan eginez gero, berriz, arnasketa eteten zen, toraxeko muskuluak paralizatzen ziren, edota beheko gorputz-adarrak, maskuria edo hesteak paralizatzen ziren. Orobat, Galenok nahiko ondo ezagutu zuen bena eta arterien ibilbide orokorra, eta beraien funtzioen inguruko esperimenduak egin zituen. Erasistratok pentsatu zuen arteriek airea soilik zutela euren barnean; Galenok, aldiz, zera erakutsi zuen: arteriaren tarte bat bere bi muturretan lotu eta zati horretan ziztatzen bazen odola ateratzen zela. Hori horrela, nahiz eta Galenoren errakuntzek –hala nola, odolaren mugimenduei buruz plazaratu zuen teoriak– anatomistak eta fisiologoak XVI. edo XVII. mendera arte bide okerretik eramane zuten, beraren metodo experi-

mentala izan zen gizakiei errakuntza horiek zuzentzen irakatsi ziena –metodo hori baliatuz eremu zabal bat ikertu zuen: ahotsa laringean sortzeko prozesuarekin eta giltzurrunen funtzionamenduarekin hasita eta belarren propietate medikuak aztertzeraz iritsiz–.

Galenoren lanak Erdi Aroan irakurri zituzten lehenengo adituek ezer gutxi erantsi ahal izan zieten, baina XII. mendeaz geroztik –Salernoko *Anatomia Ricardi*-n azaldu zen bezala– hauxe onartu zen: «medikuek anatomia ezagutu behar zutela, zeren hainbat mugimendu eta operazio egiteko beharrezkoa baitzen ulertzea giza gorputza nola zegoen eraikita». XIII. eta XIV. mendeko kirurgilari garrantzitsuenen ustez, anatomiaren inguruko ezagutza praktikoa funtsezkoa zen beraien lanerako. Adibidez, Henri de Mondevilleren (1325ean hila) esanetan, buruak eskua informatu behar zuen bere jardunean, eta eskuak, berriz, proposamen orokorra kasu partikular bakoitzean interpretatzen irakatsi behar zion buruari. XII. mendeko Salernon, animalien eta gizakien gorputzen disezioa prestakuntza medikoaren parte izan bide zen; anatomiari buruz Mendebaldean idatzi zen lehendabiziko obra XII. mendeko hasierako *Anatomia Porci* da; obra hori Copho Salernokoari egotzi zitzaion, eta txerri baten disezio publikoa deskribatzen zuen. Lan horren ostean beste lau idatzi ziren XII. mendean Salernon; laugarrena, *Anatomia Ricardi*, giza anatomia deskribatu zuen lehenengoa izan zen. *Anatomia Ricardi* iturri literarioetan oinarritu zen neurri handi batean, eta begiaren, nerbio motoreen, sentimen-nerbioen, fetu-mintzen eta gisa bereko beste egitura batzuen deskribapenak eskaini zituen, Aristotelesekin eta Galenok emandakoen antzekoak.

XIII. mendean, disezioaren praktikak Bolognan jarraitu zuen. Giza disezioaren aurreneko frogak Gilermo Salicetoko kirurgilariak 1275ean bukatu zuen *Chirurgia*-n aurkitzen da. Lan hori izan zen Mendebaldeko lehendabiziko anatomia topografikoa, eta, antzinako iturri latindarretan oinarritu bazen ere, kirurgilari praktikoa baten behaketak ere bildu zituen, hala nola bularrean zauritutako gizon baten organo torazikoei buruzkoak edota hernia kasuetan beheko abdomeneko eta artikulazioetako benei gertatzen zitzaionari buruzkoak. Parisen lan egin zuen beste kirurgilari italiar batek, Lanfranchik (1306a baino lehen hila), gorputzaren parte askotan gertatutako zauriei buruzko xehetasun anatomikoak eman zituen. Bolognan aukera gehiago eskaini ziren giza diseziorako, zeren *post mortem* azterketa

praktikoak egiten baitziren heriotzaren kausa xede legaletarako determinatzeko. Taddeo Alderottik (1303an hila) praktika hori aipatu zuen XIII. mendeko amaieran, animalien diseizioetan ere parte hartu bazuen ere, eta *post mortem* azterketa baten lehenengo azalpen formala Bartolommeo da Varignanak eman zuen, 1302an. Oxfordeko Bodleian Libraryn (MS Ashmole 399, ~1290) garai horretatik gordezten den eskuizkribu batean diseizio-eszena baten irudi bat dago; horrez gain, XIV. mendeko ondorengo urteetan *post mortem* diseizio asko egin ziren, izurri beltzaren garaian hain zuzen ere. Bodleian Libraryko eskuizkribu horrexek bost sistemei (benak, arteriak, eskeletoa, nerbioak eta muskuluak) buruzko ilustrazio estilizatuak ditu, umea umetokian erakusten duten ilustrazio batzuekin batera. XIV. eta XV. mendeetako beste eskuizkribu batzuetan ere gisa bereko ilustrazioak aurkitu ziren eta Sudhoffen eskutik argitaratu.

Anatomia «indarberritu» zuen gizona Mondini Luzzikoa izan zen (~1275-1326), gorpuen diseizio publikoak irakaskuntza-asmoetarako egiten hasi baitzen. Mondino Alderottiren ikaslea izan zen eta irakasle bilakatu zen Bolognan. 1316an bukatuta, Mondinoren *Anatomia* anatomiari buruzko testu-liburu ospetsuena izan zen Vesaliusek XVI. mendean bere obra argitaratu zuen arte; izan ere, lan hori eskuizkribu eta inprimatutako argitalpen ugaritan aurki daiteke. Mondinok berak gizonezko eta emakumezkoen gorpuak diseizioz zituen, baita –behin– umea egiteko zegoen zerrama bat ere. Bere liburua izan zen anatomia beren-beregi jorratu zuen lehendabiziko obra, hau da, kirurgiari buruzko obra baten eranskin hutsa izan ez zen lehendabizikoa. Izatez, Mondinoren obra diseizioarako gidaliburu praktiko bat zen, organoen deskribapena euren irekitze hurrenkeraren arabera egiten baitzen: lehenik, abdomeneko organoak deskribatzen zituen, gero toraxekoak eta burukoak, eta bukatzeko hezurak, bizkarrezurra eta gorputz-adarrak. Hurrenkera horren arrazoia zen garai hartan ez zegoela kontserbatzaile egokirik, eta, hortaz, diseizioa arinen galtzen ziren organoekin hasi behar zela eta egun gutxian bukatu. Mondinok Eguzkitan lehortutako prestakinak erabili zituen tendoiak eta lotailuen egitura orokorra erakusteko; erabili ere beratutako gorputzak erabili zituen, gorputz-adarretara zihoazen nerbioen bidea zein zen ikusteko. Guy de Cahuliacen horren prozedura orokorrari buruzko azalpen on bat eman zuen *Chirurgia Magna* liburuan –1360en bukatua–.

Bere behaketa pertsonalak gorabehera, Mondinoren *Anatomia* Galenoren, VII. mendeko Teophilus autore bizantziarraren eta autoritate arabiarren lanetan oinarritu zen neurri handi batean. Azken horien eragina bere terminologia arabiar latinizatuan antzeman daiteke. Mondinok erabilitako termino ez-arabiarren artean bi erabiltzen dira oraindik ere gaur egun: umetokia («matrix») eta mesenterioa. Mondinoren disezio lanaren xedea ez zen aurkikuntzak egitea, baizik eta, medikuntzako ikasle modernoen kasuan bezala, autoritatetzat hartzen zuen testu-liburuaren irakaspenei nolabaiteko ezagutza praktikoa gehitzea. Bere gidaliburuan bai bere autoritateen errakuntzei eta bai beraien behaketa zuzenei eutsi zien. Hala, Mondinok sinetsi zuen urdaila esferikoa zela, gibelak bost lobulu zituela, umetokiak zazpi barrunbe zituela eta bihotzaren *septum*-ean erdiko bentrikulu bat zegoela. Beste alde batetik, abdomeneko muskuluei buruz eman zuen deskribapena zuzena izan zen, eta agian bera izan zen pankreasen hodia deskribatu zuen lehen autorea. Vesaliusek gutxienez ideia batean jarraitu zion Mondinori, hots: gizonezkoen eta emakumezkoen organo genitalen arteko korrespondentzia ezartzeko ahaleginetan. Fisiologiaren eremuan izan zituen ideia batzuk bereziki interesgarriak dira. Hala, gertuari dagokionez, Mondinok esan zuen berau giltzurrunek odola iragaztean sortzen zela; horrez gain, bihotza hozteko funtzio aristoteliko zaharra garunari egotzi zion, eta, gainera, garunak nerbio-sistemaren zentro bezala funtzionatzen zuela esan zuen. Mondinoren esanetan, garunaren funtzio psikologikoak hiru bentrikulutan zeuden kokatuta, era honetan: aurreko bentrikulua, zeina bikoitza baitzen, *sensus communis* edo sen onaren kokagunea zen; gure garaiko psikologiaren arabera, sen horrek sentimen desberdinen artean alderaketak egiteko gaitasuna adierazten zuen; erdiko bentrikulua, berriz, irudimenaren kokagunea zen, eta atzekoa oroimenarena. Buruaren operazioak «har gorriaren» mugimenduaren bidez kontrolatzen ziren (hau da, garuneko hirugarren bentrikuluaren *choroid plexus*-aren mugimenduaren bidez); izan ere, beronek bentrikuluen arteko pasabideak ireki eta ixten zituen, fluxua animalia-espiritueta-
ra bideratzeaz batera (ikus II. liburukia, 14. lamina eta 246. orrialdea).

Mondinoren aldiaren ostean, anatomiaren irakaskuntzak –giza gorpuen disezio publikoekin eta ikerkuntza lanekin– Bolognan eta

Italiako iparraldeko beste leku batzuetan jarraitu zuen, mediku ospetsu batzuen eskutik; aipatzekoak dira, besteak beste, Guido da Vigevano, Niccolò Bertruccio, Alberto de Zancari, Pietro Torrigiano eta Gentile da Foligno. Guido da Vigevanok Pavian eta Frantzian lan egin zuen. 1345ean tratatu bat idatzi zuen, hein batean Mondinoren eta beste autoritate batzuen lanetan oinarrituta eta hein batean berak egindako disezioetan. Interesgarria da bere ilustrazioengatik, disezioaren teknikak XIV. mendeko hasieratik egindako aurrerapenak nabariak zirela erakusten baitute (20. lamina). Ezaugarri aipagarri bat da gorpua pikota batetik esekita agertzen zela, gero Vesaliusen ilustrazio askotan agertuko zen bezala. Paduako gainerako medikuen artean, Gentile da Foligno eta Niccolò Bertruccio dira bereziki interesgarriak. Izan ere, badirudi Gentile da Foligno izen zela behazun harriak deskribatu zituen lehengo autore; Niccolò Bertruccio, berriz, garunaz egin zuen deskribapenagatik da aipatzekoa. XIV. mendeko Frantziari dagokionez, Mondinorekin batera Bolognan ikasi zuen mediku bat aipatu behar da, Henri de Mondeville alegia. 1308. urterako, autore horrek disezio sistematikoak egiten zituen eta burezuraren eskemak eta modelo bat erabiltzen zituen Montpellierren irakasteko. Bere laburpen-lan medikoaren atal anatomikoan porta benaren sistemari buruzko azalpen on bat eman zuen. Nerbioei buruz Mondevillek eman zuen definizioak tendoiak eta lotailuak hartzen zituen barne; beste alde batetik, interesgarria da Montpellierko beste irakasle famatu batek, Bernard Gordonekoak (~1320an hila), nerbioei buruz pentsatu omen zuena, hots: nerbioek trakzio mekaniko bat egiten zutela muskuluen gainean. Bernardek bere egin zuen Greziako autoritateek epilepsiaz esan zutena, hau da: epilepsia gertatzen zela humoreek garuneko hodiak blokeatzen zituztelako eta gorputz-adarrretara zihoan airearen fluxua oztopatzen zutelako. Guy de Cahuliac, Bolognan Bertruccioren ikaslea izan ondoren, disezio publikoen bidezko irakaskuntzarekin jarraitu zuen Montpellierren, eta bere tratatu kirurgikoaren eskuizkribu bateko ilustrazioek ederki erakusten dute disezioak garai hartan nola egiten ziren. XV. mendean, disezio publikoak beste leku batzuetan ere hasi ziren; hala, Vienan 1405ean hasi ziren eta Parisen 1407an. Ilustrazio anatomikoak beste testu batzuetan ere agertu ziren, hala nola John Arderne mediku ingelesak 1420an idatzitako tratatu baten eskuizkribuan, edota Bruno Longoburgoko mediku paduarraren –XIII. mendea– *Chirurgia trata-*

tuaz 1452 eta 1465 bitartean alemanez idatzi zen eskuizkribu batean. XV. mendeko erdira helduta, badirudi anatomiak piztutako interesak behera egin zuela berrogeita hamar urtez, agian zientzia hori gehiegi kontzentratu zelako kirurgiaren unez uneko behar praktiko hutsetan, eta agian iparraldeko unibertsitate garrantzitsuenetan nagusitu zen ohitura batengatik –unibertsitate horietan anatomia ez zen asko estimatzen eta medikuntza irakasleen esku uzten zen–, hots: anatomia-irakasleek behargin baten esku uzten zutela disezioa, laguntzaile batek gorputzaren atalak erakusten zituen bitartean, anatomista bera lan horretaz arduratu beharrean (ikus 264-266. orrialdeak). Aurre-rapenaren geldidune horrek ez zuen luze iraun, zeren XVI. mendeko amaieraren inguruan Leonardo da Vinci bere marrazki anatomiko paregabeak egiten hasi baitzen, berak egiten zituen disezioak oinarritzat hartuta; halaber, XVI. mendeko hasieran Achillinik aurkikuntza berri batzuk egin zituen. 1543aren inguruan, Vesaliusek bere lan nagusia argitaratu zuenean, ikerkuntza anatomikoaren aurrerapena ondo bideratuta zegoen.

XIII. mendeko gizakiak oso posizio berezia zuen unibertsoan: sorkuntza materialaren helburua eta azkeneko emaitza zen, eta aldi berean izakien eskala osoaren zentroa. Gizakia, «zeina bere nobletasunagatik medikuntza izeneko zientzia berezi baten eremuan sartzen baitzen», izaki materialen eskalaren gailurrean eta izaki espiritualen eskalaren oinarrian zegoen; bere gorputza sorkuntzaren emaitza zen, eta bere patua lehenengo erreinuan usteltzea zen. Bere arima Jainkoarengandik eskuratzen zen ernalkuntza-unean, edo, autoritate batzuen iritziz, ernaldiaren geroko une batean; izan ere, Jainkoak gizakia sortu eta betirako bizitzeko destinatzen zuen. Beraz, gizakiak posizio zentral bat hartzen zuen bi izaki-ordenaren artean: alde batetik gainerako animalien ordena material hutsa zuen, landareetatik pasatuz gauza bizigabeeneraino jaisten zena; bestetik, aingeruen ordena espiritual hutsa, Jainkoarengana igotzen zena.

Gizakiak unibertsoan zuen posizioari buruzko ikusmolde horren ondorio bat bere jardura zientifikoen sakramentu-alderdia azpimarratzea izan zen, horren bidez erakutsi nahi baitzen gizakia posizio berezi batean zegoela bere gainetik eta azpitik jarraitzen zuen katea handia osatzen zuten izaki guztien Sortzailea gurtzeko, gainerako izaki guztien aurretik, kontuan harturik katea horretako izaki guz-

tien zeregina beraien naturaren eginkizunak betetzea zela, bakoitzak bere posizioan, Jainkoa adoratzear batera.

Sentimendu hori XIII. mendeko zientziaren eragile nagusietako bat izango zen, eta, izatez, mendeko lehen urteetan hasia zen azaleratzen, Mendebaldeko pentsaera zientifikoari –batez ere Ingalaterrakoari– berritzaile handi ugari ekarriko zizkion erlijio-ordena baten fundatzailearen hitzetan. Izan ere, San Frantzisko Asiskoak honela hasi zuen bere *Cantico del Sole*:

Goretsia bedi Jainkoa bere izaki guztiengatik, batez ere gure anaia Eguzkiarengatik, berak eguna ekarri eta berarekin argia ematen baitu. Izan ere, loriatsua eta paregabea da bere distiran, eta, Jaun Goren hori, Zure seinalea da.

Horixe zen Grosseteste, Roger Bacon eta Pechamek Oxforden izan zuten sentimendua; halaber, Parisen, Alemanian, Italian eta XIII. mendeko zientziak bere aurrerabidearen zati handi bat zor dien gainerako fraide-ordena nagusietan gauza bera sinetsi zuten, hots, *amor intellectualis dei*-k ez zuela baztertzen hainbat gai ikastea, hala nola natura bera, zeruetako esfera birakari erraldoiak, izaki bizidun txikiak, astronomiaren, optikaren eta mekanikaren legeak, ugalketa biologikoaren legeak eta aldakuntza kimikoaren legeak. Vincent Beauvaiskoak bere *Speculum Majus*-en sarreraren 6. kapituluan adierazitako sentimendua Albertus Magnusaren edo XIII. mendeko beste edozein autore zientifikoren lumatik ere etor zitekeen:

Mundu honen Sortzaile eta Gobernariak samurtasunez hunkitzen nau, zeren nigan sortzen dituen benerazioa eta begirunea are handiago bihurtzen baitira Bere kreazioaren handitasuna, edertasuna eta iraunkortasuna behatzen ditudanean.

XIII. mendeko Kristandadean gizakiaren naturari buruz errotu zen ideiak beste ondorio bat izan zuen, lehen ere aipatu duguna; izan ere, gizakia arrazionala eta nahimen librekoa dela zioen ideiak greziarren eta arabiarren determinismoa baztertzera eramanez, eta jarrera hori are garrantzitsuagoa izango zen gerora. Averroistak alde batera utzita, XIII. mendeko amaieran inor gutxik sinesten zuen Aristotelesek filosofiari eta zientzia naturalari buruz esandakoa azken hitza zenik, eta, guztiek euren pentsaera zientifikoko sistemaren mar-koia Aristotelesengandik hartu zutela onartuko bazuten ere, teologoe-
k

ahalegin bereziak egin zituzten gizakia eta Jainkoa sistema partikularren muga zurrunen barnean ez sartzeko. Horren ondorioz sortu zen espekulazio libreak XIII. mendean onartutako printzipio nagusietako asko modu erradikalean kritikatzera eraman zuen, erlijio kristauak berak garai hartan ezinbestekotzat jotzen zituen proposizio batzuk barne zirelarik (horietako gehienak zientzia naturaletik kanpokoak baziren ere), nahiz eta iritzi erradikalek tirabirak sortu zituzten noiz edo behin Elizaren agintariekin. Zientzia naturalaren esparruari dago-kionez, agian kritika horien eraginez egin zen aurrerapenik handiena metodo zientifikoan eta esplikazio zientifikoaren ikusmoldean gertatu zen, eta aurrerapen horrek osatuko zuen, teknologiaren garapenarekin batera, XIV. mendeko artoa zeharkatu zuen eta –bihurgune asko eginda– XVI. eta XVII. mendeetako mundura iritsiko zen bide bikoi-tza.

4

ERDI AROKO TEKNIKA ETA ZIENTZIA

1. TEKNIKA ETA HEZKUNTZA

Sarritan esan da zientzia hobeto garatzen dela filosofo eta matematikarien arrazoibide espekulatiboa artisauen esku-trebetasunarekin estu lotuta dagoenean. Esan ere esan da mundu greko-erromatarrean eta Erdi Aroko Kristandadean lotura hori egon ez izana zientziak gizarte horietan izan zuen atzerapenaren arrazoia izan zela. Egia da Antzinako klasikoan goi-mailako hezkuntza izan zuten pertsonen arte praktikoak mespretxatzen zituztela, horrelako zereginak esklaboen zati utzi behar zirela uste baitzuten. Hala eta guztiz ere, kontuan hartzen baditugu Greziako testu medikoak –Hipokratesen *corpus*-arekin hasita eta Galenoren idazkiekin bukatuz–, Arkimedesi egotzitako tresna militarra eta «torlojua», garai helenistiko eta erromatarrean Ktesibio Alexandriakoak, Ateneok, Apolodorok, Heron Alexandriakoak, Vitruviok, Frontinok eta Papo Alexandriakoak eraikuntzari, injinerutzari eta mekanika aplikatuaren beste adar batzuei buruz idatzitako tratatuak eta nekazaritzari buruz Katon Zaharrak, Varronek eta Kolumelak idatzitako lanak, badirudi zalantzan jartzekoa dela ea teknikaren eta zientziaren arteko bereizkuntza uste izan den bezain handia ote zen Antzinako klasikoan. Erdi Aroari dagokionez, berriz, aski frogatuta dago bi jarduera horiek ez zirela inoiz erabat bananduta egon, eta, horrekin batera, denbora aurrera joan ahala bien arteko lotura gero eta estuagoa izan zela. Agian jende eskolatuaren interes aktibo eta praktikoa horregatik izan zen Erdi Aroa berrikuntza teknologi-

koko garai bat, nahiz eta, seguruenik, aurrerapen gehienak eskolatu gabeko artisauen esku etorri ziren. Eta, izatez, zientzialari teoriko askok emaitza praktikoengatik izan zuten interes hori izan zen galdera konkretu eta zehatzak egitera bultzatu zituen, eta, halaber, erantzunak esperimentuen bidez lortzen saiatzera eta, teknikaren laguntzaz, neurtze-tresna zehatzagoak eta aparatu bereziak garatzera eramane zituen.

Erdi Arotik aurrera, Mendebaldeko adituek nolabaiteko ezagutza tekniko eskatzen zuten emaitza mota konkretu batzuk lortzeko interesa azaldu zuten. Medikuntza lehenengo monasterio beneditarretan ikasten zen, eta medikuntzari buruz Erdi Aroaz geroztik etenik gabe XVI. mendera eta Aro Modernora arte idatzi zen lan serie luzeak modu ezin hobean adierazten du orduan hasitako tradizioaren izaera zein zen, hots: behaketa enpirikoak gero eta gehiago elkartzen zirela azalpen arrazional eta teorikoak emateko ahaleginekin, eta horrek arazo mediko eta kirurgiko konkretuentzako soluzioak aurkitzea ahalbidetzen zuela. Beste tratatu serie luze bat Bedaren garaiko aditu batzuek –VII. mendean– astronomiari buruz idatzitakoa izan zen; tratatu horiek xede praktiko hutsak zituzten, hala nola Pazkoaren data determinatzea, latitudea zehaztea, benetako iparra nola determinatzea zitekeen erakustea eta ordua astrolabioaren bitartez ematea. Chaucer bera ere, poeta izan arren, astrolabioari buruzko tratatu praktikoa bikain bat idazteko gai izan zen. Beste tratatu praktikoa multzo baten gaia pigmentu eta beste substantzia kimiko batzuen prestatzea izan zen. Lan horien artean honako hauek aipatu behar dira: VIII. mendeko *Compositiones ad Tigenda* eta *Mappae Clavicula*, zeinekin Adelardo Bathekoak gero argitalpen bat prestatuko baitzuen; XII. mendeko hasieran Teofilo Abadeak idatzitako *Diversarum Artium Schedula* –autore hori Alemanian bizi izan zen, seguruenik–; XIII. mendeko amaieran Peter Saint Omerkoak idatzitako *Liber de Coloribus Faciendis*; eta Cennino Cenninik eta John Alcheriusek XV. mendeko hasieran idatzitako tratatuak. Arabieratik eta grezieratik latinerara itzuli ziren aurreneko testuen artean tratatu teknikoak egon ziren, eta lan horretaz arduratu zirenak gizon eskolatuak izan ziren. Esan beharra dago, alde horretatik, Mendebaldeko adituak Gerbertoren garaitik aurrera –X. mendeko amaiera– arabiera ikastera bultzatu zuen arrazoi nagusia arabiarren jakintza praktikoa eskuratzeko interesa

izan zela. Alexander Neckam, Albertus Magnus eta Roger Baconek XIII. mendean idatzi zituzten entziklopediek informazio zehatz eta handia bildu zuten konpasari, kimikari, egutegiari, nekazaritzari eta beste gai tekniko batzuei buruz. Garai bereko beste autore batzuek ere gai horien inguruko tratatu bereziak prestatu zituzten: Grossetestek eta beraren osteko beste autore batzuek egutegiari buruz idatzi zuten; Gil Erromakoak gerraren arteari buruz, *De Regimine Principum* obran; Walter Henleykoak eta Peter Crescenzikoak nekazaritzaz; Peregrinusek azimuten determinazioaz, *De Magnete*-ren bigarren zatian. Aritmetikaz idaztea adituen lana izan beharko omen zen, baina Fibonaccik numeral hinduen inguruan idatzi zuen tratatuaren ostean egin ziren aurrerapen gehienak merkataritzaren interesean egin ziren.

XIV. mendean, Italiako Giovanni da San Gimignano fraide domingotarrak sermolarientzako entziklopedia bat idatzi zuen, zeinean gai tekniko ugariko deskribapenak ematen baitzituen sermoietan adibide gisa erabiltzeko: nekazaritza, arrantza, belar-zaintza, haize-errotak eta ur-errotak, itsasontziak, pintura eta kareztatzea, gotorlekuak, armak, su greziarra, errementaritza, beiraren fabrikazioa, eta pisuak eta neurriak. Orobat, beste bi domingotarren izenak betaurrekoen asmakuntzarekin agertzen dira lotuta, hain zuzen ere Alessandro della Spina (1313an hila) eta Salvino degl'Armati (1317an hila). XV. mendean, berriz, teknologia militarri buruzko tratatu serie oso interesgarriak idatzi ziren. Hasteko, Konrad Kyeserren *Bellifortis* aipatu behar da, 1396 eta 1405 bitartean idatzia; serie horren barnean Giovanni de' Fontanaren (~1410-20) *Feuerwerksbuch* (~1422), ingeniari anonimo batek gerra hustarretan idatzitako tratatu bat (~1430) eta «Mittelalterliches Hausbuch» (~1480) izeneko tratatua zeuden. Serie horiek XVI. mendean ere jarraitu zuten, Biringuccio eta Tartagliaren tratatuekin. Tratatu horiek su-armak eta bolbora egiteko moduari buruzko deskribapenak zituzten, ingeniari militarren eremuko arazo batzuk jorratzeaz batera. Arazo horiek garai hartako beste autore batzuek ere eztabaidatu zituzten, besteak beste Albertik eta Leonardo da Vincik. Tratatu horietako batzuek gai tekniko orokorrrak ere jorratzen zituzten, hala nola itsasontzi eta dikeen eraikuntza eta goruen fabrikazioa. Goiz Erdi Aroko tratatu kimiko praktikoek pigmentuak egiteko errezetak biltzen zituzten gehienbat; XIV. eta XV. mendean, berriz, destilazioaren eta beste teknika praktiko batzuen

deskribapenak ematen jarraitu zuten, eta XVI. mendean ere bide horri eutsi zioten, Hieronymus Brunschwigek destilazioari buruzko idatzitako liburuekin, *Propierbüchlein* izeneko tratatu metalurgikoarekin eta Agricolaren *De Re Metallica* testuarekin (ikus lehenago, 161. orrialdea eta hurrengoak; eta geroago, 245. orrialdea eta hurrengoak). Erdi Aroko adituek teknikagatik azaldu zuten interes hori beste adibide askotan ere antzeman daiteke. Adibide horiek ez dute erakusten soilik garai hartako adituek natura menderatzeko nahi abstraktu bat izan zutela, Roger Baconek esan zuen bezala, baizik eta, horrez gain, praxian erabilgarriak izango ziren emaitzak ekar zitzakeen jakintza mota eskuratzeko gai ere bazirela.

Erudituek teknikagatik izan zuten interes horren arrazoi bat beraien hezkuntzan aurkitzen dugu. Hugh St. Victorkoak (1141ean hila) zientziei buruz idatzi zuen *Didascalicon de Studio Legendi* gidaliburu famatuak erakusten duenez, zazpi arte liberalak hedatuago eta espezializatuago zeuden XII. mendera iritsita, halako moldez non jakintza teknikoaren arlo batzuk hartzen zituzten barne. Logikoa denez, *quadrivium*-a osatzen zuten gai matematikoeak xede praktikoa izan zuten Bedaren garaiaz geroztik –gutxienez–, baina XII. mendetik aurrera areago indartu zen espezializazioa sakontzeko joera. Zientzien sailkapenari dagokionez, Hugh St. Victorkoak bere *Didascalicon*-en egin zuen sailkapena Aristoteles eta Boeziorengandik zetorren tradizioaren bertsio aldatu bat zen. Modu orokorrean, jakintzaren barnean lau sail bereiztu zituen: teoria, praxia, mekanika eta logika. Zientzien jatorriaz azalpen pseudo-historiko bat emanez, Hugh St. Victorrek esan zuen zientziak giza beharrei erantzuteko sortu zirela aurrena, ohiko praktika multzo bat bezala, eta praktika horiek arau formal bihurtu zirela gero. Praktika horiek gizakiak natura imitatzeari ekin zionean hasi ziren; adibidez: bere arropa egiteko naturak zuhaitzen enborren inguruan jarritako azala hartu zuen eredu-tzat, edota maskordunak estaltzeko naturak jarritako maskorra. Giza gorputzaren ahuleziaren eraginez beharrezkoak ziren gauza horiek eskuratzea ahalbidetzen zuen mekanikaren «sasiko» zientzia hori osatzen zuten arte «mekaniko» guztiak era horretan sortu ziren. Hughek zazpi zientzia sartu zituen mekanikaren barnean: lehenengo hiruak arroparen eta armen manufaktura eta nabigazioa ziren, eta beraien xedea gorputzaren kanpo beharrak asetzea zen; beste lauak nekazari-

tza, ehiza, medikuntza eta antzezpenak ziren, eta barne beharrak asetzera zuzentzen ziren. Hughek jarduera horiek guztiak deskribatu zituen, banan-banan eta modu laburrean.

XII. mendean bertan, zertxobait aurrerago, Domingo Gundisalvok beste sailkapen ezagun bat eman zuen zientzietarako: bere *De Divisione Philosophiae*. Sailkapen hori iturri arabiarretan oinarritu zen hein batean, batez ere Alfarabiren testuetan; Hughek, aldiz, betiko iturri latindarrak erabili zituen soilik. Tradizio aristotelikoaren beste forma bati jarraituz, Gundisalvok zientzia teorikoak eta zientzia praktikoak bereiztu zituen. Zientzia teorikoak hiru ziren: fisika, matematika eta metafisika; eta zientzia praktikoak gobernamentu zibilaren artea, familia gobernatzeko artea –horren barnean arte liberal eta mekanikoen irakaskuntza zegoen– eta etika edo nor bere burua gobernatzeko artea. Arte «industrial» edo «mekanikoak» materiak gizakientzat erabilgarria zen zerbait ateratzera zuzentzen zirenak ziren; erabilitako materia izaki bizidunetatik har zitekeen, hala nola egur, artile, liho edo hezurretatik, edota gauza bizigabeetatik, hala nola urre, zilar, berun, burdina, marmol edo harribitxietatik. Arte mekanikoen bitartez, familiaren beharrak asetzera zuzentzen ziren baliabideak eskuratzen ziren. Arte mekaniko bakoitzari zientzia teoriko bat zegokion, zeina arte mekanikoak praxira eramaten zituen funtsezko printzipioak lantzen zituen. Hala, aritmetika teorikoak abakoa-ren bidez kalkulatzeko –merkataritzan bezala– erabiltzen ziren zenbakien oinarritzko printzipioak lantzen zituen; musika teorikoak ahots eta instrumentuek sortzen zituzten harmoniak aztertzen zituen eremu abstraktuan; geometria teorikoak, berriz, gorputzen eta lurren neurketan praxira eramaten ziren printzipioak aztertzen zituen, eta, halaber, astrolabioaren eta beste tresna astronomiko batzuen bitartez zeruko gorputzen mugimenduak behatzeak zekartzan emaitzen erabileran praxira eramaten zirenak; pisuen zientziak balantzaren eta palankaren oinarritzko printzipioak zituen aztergai. Azkenik, «aparatu matematikoen» zientziak xede erabilgarrietara bideratzen zituen gainerako zientzia matematiko guztien emaitzak: hargintzarako, gorputzak neurtzeko eta jasotzeko tresnetarako, instrumentu musikal eta optikoetarako, eta zurgintzarako.

XIII. mendeko autore ospetsu batzuek ere ideia horiek berenganatu zituzten. Aipatzekoak dira, besteak beste, Roger Bacon, San

Tomas Aquinokoa eta Gil Erromakoa. Gainera, Michel Scoten eta Robert Kilwardbyren tratatuak bereziki interesgarriak dira. Michael Scoten esanetan, zientzia praktiko bakoitza zientzia teoriko bati zegoen lotuta eta zegokion zientzia teorikoaren adierazpen praktikoa zen. Beraz, «fisika» teorikoaren adarrei zientzia praktikoak zegozkien, hala nola medikuntza, nekazaritza, alkimia, ispiluen ikaskuntza eta nabigazioa; matematika teorikoaren adarrei ere gisa desberdineko arte praktikoak zegozkien: diruarekin lotutako negozioak, zurgintza, errementaritza eta hargintza, ehuntze-lanak eta zapatagintza. Robert Kilwardbyk belaunaldiz belaunaldi asko irakurri zen tratatu bat idatzi zuen, *De Ortu Scientiarum* alegia; bertan, emaitza erabilgarriak lortzera zuzendutako zientziaren alde praktikoaren garrantzia azpimarratu zuen berak ere. Berezi esanguratsua da zientzia teorikoen sorreraz Kilwardbyk eman zuen azalpen pseudo-historikoa, zeren esan baitzuen zientzia horiek gorputzaren behar fisikoak asetzen saiatzean sortutako arazo konkretu eta partikularretatik sortu zirela; adibidez, geometriari buruzko antzinako tradizio greziarraz eman zuen bertsioak zera dio: geometria arte praktiko bezala sortu zela aurrena egiptotarren artean, berauek Lurra neurtu eta mugatu behar zituztelako berriz Niloren uhaldi bakoitzaren ostean, eta gero Pitagorasek zientzia teoriko eta demostratzaile bihurtu zuela. Zientzia «mekanikoen» artean nekazaritza, mahastizaintza, medikuntza, jostakuntza, armaduren fabrikazioa, arkitektura eta merkataritza sartu zituen. Roger Baconek zientzia praktiko batzuen deskribapen zehatzak eman zituen, zientzia teorikoen justifikazioa beraien emaitzen erabilgarritasuna zela adierazi zuen, eta artisauen eta alkimista praktikoen jardunaren ikaskuntza hezkuntza-eskema orotan sartzeko beharra azpimarratu zuen.

Arte mekanikoen trebakuntza praktikoa artisauen gremioetan soilik jaso bazitekeen ere, Erdi Aroko autoreen hezkuntza-xede utilitaristak unibertsitatean har zitezkeen ikastaroetan islatzen ziren sarritan, zenbaitetan neurri harrigarrian. Horixe gertatzen zen, adibidez, Salernoko XII. mendeko medikuntza eskolan, zeren eta, Siziliako Roger II.a erregearen eta Federiko II.a enperadorearen arauen ondorioz, medikuntza ikasleek giza anatomia eta kirurgia barne hartzen zituzten gutxienez bost urteko ikastaroak egin behar baitzituzten bertan. Ikastaro horren amaierako azterketa gaindituta, ikasleak urtebete eman behar zuen praktikari trebatu batekin, gero mediku gisa jardun

ahal izan izateko. XIII. mendeko amaieraz geroztik, Bolognako medikuntza ikasleek «anatomia» batean parte hartu behar zuten urtean behin, gutxienez; eta XIV. mendean, unibertsitateko medikuntza eskola gero eta gehiago dedikatu zen kirurgiara. Badirudi, beraz, medikuntza eskola gehienek anatomiaren irakaskuntza praktikoa eskatu zutela, neurri batean edo bestean, XIII. mendeko amaieratik aurrera (ikus lehenago, 195. orrialdea eta hurrengoak; eta geroago, 264. orrialdea eta hurrengoak).

Unibertsitate gehienetako «arteen» ikastaroan, gai matematikoak xede praktikoa jakinen batera bideratzen ziren maiz. Hala, XII. mendeko Chartresen, Thierry Chartreskoak ikaskuntzarako gomendatu zuen liburu zerrenda batek lur-neurketari, neurketa orokorrari eta astronomia praktikoa buruzko obra ugari hartzen zituen barne; orobat, XII. mendeko amaieran Parisen erabiltzen ziren testu-liburuen zerrenda batek tradizio utilitarista horrek bertan ere jarraitu zuela erakusten du. XIII. mendeko hasieran, arteen ikastaroak sei urteko iraupena zuen Parisen, eta 20 urte bete arte ezin zen Arteen Titulazioa eskuratu; dena dela, bai Parisko unibertsitateak eta bai beste leku batzuetakoek sei urteko aldi hori laburtuko zuten gerora, batzuetan lau urtean uzteko. Ikastaroaren eskema normalak zazpi arte liberalak hartzen zituen barne, hasteko, eta gero «hiru filosofiak», hots, filosofia naturala (hau da, zientzia naturala), etika eta metafisika. XIII. mendean zehar, Parisen finkatu zen joera gai matematikoetara dedikatzen zen denbora laburtzea izan zen, metafisikari eta gainerako arteetako gaiei dedikatzen zitzaiena luzatzeko. Oxforden, berriz, gai matematikoei garrantzi berezia eman zitzaion; hala, ikasleek irakurri behar zituzten liburuen artean ez zeuden soilik Boezioren *Arithmetic* eta Euklidesen *Elements*, baizik eta baita Alhazenen *Optica*, Witeloren *Perspectiva* eta Ptolomeoren *Almagest* ere. Oxfordeko arteen ikastaroaren beste alde interesgarri bat da Aristotelesen *De Animalibus* ere ikasten zela, eta, berarekin batera, *Physica*, *Meteorologica*, *De Caelo* –azken horiek gehiago erabili ohi ziren– eta «filosofia naturalari» buruzko beste lan batzuk ere. Matematikari emandako garrantzi hori Bolognako arteen ikastaroan ere antzeman daiteke; izan ere, bertan ikasi beharreko gaien artean honako liburu hauek zeuden: *Algorismi de Minutis et Integris* izeneko aritmetikari buruzko liburua, Euklidesen eta Ptolomeoren zenbait lan, *Alfontosotar Taulak*, zeruko

gorputzen mugimenduak determinatzeko taula astronomikoen erabileraz Jean de Linièresek idatzitako arau-liburua, eta koadrantearen erabilerari buruzko lan bat. Antza denez, Alemaniako unibertsitate batzuek ere modu nahiko serioan landu zuten aritmetika, algebra, astronomia, optika, musika eta beste zenbait zientzia matematikoren ikaskuntza. Dirudienez, Erdi Aroko unibertsitateetako arteen ikastaroetan ez zen inolako irakaskuntza praktikorik edo laborategiko praktikarik sartzen, baina frogatuta dago Oxforden astronomiari buruzko ikastaro bereziak ematen zirela XIV. mendean. Bere hitzaurrearen arabera, astrolabioari buruzko tratatuak idazteko Cahucerrek izan zuen arrazoa tresna horren erabilera bere semeari irakastea izan zen, Oxfordera joan zenean haren esku utzi baitzuen. Merton Collegeko zuzendaritza batzordeko kideek behaketa astronomikoak egin zituzten, zalantzarik gabe, eta gutxienez kasu batean, Richard Wallingfordekoaren planetariumaren kasuan alegia, ezaguna da aditu batek bere tresna propioak fabrikatu zituela (21. lamina).

Erdi Aroko hezkuntzan prestakuntza matematiko horrek izan zuen emaitza garrantzitsu bat haxe izan zen: gertaera fisikoak unitate abstraktuen bidez adierazteko ohitura indartu zela, neurketa sistematikak estandarizatzeko beharra azpimarratzeaz batera. Pentsaera-ohitura hori agertu gabe ez zen fisika matematikorik egongo. Lewis Mumfordek modu oso bizian deskribatu zuen nola fisika hori arazoaren arautze praktikoko hutsari loturik agertu zen. Denbora Elizaren ohiko praktikentzat neurtzeko beharraren eta monasterioetako bizimoduaren errutinaren eraginez, Erdi Aroan interes handia eta iraunkorra sortu zen egutegia finkatzeko eta eguna ordu kanoniko desberdinen arabera zatitzeko; gobernamenduaren eta merkataritzaren behar sekularrek, aldiz, eguna 24 ordu berdinetan zatitzeko joera ezarri zuten bizitza zibilean. XIII. mendeko amaieran erloju mekanikoa asmatu zen, eta, era horretan, erlojuaren orratzek esferan seinalatzen zituzten unitateen bidez ematen hasi zen denbora. Horren bitartez, denbora ez zen gehiago sentituko zerbait «organiko», progresibo eta itzulezin bezala, baizik eta eskala bateko unitateen bidez emandako denbora matematiko abstraktu bezala. Beraz, denbora zientziaren mundura pasatu zen horren eraginez. Espazioak ere abstrakzio prozesu bat izan zuen Erdi Aroan. Iraganean, pintoreen koadroetako gaiak hierarkia kristauan gai bakoitzak zuen garrantziaren arabera antolatzen ziren sinbolikoki;

XIV. mendeko erditik aurrera, berriz, Italiako pintoreak dama-jokoe-tako taulak bezala hasi ziren zatitzen koadroaren mihisea, perspekti-baren arauei jarraituz. Hereforden 1314ko *Mappa Mundi* eta horren antzeko beste mapa sinboliko batzuez gain, kartografoen eskutik ager-tutako mapa berri batzuetan latitude- eta longitude-koordinadez osa-tutako sistema abstraktu batean aurkitu ahal zuten bidaiariek edo marinelek euren posizioa. Merkataritzak aldaketa handi bat izan zuen Erdi Aroan, zeren ondasun eta zerbitzuen trukean oinarritutako eko-nomia bat izatetik unitate abstraktuetan oinarritutako diru-ekonomia bat izatera pasatu baitzen –unitateak urrea edo zilarra izan ziren aurre-na, eta gero kreditu-kartak eta truke-letrak gehitu zitzaizkien–. Merkataritza-sozietateak desegitean sortzen ziren arazoak (batzuk XII. mendean ere eztabaidatzen ziren Italian) eta interes, deskontu eta trukearekin lotutako arazoak izan ziren ikerkuntza matematikoa gehien bultzatu zituztenetako batzuk. Monetaren erreformari lotutako arazoak matematikari akademiko batzuek idatzitako tratatuen gaia izan ziren; aipatzekoak dira, adibidez, Nicole d’Oresmek XVI. men-dean idatzitakoa eta Kopernikok bi mende geroago idatzitakoa. Abstrakzio prozesu horrek garai hartan erabiltzen ziren unitate-siste-metan kontzentratu zuen bere arreta. Pisuak eta neurriak estandariza-tzeko ahaleginak Ingalaterrako garai anglo-saxoniarretan hasiak ziren, eta horren ostean (Rikardo I.aren erresumako legedian) ere ahaleginak egin ziren giza gorputzean oinarritutako unitateak –adibidez: oina eta arra– kentzeko eta haien lekuan burdinaz egindako neurri estandarrak jartzeko. Halaber, ahaleginak egin ziren herri desberdinetan erabiltzen ziren sistema desberdinen arteko erlazioa zehazteko, baita herri ber-beraren barnean zeudenen artean ere. Gainera, sendagaien pisu eta bolumen unitateak estandarizatzeko interesa zuten zenbait medikuk tratatu serie bat idatzi zuten.

Efektu praktiko zehatz bat sortzeko moduari buruzko jakintza komunikatzera zuzendutako hizkuntza abstraktu propio bat garatu zuten arte matematikoen artean, adibide interesgarrietako bat musi-ka da. Erdi Aroan, musikaren teoria *quadrivium*-aren parte bezala ikasten zen; elizan kantuak kantatu eta instrumentuak jotzen ziren, eta ezagutzen dugun lehenengo musika sekularra 1100. urtearen inguru-koa da; beste alde batetik, Salamanca eta Oxfordeko unibertsitateek musika-graduak ematen zituzten, XIV. eta XV. mendeetan hurrenez

hurren. Hala, zenbait mendez, jende eskolatuak bai arte horren alderdi teorikoa eta bai alde praktikoa ezagutu zituen hurbil-hurbiletik. Erdi Aroko musikaren oinarria greziarren modu-sistema zen; sistema horretatik, XX. mendean oraindik ezaguna egiten zaigun bakarra do maiorreko eskala da. Greziako musika melodiaz soilik zegoen osatuta. Izan ere, greziarrek zortzidun bateko bitarteetan kantatzen zuten gizon eta mutilen ahotsez osatutako koruak erabili zituzten —«kantu handia» izeneko praktika—, baita aldi bereko zortzidunetan jotzen zituzten harpak ere, baina, hala eta guztiz ere, hori ez zen harmonia izatera iristen, zeren greziarrek ez baitzuten ideia hori benetan ezagutu. Lerro melodiko bat idazteko, greziarrek letrak erabiltzen zituzten tonuaren igoerak eta jaitsierak adierazteko. VII. mendeko eliza-musikak, berriz, hitzen gainean jarritako tildeak erabiltzen zituen erritmoa kontrolatzeko. Horietatik garatu zen gero «pneumen» sistema, lerro horizontal paralelo multzo batean tonua adierazteko idatzia; horrela ikus daiteke, adibidez, Guido d'Arezzok 1030aren inguruan idatzitako *Micrologus de Disciplina Artis Musicae*-n. Autore hori beste arrazoi batengatik ere da interesgarria, hots: eskalako notak San Joan Bataiatzailearentzako himno baten sei bertsoetako lehenengo silaben arabera izendatu zituelako: *ut, re, mi, fa, so, la*.

Goiz Erdi Aroko eliza-musikaren forma bakarra kantu laua zen; forma horretan, noten denbora-balioa nahiko askea zen. Izan ere, badi-rudi musika neurtua —zeinean noten iraupenak ratio zehatz bat baitzuen nota batetik bestera— Islamen asmatu zela. Musika neurtua hainbat autore arabiarrek jorratu zuten euren idazkietan —aipagarrienetako bat Alfarabi izan zen—, eta beraren inguruko ezagutza XI. eta XII. mendetan iritsi zen Kristandadera, Espainiaren bidez eta Adelardo Bathekoak, Gundisalvok eta beste aditu kristau batzuek itzulitako lan musikalarrien bitartez. XII. mendean notazio sistema berri bat agertu zen Kristandadean, zeinean nota bakoitzaren denbora-balio zehatza adierazteko erronbo beltzak eta lerro txiki bertikalen gainean jarritako erronboak erabiltzen baitziren; halaxe azaltzen da John Garlandekoak idatzitako tratatu batean —autore horrek Oxforden ikasi zuen, XIII. mendeko hasieran—, eta, modu osatuagoan, Franco Koloniakoari egotzitako *Ars Cantus Mensurabilis* izeneko tratatuan —bigarren autore hori XIII. mendeko bigarren erdian bizi izan zen—. Erronbo txikiei kako itxurako zeinuak erantsi zitzaizkien geroago, gaur egungo kortxeen

xede berbererako; gainera, nota zuriak gehitu ziren, eta, azkenez, «notazio frankoniarra» izeneko sistema hura sistema modernora garatu zen, 1600. urtearen inguruan konpas-lerroak eta 1700. urtearen inguruan armadurak gehitu baitzitzaizkion. Notazio neurtuko sistema berriak zehaztasunez definitutako erritmoak izatea ahalbidetu zuen, eta horri esker posible izan zen aldi berean bi erritmoz kantatzea eta –instrumentuentzako notazio bereziak sartzearen bidez– musika jotzea. Azken horrek, gainera, harmoniaren ahalmen guztia aprobeztatzeko eta praxiara eramateko bidea ireki zuen.

Harmonia doinu berbera aldi berean bi tonu desberdinetan kantatuz hasi zen Mendebaldean. Tonu horiek laudunak edo bostunak izan ohi ziren. Sistema hori 900. urtearen inguruan garatua zen Kristandadean, *organum* edo «diafonia» izenarekin. Baliteke Islamen ere horren antzeko zerbait garatu izana bere aldetik, modu independentean; adibidez, X. mendean, Alfarabi konturatu zen hirugarren maiorra eta hirugarren minorra harmonikoak zirela elkarren artean. X. mendean, *organum*-ari buruzko tratatu batzuk idatzi ziren latinez. Horien artean, Hucbald izeneko autore batek Herbeheretan idatzitakoa da ezagunenetakoa bat. 1100aren inguruan, John Cotton ingelesak eta *Ad Organum Faciendum* tratatu anonimoaren autoreak –frantziarra zen, seguruenik– *organum* berri bat azaldu zuten; bertan, ahotsak aldizka aldatzen ziren, melodia berbera tonu desberdinetan kantatze-tik melodia desberdinak modu jakin batean kantatzera pasatuz, hau da, onartutako hainbat akorde kontsonante ongi aukeratutako barietate batean konbinatuz kantatzera pasatuz. XII. mendeko amaieraren inguruan diskantua agertu zen, eta orduan bi ahotsak kontrapuntuan hasi ziren mugitzen. Mende bat geroago, «arte berria» hain zegoen garatuta non lehenengo kanonetako bat agertzen ikusi ahal izan baitzen: «Sumer is icumen in» sei ahotsetarako rondo ingeles ezaguna, hain zuzen ere. XIV. mendeko erdira iritsita, polifonia konplexua garatuta zegoen, Guillaume de Machautek Karlos V.aren koroatzerako –Reims, 1364– konposatu zuen lau ahotsetarako *Meza*-k erakusten duen bezala. John Dunstable eta Josquin des Prés konpositoreek areago landu zuten polifonia XV. mendean, eta Palestrinak bide beretik jarraitu zuen XVI. mendean. Ahots-musika garatzeaz gain, Berant Erdi Aroko konpositore horiek instrumentuen ahalmenaz baliatzen hasi ziren. Xaramelak, tronpetak eta hari pultsatuzko instrumentuak

aspalditik ziren ezagunak, eta organoa, greziarrek ezagutu bazuten ere, IX. mendean berragertu zen Mendebaldean; dirudienez, berragertu zenean eskala maior modernorako afinatuta zegoen, teklak alfabetoko letren arabera izendatuta. Gutxi gorabehera garai horrexetan, arkuaren erabilerak hari-instrumentu batean nota sostenituak egitea ahalbidetu zuen estreinako aldiz (22. lamina), eta XIV. mendean teklatu finko batez hasi ziren jotzen hari-instrumentuak.

Garapen horietan guztietan, teorizatzaile musikalak eta konpositoreak lankidetzan estuan aritu ziren, eta musikariak zientziaren beste arlo batzuetan ere nabarmentzen ziren sarritan. Teorizatzaileen eta praktikarien arteko kontaktu estu horren emaitza garbi ikus daiteke XIV. mendeko hasierako matematikari eta astronomo ingeles baten idazkietan, Walter Odingtongoaren idazkietan alegia, musikari buruz idatzi zuen tratatu teoriko garrantzitsua bere konposizioetatik hartutako adibideekin ilustratu baitzuen. Garai berean, Jean de Murs matematikaria sistema neurtua ordenatzen saiatu zen, sistemaren ondoz ondoko noten luzerak erlazionatzen zituen arau baten bidez, eta, horrekin batera, klavikorda iragartzen zuten instrumentu berriei esperimentatu zuen. XIV. mendeko teorizatzaile musikala garrantzitsuenak Philippe de Vitri (1291-1361) izan zen. Autore horrek ekarpen nabariak egin zituen metodoetan eta notazioan, orduan ezagutzen ziren luzera aldakorrekotako noten (*maxima* edo *duplex longa*, *longa*, *brevis*, *semibrevis*, *minima* eta *seminima*) arteko erlazioak zehazten lagunduz; orobat, ekarpen garrantzitsuak egin zituen kontrapuntuaren alorrean, augmentazioa eta diminuzioa nozioak landu baitzituen. Philippe de Vitriren konposizio gehienak baldin daude gaur egun, baina Guillaume de Machauten *Meza*-n beraren berrikuntza teoriko askoren ilustrazio praktikoa ageri dira. Teoriaren eta praktikaren artean Berant Erdi Aroan gertatu zen konbinazio horri esker, musika erritmiko eta harmoniko modernoak *organum*-aren eta *Ars Cantus Mensurabilis*-en aukera guztiak gauzatu ahal izan zituen, halako moldeez non arte musikala Mendebaldeko zibilizazio modernoaren eta aldi berean garatzen ari zen zientzia naturalaren ezaugarri nagusietako bat izatera iritsiko baitzen.

Bai Antzinaroko eta bai Erdi Aroko bizimodu ekonomikoaren oinarrian zeuden funtsezko teknika gehienak Historiaurrean asmatuak ziren. Historiaurreko gizakiak suaren, lanabesen eta nekazaritzaren

erabilera deskubritu zuen, animaliak hazi, etxekotu eta uhalez jantzi zituen, goldea, zeramika, ardazketa eta ehuntze-teknika asmatu zituen eta pigmentu organikoen eta ez-organikoen erabilera ezagutu zuen, metalak landu zituen, itsasontziak eta gurdi gurgildunak eraiki zituen, eraikuntzako arkua asmatu zuen, hainbat makina diseinatu zituen –dibidieta, polea, palanka, ehogailu birakaria, arkuzko daratulua eta tornua, besteak beste–, zenbakiak asmatu zituen, eta astronomiaren eta medikuntzaren oinarri enpirikoak jarri zituen.

Mundu greko-erromatarrean ekarpen garrantzitsu batzuk gehitu zitzaizkion funtsezko ezagutza praktiko horri. Egia da zibilizazio klasi-koak zientziari egin zion ekarpen nagusia ez zela teknikaren eremukoa izan, pentsaera espekulatiboaren eremukoa baizik, baina, hala eta guztiz ere, teknologiarri inoiz egindako ekarpen garrantzitsuenetako bat greziarrek egin zuten, zeren beraien aurrekoek egindako makinak, asmakuntzak eta aurkikuntzak modu arrazionalen azaltzen saiatu baitziren, eta horrek tresna horien erabilera orokortzea eta hedatzea ahalbidetu zuen. Hala, greziarrak izan ziren Mesopotamian eta Egipton garatutako kalkulatzeko eta neurtzeko metodo praktiko eta teknologikoak zientzia abstraktu –aritmetika eta geometria– bihurtu zituzten lehenengoak. Halaber, beraiek izan ziren astronomian eta medikuntzan behatutako gertaeren azalpen arrazionalak bilatu zituzten lehenak. Behaketa eta teoria konbinatzearen bidez zientzia horien erabilera praktikoa hedatu zuten. Autore greziarrek ahaleginak egin zituzten palanka eta beste hainbat mekanismo esplikatzeko, *Mechanica* aristotelikoaren autore edo autoreen eta Arkimedesen garaitik hasita eta Heron Alexandriakoaren garaira iritsi arte. Heronek osoko azalpenak eman zituen bost makina «sinpleri» buruz –baita beraien konbinazio batzuei buruz ere–, zeinen bitartez pisu jakin bat indar jakin baten bidez mugitu ahal baitzen: gurpila eta ardatza, palanka, polea, zirria eta torloju amaigabea. Tresna horiek makineriaren oinarritzat hartuko ziren XIX. mendera arte. Greziarrek hidrostatikaren funtsezko printzipioak ere garatu zituzten. Autore helenistiko eta erromatar batzuk izan ziren aldi hartan praktikan erabiltzen ziren makinaren lehenengo deskribapenak eman zituztenak. Makina horien artean hauek ziren garrantzitsuenak: balezta, katapulta eta beste tresna balistiko batzuk, ur-errotak –energia gurgil horztunen bidez transmititzeko metodo garrantzitsuarekin–, agian haize-errota bat, torlojuzko prentsa eta gabia, sifoiak, huts-pon-

pak, presio-ponpak eta Arkimedesen torlojua, organo hauspoduna eta ur-organoa, lurrin-turbina bat eta pisuak jaistearen bidez gidatutako txotxongilo-antzerki bat, ur-erlojua eta garrantzi handiko neurtze-tresnak, hala nola ziklometroa eta hodometroa; ikerkuntzarako tresnak, hala nola, dioptra (teleskopiorik gabeko teodolito bat, Heronek deskribatua); eta Jakoben makila, astrolabioa eta koadrantea, zeinak astronomiaren tresna nagusiak izan baitziren XVII. mendean teleskopioa asmatu zen arte. Tresna horietako asko, izatez, greziarren asmakuntzak ziren. Beste alor tekniko batzuetan hobekuntza nabariak egin ziren mundu klasikoan; horixe gertatu zen, adibidez, medikuntzan eta nekazaritan (badirudi erromatarrek lekaleen errotazioa erabiltzen hasi zirela). Baina bai teknika berriak deskribatzen zituztenean eta bai zibilizazio egiptoar, babiloniar eta asiriarrengandik bereganatutakoak deskribatzen zituztenean –zibilizazio horiek ez baitziren hain espresiboak–, autore tekniko greko-erromatar horiek oso eragin garrantzitsua izango zuten Erdi Aroan, jakintza teknikoaren iturri gisa, bai mundu musulmanean eta bai mundu kristauan ere. Mendebaldeko Kristandadeari dagokionez, lan tekniko klasiko horien eraginak XVII. mendera arte iraun zuen.

Erromako Inperioak Mendebaldean izan zuen kolapsoaren osteko garaian galera nabariak gertatu ziren jakintza teknikoaren eremuan, nahiz eta Mendebaldea inbaditu zuten tribu germaniarrek ekarritako teknika berriek galera horiek nolabait konpentsatu zituzten. X. mendeaz geroztik, aldiz, Mendebaldeko Kristandadeko jakintza teknikoa hobetuz joan zen poliki-poliki, alde batetik mundu bizantziar eta arabiarreko praktikak eta testuak (jatorriz klasikoak, sarritan) ikastearen bidez, eta bestetik asmatze eta berritze jarduerak aurrera egin zuelako –astiro bazen ere– Mendebaldeko Kristandadean bertan. Erdi Aroan egindako aurrerapenak ez ziren inoiz galdu, eta, gainera, Erdi Aroko Kristandadeak bereizgarri bat izan zuen, hots, erabilera industrialak eman ziela gizarte klasikoak ezagutu baina erabili gabe utzi edo jostailu huts gisa tratatu zituen tresna tekniko askori. Horren ondorioa izan zen Erromako Inperioan ezagutu edo garatu ez ziren hainbat teknika erabiltzen hasiak zirela 1300. urtean. 1500. urterako, Mendebaldeko herri aurreratuena iraganeko beste edozein gizarte baino nabarmenki aurreratuago zeuden teknika-karen alor gehienetan.

2. NEKAZARITZA

Nekazaritza lan-jarduera nagusia izan zen Erdi Aro osoan, eta halaxe jarraitu zuen izaten XVIII. mendera arte. Hori horrela, Erdi Aroan teknika klasikoetan gauzatu ziren lehenengo hobekuntzak nekazaritzaren alorrean egin ziren. Katon eta Varronek K.a. II. eta I. mendean deskribatu zuten, Erromako nekazaritza nahiko aurreraturata zegoen alderdi batzuetan; hala, mahatsondoak eta olibondoak modu intentsiboan lantzen ziren, eta ondo ulertzen zen uzten errendimendua hobetu egiten zela lekaleak eta zerealak elkarren txandan ereiten baziren. Mendebaldeko inperioaren hondamenarekin batera, nekazaritzaren metodoek okerrera egin zuten hasieran, baina IX. edo X. mendetik aurrera hobetzen hasi ziren eta hobekuntza horrek etengabe jarraitu zuen Aro Modernora arte. Erdi Aroko nekazarien lehendabiziko lorpen aipagarria ekimen handi bat izan zen: nekazaritza-kolonizazioa. Goiz Erdi Aroko zenbait gobernatzaileen politikaren asmoa, Orosioren hitzetan adierazita, «barbaroak goldearen nabarrera berriz eramatea» izan zen, «horren bidez ezpatarekiko gorrotoa pizteko beraian». Teodoriko Handia Italian, VII. eta VIII. mendeetako errege lonbardiarrak, Alfredo Handia eta Karlomagno izan ziren horren adibide batzuk. Europako nekazaritza-kolonizazioaren ildo nagusiak garai karolinjioan itxuratu ziren. Alemaniako ekialdeko baso-mozketa, Ingalaterrako baso-eskualdeetan hasitako, Herbehereetako zingiretan jarraitutako eta Siziliako eta Espainia kristauko mendi idorretan bukatutako garbitze, drenatze eta lantze lanak zistertarren eta kartusiarren esku gauzatu ziren, baita gobernatzaile federatuen eta hiri-udalerrien esku ere, eta XIV. menderako ia erabat burututa zeuden. Garai horretan, Europa zibilizatu egin zen eta nekazaritza lan-jarduera nagusi bezala finkatu zen, eta, horrez gain, metodoen hobekuntzak izugarri igo zuen nekazaritzaren produktibitatea. Horren eraginez, biztanleen kopurua etengabe handitu eta hiriak hazi egin ziren, gutxienez XIV. mendeko izurri beltza gertatu arte. Prozesu horren emaitza izan zen eskualdeak uzta eta animalia mota desberdinetan espezializatu zirela, eta, halaber, artile eta zeta, kalamu, liho, tindatze-landare eta industriaren behar gero eta handiagoak asetzera zuzendutako beste material batzuen produkzioan ere.

Nekazaritzara ekarritako lehendabiziko hobekuntzak Saxoniako golde gurpildun astuna eta uzten errotazio sistema berria izan

ziren; bata zein bestea Europako ipar-mendebaldean hasi ziren erabiltzen IX. eta X. mendeetan. Golde gurpildun astunak golde-muturra, nabar horizontala eta belarria zituen (23. lamina), eta golde arin erromatarren ordeztu bereganatu zen. Horri esker, lur astunago eta jorriagoak landu ahal izan ziren harrezkero, eta, gainera, goldatze gurutzatua ezabatu ahal izan zen, horrek zekarren lana aurreztuz. Berrikuntza horrek Lurra zerrendatan zatitzeko sistema sortarazi zuen Europako iparraldean, Mediterraneoko eskualdetan erabiltzen zen bloke-sistema zahararen ordeztu. Golde berri horretatik tiratzeko sei edo zortzi idi behar zirenez, agian bere erabilera izan zen Europako ipar-mendebaldeko nekazariak herrietan biltzera eramane zuena eta nekazaritzaren antolakuntza era komunala ekarri zuena –jaurren sisteman ikus daitekeen bezala. Golde astunaren erabilera hedatzen zen bitartean, Europako ipar-mendebaldeko uzta-errotazio sisteman hobekuntzak egin ziren: bi landaren ordeztu hiru landa erabiltzen ziren, zeinetako bat lugorri uzten baitzen. Bi landako sisteman, Luraren erdi bat lugorri uzten zen eta bestean laboreak landatzen ziren. Hiru landako sisteman, berriz, landa bat lugorri uzten zen, bigarrenean neguko laboreak landatzen ziren (garia edo zekalea) eta hirugarrenean udaberriko laboreak (garagarra, oloa, babak, ilarak, zalkea). Beraz, osoko errotazioa hiru urtetik behin gertatzen zen. Hiru landako sistema ez zen pasatu Alpeetatik eta Loiratik hegoaldera. Horren arrazoiak izan zen, dirudienez, udak iparraldean soilik zirela behar bezain hezeak udaberriko ereintzari probetxua ateratzeko, hau da, sistemaren berritasun nagusiaren onura aprobetxatzeko. Dena dela, iparraldean ere bata bestearen ondoan jarraitu zuten bi sistema horiek Erdi Aroa amaitu arte. Hiru landako sistemak produktibitatea handitu zuen era nabarian, eta sistema hori golde berriarekin konbinatu izana izan zen, seguruenik, Europako zibilizazioaren erdigunea Karlomagoren garaian iparraldeko lautadetara mugitu izanaren arrazoietakoa bat. Antza denez, horren efektu bat izan zen zaldia gero eta gehiago erabili zela golde-lanetarako eta gurdi-abere gisa, idiaren ordeztu, nahiz eta lehenengoa zerealez elikatzen zen, eta ez saralez –bigarrena bezala–, askoz ere garestiagoa izan arren.

Berant Erdi Aroan beste hobekuntza batzuk egin ziren nekazaritzako lantze-metodoetan. Goldeen nabarra burdinaz hasi zen egiten, eta zaldiz tiratutako are horztunak kozkorrak arrasteluz edo aitzur

luzez puskatzeko metodo zaharrak ordeztu zituen. Beheko lurrak drenatzeko metodoetan ere hobekuntzak egin ziren, ponpa eta ubide-sareen erabileraren bitartez. Rhin eta Rodanoko beheko tarteak euren arroetan mugatu zituzten dikeen bidez, eta Herbehereetako kostaldean eremu zabalak irabazi zizkioten itsasoari. Ipar Itsasoko kostaldean hareazko dunak gelditu zituzten, zume-landaketan bidez, eta Portugalgo Dionisio *Liberala* erregeak –1325ra arte egon zen agintean– pinudiak landatu zituen Leiriako dunetan. Espainian eta Italian, zientzia hidraulikoa ureztaketarako obrak egiteko erabili zen. Horien artean, obrarik aipagarrienak Espainiako ekialdeko eustormak eta urtegiak izan ziren, baita Lonbardiako «Naviglio Grande» famatua ere. Izan ere, 1179 eta 1258 bitartean eraikitako obra horrek Laku Nagusian ura hartu eta 35.000 hektarea baino gehiagotan zehar eramaten zuen, Oglio, Adda eta Po ibaietako erriberetako lurrak ureztatzeko. Lursailak berreskuratzeko eta aberasteko metodoak ere hobetu egin ziren, agronomo eskolatuen gidaritzapean, bai monasterioetan eta bai errege- eta hiri-lursailetan ere. Horren adibide nabari bat Thierry d'Hireçon da: Artoisko Kondesaren lurrak eta Mahout eta Burgundiakoak administratu zituen eta Arrasko apezpikua izanik hil zen 1328an.

Garai hartako nekazaritza-teoriaren berri jakiteko hainbat testutara jo daiteke, hala nola Albertus Magnusen idazkietara –ikusuntu botanikotik egindako hurbilketarekin–, Walter Henleykoak Ingalaterran eta Peter Crescenzikoak Italian idatzitako testuetara, eta, halaber, Erromako antzinako iturrien eta zientzia arabiarren ikaskuntza Kristandadeko garai hartako praxiarekin konbinatuz metodo arrazionalak bilatzen saiatu ziren beste autore batzuen idazkietara. Hala, Walter Henleykoak margaren erabilera eta jorraketa eztabaidatu zituen, eta Albertus Magnusek simaurraren erabilera. Walter Henleykoaren *Hosebondrie* (~1250) gai horren inguruko liburu estandarra izan zen Ingalaterran hainbat urtez, harik eta Sir Anthony Fritzherberten *Husbandrie* 1523an agertu zen arte. Nekazaritzari buruz Erdi Aroan idatzi zen trataturik onena, zalantzarik gabe, Crescenziren *Ruralia Commoda* (~1306) izan zen. Obra hori oso eza-guna izan zen kontinente osoan; Europako zenbait hizkuntzatar itzuli zen, eskuizkribu ugaritan aurkitzen da eta sarritan inprimatu zen. Crescenzik Bolognan ikasi zuen, hasieran logika, zientzia naturala eta

medikuntza eta gero zuzenbidea. Legearen eta politikaren eremuko eginkizunetan ibili ondoren, Bolognatik gertu zuen landetxean finkatu zen eta *Ruralia Commoda* idatzi zuen bere bizitzaren azken urteetan. Obra horrek liburuak eta behaketa bildu zituen, modu kritikoan, eta bere asmoa zen nekazari bizkorrari bere jardunaren alderdi guztiei buruzko informazio arrazional eta praktikoa ematea, landareen biologiarekin hasiz (Albertus Magnusengandik hartua) eta granjetako erai-kinen antolakuntzarekin eta ur-hornidurarekin bukatuz. Jorratu zituen gaiak hauexek izan ziren, besteak beste: zereal, ilar eta baben laborantza; mahatsondoen eta ardoen laborantza, beraien aldaerak, beraien gaitzak eta berauen sendabideak; fruta-arbola, barazki, sendabelar eta loreen laborantza; basozaintza; granjako era guztietako animalien hazkuntza, handiena zein txikiena; zaldiak eta beraien elikadura; eta ehiza eta arrantza. Agian tratatu horren zati orijinalenak mahatsondoen eta zuhaitzen txertaketaren inguruko eztabaida sakona eta landareak hondatzen dituzten intsektuen larbei buruzko azalpenak dira. Erlezaintzaz egin zuen deskribapenak Erromako metodoak ahaztu ez zirela erakusten du.

Lurra aberasteko metodoen artean, animalien simaurraren erabilerak onarpen zabala izan zuen Erdi Aroan: abereak laborantza-landetako galondoetara eramaten ziren; ardiak artegietan ixten ziren eta beraien simaurra bildu eta hedatzen zen. Orobat, ongarrri gisa karea, marga, errautsa, zohikatza eta kare-harea ere erabiltzen ziren. Mendebaldeko Kristandadeko lurralde gehienetan nekazaritza estentsiboak jarraitu zuen, hiru urteko errotazio eta lugorriarekin, baina, hala eta guztiz ere, Herbeheretan, Frantziako iparraldean eta Italiako hegoaldean lugorri urtea abandonatzeko joera indartu egin zen XIV. mendean geroztik: landa bat lugorri uztearen ordeztu sustrai-laboreak eta lekaleak landatzen ziren bertan. Agortutako Lurra aberasteaz gain, prozedura horrek bazuen beste abantaila bat, hots, udan zehar animalia gehiago mantentzea ahalbidetzen zuela; Goiz Erdi Aroan, abere gehienak hil behar izaten zituzten negua hasten zenean eta beraien okela gatzunetan jarri, eta golde-lanetarako gorde behar ziren abelburuak belar eta lastoz elikatzen ziren. Dena dela, hobekuntza horiek gorabehera, Erdi Aroko Kristandadeko leku gehienetan espero izaten zen errendimenduak txikia izaten jarraitu zuen XX. mendekoaren aldean. Hala, Ingalaterraren kasuan, akre batean bi *bushel* gari ereiten

baziren, espero izaten zen errendimendua 10 *bushel*-ekoa izaten zen; eta lau *bushel* olo ereiten baziren, espero izaten zen errendimendua 12 eta 16 *bushel* bitartekoa izaten zen. Errendimendua ez zen modu nabarian hobetu XVIII. mendeko nekazaritza-iraultzaren «errotazio zientifikoa» etorri arte.

Lurra lantzeko eta ongarritzeko metodoak alde batera utzita, Erdi Aroko nekazaritzak aurrerapen etengabeak egin zituen beste teknika batzuetan. Fruta-arbolak, barazkiak eta loreak soroetan lantzeak gero eta arreta handiagoa erakarri zuen, eta zenbait labore berri hasi ziren lantzen, xede berezitarako: arto beltza edo «arto sarrazenoa», lupulua, arroza eta azukre-kanabera janariak eta edariak egiteko lantzen ziren; landare oleaginosoak janariak egiteko eta argiztapenerako; ehun-manufakturarako, berriz, kanabera eta lihoa, astalarra eta tindatzeko landare batzuk –urdin-belarra, otxarra eta azafraia– erabiltzen ziren, baita (Sizilian eta Calabrian) kotoia eta anila ere. Lihoa papera-ren fabrikazioaren iturri bilakatu zen, zeren XII. mendean ekialdetik Europako hegoaldera iritsi ondoren iparralderantz hedatuko baitzen arian-arian bi mendez. XIII. mendean, papera fabrikatzeko Espainian erabiltzen zen metodoari zenbait hobekuntza erantsi zizkioten Italian. XIII. mendean, marugatzeak industrian erabiltzeko moduko kantitatean lantzen ziren Italiako hegoaldean eta Espainiako ekialdean, eta zetarrak ere xede berberarekin eta eskala berean hazten ziren leku horietan. XIV. mendeaz geroztik, Italiako, Ingalaterrako eta Espainiako hainbat eremu zabal ardiak hazteko erabiltzen hasi ziren, artilearen salmenta helburutzat hartuta, halako moldez non Prusia, Polonia eta Hungaria haien lekua hartzen hasi baitziren laboreen ekoizpenean. Ardiak Erdi Aroko abererik garrantzitsuenak ziren ikuspegi askotatik begiratuta: ehungintzarako behar ziren lehengai nagusiak ematen zituzten; okela ematen zuten, eta landak aberasteko erabiltzen zen animalia-simaurraren iturririk garrantzitsuena ziren. Arraza desberdinak hazten ziren xede desberdinetarako, eta arrazak hobetzeko ahaleginak egin ziren, arrazak elkarrekin gurutzatzearen eta ahari egokienak aukeratzearen bidez. Gainerako azienden artean, behiak gurdi-abere bezala baloratzen ziren gehienbat, nahiz eta larrua, okela eta esnea ere atzeratzeko erabiltzen ziren –esneaz gurina eta gazta ekoizten zen–. XIV. mendean, bazka-landareak Herbehereetan erabiltzen hasteaz batera, animaliak gurutzatzeko lehen esperimen-

tuak egin ziren. Okelaren iturri nagusia txerriak ziren, baina hazi ere kandelak ekoizteko erabiltzen ziren gantzu eta zihoagatik hazten ziren. Hegaztizaintza ere oso hedatuta zegoen, Gineako oilo arrunta edo Indiako oiloa XIII. mendean erabiltzen hasi zenetik aurrera. Erleak ezia eskuratzeko hazten ziren, berau azukrearen ordeztu erabil baitzitekeen, baita argiztapenerako erabiltzen zen argizaria eskuratzeko ere.

Elikagaiak eskuratzeko Erdi Aroan zegoen beste iturri garrantzitsu bat arraina zen, sardinazarra batik bat, Ipar Itsasoaren eta Baltikoaren inguruan bizi ziren itsaso-herriek arrantzatu eta merkatu-ratzen baitzuten. Sardinazarra jende pobreak funtsezko elikagaia zen. Sardinazarraren industria nabarmenki hobetu zen arraina upela txiek-tan kontserbatzeko eta ontziratzeko XIV. mendean asmatutako metodo berri bati esker. XIII. mendean, Ipar Itsasoko marinelek eta euskaldunek baleak harrapatzen zituzten, eta kostaldean ostra eta muskuiluen haztegiak antolatzen ari ziren.

Erdi Aroan interesa piztu zuten animalia guztien artetik, zaldiaren hazkuntza izan zen arretarik handiena sortu zutenetako bat. Zaldia energia iturri nagusietako bat zen, gizakiak alde batera utzita: goldea eramaten zuen; lehorreko garraiorako erabiltzen zen, dela zela-txoarekin dela gurdiarekin; gizakiak zaldiz ibiltzen ziren ehizan edo falkonerian aritzeko; eta, horren guztiaren gainetik, zaldia gerraren funtsezko makina zen. Garai klasikoetan, zalduneriaren erabilerak bigarren mailako garrantzia izan zuen, zaldia tresnatzeko metodoak akastunak zirelako; Goiz Erdi Aroan, aldiz, estriboen erabilerak goitik behera aldatu zuen bake– zein gerra-aldietan zaldiz ibiltzeko artea. Frogatuta dago estriboak V. mendean erabiltzen zirela Txinan eta VI. mendean Hungarian, eta, halaber, zertxobait geroago Bizantzioko zalditerientzat gomendatzen zirela. Europako ipar-mendebaldean, berriz, VIII. mendean agertu ziren aurreneko aldiz, Suedian, errege bikingoen hilobietan. IX. mendean, estriboak Haroun al Raschidek Karlomagnori bidali omen zizkien xakeko piezetan ikus daitezke. XI. mendea iritsita, estriboen erabilera finkatuta zegoen, zelatxo zabala-goak egiten ziren, eta ezproiak eta frenoak gero eta gehiago erabiltzen ziren. Zaldia kontrolatzeko metodo horiek lantzez kargatzeko teknika ahalbidetu zioten zalditeriari, halako moldez non karga mota horrek taktikaren oinarria izaten jarraituko baitzuen hurrengo mende-

etan. Armadurak astunago bilakatu ziren, eta, hori horrela, hazkuntzaren xede nagusietako bat pisu izugarriak eraman zezaketen animaliak lortzea izango zen. Arabiarren praktikek eragin nabaria zuten zaldien hazkuntzan, eta gai horri eta zaldiarekin zerikusia zuen albaitari-medikuntzari buruzko obrarik onenak arabieraz idatzi ziren XIV. mendera arte. Flandesko kondeek, Normandiako dukeek, Bi Sizilietako erregeek eta Kristandadeko beste gobernatzaile batzuek zalditegiak jarri zituzten. Gaztelako erregeek zaldien hazkuntza modu orokorrean arautzen zuten legeak eman zituzten. Arabiarrek amaren ildotik egin zuten pedigriaren jarraipena, baina Mendebaldeko ohitura –dirudienez– jarraipena aitaren ildotik egitea izan zen XII. mendetik aurrera; gainera, noizean behin garaño arabiarrek ekartzen ziren. XIII. mendean, zaldien hazkuntzari eta albaitari-zientziari buruzko zenbait lan idatzi ziren Espainian, eta Federiko II.aren aholkulari batek beste bat idatzi zuen Sizilian. XIV. mendean, Crescenzik idatzitako tratatua zaldiari buruzko atal bat zegoen, eta mende horretako geroko urteetan albaitaritzari buruzko lan gehiago idatzi ziren Italian eta Alemanian.

Garai hartan erabiltzen hasi zen arnes mota berri batek nabarmenki aldatu zuen zaldiak gurdi-abere gisa zuen balioa; arnes horrek pisua bere sorbaldetan hartzea ahalbidetzen zion zaldiari, lepoko zurrun eta lodi baten bitartez, pisua –ordura arte bezala– lepo gainean eramatera behartu beharrean (24. lamina). Greziako eta Erromako garaietako eskulturetan, ontzietako pinturetan eta dominetan ikusten denaren arabera, aldi hartan oso bestelakoa zen arnesa jartzeko sistema: trakzioa lepoaren inguruan pasatzen zen uhal baten bidez bideratzen zen, halako moldez non gogorrago tiratzen zen heinean zaldia gero eta hurbilago baitzegoen itota hiltzetik. Dirudienez, zaldien lepoko modernoa IX. mendeko hasieran agertu zen Mendebaldean, agian Txinatik ekarria. Aldi berean beste bi asmakuntza agertu ziren: alde batetik ferra iltzeduna, zeinak trakzioa hobetzen baitzuen; bestetik alboko uhalak luzatzeko teknika agertu zen, tandem-arnesak egin ahal izateko. Horren bidez zaldiak bata bestearen aurrean lotu ahal ziren arnesean, halako moldez non kopuru mugagabe bat erabili ahal baitzen pisu handiak mugitzeko. Hori ezinezkoa zen zaldiak elkarren ondoan lotzeko arnes-metodo klasikoan. Garai berean azaldu zen beste hobekuntza bat idientzako uztarri anizkuna izan zen. Asmakuntza horiek Mendebaldeko bizitza aldatu zuten XI. eta XII.

mendeetan, lurrun-makinak XIX. mendean egingo zuen bezainbeste. Asmakuntza horiek golde gurpildun astuna zaldiaren bidez eramateko aukera eskaini zuten –zaldi bat zeregin horretan erakusten duen lehen-dabiziko irudia Bayeuxeko tapizetan agertu zen–. Agian egoera ekonomikoa aldatu zelako, agian Eliza aurka jarri zelako, langile esklaboak –industria klasikoaren oinarria, alegia– gero eta urriago bilakatu ziren Goiz Erdi Aroan. Animalien energia aprobetxatzeko metodo berriek eta ur– eta haize-energia gero eta gehiago ustiatzeak ezabatu egin zuten esklaboak erabiltzeko beharra.

3. INDUSTRIAREN MEKANIZAZIOA

Ur-erroten eta haize-erroten erabilera modu nabarian hedatu zen Berant Erdi Aroan. Hedapen horrek eta manufaktura-industriaren hazkundeak etapa guztiz berri bat ekarri zioten teknika mekanikoari, halako moldez non garai horretan hasi baitzen azkartzen biziaren eta industriaren mekanizazioa. Mekanizazio horren oinarria zibilizazio modernoaren bereizgarri bat izan zen, hots, energia mekanikoaren forma berrien ustiapen gero eta handiagoa. Iraultza industrialaren lehen-dabiziko faseak, lurrunaren erabilera etorri arte, zaldiaren eta idiaren energiaren erabileratik etorri ziren, baita uraren eta haizearen energiaren erabileratik ere. Antzinaroan asmatutako makinak eta tresnak –ponpak, prentsak eta katapultak, gurpil eragileak, gurpil horztuak eta gabia, eta bost «katea» zinematikoak (torlojua, gurpila, espekta, trinketa eta polea)– iraganeko gizarteek inoiz ere ezagutu ez zuten neurri batean aplikatu ziren Berant Erdi Aroan. Beste «katea» zinematikoa, biradera alegia, bere forma sinplean ezagutzen zen Antzinaroko azken garaian. Biradera mekanismo sinple batzuetan erabiltzen zen, hala nola IX. mendeko erdiko *Utrecht Psalter*-en irudikatutako errotarri birakarian. Biradera eta biela konbinatzen zituen tresna Erdi Aroan asmatu zen. Horren ostean izan zuen bilakaeraren jarraipena egitea zaila bada ere, badakigu mekanismo hori aski hedatuta zegoela XV. mendean. Biraderari esker, oszilazio-mugimendua errotazio-mugimendu bihurtu ahal izan zen aurreneko aldiz, baita alderantzizkoa egin ere (errotazio-mugimendua oszilazio-mugimendu bihurtu, hain zuzen ere), makineria modernorako erabat funtsezkoa den teknika bat sortuz.

Uraren bidez mugitutako lehen errota laboreak ehotzeko erabili ziren, nahiz eta beraien aurretik, Antzinaroko Sumerren, ontzitateak mugitzen zituzten gurpil hidraulikoak erabili ziren ura igotzeko. Lehendabiziko labore-erota horiek hiru motatakoak ziren. Lehenengo motan, errotarriak modu horizontalean zeuden jarrita ardatz bertikal batean, eta ardatzaren behealdeari atxikitako hegaletatik pasatzen zen ur-korrontearen bidez mugitzen ziren. Gisa horretako errota Irlandan, Norvegian, Grezian eta beste zenbait lekutan ezagutzen ziren V. mendeaz geroztik. Antzinaroari dagokionez, aldiz, ez dago frogatuta errota mota hori garai hartan erabiltzen zenik. Bigarren mota Pliniok deskribatu zuen; kasu horretan, behetik eragindako gurpil hidrauliko bertikal batek arrabol bat mugitzen zuen, gabi-mekanismo baten bitartez. Hirugarren mota Vitruviok deskribatu zuen: behetik eragindako gurpil hidrauliko batek errotarri bat mugitzen zuen, gurpil horztunen bitartez. Horixe da gurpil horztunak energia transmititzeko erabili izanaren lehen adibide ezaguna. Lau mende geroago, Papo Alexandriakoak helize edo torloju amaigabe baten inguruan biratzen zen gurpil horztun bat deskribatu zuen. Frogatuta dago erromatarrek goitik eragindako gurpilak ere erabili zituztela; horien abantaila mekanikoa zen bai uraren pisuak eta bai korrontearen indarrak mugitzen zituztela gurpilak. Ur-errota iparralderantz eta ekialderantz hedatu ziren Mediterraneotik eta, IV. mendea iritsi zenerako, Europa osoan erabiltzen ziren laboreak ehotzeko eta olibak zapaltzeko. IV. mendean, Ausoniok uraren bidez eragindako zerra bat deskribatu zuen, marmola ebakitzeko erabiltzen baitzen Mosela ibaian. IX. mendean, *Domesday Book*-ek 5.000 ur-erota zituen erregratuta Ingalaterran soilik. Erdi Aroko Kristandadean erabili zen errota motaren lehen froga XII. mendetik dator, behetik eragindako gurpil bertikala mota arrunta zen garaitik, hain zuzen ere. Goitik eragindako gurpilak ez dira agertzen ilustrazioetan XIV. mendea iritsi arte (25. lamina), eta XVI. mendeko amaiera arte ez zituzten erabat baztertu behetik eragindako gurpilak.

Ur-erroten hedapenarekin batera hainbat hobekuntza egin ziren energia transmititzeko metodoetan eta beraien errotazio-mugimenduak xede berezietarako transformatzeko metodoetan. XII. mendeko zenbait ilustraziok erakusten dutenez, engranajea osatzen zuten korroaren eta pinoien proportzioak doitu egiten ziren errotarriari korronte

geldoetan ere errotazio-abiadura handia emateko; orobat, gurpil horz-tunaren mekanismo orokorra bestelako energia formen bidez mugitzen ziren errotentzat egokitu zen. XIII. mendeko amaieratik XVI. mendera bitarteko ilustrazio batzuek gisa horretako mekanismoak erakusten dituzte zaldiz, idiz edo eskuz eragindako errotetan, eta XVI. mendeko zenbait ilustraziotan haize-errotetan ageri dira. XII. mendeko amaierara iritsita, ur hidraulikoaren errotazio-mugimendua hainbat xedetarako transformatzen zen, hala nola gabiei eragiteko, bai urdin-belarra eta haritz-azala pilatzeko¹⁹ eta birrintzeko eta bai larrua eta beste zenbait substantzia zurratzeko. XIV. mendean, berriz, forja-mai-luetarako erabiltzen zen mekanismo hori. Pedal-mailua –*oliver* ingelesa– ere mende horrexetan agertu zen, eta XV. mendean minerala birrintzeko erabiltzen zen zapaltze-tresna bat deskribatu zen. XIII. mendeko azken urteetan, ur hidraulikoa forjako hauspoak mugitzeko ere egokitu zen (14. irudia), baita, Villard de Honnecourtek irudikatutako tresna bat benetakoa bazen, egurra mozteko zerrei eragiteko ere. Frogatuta dago hurrengo mendean uraren bidez eragindako zerrak existitzen zirela. XIV. mendean, bai gurpil hidraulikoak eta bai zaldiz mugitutako gurpilak erreminta zorrotzak egitera zuzendutako errota-rriei eragiteko erabiltzen ziren; XV. mendean, berriz, hainbat erabilera izan zituzten gurpil horiek: meategi eta gatz-hobietan, ponpatze-lanak egiteko; meategietan, biradera edo tornuez kargak altxatzeko; eta burdina ijzeteke eta haria trefilatzeko lantegietan, bertako makinei eragiteko. XVI. mendean, zeta-lantegietako makinei eragiteko erabiltzen ziren.

Haize-erroten erabilera ur-errotena baino askoz ere geroago etorri zen. Haize-erroten inguruan ezagutzen diren lehenengo datuak X. mendean agertzen dira, Pertsian zehar bidaiak egin zituzten geografo arabiarren idazkietan. Dena dela, litekeena da errotak garai hori baino lehen existitu izana. Idazki horiek deskribatzen dituzten haize-errotek ardatz bertikal bati eragiten dioten hegal horizontalak dituzte, eta ardatzaren beheko muturrean errotarri bat dute atxikita. Agian haize-errotak Espainiako arabiarren eskutik heldu ziren Pertsiatik Mendebaldera, gurutzaden bitartez, edota Pertsia- eta Baltikoaren arteko merkataritza-harremanen bidez, zeren ezaguna baita merkataritza-jardun horrek Errusia zeharkatzen zuela. Garbi dago, alabaina, XII. mendean Kristandadean agertu zirenean ipar-mendebaldean

agertu zirela haize-errotak, nahiz eta errota horiek ardatz horizontal bati eragiten zioten hegal bertikalak zituzten. Nolanahi ere, haize-errotak Mendebaldean nola hasi ziren alde batera utzita, garbi dago XII. mendeko amaierarako aski hedatuta zeudela Ingalaterran, Herbehereetan eta Frantziako iparraldean; haize-errotak urik gabeko eskualdeetan erabiltzen ziren gehienbat. Haize-errotak berekin ekarri zuen arazo mekaniko nagusia hegalak haizeari begira jartzeko beharretik zetorren. Lehenengo errotetan, egitura osoa biratu egiten zen ardatz edo zutoin baten inguruan (27. lamina). Horren ondorioa zen errotak txikiak izan behar zirela; izan ere, XV. mendeko amaierara arte ez zen lortu haize-errotak neurritz handitzea eta modu benetan eraginkorrean garatzea. Ardatza lurrarekin angelu txiki bat eginez jarri zen, hegalak haize-boladarik ez galtzeko moduan doitu ziren, freno bat erantsi zen, eta bazeuden errotarren posizioa doitzeko palankak. «Dorretxo» motako haize-errota Italian garatu zen XV. mendeko azken urteetan; mota horretan goiko atala soilik biratzen zen, eta lurrun-makina asmatu arte bera izan zen makina motoreen zerrendari gehitu zitzaion azken asmakuntza garrantzitsua.

Energia forma horien garapenak eta aplikazioak Erdi Aroan sortu zituzten aldaketa eta gorabehera sozial eta ekonomikoak XVIII. eta XIX. mendean sortuko zirenen antzekoak izan ziren, nahiz eta azken horiek askoz ere eskala handiagoan gertatu ziren. X. mendetik aurrera, jaun feudalak euren labore-erroten monopolioa hasi ziren eskatzen, diru iturria baitziren, eta horrek jaunen eta udalerriaren arteko borroka luzeak ekarri zituen berekin. Jumiègesko monjeek, jaun feudalak zirenez, Vivielleko esku-errotak suntsitu zituzten 1207an; St. Albanseko monjeek esku-erroten aurkako kanpaina bat egin zuten XIII. mendeko amaieratik «nekazarien iraultza» (Peasants' Revolt) –Wat Tylerren gidaritzapean Ingalaterrako komunitateek 1381ean gauzatu zuten altxamendu handia– heldu arte. XIII. mendean, pilategien mekanizazioak lekualdaketa masibo bat eragin zuen Ingalaterrako oihalgintzan: lantegiak hego-ekialdeko lautadetatik ipar-mendebaldeko mendietara mugitu ziren, bertan ura baitzegoen eskura. Ehuleen koloniak pilategien inguruan finkatu ziren Lake Districten, West Ridigen eta Stroud ibarrean, eta oihalgintza gainbehera etorri zen York, Lincoln, Londres eta Winchesterren, hau da, XII. mendeko industria ingelesaren gai nagusia –belartea– ekoizten zuten hirietan.

Lantegi horiek eraiki zituzten lur-jabeek oihala beraiei saldu behar zitzaiera agindu zuten, etxean eskuz edo oinez pilatzen utzi beharrean, eta horrek borroka luzea piztu zuen. Inguruabar horiek bizitasun handiz deskribatzen dira *Piers Plowman*-en, eta garbi dago jabeen jokabide hori nekazarien iraultza bultzatu zuten arrazoietakoa bat izan zela.

Pilategietan XIII. mendean eskuratuta zegoen osoko mekanizazio hori ez zen XVIII. mendera arte heldu oihalaren manufaktura osatzen zuten gainerako prozesuetara, nahiz eta horra bideratutako lehenengo urratsak Erdi Aroan egin ziren. Oihalgintza hasi zenean, beraren fase nagusiak hauek ziren: materiala eskuz kardatu eta orrazten zen; gero, goru batetik ardatz aske batera iruten zen eskuz; eta era horretan prestatutako irunaz «ehun» bigun bat egiten zen, eskuz eta oinez eragindako ehundegi batean. Horra iritsita, «ehuna» uretan pilatzen zen eta hortik feldroa ateratzen zen. Pilatzearen ostean, oihala «arradatzailearengana» eramaten zen; beronek iluna kentzen zuen kardarekin, eta horren emaitza ebakitzaileri eramaten zitzaion, harizpiak ebaki zitzen; hori eginda, geratzen ziren akats txikiak konpondu eta saltzeko prest geratzen zen oihala²⁰. Irute-lanaren mekanizazioa XIII. mendean hasi zen, eskuz biratutako gorua agertu zenean (26. lamina). Zeta bihurtzeko eta harilen inguruan biribilkatzeko prozesuak Bolognan mekanizatu omen ziren 1272an. Ezaguna da XIII. mendeko amaieran zenbait hari mota iruten zirela goruekin, eta gutxi gorabehera garai berean moxorkaz hornitutako gorua hasi zen erabiltzen; tresna horretan, irundako gaia modu erregularrean biribilkatzen zen ehuntze-lanerako erabiltzen zen anezkan zegoen moxorkan edo txirrikan. XIV. mendeko zenbait ilustraziok goruaren erabilera hori erakusten dute. Ikuspuntu mekanikotik begiratuta bereziki interesgarria da, errotazio-mugimendu jarraitua erabiltzeko lehen ahaleginetako bat izan baitzen. XV. mendeko amaieran, Leonardo da Vincik hobekuntza gehiago egin zituen iruteko eta harilkatzeko mekanismoetan; hala, bi prozesu horiek aldi berean egitea ahalbidetuko zuen «harilkai» baten diseinua marraztu zuen. Dirudenez, energia hidraulikoaren bidez edo zaldiz mugitutako tornu baten bidez eragindako makina handiak zituen gogoan. Halaber, Leonardok makina mekaniko bat diseinatu zuen oihalaren ilauna kardaz tunditzeko. Izan ere, inoiz ez da asmatu karda baino tresna hobeagorik lan horretarako, nahiz eta XV. mendeaz geroztik ahaleginak egin diren burdinazko kar-

dak ere erabiltzeko. Harilkaia 1530aren inguruan hasi zen erabiltzen, beste berrikuntza bat zuen goru batean, hots, pedalez eta biraderaz mugitzen zen goru batean. Antza denez, irundegi mekanikoak eta ilauna tunditzeko makinak aski hedatuta zeuden Italiako zetaren industrian XVI. mendetik aurrera; Zoncak zehaztasunez deskribatu zituen (1607) (30. eta 31. laminak).

Ehuntzeari dagokionez, Erromako inperioa amaitu zenetik Mendebaldeko zeta-manufaktura XIV. mendean berpiztu zen arte egin ziren hobekuntza gehienak Mendebaldetik kanpo gauzatu ziren, Bizantzion, Egipton eta Txinan batik bat, nahiz eta Berant Erdi Aroan berehala eraman ziren Mendebaldera. Hobekuntza horien xede nagusia zetazko material estanpatuak ehundu ahal izatea zen, eta horretarako beharrezkoa zen irazkitik mugitu behar ziren hari konkretuak aukeratu ahal izatea. Hori ehungailuan egindako bi hobekuntzaren bidez lortzen zen: lehengo hobekuntza irazki-hari hobeak zituen ehungailu pedalduna izan zen, zeinari gero bastidore orrazidun bat gehitu baitzitzaion, anezkak iriste-pista bat izan zezan; eta bigarren hobekuntza damasko antza emateko ehungailua izan zen. Badirudi bi tresna horiek Egipton existitzen zirela VI. mendearen inguruan, eta Kristandadera Italiatik sartu bide ziren, agian XI. mendean bertan. Zetaren industrietatik ehun-manufakturaren beste adar batzuetara hedatuko zen gerora. XIV. eta XV. mendeetan beste hobekuntza txiki batzuk egin ziren Europako ehuntze-tekniketan; XVI. mendean, trikota-makina bat –edo puntua egiteko bastidore bat– asmatu zen, hilabete bat lehenago eskuz trikotatzeko teknika asmatu eta gero; eta 1621aren inguruan zintak ekoizteko ehungailu bat asmatu zen. Dena dela, ehungintzan egindako hobekuntza nagusiak ez ziren etorri anezka flotatzailea eta ehungailu mekanikoa asmatu ziren arte; izan ere, tresna horiek eta garai berean irundegien mekanizazioan egin ziren aurrerapenak goitik behera transformatuko zuten ehungintza, Ingalaterran batik bat, XVIII. mendean eta XIX. mendeko hasieran.

Erdi Aroko amaieran azkar mekanizatu zen beste industria bat liburuaren ekoizpena izan zen. Inprimatze-lana osatzen duten elementuen artetik, badirudi lihozko paperaren manufaktura Txinan hasi zela I. mendean; hortik abiatuta, Islamen mende zeuden herrietan zehar hedatu eta Kristandadera iritsi zen XII. mendean, Espainiatik eta Frantziako hegoaldetik. Material hori askoz ere egokiagoa zen inpri-

maketarako pergamino zaharra eta papiroa baino, zeren pergaminoa garestia goa baitzen eta papiroa hauskorra goa. Inprimaketan erabilitako olio-baseko tintak margolarien eskutik garatu ziren hasieran, kaligrafoen eskutik baino gehiago. Prentsak ezagunak ziren lehendik, ardoa ekoizteko eta oihala estanpatzeko erabiltzen baitziren. Elementu nagusia, karakterea bera alegia, egur-grabatzaileek eta urreginek eskuratutako jakintzak ahalbidetu zuen, berauek metala galdatzeko teknika bat garatu baitzuten. Karakterea hiru fase nagusitan garatu zen, aurrena Txinan eta hurrena Europan; dena dela, bi kontinente horietan erabiltzen ziren teknikak oso desberdinak zirenez, zaila da esatea norainoko eragina izan zuen bakoitzak bestean. Txinari dagokionez, egurrezko moldeen bidez inprimatzeko teknika –orrialde bakoitzerako molde bereiztu bat moztuz– VI. mendean agertu zen, egurrezko karaktere mugikorren bidez inprimatzekoa XI. mendean, eta metalezko letra mugikorren bidezko teknika XIV. mendean (Korean). Europari dagokionez, berriz, eskuizkribuetako lehenengo letra landuak egitera zuzendutako egur grabatuak 1147an agertu ziren aurreneko aldiz, Engelbergeko monasterio batean; moldeen bidezko inprimaketa Ravennan agertu zen, 1289an, eta XV. menderako Europako leku askotan erabiltzen zen; metalezko karaktere mugikorra XIV. mendeko amaieran iritsi zen; hala, 1381ean Limogesen agertu zen, 1417an Anberesen, eta 1444an Avignonen. Metal galdatzeko moldeen abantaila zen molde bakar batetik ehunaka kopia egin zitezkeela letra guztiekin; egurrezko moldeekin, aldiz, banan-banan grabatu behar zen letra bakoitza. Nahiz eta Europan dokumentatu den lehen kasua Herbehereetan agertu zen, zehaztasunez antolatutako karaktere mugikor multzo baten erabilera Mainzen eraman zen perfekziora. Mainzen, 1447 eta 1455 bitartean, Gutenberg eta beraren bazkideak metalezko karaktere-molde doigarria hasi ziren erabiltzen berunezko karaktereak egiteko, karakterea hanean galdatzeko metodo zaharraren orde; horren ostean, matrizeak hobetu zituzten eta kobrezko karakterea hasi ziren prestatzen. Asmakuntza horiek estrategikoak izan ziren inprimatze teknikarako, zeren liburuak eskala handian argitaratzeko aukera eskaini baitzuen.

Agian Erdi Aroko teknika mekanikoen emaitzarik ikusgarriena garai hartako eraikinen dira; alde horretatik, eliza handien eraikuntzan sortzen ziren arazo estatikoak konpontzeko Erdi Aroko eraikitzaileek

erabili zituzten tresna asko erabat originalak izan ziren. Ezin esan dai-teke Erdi Aroko eraikitzailea noraino ote zen enpiriko hutsa eta norai-no izan ote zen gai lan teorikoaren emaitzak estatikaren eremuan apli-katzeko, baina esanguratsua da ezen XII. mendeko amaieran eta XIII. mendean, hain zuzen ere katedral nagusien eraikuntza-lanak arazo praktikorik handienak sortzen ari zirenean, Jordanus Nemorarius eta beste aditu batzuk ekarpen garrantzitsuak egiten ari zirela estatika teo-rikoaren alorrean; XIII. mendean, gutxienez arkitekto batek –Villard de Honnecourtek– erakutsi zuen geometriaren inguruko ezagutza bazuela. Arkitektura gotikoan egin ziren aurrerapen originalen iturria basilikaren nabe zentralaren horma meharretan harrizko teilatu bat jartzeko ahaleginak izan ziren –basilika eliza kristauen forma arrunta zen Erromako garaietatik–. Erromatarrek ez zieten inoiz ere aurre egin behar izan Erdi Aroko eraikitzaileei sortu zitzaizkien arazo horiei, zeren beraien bainuetxeetako kanoi-gangak edo ertz-gangak hormigoiz egiten baitzituzten, eta kupulak, hala nola Panteoikoa, hori-zontalean jarritako eta mortairuz lotutako adreilu-ilarez; hormigoia edo mortairua gogortzen zenean, teilatuak horman egiten zuen presioa oso txikia zen. Hori ez zen gertatzen Erdi Aroko eraikinetan, bertan ez baitzen ez hormigoirik ez mortairurik erabiltzen.

Burgundiako X. eta XI. mendeko arkitektoek ahaleginak egin zituzten euren nabeak estilo erromatarreko kanoi-gangez estaltzeko, baina zera ikusi zuten: alboko hormek jasaten zuten presio izugarriak kanporantz bultzatzen zituela, horma horiek oso lodiak izan arren. Zailtasun hori gainditzeko lehen saioa alboetako nabeak nabe nagu-siaren ia pareraino igotzea izan zen, gero angelu zuzenetan elkartzen ziren bi kanoi-gangez osatutako ertz-gangen bidez estaltzeko. Alboko nabeetako ertz-ganga horiek konpentsatu egiten zuten nabe nagusia-ren kanoi-gangaren bultzada eta beraiek oso presio txikia egiten zuten, izkinetan izan ezik, eta hor zutabe sendoen bidez sostengatu ahal ziren. Konponbide horren alde txarra zen elizako argia alboko nabee-tako leihoetatik soilik sartzen zela, eta, hala –eliza klunitar askotan gertatzen zen bezala–, nabe nagusiko sabaia altxatzen baldin bazen alboko nabeen gainean leihoak irekitzeko, orduan hormak amildu egi-ten ziren euskarri nahikorik ez zutelako. Vézelayn eta Langresen kon-ponbide bat aurkitu zen horretarako: nabe nagusirako ertz-gangak era-bili zituzten, eta gangaren diagonalak eraiki ahal izateko egurrezko bi

armazoi erdi-zirkular jarri zituzten beraien azpian. Horren bitartez, XI. mendeko eraikitzaileak gai ziren sabai gangadunak eraikitzeko, bai esparru karratuak eta bai esparru oblongatuak estaltzeko: hormarte bakoitzaren gainean ganga bereiztu bat zegoen, hormarteak elkarren artetik bereizten zituzten zeharkako arku erdi-zirkularren gainean jarrita.

Dena dela, konponbide horrek akats nabariak zituen. Arku erdi-zirkularren forma –zeinean altuera hormartearen erdia izan behar baitzen– ez zen batere elastikoa, eta kanporanzko bultzadak izugarria jarraitzen zuen izaten, halako moldez non zeharkako arkuek gainbeheratzeko joera izaten baitzuten. Arku zorrotzari esker, berriz, diseinu-elastikotasun handia lortu zen, kanporanzko bultzada murrizteaz batera. Arku mota hori XI. mendeko amaieran agertu zen Kristandadean, aurrena Vézelayn eta beste eliza klunitar batzuetan eta hurrena Ile-de-Francen. Badirudi Europara Asia Txikia eskualdetik eramán zela, bertan ezaguna baitzen IX. mendean geroztik. Gisa horretako arku-erdiak Frantziako zenbait elizatan erabili ziren XII. mendean, hormei eusteko. Izatez arbotanteak ziren, edozein alderditik begiratuta, triforioko sabaiaren azpian ezkutatuta bazeuden ere.

Ganga-formako sabai erromanikotik estilo gotikora pasatzeko prozesua osatu zuen urratsa ertzak eraikitzeke erabiltzen ziren egurrezko armazoen gainetik arku diagonalak eraikitzea izan zen, eta, horrekin batera, arku horiek nerbio bezala (zutabeetatik aterata) erabiltzea, beraien gainean gangen azala eraikitzeke. Antza denez, teknika hori Europako zenbait eskualdetan erabili zen XI. mendean eta XII. mendeko hasieran, eta asmakuntza horixe izan zen Ile-de-Francelo estilo gotiko paregabea bultzatu zuena, XII. mendean. Diseinu-elastikotasun handia eman zion gangari, eta edozein formatako edozein espaziori ganga-forma erraztasunez ematea ahalbidetu zuen, baldin eta espazio hori triangelutan zatitu ahal bazen; ahalbidetu ere arku eta ganga guztietako gainak desiratutako mailan egotea ahalbidetu zuen. Askatasun hori are handiago bihurtu zen geroago, zeren konturatu baitziren nerbio diagonalak ez zirela arku osoak izan behar, eta, hortaz, hiru nerbio-erdi edo gehiago erabili ahal ziren, sabai puntadun baten gainean bata bestearen kontra bermatuta. Nerbio finkoak erabiltzen hasi eta gero, gangaren azala betetzeko metodoaren inguruko desadostasunak desberdintasun nabariak sortu zituen Frantziaren eta

Ingalaterraren artean, sabaiaren diseinuari dagokionez. Frantziako metodoa zen gangaren panel bakoitza arku-formakoa eta euskarri independentekoa egitea. Ingalaterrako metodoak, aldiz, ez zituen bere panelak euskarri independenteez egiten, halako moldez non nerbio gehiago gehitu behar baitziren panelei eusteko, eta horrek abaniko-formako ganga ekarri zuen berekin, Exeterko katedralean eta Cambridgeko King's Collegeko kaperan ikus daitekeen bezala.

Agian harrizko gangek sortutako arazoak konpontzeko asmatu zen tresnarik harrigarriena arbotantea izan zen, lehendabiziko aldiz XII. mendean Ile-de-Francen erabilia. Eraikitzaile ingelesek tradizio normandoari eutsi zioten hasieran, horma lodiak eraikitzen jarraitu baitzuten; frantziarrek, aldiz, beirateen markoek behar zuten lodiera eta apur bat gehiago soilik ematen zieten hornei. Hori horrela izanik, zenbait mekanismo asmatu behar izan zituzten nabe nagusiko sabaia- ren bultzada konpentsatzeko. Erabaki zutena izan zen arku-erdi bat eramatea alboko nabeko sabaiaren gainaldetik nabe nagusiko sabaia- ren eta hormaren arteko lotunera. Horixe egin zuten 1135ean Poissyn, baita geroago Sensen eta St. Germain des Prèsen ere. Gero konturatu ziren sabaiaren bultzada hormatik behera ere hedatzen zela, eta kon- ponbide gisa arbotantea makurtu egin zuten bultzada horri aurre egi- teko, Chartresen eta Amiensen ikus daitekeen bezala. Sabaiaren bul- tzada konpentsatzeko metodo horrek beste arazo bat sortu zuen, zeren ekialdetik mendebaldera zihoan tentsio handi bat eragin baitzion erai- kinari. Eraikina norabide horretan ondo finkatzeko, aparteko sendota- suna eman zitzairen hormako arkuei eta leihoen gaineko hegalei. Frantziako elizetako leihoek horren bitartez eskuratu zuen ikusgarri- tasuna –Parisko La Sainte Chapellen ikus daitekeen bezala– ez zuen inoiz ere parekorik izango Ingalaterrakoetan.

Seguruenik, XII. eta XIII. mendeetako arkitektoek asmatutako tresnetako asko arau enpirikoetan oinarritu ziren. Horren ondorioz, Erdi Aroko eraikuntzaren garai nagusian oso tratatu gutxi aurki dai- tezke gai horren inguruan. Dena dela, Villard de Honnecourten lan- koadernoak erakusten duenez –arkitekto horrek Laon, Reims, Chartres eta beste katedral frantziar batzuetako zenbait atal diseinatu zituen–, XIII. mendeko arkitektoek gaitasun nabaria zuten eraikuntza- ren eremuan tentsioek eta pisuak jasotzeko ekintzek sortzen zituzten arazoak orokortzeko, idazki teorikoen gabeziak kontrakoa pentsaraz-

ten bazuen ere. Albertiren *Architettura*-k, berriz, XV. mendeko arkitektoek mekanikari buruzko jakintza maila ona zutela erakusten du. Jakintza hori are agerikoago bihurtu zen XV. mendeko amaieran eta XVI. mendeko hasieran, zeren Leonardo da Vinci gai izan baitzen edozein diamentrotako zutabe batek edo zutabe multzo batek arazorik gabe zenbateko pisua sostenga zezaketen kalkuatzeko. Halaber, emandako edozein neurritako habe batek sostenga zezakeen gehieneko pisua zein zen determinatzen saiatu zen. XVI. mendea iritsita, Vitruvio eragin handia izaten hasia zen eraikuntzaren alorrean, baina beraren jarraitzaileek –hala nola Palladiok, zeinaren *Architettura* 1570ean argitaratu baitzen– nabarmenki gainditu zuten jakintza zientifikoaren ikuspuntutik. XVII. mendean, materialen erresistentzia eta arkuaren egonkortasuna ikerkuntza gai bihurtu ziren Galileo, Wren, Hooke eta beste matematikari profesional batzuentzat; Wren eta Hookek arkitekto bezala ere lan egin zuten.

Eraikuntzaren eremuan jarraituz, Erdi Aroan nabarmenki hobetu zen beste adar bat itsasontzien eraikuntza izan zen, haizearen energia hobeto aprobetxatzea xedetzat hartuta. Erdi Aroko Europan bi itsasontzi mota nagusitu ziren; lehenengo motak Erromako galera hartzen zuen eredutzat, eta bigarrena Eskandinaviako itsasontzi luzea. Bi mota horiek bazituzten ezaugarri komun batzuk: biak luzeak, meharrak eta hondo laukoak ziren, masta bakarra zuten eta bela karratua; biak itsasontziaren txoparen albo batean jarritako arraun baten bitartez gidatzen ziren. Sistema horretan egindako lehendabiziko hobe-kuntza txopatik brankara zihoan aparailua izan zen, Greziako IX. mendeko miniaturretan bat-batean agertu zen bela latindarrean ikus daitekeen bezala. XII. menderako, bela latindarrak aski erabiliak ziren Mediterraneoan, eta hortik Europako iparraldera hedatu ziren. Aldi berean, itsasontziak gero eta handiagoak ziren, gehiago ateratzen ziren itsas azalaren gainetik, masta gehiago jartzen zitzaizkien eta, XIII. mendean, txopako korastari –berau gilaren luzapen bat zen– atxikitako lema modernoak agertu zen aurreneko aldiz (28. lamina). Hobekuntza horiek bolinara modu eraginkorrean joatea ahalbidetu zuten, eta horrek arraunlariak erabiltzeko beharra kendu zuen eta esplorazioen eremua zabaldu. Itsasontziak mekanizatzeko lehenengo saioetako bat XV. mendeko hasieran agertu zen, Konrad Kyeserrek eta Jacopo Mariano Taccola injineru sienarrak gorpil paladunez hornitu-

tako itsasontziak diseinatu baitzituzten –horrek ez du esan nahi, baina, diseinuak benetan praxira eraman zirenik–. Ramellik ere itsasontzi paladun baten ilustrazioa eman zuen 1588an, eta beste askakuntza bat, urpekuntzia, eraiki eta arrakastaz erabili zen Tamesisen 1614an.

Ibaien bidezko garraioan ere hobekuntza garrantzitsu bat egin zen XIV. mendearen inguruan, ubideetan eskusak eraikitzen hasi baitziren. Lehorreko garraioan ere aukera berriak sortu ziren. Hala, errepideak egiteko teknika berri bat sortu zen: harrizko kuboak erabiltzen ziren, lur solteko edo hareazko ohe batean jarrita; beste alde batetik, ibilgailu gurgildunetan aurrerapenak egin ziren, hala nola eskorgaren askakuntza (XIII. mendean). Lehorreko ibilgailuak mekanizatze saioak ere goiz hasi ziren, 1420an hain zuzen ere, Fontanak belozipe do bat deskribatu baitzuen urte horretan. XVI. mendeko amaieran, gizakiek gidatutako makinak bitartez eta belak bitartez mugitutako gurdiak eraikitzen bide ziren Herbehereetan. Gutxienez XI. mendean geroztik, hegaz egiteak arreta piztu zuen Mendebaldean; izan ere, badi-rudi Oliver Malmesburykoak hankak hautsi zituela garai hartan, eskuei eta oinei lotutako hegalekin dorre batetik planeatzen saiatu zenean. Roger Baconek ere hegaz egitearen inguruko interesa azaldu zuen. Leonardo da Vinci hegaz egiteko makina mekaniko bat diseinatu zuen, bere hegalek txoriek bezala astintzen zituen makina bat, hain zuzen ere.

Garraio-metodoen hobekuntza horiei lotuta aurrerapen garrantzitsu bat egin zen Mendebaldean, zeren Erromako garaia- ren ostean lehenengo mapa onak agertu baitziren berriro garai horretan. Lemari eta itsasorratzari mapa zehatzak gehitu zitzaizkienean –itsasorratza XII. mendean hasi zen erabiltzen (ikus 120. eta hurrengo orrialdeak)–, itsasontziek lehorra ikusi gabe nabigatu ahal izan zuten modu eraginkorrean; Mumforden esanetan, espazioaren inguruan sortutako itxaropen arrazionalak esplorazioa bultzatu zuten, arlo horretan sumatzen ziren hutsuneak betetzeko xedez. Erdi Aroko lehenengo benetako mapak marinelentzako mapa *portulanoak* edo nabigazio-kartak izan ziren. Ezagutzen den lehendabiziko *portulanoa* XIII. mendeko amaierako *Carte Pisane* da, baina beraren perfekzio teknikoak ikusita badi-rudi beste batzuk egin zirela lehenago, inoiz aurkitu ez baziren ere. Esaten denez, Genoako zenbait marinelak bere posizioa erakutsi zioten mapa batean San Luis Frantziakoari 1270ean, Tunisiarantz zihoala-

rik. Eskura dauden frogak batzuek *portulanoak* Eskandinavian asmatu zirela pentsarazten dute, baina frogatuta dago arabiarrek kartak zituztela aspalditik, eta, halaber, Bizantzio, Katalunia eta Genoako marinelek ere nabigazio-kartak garatu zituztela. Ezagutzen diren *portulano* guztietan *legua* katalana erabiltzen zen distantziak neurtzeko, eta, horrenbestez, badirudi katalanek euren nagusitasuna aldarrika deza-ketela alor horretan. Dena dela, litekeena da erabilera hori geroago finkatu izana, erosotasunaren eraginez. Egia esan, *portulanoen* jatorria erabaki gabeko kontua da oraindik ere. Iraganeko *Mappae mundi* sinboliko tradizionalekin alderatuz gero, *portulanoen* berritasun nagusia da eremu espezifikotarako egiten zirela, bertan gida moduan erabiltzeko. Gizon praktikoez eginda, beraien oinarria distantziaren eta azimuten zuzeneko determinazioa zen, korrikina eta itsasorratza baliatuz; esan beharra dago, haatik, normalean kostaldeko eremuak baino ez zituztela barne hartzen. Ez zuten ez latitudea ez longitudea adierazten. *Portulanoak* norabide-lerroz osatutako sare batez estalita zeuden; era horretan, itsasorratzaren arabera leku bakoitzak zuen markazioa ematen zen mapan. Norabide-lerroak zirkulu batean antolatutako zenbait puntutatik irradiatzen ziren, zeinak haize-arrosan adierazitako puntuei baitzegozkien.

XIII. mendeko zenbait adituk lehorreko eskualdeak eta kostaldea erakusten zituzten beste mapa zehatz batzuk egin zituzten; izan ere, Roger Bacon eta beste zientzialari batzuk geografia erreagatik hasi ziren interesatzen garai hartan. Baconek berak ez zuen inolako ekarpen praktikorik egin kartografiaren eremuan, baina Europaren eta Txinaren arteko ozeanoak zabalera handirik ez zuela sinetsi izanak eragina izan omen zuen Kolonen ikusmoldeetan; beronek Pierre d'Ailly eta Aeneas Sylviusen lanetan ere aurkituko zuen ideia hori. 1250ean, Matthew Parisek Britainia Handiko lau mapa marraztu zituen, harresi erromatarra, errepideak, hiriak eta gisa bereko xehetasunak erakutsiz. 1325 eta 1330 bitartean, kartografo ezezagun batek Ingalaterrako mapa bat zehatz bat egin zuen, xehetasun asko erakutsiz: «Gough Map» izeneko mapa, alegia. Gaur egun Oxfordeko Bodleian Libraryn dagoen mapa horrek errepideak erakusten ditu, baita –dirudienez– bidaiariek kalkulaturako distantziak ere (32. lamina). Gutxi gorabehera garai berean, Opicinus Canistriskoak –1352aren inguruan hila– Italiako iparraldea erakusten zuten mapa

onak egin zituen; 1375ean, berriz, «kartografoen eskola mallorcarrak» *Catalan Mappemonde* famatua egin zuen Frantziako Karlos Varentzat; mapa horrek *portulanoen* eta lehorreko mapen abantailak konbinatu zituen, eta Afrikako iparraldea eta Asiako alde batzuk sartu zituen barne (ikus 33. lamina). Mallorcako zentro horrek itsasoari eta merkataritzari buruzko informazio kantitate eskerga bilduta zuen, eta Enrike Nabigatzailea printzeak 1437aren inguruan Sagresen eratu zuen kolonia– eta itsaso-institutuaren aurrendaria izan zen. Hasierako mapek ez zuten ez latitudea ez longitudea erakusten, nahiz eta hiri askotako latitudea determinatuta zegoen astrolabioaren bidez (ikus 93. orrialdea eta hurrengoak). Hala eta guztiz ere, Ptolomeok paralelo eta meridianoz osatutako sareak erakusten zituzten mapak marraztu zituen bere *Geographia*-n. Antza denez, lan horretatik heldu zaigun bertsioari atal batzuk gehitu zaizkio geroko konpilazio batean, eta badirudi eskuizkribuan dauden mapak Bizantzioko zenbait artistek egin zituztela XIII. eta XIV. mendeetan. Giacomo d'Angelo izan zen obra hori berreskuratu eta latinera itzuli zuena. Autore horrek Gregorio XII.a eta Alexandro V.a aita santuei dedikatu zien itzulpen hori –1406an eta 1409an, hurrenez hurren–, Florentziako artista batek jatorrizko testu grekotik moldatutako mapa bikain batzuk gehituta. Horren ostean, kartografoek Ptolomeoren praktikari heldu zioten. Andrea Biancok 1436an egin zuen Europako mapa eta Nikolas Cusakoaren (1401-64) eskuizkribuen artean aurkitutako Europa Zentraleko mapa –1491an inprimatua– horren adibide onak dira. Ptolomeok berak egindako munduko atlas edizio ugaritan inprimatu zen 1477tik aurrera, zeren beraren *Geographia* urte horretan argitaratu baitzen aurreneko aldiz Ptolomeoren mapekin batera –Bolognan–. Mapa horiek Italiako kartografoen eskutik moldatuta zeuden (ikus 34. lamina). Ptolomeoren obrak kartografia aldatu zuen arian-arian, meridianoarene arkuaren neurri lineala zehaztasunez kalkulatzeko premia azpimarratu baitzuen; izan ere, bere iritziz, hori ezinbesteko betekizuna zen lehorreko eskualdeen kartografia zehatza izan zedin.

XVIII. mendeko amaierara arte, makinerian eta eraikuntzan erabiltzen ziren material garrantzitsu gehienak egurrezkoak ziren. Urerroten eta haize-erroten, goruen, ehundegien, prentsen, itsasontzien eta ibilgailuen atal gehienak egurrezkoak ziren, eta makina askotako gupil horztunek egurrezkoak izaten jarraitu zuten XIX. mendera arte.

Hala, lehenengo makina-erremintak egurra lantzeko garatu ziren, eta erremintetan ere ertz ebakitzaila soilik zen metalezkoa. Daratuluei dagokienez, Berant Erdi Aroan desagertu egin zen Neolitikotik eza-gutzen zen arku-daratulua –tresna horretan, daratuluak bere inguruan bildutako eta bi muturretatik arku bati lotutako kordel bat zuen, eta arkua aurrera eta atzera joatean arin mugitzen zen–, eta beraren orde-z birabarkia eta barrena hasi ziren erabiltzen; horrez gain, zuhaitzeko enbor trinkoak zulatzeko eta ponpetarako zilindroak egiteko makina bat ezagutu zen. Doitasun-lanak egiteko makina-erreminta garrantzi-tsuena tornua zen; badirudi lanabes horren formaren bat ezaguna izan zela Antzinaroan, baina haga-tornua Erdi Aroan asmatu bide zen. Haga-tornuez ezagutzen diren lehendabiziko ilustrazioak Leonardo da Vinciren marrazkietan soilik agertzen dira, baina badirudi garai hori baino lehen ere erabili zirela. Ardatza bere inguruan bildutako kordel baten bitartez mugitzen zen, arku-daratuluan bezala; kasu honetan, baina, beheko partean pedal bati atxikita zegoen, eta goiko partean haga malgu bati, zeinak kordela atzera eramaten baitzuen oina peda-letik kentzean. Leonardoren beste marrazki batean, gurpil batetik datozen uhalen bitartez mugitzen den tornu birakari bat ikus daiteke. Nolanahi ere, biraderaz eta pedalez mugitutako tornu birakariak ez ziren XVII. mendera arte hedatu. Lehenengo tornu horietan, landu nahi zen pieza zentro finkoen artean biratzen zen; XVI. mendeko erdialdean, aldiz, Bessonek mandril-tornu bat diseinatu zuen; bertan, pieza plater bati lotzen zitzaion, eta plater horri energia aplikatzen zitzaion. Bessonek torlojuak ebakitzeko tornu bakun bat ere diseinatu zuen (35. lamina). Tornu horretan hobekuntza batzuk egingo ziren XVII. mendean, hala nola erlojugileek egin zioten aldaketa: pieza erreminta finko batetik pasatu beharrean, erreminta bera mugitzen zen eta piezak biratu baino ez zuen egiten. Era horretan, egurra lan-tzeko diseinatutako lehenengo makina-erremintetatik metalak doita-sunez lantzea ahalbidetzen zuten erremintak garatu ziren.

Metal hutsez egindako lehendabiziko makinak su-armak eta erloju mekanikoa izan ziren; hain zuzen ere, erloju mekanikoa makine-ria automatiko modernoaren prototipoa da, beraren atal guztiak doita-sunez diseinatuta baitaude zehaztasunez kontrolatutako emaitza bat lor-tzeko. Erloju mekanikoan erabat menderatu zen gurpil horztunen era-bilera, hau da, historiako lehen makineriaren punturik interesgarriena.

Antzinako egiptoarrek klepsidraren moduko ur-erlojuak erabili zituzten; horrelakoetan, zulo txiki batetik jausten zen ur kantitatearen arabera neurtzen zen denbora. Greziarrek, berriz, erloju horiek hobetu zituzten: orduak eskala batean seinalatzen zituen adierazle bat erantsi zieten erlojuei, baita mugimendua erregulatzen zuen aparatu bat ere. Arabiarrek eta kristau latindarrek garatu zituzten ur-erlojuak greziarren aparatu horietan oinarritu ziren, baita txotxongiloen antzerki automatikoaren aparatuetan ere, antzerki hori oso ospetsua baitzen Erdi Aroan. Ur-erlojuak arrakasta handia lortu zuten, hainbestearino non XVIII. mendera arte erabili baitziren. Ur-erlojuak erregulazio-mekanismo batez bete eta husten zen ontzi batean igeri zegoen flotagailu baten bidez funtzionatzen zuten; flotagailuaren mugimendua adierazleari komunikatzen zitzaion –adierazlea, normalean, txotxongilo keinukari bat izaten zen–, soka eta poleen bitartez. Islameko erloju batzuk oso handiak ziren, eta jendeak ikusteko moduko lekuetan kokatzen ziren; Kristandadean, aldiz, erloju txikiagoak erabili ziren monasterioetan; erlojuak jagole berezi bat izaten zuten, zeinaren zereginetako bat erlojua gauean doitzea baitzen, izar batean egiten zituen behaketen bidez. Diotenez, Gerbertok gisa horretako erloju bat egin zuen Magdeburgeko monasteriorako. Antzinako beste erloju batzuek piztutako kandela baten bidez funtzionatzen zuten; halaber, Gaztelako Alfontso X.aren zat XIII. mendeko erdian prestatutako lan batek bestelako erloju mota bat deskribatu zuen, hots, Merkurioak irekiune txikiak zeharkatzean sortzen zen erresistentziaren bitartez kontrolatutako pisu baten jaitsieraren bidez funtzionatzen zuen erloju bat. Horrelako aparatuak astronomiaren hainbat mekanismotan –planetarioetan, mekanikoki biratutako izar-mapetan, eta abar– ere garatu ziren; izan ere, mekanismo horiek erloju mekanikoaren aurre-historiaren funtsezko parte dira, denbora neurtzeko tresna soilak bezain beste. Horrelako aparatuetan ez zegoen inolako engranajerik.

Erloju mekanikoaren ezaugarri nagusiak hauek ziren: jausten zen pisu batek gupil horztun multzo bat abiarazten zuen; aldi berean, ihes-mekanismo oszilakor batek pisuaren azelerazioa eragozten zuen –beraren jausialdian–, pisua tarte laburretan maiz geldiarazten bidez. Ihes-mekanismo baten lehenengo ilustrazioa –gutxienez Mendebaldean– XIII. mendeko erdian agertu zen, Villiard de Honnecourtek marraztutako aparatu batean; aparatu horren asmoa zen aingeru bat

astiro biraraztea, beraren atzamarrak beti Eguzkirantz seinala zezan (36. lamina). Litekeena da lehenengo erloju mekanikoak hortik gutxira fabrikatzen hasi izana. Izan ere, XIII. mendeko bigarren erdian, erloju mekanikoen itxura zuten aparatu batzuen erreferentziak aurkitu ziren Londres, Canterbury, Paris eta beste toki batzuetan, eta XIV. mendeko lehen erdian gauza bera gertatu zen Milan, St. Albans, Glastonbury, Avignon, Padua eta beste zenbait tokitan. Horietako batzuk planetarioak ziren erlojuak baino gehiago, beraien eginkizuna zeruko gorputzen mugimendua erakustea baitzen. Agian mekanismoa ezagutzen zaien lehenengo benetako erlojuak hauexek dira: Doverko gazteluko erlojua –1348koa dela esan ohi da, baina badirudi geroagokoa dela (37. lamina)– eta Parisko Errege Jauregian –gaur egun Justizia Jauregia– 1370ean jarritako Henri de Vicken erlojua. Erloju horiek erregulatzeak haga-ihes bat eta *foliot* balantza bat erabiltzen ziren. Mekanismo horren funtsezko osagaia zerra moduko hortzak zituen ihes-koroa bat zen; beraren hortzak haga batean engranatzen ziren elkarren txandan, bi xafla edo trinket txikiren bitartez, halako moldez non gurpila aldizka gelditu eta askatzen baitzen. *Foliot*-a «ihes»-koroaren edo «ihes»-gurpilaren errotazio-abiadura erregulatzeak mekanismo bat zen, eta, beraz, erlojuaren orratzei eusten zien ardatzean bukatzen zen gurpil multzo guztia erregulatzen zuen mekanismoa zen. Haga-ihesaren eta *foliot* balantzaren perfekzioak muga bat ezarri zuen erlojuen diseinuan, zeren eta, zehaztasunaren ikuspuntutik begiratuta, mekanismo horietan ez baitzen aurrerapenik egingo XVII. mendean pendulua erlojuetan aplikatzen hasi zen arte; nolanahi ere, hori baino lehen hainbat hobekuntza txiki egin ziren erlojuen fabrikazioan. Hasierako erloju gehienak oso handiak izaten ziren, eta, hortaz, beraien atalak errementariek egiten zituzten. De Vicken erlojua mugitzen zuen pisua 500 liberakoa zen, eta 32 oin jaisten zen 24 orduan; erlojuaren osoko pisua benetan nabaria zen: ia hiru laurden tona. XV. mendean, berriz, erlojuak txikiagotu eta etxeetan hasi ziren erabiltzen; atalak elkarri lotzen zitzaizkion, torlojuen bidez; eta mendea amaitzean malgukiz mugitutako lehen «sakelako erlojuak» azaldu ziren.

Egin ziren lehen erloju horiek nahiko zehatzak ziren, baldin eta gauero izar bat behatuz erregulatzen baziren. 1500. urterako, hiri gehienek erloju publikoak zituzten monasterio eta katedraletako kanpoko hormetan edo dorre berezietan. Erloju batzuek ordua jotzen

zuten, besterik gabe; beste batzuek, aldiz, 12 edo 24 zatitan banandutako disko zirkular batean ere erakusten zuten. Erlojuak leku publikoetan kokatzearen efektua izan zen garai hartako zazpi ordu liturgiko aldakorrak erabat ordeztu zirela, beraien lekuan erlojuaren 24 ordu berdinak jarritz. Antzinaroko lehen urteetatik, astronomoek 24 ordu berdinetan banatu zuten eguna, ekinozioko ordua ordu estandartzat hartuz, eta Goiz Erdi Aroan ere sistema horri eutsi zitzaion, batez ere bizimodu zibilean, sistema eklesiastikoaren ondoan. Frantziako Karlos V.ak urrats erabakigarri bat egin zuen 1370ean, zeren Parisko eliza guztiei orduak eta laurdenak de Vicken erlojuaren arabera jotzeko agindu baitzien; horren eraginez, urte horretatik aurrera askoz ere arruntago bihurtu zen ordu berdinen sistema. Ordua 60 minututan eta minutua 60 segundotan banatzeko praktika ere nabarmenki hedatu zen XIV. mendean, halako moldez non 1345ean aski arrunta baitzen. Ordua banatzeko sistema hori onartzeak denboraren neurketa zientifikoaren lehenengo etapak osatu zituen; kontuan hartu behar da horren ezean ia ezinezkoak izango zirela fisikan eta makinerian gero egingo ziren hobekuntzak.

4. KIMIKA INDUSTRIALA

Lewis Mumfordek modu adierazgarrian esan zuen bezala, zurak «industrialtasun berriaren esku-ariketak ekarri zituen»; aldi berean, baina, makineria modernoaren eta doitasun-tresnen zein aparatu zientifikoen garapena ezinezkoa izango zatekeen industria kimikoaren produktu artifizialak agertu ez balira, batez ere metalak eta beira agertu ez balira (ikus, lehenago, 139. orrialdea eta hurrengoak).

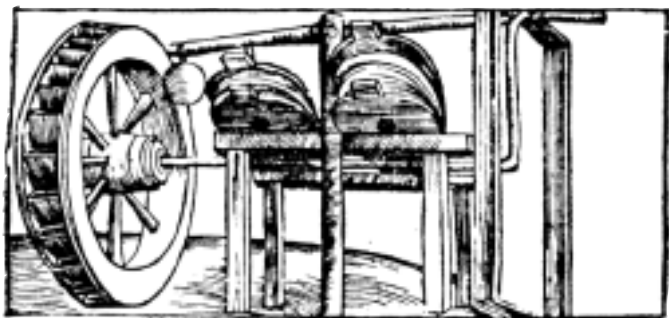
Metalak lantzeari dagokionez, Erdi Aroan egin ziren aurrerapen handienak burdina lantzeko teknikan egin ziren. Hori baino lehen, Erromako garaietan, galiarrak eta iberiarrak errementari trebeak izan ziren, eta beraien jakintza ez zen inoiz ere galduko. XIII. mendea iritsita, burdina Europako eremu askotan lantzen zen: Bizkaian, Frantziako iparraldean eta Herbehereetan, Harz mendietan, Saxonian eta Bohemian, Dean oihanean, Sussex eta Kenteko Wealden, Derbyko konderrian eta Furnessen. Erdi Aroan, berebiziko aurrerapenak egin ziren burdina lantzeko tekniketan; horren arrazoia izan zen labe eraginkorragoak hasi zirela erabiltzen, eta beraiei esker tenperatura handiagoetan urtu ahal zirela metalak. Alde horretatik, bai Erdi Aroko eta

bai garai klasikoetako erregai nagusia egur-ikatzak izan zen. Neckamek «itsaso-ikatzak» aipatu zuen bere garaian, eta ikatzak Liejatik gertu, Newcastlen (bertatik Londresera eramaten zen, hondo lauak itsasontzietan) eta Eskozian erabiltzen zuten XII. mendean, baita Europako eremu gehienetan ere XIII. mendeko amaieran; hala eta guztiz ere, ikatzak burdina urtzeko erregai gisa erabiltzen zuten lehen metodoa ez zen XVII. mendera arte agertuko. Beraren asmatzailea Dud Dudley izan zen, 1620aren inguruan. Erdi Aroan, ikatzaren erabilera industrial garrantzitsuenetako bat karea erretzea izan zen. Prozesu horren kea gero eta kaltegarriago bilakatu zen, hainbestearino non, 1307. urtea iritsita, Londresen hainbat aldi saiatu baitziren beraren erabilera debekatzen. Erdi Aroko labeetan egin ziren hobekuntzak ez ziren erregai hobeak erabiltzetik etorri, baizik eta aire-zorrotadak sortzeko asmatu ziren mekanismoen eskutik. Egur-ikatzaren ekoizpena etengabe hazi zen, metalurgiari heltzen zitzaizkion eskariei erantzuteko –ezpatak eta armadurak, iltzeak eta ferrak, goldeak eta hagunak, kanpaiak eta kanoiak eskatzen ziren, gero eta neurri handiagoan–, eta ekoizpenaren gorakada hori mehatxu larria izan zen Europako basoentzat XVIII. mendera arte. Ingalaterrari dagokionez, badirudi egur gabezia izan zela Sussex eta Kenteko Wealdeko metalurgiaren amaiera ekarri zuena.

Antzinako garaietatik, labeetako tiroa haize-tunel soilen bidez lortzen zen, eskuko hauspoen laguntzarekin. Horixe zen «burdin belakiaren prozesuan» erabiltzen zen metodoa: burdinazko minerala egur-ikatzek berotzen zen labe txikietan; bertako tenperatura, baina, ez zen behar bezain handia burdina urtzeko, baina «masa» arol bat sortzen zuen labearen azpialdean. Aldizka berotuz eta mailukatuz –forjako mailu mekanikoa erabiltzen hasi zenean–, masa hori lantzen zen eta burdina forjatuzko barrak eskuratzen ziren; berauek ijertzi eta ebaki edo pitzatu ahal ziren xaflak egiteko, edota altzairu tenplatuzko plaka batean egindako zulo gero eta txikiagoetatik pasatu, haria egiteko. Altzairua ekoizteko prozesua ondo ezagutzen zen Erdi Aroko Kristandadean, nahiz eta altzairurik onena Damaskotik ekartzen zen, zeren eta, bertan, hinduek asmatu bide zuten prozesu bat baliatuz egitzen baitzen. Gero, Toledon ere altzairu bikaina egingo zuten.

Airearen tiroa sortzeko metodoan egindako lehen hobekuntza ur-sifoi batetik labera presioz botatuko airea sartzea izan zen; metodo

hori Italian eta Espainian erabili zen XIV. mendea baino lehenago. Horrez gain, baziren aire-zorrotada sortzeko beste modu batzuk, hala nola urez betetako ontzi berotu baten lepo luzetik ateratzen zen lurrunaz baliatzea, edota zaldiz eragindako pedalez mugitutako hauspoak erabiltzea. Dena dela, aurrerapenik aipagarriena energia hidraulikoz mugitutako hauspoen asmakuntza izan zen (14. irudia). Horrelako labe garaiak Liejako eskualdean agertu ziren 1340an, eta hortik gutxira arin hedatu ziren Rhin Beherean, Sussexen eta Suedian. Labe horiek lehengoak baino askoz ere handiagoak ziren, eta, aurreneko aldiz, burdina urtzen zuten tenperaturak sortu ahal zituzten, halako moldez non burdina zuzeneko eran eskuratu ahal baitzen, aurretik mailuz landu behar zen masa hura saihestuz. Garrantzitsuena zen labe berri haiek aukera eskaini zutela, aurreneko aldiz, burdinurtua eskala komertzialean ekoizteko.



14. **Irudia.** Energia hidraulikoz mugitutako forjaketa-hauspoak. Iturria: V. Biriguncchio, *Pirotechnia*.

Gainerako metalei dagokienez, beruna eta zilarra, urrea, eztainua eta kobrea Erdi Aroko Kristandadeko zenbait lekutan erauzten ziren. Hauspo hidraulikoz funtzionatzen eta zilarra berunetik bereiztera zuzentzen ziren kupelazio-labeak Devonen agertu ziren, XIII. mendeko amaieran. Beruna beroaren bitartez oxidatu eta litargirio bihurtzen zen; beroni aparra kentzen zitzaion edo obra porodunean absorbitzen zen. Urre-meategiak Bohemian, Karpatoetan eta Karintian zeuden. Eztainua –beraren sorburu nagusia Kornualles zen– kobreakin erabiltzen zen brontzea egiteko, kobre eta kalaminarekin

(zink-silikato hidratatua) kanpaien, kanoien eta «dinanderie» monumental eta apaingarriaren letoia lortzeko, eta berunarekin etxe-tresnenezko eztainu-aleazioak ateratzeko.

Metalak modu espezializatuan lantzeak gremio bereiztuak garatzera eraman zuen: zllarginak eta urreginak, eztainu-aleazioen egileak, errementariak, galdatzaileak, ezpatagileak, ezproi-egileak eta armadura-egileak; orobat, hainbat arlotako tekniketan oso maila altua lortu zen; aipatzekoak dira, adibidez, soldadura, mailuketa eta zorrozketak, zizelaketa eta bozelketa. Espezialisten eskutik orratzak, artaziak, zizailak, titareak, sardeak, karraskak, eraikitzaileentzako erreminta zorrotzak, iltzeak, azkoinak eta bernoak, eta giltza zabalgarriak, erlojuak eta sarraileak ekoiztu ziren, eta estandarizazioaren alorrean zenbait ahalegin egin ziren. Letoizko haria XI. mendean asmatu zen; XIV. mendean, berriz, altzairuzko haria tenkatzen hasi ziren energia hidraulikoaren bitartez. Jakintza espezializatu horiei esker, baliagarriak izateko akabera doitua behar zituzten merkantziak manufakturatzen ahal izan ziren. Akabera-prozesuei arreta eskaintzeak doitasun-tresnak ekoiztea ahalbidetu zuen, hala nola astrolabioa eta erloju mekanikoa. Erabiltzen zen aleazioaren edukia kontrolatu beharraz konturatzeko kalitatea kontrastatzeko teknikak garatzera eraman zuen, eta horren bidez kimika kuantitatiboaren oinarriak jarri ziren. Kontrastaketak balantza erabiltzeko ohitura ekarri zien metalurgilariei, eta, horrez gain, kimikaren beste adar espezializatu batzuk garatzera eraman zuen –adar garrantzitsuenetako bat azido mineralen ekoizpena zen–.

Erdi Aroan doitasun handiko produktuak behar zituzten prozesu metalurgikoen artean, agian interesgarriena kanpai eta su-armen galdaketa zen. Kanpaiak galdatzeko teknikaz Europan aurki daitekeen lehen azalpena Teofilo Apaizak XII. mendean eman zuena da. Garai horretatik aurrera, brontzea eta letoia galdatzeko trebetasuna arin garatu zen. Era horretan, XIII. eta XIV. mendeko letoi monumentalak sortu ziren, baita produktu bikain batzuk ere, hala nola Florentziako Bataiatetik hegoaldeko atea –Andrea Pisano, 1330– eta Ghibertik mende bat geroago egin zituen beste ate bikainagoak. Brontzezko kanpai handiak XIII. mendean hasi ziren fabrikatzen, eta beraien kopurua asko hazi zen XIV. mendean. Arazo nagusia doinu afinatuz jotzen zuten kanpaiak ekoiztea zen. Kanpai baten nota erabilitako

metalaren proportzio eta kantitatearen arabera aldatzen zen, eta, nahiz eta azkeneko afinazio bat egin zitekeen –ertza higatuz, nota baxuegia bazen; eta soinu-barrunbearen barneko azala higatuz, nota altuegia bazen–, galdatzaileak gai izan behar zuen neurri eta proportzio zehatzak kalkulatzeko, kanpaia galdatzen hasi aurretik nota egokira hurbiltzeko. Horretarako, galdatzaile bakoitzak bere sistema enpiriko propioa izan behar zuen; adibidez: notak tonikaren, hirudunaren, bostunaren eta zortzidunaren bitarteekin ematen zituen sistemarekin, kanpaiaren diametroek 30, 24, 20 eta 15eko proportzioak zituzten, eta pisuek 80, 41, 24 eta 10eko proportzioak, hurrenez hurren. Garai hartako aldarte zientifikoa garbi azaltzen da XIII. mendeko amaieran edo XIV. mendeko hasieran sistema arrazional bat diseinatzeko Walter Odingtongoak egin zuen saioan; sistema horren arabera, kanpai bakoitzaren pisua beraren gaineko hurrengo kanpaiaren zortzi bederatzirenekoa izan beharko zen. Praxian, haatik, sistema hori aldi hartako kanpai galdatzaileek erabiltzen zituzten sistema enpirikoak baino nabarmenki txarragoa zen.

Mendebaldeko lehenengo su-armak XIV. mendeko lehen erdian agertu ziren, baina badirudi Txinan mende bat lehenago hasiak zirela erabiltzen. Dena dela, bai Mendebaldean eta bai Txinan aurre-rapen nabariak eginak ziren aurretik beste jaurtigai-arma batzuekin. Mendebaldean, XII. mendeko azken urteetan, kontrapisuen bidez funtzionatzen zuen katapultak baztertzen hasia zen erromatarren eta eskandinaviarren garaiez geroztik artillerian erabiltzen ziren makina mota zaharrak, hau da, funtzionamendua tortzio eta tentsioan oinarritzen zuten makinak; XIV. mendeko lehen urteetan, balezta eraginkortasun handiko arma bilakaturik zen, mira eta katu-mekanismoz hornitutak baitzegoen, eta uztia ere balezta bezain ona zen potentzia eta doitasun aldetik. Bolbora propulsaile bezala su-armetan erabiltzea hobekuntza sorta baten azken urratsa baino ez zen izan, eta su-armek ez zituzten berehala ordeztu gainerako jaurtigai-armak, XIV. mendeko amaierarako artilleriaren arma nagusia baziren ere. Dirudienez, kanoia 1319an erabili zen aurreneko aldiz Mendebaldean, Berwickeko setioan hain zuzen ere, eta hortik gutxira –1346an– Crécyen ere erabili zuten ingelesek. Ingalaterra 1338an inbaditu behar zuen flota frantziarraren deskribapenaren arabera, flotak hauxe zuen: *«un pot de fer à traire garros à feu»*. Horrez gain, frogatuta dago

kanoiak hurrengo urtean erabili zirela Cambrai eta Puy Guillaumeko setioetan, Perigord eskualdean. Orobat, frogatuta dago ingelesek Calais konkistatzeko erabili zituztela 1347an; gainera, Froissarten esanetan, ingelesek 400 kanoi erabili zituzten –mortero txikiak, seguruenik– St. Malo setiatzeko, 1378an.

Bolboraren osagaien artetik, nitroa ezaguna izan bide zen Txinan K.a. I. mendean, eta badirudi gesala, sufre eta egur-ikatzaren proportzio egokietan nahastearen lehertze-ahalmena aski ezaguna zela bertan 1000. urtearen inguruan. Mendebaldeari dagokionez, bertako gerretan bestelako nahasketa sukoi batzuk erabili ziren askoz ere lehenago. Bizantziarrek «su greziarra» izeneko forma perfektionatu bat –kare bizia, nafta eta petrolio-zko eta sufrezko mundruna nahasten zituen produktu bat, seguruenik– erabili zuten flota musulmanaren aurka 673an, Konstantinoplako setioan, baita geroago ere. Bolbora bera XIII. mendeko bigarren zatian ezagutu zen Mendebaldean, segur aski mongolen bidez Txinatik ekarri zelako. Roger Baconek hauts lehergarri bat aipatu zuen bere *Opus Majus* eta *Opus Tertium* obretan, eta material sendozko tresna baten barnean sartuz gero beraren potentzia handituko zela gaineratu zuen. Bolbora egiteko Mendebaldean aurkitu zen lehenengo errezeta *Liber Ignium*-en 1300eko eskuizkribu latindar bat da, Marko Greziarra autore ezezagunak egina.

Bolborak lehergai eta propulsaizaile gisa zituen propietateak ikasita, Mendebaldeak aurrea hartu zion berehala Txinari armen manufakturan. Mendebaldeko aurreneko kanoiak kanpaiak egiteko erabiltzen zen metal berdintsuaz egin ziren, sarritan galdatzaile berberen eskutik, eta fabrikazio-zentro nagusiak Flandes, Alemania eta –neurri txikiagoan– Ingalaterra izan ziren. Mendebaldearen kasuan, kanoi baten lehenengo ilustrazio ezaguna *vaso* edo *pot de fer* –halaxe deitzen zitzaion– txiki bat da, Walter Milemetekoak Eduardo III.ari dedikatu zion lan baten eskuizkribu batean agertua, 1327an (29. lami-na). XIV. mendeko erdian, kanoiak kobrezko metalez egiten ziren; mende horretako amaieran, berriz, burdinazko bandez elkarri lotutako burdina forjatuzko xaflez ere egiten ziren. XV. mendeko kanoiak nahiko handiak ziren, batez ere burdina forjatuzkoak. Garai horretatik, ezagutzen diren bi kanoirik handienak «Mad Meg» eta «Mons Meg» dira. «Mad Meg» Ganten gordetzen da orain; 197 hazbeteko luzera

du, 25 hazbeteko kalibrea, 700 libra inguruko pisua zuten harrizko balak botatzen zituen, eta 13 tonako pisua du, gutxi gorabehera. «Mons Meg» Edinburgon dago gaur egun, eta apur bat txikiagoa da. Lehenengo kanoi horiek guztiak ahotik kargatzen ziren. Hasieran harri biribil handiak jaurtitzen zituzten, eta geroago burdinurtuzko balak. Berunezko jaurtigaiak XIV. mendetik aurrera erabili ziren, su-arma txikiagoetan. Kanoiak kulatatik kargatzeko ahaleginak laster hasi ziren, baina porrot egin zuten, zeren ezin baitzen lortu gasarekiko hermetikoak izango ziren morroiloak fabrikatu kulatat; izan ere, ezin izan zioten behar bezainbesteko doitasuna eman kulataren metalezko azalen akaberari. Brontzezko kanoietan ildokatze forma primitibo bat hasi zen erabiltzen, eta XV. mendean hasiera eman zitzaion kanoi eta jaurtigaien estandarizazioari; horren emaitza izan zen Burgos eta Veneziako artilleria-eskoletatik XVI. mendeko hasieratik aurrera hedatu zen artilleria estandarra.

XVI. mendean, brontze edo burdina galdatzeko kanoiak zulatze metodo bat asmatu zen, eta horrek aurrerapen garrantzitsu bat ekarri zion kanoien ekoizpenari, akabera doituia ematea ahalbidetu baitzuen. Zura zulatze metodoak aspalditik ziren ezagunak, eta, 1496ra iritsita, Philip Monch mekanikari alemaniarrek diseinu bat zuen landuta zaldiz eragindako kanoi-zulagailu bat egiteko. Leonardo da Vincik ere makina zulatzaile bat diseinatu zuen, metala lantzeko, eta Biringucciok gurpil hidraulikoz eragindako zulagailu baten ilustrazioa erakutsi zuen bere *Pirotechnia*-n. (1540). Kanoiak doitasunez zulatze ahalmenak garai berri bat ekarri zion artilleriaren historiari, XIX. mendera arte iraungo zuen gari berri bat, hain zuzen ere.

Berant Erdi Aroan metalen ekoizpenean eskuratutako esperientzia beste meatze-jarduera batzuetara transmititu zen, eta, horrenbestez, mineralen eskari handiak ondorio nabariak izango zituen ekonomia, politika eta industria arloan. XIV. mendean, metalez eta ikatzaz gain beste mineral batzuk ere erauzten ziren eskala nahiko handian, hala nola sulfatoak Hungarian, gatzarria Transilvanian, kalamina eta nitroa Polonian, Merkurioa Espainian, eta, XV. mendean, alunbrea Toskanan eta Eliz Estatuetan. Meazulo gero eta sakonagoetan ponpatu, aireztatu eta garraiatu behar izateak nabarmenki garestitu zuen meatzaritza, halako moldez non kapitala edukitzea ezinbesteko bihur-

tu baitzen negozio horretan sartzeko; hala, 1299. urtean, Eduardo I.ak zilar-berun meategiak akuratu zizkien Frescobalditarrei, hau da, Florentziako merkataria eta bankaria familia bati; horren truke, Frescobalditarrek Ingalaterrako Eduardo I.a eta II.a finantzatu zituzten, baita Frantziako Felipe Ederria erregea ere. Agian meatzaritzaren bitartez eskuratutako ondasunen eta boterearen adibide aipagarriena Fuggertarrena izan zen. XIV. mendeko hasiera apaletik abiatuta, Fuggertarrek egundoko kapitala zuten bilduta XVI. menderako, Estiria, Tirol eta Espainiako zilar-berun meategiei esker, hainbesteari- no non gai izan baitziren Europa mailako gobernatzaile batek –Karlos V.a enperadoreak berak– behar zituen kanoi handiak eta tropa mertzenarioak oso-osorik finantzatzeko.

Metalen eskariaren hazkundeak industriaren eremuan izan zituen ondorioen artean, agian aipagarrienak hauexek izan ziren: ponpetan egindako aurrerapenak, zeinek, XVII. mendeko amaieran, lurrazpiko ura lurrun-energiaren bidez kanpora ateratzea ahalbidetu baitzuten; ikatza metalurgian erabiltzeko egin ziren esperimenduak, gero eta egur-ikatz gutxiago egoteak sortzen zuen egoera gainditzeko xedez; eta metal batzuk ordeztuko zituzten gaiak aurkitzeko ahalegi- nak –adibidez: eztainua ordezteko, zeren Mundu Berriko eta Ekialde Urruneko meategien ustiapena hasi aurretik gero eta urriago baitzen–. Ordezko gai horien artean, zientziaren ikuspuntutik beira izan zen garrantzitsua. XIV. mendetik aurrera, beira eztainu-aleazioen orde- z ekoiztu eta erabili zen etxe-tresnak egiteko.

Beiraren ekoizpena oso ezaguna zen Antzinako Munduan. Izan ere, Inperio Erromatarren zenbait lekutan kalitate bikaineko plate- rak, ontziak, kizarak, botilak eta beste etxe-tresna batzuk egiten ziren beira puztuaz, eta beiran grabatzeko artea ere bazegoen garatuta. Goiz Erdi Aroan, beira egiteko teknika oso aurreratuta zegoen Bizantzion, eskualde arabiar batzuetan eta –modu ilunagoan– Mendebaldean. Beira egiteko teknika ez zen XIII. mendera arte berpiztu Mendebaldean, nahiz eta horren inguruko azalpen onenetako bat Teofilo Apaizak XII. mendeko hasieran idatzitako tratatu batean aurki daitekeen. Mendebaldeko zentrorik ospetsuena Venezia zen. Beiraren ekoizpenak aurrerapen nabarmenak egin zituen Espainian, Frantzia eta Ingalaterran XIII. mendean geroztik. Dena dela, Italiatik kanpo ez zen XVI. mendera arte eskala handian ekoiztu.

Erdi Aroko beira gehiena puztearen bidez egiten zen (38. lami-na). Materialak –adibidez: hareak, potasio karbonatoa eta okre gorria– labean urtzen ziren denak batera; horren ondoren, materiala likatsu bihurtzeraino hozten zenean, tanta bat hartzen zen haga baten muturrarekin eta biratu egiten zen, edota puztu eta kurrikez lantzen zen, fabrikatu nahi zen ontzia edo bestelako objektua lortu arte. Gero berriz ere bero zitekeen, forma aldatzearren. Teknikaren faktore nagusiak trebetasuna, abiadura eta hozte prozesuan zegoen beiraren inguruko tenperaturaren kontrola ziren; objektuaren erresistentzia hiru faktore horien mende zegoen. Beira-plakak egiteko, hareak burdin oxidorik gabe egon behar zuen, eta kare karbonatoa, sodio sulfatoa eta ikatz motaren bat behar ziren. Beira-plakak egiteko metodoa hauxe zen: burbuila handi bat puztu eta beiragilea zegoen plataformatik esekitako zilindro handi eta huts batean sartzen zen; horren ostean, burbuila ebaki eta zapaldu egiten zen. Metodo horrek mugatu eta murriztu egiten zuen xaflaren tamaina.

Erdi Aroan, beira leihoak eta etxeko ontziak egiteko erabiltzen zen gehienbat. Elizetarako beirateak XII. mendeko hasieran agertu ziren, eta beira pintatua XIV. mendean. Etxeko ontziteriari dagokionez, beira ez zen asko erabili XVI. mendera arte, zeren ordura arte eztainu-aleazioak eta buztin bernizatua baitziren material nagusiak; dena dela, XIV. mendeaz geroztik pixkanaka-pixkanaka hedatu zen beiraren erabilera ere. Erreferentzia batzuen arabera, beira aparatu zientifikoetan erabiltzen zen hori baino lehen, XIII. mendean hain zuzen ere: Grossetestek eta beste batzuek gernu-ontzi esferikoez egin-dako esperimentuak aipatu zituzten, eta destilazio-aparatuak beiraz egiten ziren XV. mendeko hasieratik. Mumfordek aipatu zuen bezala, kimikaren garapenak oztopo nabariak izango zituen beirazko ontziak agertu ez balira; izan ere, beirazko ontziak neutroak dira esperimentu osoan zehar, gardenak dira, tenperatura handiak jasan ditzakete, eta erraz garbitu eta zigilatzen dira. Lenteak erabiltzen dituzten tresna optikoak eta beraietatik –XVII. mendeko hasieraz geroztik– garatu diren zientziak erabat ezinezkoak izango ziratekeen beirarik gabe. Arabiarrak XI. mendean hasi ziren lenteak ekoizten, eta optikari buruz XIII. mendean idatzi zuten autore latindar nagusiek eztabaidagai izan zituzten. Erdi Aroko beira optikoak ez zuen XVIII. mendetik aurrera ekoiztuko zenaren kalitate bikaina, beronentzat osagai puruak

erabiltzen zirelako, baina, hala eta guztiz ere, kalitate nahikoa izan zuen XIII. mendeko amaieran betaurrekoen asmakuntza ahalbidetzeko (ikus 263-4. orrialdeak).

Metalurgian eta beiragintzan ez ezik, Erdi Aroko artisauek beste industria kimiko batzuetan ere eskuratu zuten jakintza enpiriko nabaria; aipatzekoak dira, besteak beste, eltzegintza, teila eta adreiluen fabrikazioa, larru-ontzea, xaboiaren fabrikazioa, garagardoa egiteko prozesuan sartzen ziren maltatze, legamia-gehitze eta hartzitze prozedurak, ardoaren hartzitzea eta likoreen destilazioa. Gatzaren industriari dagokionez, meategitik erauzitako material gordina uretan disolbatu, gatzuna egosi eta kristalak lapiko irekietan hauspeatzen zituen prozedura erromatarren garaitik zen ezaguna eta zenbait lekutan erabili zen Erdi Aroan, hala nola Droitwichen eta Nantwichen –Ingalaterra–. Eskuratutako teknika erakusten zuen beste prozesu bat artile, zeta eta lihoa landare-tindagaiez tindatzekoa zen: horretarako, urdin-belarra, otxarra, horika-belarra, likenak eta *greyne*-tik –kukuru-txaren antzeko intsektu bat– ateratako tindagai gorri bat erabiltzen ziren, besteak beste. Halaber, gaitasun tekniko hori erakusten zuen beste prozesu bat tindagaia finkatzekoa zen; horretarako erabili ohi ziren finkatzaile nagusiak hauexek ziren: alunbrea, egur-errautsen potasa, ardo hartzitzean sortutako tartaroa, burdin sulfatoa eta *cine-re*-ak (segur aski barilla edo sodio sulfatoa). Pigmentu, itsagarri, lehorgarri eta bernizak prestatzeko buruz zortzigarren eta hamaseigarren mendeen bitartean idatzi ziren tratatuek errezeta ugari biltzen zituzten, substantzia kimikoak prestatzera zuzendutako orientazio praktikoak emanez. XII. mendeko hasieran, Teofilo Apaizaren tratatuak olio-pinturak aipatu zituen. Dena dela, olio-pinturen propietate lehorgarriak ez ziren modu nabarian hobetu Van Eycken garaira arte, hau da, XV. mendera arte; izan ere, orduan lortutako aurrerapenak aldi berean kolore desberdinak erabiltzea ahalbidetu zuten. Erdi Aroko pintoreek eta ilustratzaileek landare eta mineraletan oinarritutako kolore mota ugari prestatzen ikasi zuten, eta errezeta berriak asmatzen zituzten etengabe; adibidez: «mosaiko-urrea», 1300. urtearen inguruan deskubritutako eztaing sulfuro bat, alegia. Erdi Aroko eskuizkribuetan erabili ohi zen tinta kearen beltzaz eta kolaz egindako nahasketak bat zen. Industria horietan lortutako gaitasun praktikoa lagungarria izango zen kimika modernoaren oinarriak jartzeko.

5. MEDIKUNTZA

Erdi Aroko arte praktiko guztien artetik, medikuntza da eskua eta burua, esperientzia eta arrazoimena ondoen elkartu zituen eta horri esker emaitzarik aipagarrienak lortu zituen. Erdi Aroko unibertsitateetako teologia, zuzenbide eta medikuntzako goi fakultateen artetik, medikuntzakoa zen arteen graduazioaren ostean zientzia naturalei buruzko prestakuntza ematen jarraitzen zuen bakarra. Alde horretatik, Grossetesterekin hasita –XIII. mendean– eta William Gilbertekin bukatuz –XVI. mendean– zientziak izan zituen autore garrantzitsuenetako askok medikuntza ikasi zuten (ikus 189. orrialdea eta hurrengoak; 210. orrialdea eta hurrengoak). Grosseteste, Petrus Hispanus eta Pietro d’Abanok, medikuntzako gizonak ziren aldetik, oso ekarpen garrantzitsuak egin zizkieten indukzioaren eta esperimentazioaren logikari, Galeno, Ali ibn Ridwan, Avizena eta Aristotelesen obra logikoak oinarritzat hartuta, eta horrek eragin zientifiko sakona izango zuen Galileoren garaira arte, halako moldez non Galileok berak medikuntzarekin hasi baitzituen bere unibertsitate-ikasketak. Hala, medikuntza praktikoari dagokionez, Erdi Aroko medikuek konponbide enpirikoak lortu zituzten arazo garrantzitsu batzuentzat, eta, era horretan, praxi mediko modernoak bereizten duen funtsezko jarrera zientifikoa finkatu zuten.

Erromako inperioaren erorialdiaren ostean, Mendebaldeko medikuntza herri-medikuntza izan zen gehienbat, nahiz eta Greziako medikuntzari buruzko ezagutza neurri batean gorde zen, bai autore batzuei esker –adibidez: Kasiodorori eta Isidoro Sevillakoari esker– eta bai monasterio beneditarrei esker. Hala, Hipokrates, Galeno eta Dioskoridesen obren zati batzuk ezagutzera eman ziren latinezko laburpenen bitartez, eta Soranusek 2. mendean hasitako tradizio ginekologikoa ere nolabait gorde zen emaginenzako liburuetan. Medikuntzaren ikaskuntzak berpizkunde bat izan zuen garai karolinjioetan, hala Chartresen nola beste eskola batzuetan; X. mendean, berriz, *Leech-Books* deritzanak agertu ziren Ingalaterra anglo-saxo-niarrean, eta XI. mendean Hildegarda Bingengoaren idazkiak, Alemanian hain zuzen ere. Mendebaldeko medikuntzaren benetako berpizkundera XI. mendean hasi zen, Salernoko eskolaren eskutik; izan ere, mende bat edo bi lehenago poliki-poliki sortutako eskola horrek nabarmenki bultzatu zuen garai horretan bere jarduna. Dela

bertako biztanleria greziar edo judutarragatik, dela arabiarrekin Sizilian izandako harremanengatik, 1050. urtea heldu zenerako Gariopontusek Hipokratesen pasarteak aipatzen zituen sarritan, eta Petrocellusek bere *Practica* zuen idatzita; garai berean, Alphanus Salernoko artzapezpikuak Nemesiusen lan fisiologiko bat itzuli zuen grezieratik, *Premnon Fisicon* izenburuarekin; eta, 1087. urtea baino lehen, Konstantino Afrikarrak Galenoren *Art of Medicine* eta *Therapeutics* obrak itzuliak zituen arabieratik, baita Haly Abbasen eta Isaac Israeli mediku judutarraren lan batzuk ere. Salernoko eskolak ospe handia eskuratu zuen, eta, Sudhoffek iradoki duenez, bertako irakasleak mediku praktikoak ziren eta animalien diseekzioez baliatzen ziren medikuntza irakasteko. Badakigu *Anatomia Ricardi*-k anatomia ezagutzeko beharra azpimarratu zuela, XII. mendean; gainera, Cophori egotzitako *Anatomia Porci*-k txerri baten diseekzio publikoa deskribatu zuen. XII. mendeko amaieran, Salernok Mendebaldeko lehenengo kirurgilari ospetsua eman zuen, Roger Salernokoa alegia. Beraren obrari Roland Parmakoak eman zion jarraipena, XIII. mendeko hasieran (39. lamina). Garai berean –gutxi gorabehera–, *Regimen Sanitatis Salernitanum* ospetsua prestatu zen, hau da, XVI. mendera arte jakintza medikoaren obra klasikoa izango zena.

XII. mendean, Montpellier ere hasi zen zentro mediko gisa loratzen, eta XIII. mendean Montpellier, Bologna, Padua eta Parisko unibertsitateetako medikuntza-eskolek Salernokoa gainditu zuten arian-arian. Unibertsitate-eskola horietako irakaskuntza medikoaren oinarriak Galenoren, Hipokratesen eta mediku arabiar batzuen lanak ziren; horri dagokionez, obra horiek latinera itzultzea izan zen Mendebaldeko medikuntzak XII. eta XIII. mendeetan izan zuen berpizkundearen eragilea. Lan arabiar eta hebraitarren artean hauexek izan ziren garrantzitsuenak: Avizenaren *Canon of Medicine* lan entziklopedikoa, Isaac Israelik sukarrei buruz idatzitako obra klasikoa, eta baztanga, elgorri eta gisa bereko gaixotasunak deskribatzeko Rhazesek idatzi zuena. X. mendeko Albucasis mairu espainiarrak kirurgiari buruzko lehenengo testu-liburu garrantzitsua eskaini zuen, eta Hunain ibn Ishaq eta Haly Abbasek IX. mendean idatzitako obrak izan ziren oftalmologia arabiarra ezagutzera eman zuten iturri nagusiak. Beste obra garrantzitsu batzuk Teofilo bizantziarrak VII. men-

dean idatzitakoa eta Dioskoridesen *De Materia Medica* dira. Teofiloren gaiak pulstua eta gernua ziren, zeren beraien azterketa baitzen Erdi Aroan diagnosia egiteko erabiltzen zen metodo arruntena.

Erdi Aroko tratamendu medikoa belarretan oinarritzen zen, baldin eta Hipokratesen metodoan besterik gabe geratzen ez bazen, hau da, gaixoa ohean sartu eta naturari bere bilakabideari jarraitzen uztera mugatzen ez bazen. Greziako medikuntzari dagokionez, belarren erabileraren atzean zegoen teoria fisiologikoak zera zioen: gaixotasunaren kausa lau humoreen arteko orekan sortutako gorabehera bat zela, eta, horrenbestez, botika «freskagarriak» ematen ziren gaixoaren gehiegizko beroa konpentsatzeko, botika «lehorgarriak» beraren gehiegizko hezetasuna konpentsatzeko, eta abar (13. irudia). Teoria horretan oinarritutako botiken ustezko efektuak fantasiatsu samarrak ziren batzuetan, baina antzinako sendagileek –Egiptoko garaiez geroztik– ezagutza enpiriko nabaria zuten bilduta sendabelar ugariaren efektuei buruz; aipatzekoak dira, besteak beste, menda, anis-belarra, mihi-lua, errizino-olioa, astatipula, mitxoleta, erabelarra eta mandragora. Ezagutu ere botika mineral batzuk ezagutzen zituzten, hala nola alunbrea, nitroa, hematitea eta kobre sulfatoa. Halaber, adarrak simaurrarekin batera errez fumigatzaile bat lortzen zuten, amoniakoa ekoizteko xedez. Arabiarrek Indiako belar batzuk gehitu zizkioten greziarren zerrendari –kalamua, kasia eta datura, besteak beste–, baita botika mineral batzuk ere, hala nola alkanforra, nafta, boraxa, antimonioa, artsenikoa, sufrea eta Merkurioa. Mendealdeko sendagileek ere beste ekarpen batzuk egin zituzten. XII. mendean bertan, botikei buruz Salernon 1150a baino lehen *Antidotarium Nicolai* izenez prestatutako lanak *spongia saporifera* erabiltzea gomendatzen zuen, anestesia moduan, eta Michael Scotek –Salernon ikasi baitzuen– errezeta bat eman zuen: opio, mandragora eta erabelarra, proportzio berdinetan, ehota eta urarekin nahastuta. «Gizon bat zerraz ebaki nahi duzunean, busti ezazu zapi bat likido horretan eta jarri iezaiozu sudurzuloetan». Esperimentu modernoan arabera, badirudi anestesia hori ezin zela oso eraginkorra izan. Erdi Aroan hainbat saio egin ziren anestesia hori hobetzeko, alkohol lurrunen erabilera barne –XVI. mendean–. Belarren bertuteak alkoholaz baliatuz erauzi eta orain tintura izenez ezagutzen den produktua egiteko teknika Arnau de Vilanovak asmatu zuen (~1235-1311). Bolognako Hugo (1252 eta 58 bitartean hila) eta

Teodoriko Borgognonik (1205-98), Arnau de Vilanovak eta beste batzuek artseniko oxidoa, antimonioa eta Merkurio gatzak erabili ohi zituzten botikak prestatzeko. Merkuriozko ukenduak oso hedatuta zeuden larruaren gaixotasun batzuk sendatzeko, eta beraien erabilerak sortzen zuen listu-jariatzea behatua izan zen.

Erdi Aroko adimenaren enpirismoak efektu bereziki onak erakutsi zituen medikuntzaren adar batean: hainbat gaixotasunaren efektuen behaketan, hain zuzen ere. Mediku greziar eta arabiarrek gaixotasun ugari identifikatu eta deskribatu zituzten, eta ezagutza-corpus horri hainbat ekarpen gehitu zitzaizkion idatzizko *consilia* edo kasu kliniko bidez, zeren berauek aski hedatu baitziren Bolognako Taddeo Alderottiren garaitik aurrera, hau da, XIII. mendetik aurrera. *Consilia*-k idatzeko praktika mugimendu orokor baten zati zen, hots, bai teologian eta bai zientzia profanoetan frogak zehaztasunez aurkeztera zuzendutako mugimendu orokorraren zati, eta zenbaitetan forma logikoa azpimarratzera eramanez, behaketaren kalterako. Horixe gertatzen zen, adibidez, *consilia*-k prestatzerakoan eta aholku medikoak ematerakoan ikusi gabeko pazienteei buruzko txostenak oinarritzat hartzen zirenean. Modu egokian erabili eta kasu kliniko indibidualetan oinarritzen zenean, praktika horrek gaixotasun askoren sintoma eta bilakabideei buruzko deskribapen bikainak eman zituen. Alde horretatik, praktika ondo erabili zuten artean honako mediku hauek aipa daitezke, besteak beste: Alderotti eta Arnau de Vilanova XIII. mendean, Bernard Gordongoa eta Gentile da Foligno XIV. mendean, eta Ugo Benzi XV. mendean. Gaixotasunei dagokienez, berriz, honako hauek deskribatu ziren praktika horri esker: izurri bubonikoa eta pneumonikoa, difteria, legenarra, tisia, amorrua, diabetea, hezue-ria, minbizia, epilepsia, *scabies grossa* edo *scabies variola* izeneko larruazaleko gaixotasun bat –sifilia, historiagile batzuen ustez–, kalkuluek eragindako gaixotasunak, eta kasu kirurgiko anitz. *Consilia* horietako asko XV. mendeko amaieran eta XVI. mendean inprimatu ziren. Kasu klinikoaren liburu modernoaren jatorria dira.

Erdi Aroko sendagileen muga nagusia ez zen gaixotasunei ezin antzematea, baizik eta gaixotasunak sarritan ezin sendatzea. Ezer gutxi zekiten fisiologia normal edo patologikoaz, ezta gaixotasun gehienek kausez ere, eta, gainera, Aristoteleren filosofiatik zetorren ohitura batek bide okerretik eramaten zituen maiz, hots, sintoma

bakoitza eta zauriak berak ere «forma espezifiko» bereiztu baten adierazpenez hartzeko ohiturak.

XIV. mendeko ezagutza medikoaren egoera ondo islatzen da izurri beltzaren garaiko medikuek idatzitako tratatuetan. Badirudi izurri hori Indian hasi zela 1332. urtearen inguruan, sendagile arabiar batek haren berri eman baitzuen bertan, eta gero mendealderantz hedatu zela, Konstantinopla, Napoli eta Genoara 1348aren inguruan iritsi arte. Mediterraneon 1348an heldu zen maila gorenera, Iparraldeko herrietan 1349an, eta Errusian 1352an. Harrezkero behera egin zuen, baina XIV. mendea amaitu arte behin eta berriz errepikatuko zen Mendealdean, tartekako epe laburretan, eta hurrengo hiru mendeetan ere noizean behin sortuko zen berriro, denbora-tarte luzeagoetan. Izurri beltzaren aldian leku desberdinetan idatzitako hogeitratatu baino gehiagok Berant Erdi Aroko medikuntzaren ohiko ezauzgarriak erakusten dituzte: sintomak, bilakabidea, kausak, transmisioa, prebentzioa eta sendaketa era metodikoan aztertzen dira; aldi berean, XX. mendean jadanik onartzen ez diren zenbait kausatan oinarritutako espekulazio trinkoa elkartu egiten da neurri praktikoraginkorrak oinarritzen dituzten ideia sendo batzuekin. Tratatu gehienek epidemia Ekialdean sortua zela onartzen dute, eta horietako batzuek sintomaguztiak deskribatzen dituzte. Horixe gertatzen da, adibidez, Perugiako Unibertsitatearen eskariz Gentile da Folignok 1348an idatzitakoan, eta, orobat, Guy de Cahuliacen 1360an idatzitako *Chirurgia Magna* obran –azken autore hori Montpellier eta Bolognako ikasle bikaina izan zen, baita Aita Santuaren medikua ere, Avignonen–. Sintomak hauexek ziren: sukarra, mina saihetsean edo bularrean, eztula, arnasestua eta pulsu arina, odol-okadak, eta buboien agerpena iztaian, besapean edo belarrien atzean. Izurri bubonikoa eta pneumonikoa bereiztu egiten ziren. Tratatu batzuen arabera, gaixotasuna iragartzen zuten zantzuak honako hauek ziren: gaixoa zurbiltzen zen eta larritasun itxura jartzen zitzaion, ahoan zapora mingotsa sortzen zitzaion, gorpuzkera gorrikarak ilundu egiten ziren, eta azkura sentitzen zen sortzen ari ziren abszesuen gaineko larruan, eztul egitean min zorrotza sentiaraziz.

Epidemiaren kausa naturalari dagokionez, eragin astrologikoak bereziki hartu ziren kontuan; aldi berean, etorkizuneko izurriak iragartzeko ahaleginak egin ziren, planeten konjuntzioak oinarritzat har-

tuta. Urruneko kausek hurbileko kausen bitartez operatzen zutela uste zuten, batez ere airea usteltzeko, nahiz eta ustelkeria zekarten beste kausa batzuk ere iradokiz ziren, hala nola 1347ko lurrikararen lurrunketak eta ezgaraiko eguraldi oso hezea. Bai eguraldiaren zantzuak eta bai astrologiaren eremukoak izurriaren iragarletzat hartu eta behatu ziren, baina autore batzuk ikusmolde horren aurka azaldu ziren, ez lehenengoez eta ez bigarrenek epidemiekin inolako korrelaziorik ez zutela esan baitzuten.

Prebentzioaren eremuan ziurgabetasuna zen nagusi, eta, hala, mediku gehienen ustez ihesa zen izurriari aurre egiteko modu fidagarri bakarra. Hori ezinezkoa izanez gero, aire ustelduaren kontrako babes formaren bat gomendatzen zuten; adibidez: leku hezeak saihestea; etxe barruan egur lurrintsua erretzea; ariketa fisiko bortitzik ez egitea, era horretan airea sartzen zelako gorputzera; eta bainu beroak ez hartzea, horrek larruaren poroak irekitzen zituelako. Bapore ustelduak izurriaren kausatzat hartzen ziren, gorputzaren barnean pozoia moduan jokatzeko zutelako; hori horrela, prebentziorako metodo bat pozoia kontrako zenbait antidoto hartzea zen, hala nola *theriaca*, *mithridate* eta esmeralda birrindua. Beste gomendio bat odola ateratzea zen, gorputzaren berezko beroa jaisteko xedez. Ohiko tratamenduak hauexek ziren: pazienteari odola ateratzea, pozoia kentzeko asmoz; purgatze-botikak ematea; buboiak lantzetaz zizatzea edo kauterizatzea; eta erauzte-ahalmen handiko enplastuak erabiltzea. Horrez gain, garrantzitsutzat jotzen zen bihotzaren sendotasunari eustea.

Izurri Beltzaren aurka borrokatu behar zuten medikuek tresna eskasak zituzten lan hori betetzeko, baina, hala eta guztiz ere, beraien eskarmentuak ordura arte inoiz eztabaidatu ez ziren arazo batzuk seriotasunez hausnartzera bultzatu zituen. Ikus dezagun nola adierazi zuen Joan Borgoinakoak., 1365aren inguruan idatzitako *Treatise on the Epidemic Sickness*-etik hartutako *Black Death and Men of Learning* pasartean –A.M. Campbellek itzulia–:

mundu osoko maisu modernoek askoz ere gehiago dakite izurria dakarten gaixotasun epidemikoei buruz Hipokratesen garaitik hona izan diren sendagile guztiek eta medikuntzaren autoritate guztiek baino gehiago, beraien kopurua zeinahi delarik ere. Zeren eta... beraien arteko inork ez baitu ikusi horrenbeste irau duen edo horrenbeste hedatu den epidemiarik, ezta beraien ahaleginak esperimendu luzeen bidez probatu ere, baina epidemiei buruz

gehienek esaten eta eztabaidatzen dutena Hipokratesek esandakotik hartu dute. Hortaz, gure garaiko maisuek beraien aurreko guztiek baino eskarmentu handiagoa izan dute gaixotasun horietan, eta egia da ezagutza eskarmentutik datorrela.

Izurri beltzaren sendagileek proposatu zituzten ideiarik azpimarragarrienak epidemiaren infekzioa transmititzeko metodoarekin zuten zerikusia. Dirudienez, greziarrek ez zuten ezer askorik jakin horren inguruan, zeren epidemia guztiak kausa orokor bakar bati egozten baitzioten, *miasma*-ri alegia. Erdi Aroan, berriz, gaixotasun espezifikoak infekzio edo kutsapenaren bidez har zitezkeelako ideia sortu zen; ideia hori legenarrari aplikatu zitzaion aurrena, eta XIII. mendearaz geroztik beste gaixotasun batzuei ere aplikatu zitzaion, hala nola isipula, baztanga, gripe, difteria eta sukar tifoideari. XIV. mendeko amaieran eta XV. mendean Alemanian hedatu zen dantza-mania bat –San Bitoren dantza– ere kutsagarritzat hartu zen. Legenardunen segregazioaren jatorria Biblian deskribatutako bakartze-errituala zen, eta Kristandadean gutxienez V. mendetik aurrera ezarri zen. Legenarrak mehatxu larria jarraitzen zuen izaten XII. mendean. Hala, badirudi garai horretan nolabait hazi zela, halako moldez non, esaten denez, Frantziako 200 biztanletatik bat legenarduna baitzen. XIII. mendeko amaieran, aldiz, jaisten hasi bide zen. Sendagileek sintomei zehaztasun handiagoz antzematen ikasi zuten; XIII. mendeko erdian, Gilberto Ingelesak larruaren anestesia lokala deskribatu zuen, hau da, sintoma diagnostiko onenetako bat. Mende bat geroago, Guy de Chauliacek larruaren gehiegizko koipea kontuan hartu beharrekoa zela azpimarratu zuen. Diagnosi eta segregazio metodoak oso arrakastatsuak izan ziren, hainbestearaino non XVI. menderako legenarra ia erabat desagertuta baitzegoen Europatik. Gainera, horrelako prebentzio-neurriak beste gaixotasun batzuekin ere hartu ziren.

Izurri Beltzaren aldian idatzitako tratatuen artean, mairu espainiarrek idatzitako bi testu dira infekzioari buruzko adierazpen aipagarrienak dituztenak. Ibn Khatima Almeriakoak azpimarratu zuen nola izurriak jotako norbaitekin kontaktuan sartzen zen pertsonak gaixoareneko sintoma berberak hartzeko joera zuen. Ibn al-Khatib Granadakoak, berriz, zera esan zuen: infekzioa arropa eta etxeko gauzen bidez etor zitekeela, eta, halaber, leku infektatuetatik zetozen itsasontzien bidez eta eurak immuneak izan arren gaixotasuna zekarten

pertsonen bidez ere. Gentile da Folignok izurriari buruz zertxobait lehenago idatzi zuen *consilium*-a ez da aurrekoak bezain aipagarria, berau ere garrantzitsua bada ere; autore horrek «gaixotasun haziak (*semina*)» terminoa erabili zuen (hitz horiek Galenoren eta Haly Abbasen lanetan ere aurki daitezke) gaur egungo germenen esanahia- rekin, eta *reliquae* terminoa gaixotasunak pazienteengan uzten zituen aztarnak izendatzeko. Izurri beltzaren garaiko sendagileek iradokita- ko infekzio metodo batzuk arraro samarrak iruditzen zaizkigu XX. mendean; adibidez, «espezieen ugalketaren» teoria optikoan oinarri- tutako metodo bat, zeinaren arabera izurria pazientearen begirada baten bitartez har zitekeen. Gaixotutako gizona hiltzear zegoenean, «espezie» pozoitsua burmuinetik kanporatzen zen nerbio optiko ahu- rretan zehar. Dena dela, gaixotasuna germenak oinarritzat hartuz azal- tzen zuen teoria ongi ulertu baino askoz ere lehenago, sendagileek infekzioaz zekitena nahikoa zen alde zurretiko zaintza neurri egokiak gomendatzeko.

Osasun publikoari buruzko lehendabiziko batzordea 1343an antolatu zen, Venezian, eta 1384an Lucca, Florentzia, Perugia, Pistoia eta beste hiri batzuek horren inguruko legeak eman zituzten, infekta- tutako pertsona eta ondasunak bertara sartzeari debekatzeko. Izurriaren eramaileak bakartzeko lehenengo ahalegin sistematikoak Dalmaziako Ragusan, Avignonon eta Milanen egin ziren, garai horrexetan. Ragusak lege berri bat onartu zuen 1377an, infektatutako eskualdee- tatik zetozen bidaiari guztiak hogeita hamar egunez (*hogeita hama- rraldia* deritzana) bakartu behar zirela aginduz, eta Marsellak 40 egu- nera luzatu zuen epe hori, 1383an, hango portuan sartzen ziren itsa- sontzientzat, era horretan *berrogeialdia* (edo koarentena) ezarritz. Veneziak berrogeialdiko ospitale bat ireki zuen eta arauak eman zituen infektatutako etxeak aireztatzeko, oheak garbitzeko eta Eguzkitan jartzeko, etxeko animaliak kontrolatzeko eta higienearen eremuko beste gai batzuk bideratzeko. Higiene militarrek arreta era- karri zuen lehenengo Gurutzadetatik, zeren higieneari buruzko fun- tseko ezagutza ez izateak galera nabariak eragin baitzituen. XIII. men- dean, berriz, zenbait obra idatzi ziren soldaduek eta erromes talde handiek hartu behar zituzten neurriez. Aipagarrienak Adam Cremonakoak Federiko II.a enperadorearentzat idatzitako obra, Arnau de Vilanovak higiene militarri buruz idatzitako tratatu labur bat eta

Aldobrandino Sienakoaren *Régime du Corps* izan ziren. Udalei dago-kienez, Veneziak bere arauak eman zituenean hasi ziren higie-neagatik interesatzen.

Medikuntzaren eremuan, Erdi Aroan aurrerapen nabariak egin zituen adar bat oftalmologia izan zen. Begi-lauso-en ebakuntza eta gisa berekoak ezagunak ziren garai klasikoetatik, eta arabiarrek prestakuntza nahikoa eskuratuta zuten begietako arazoak tratatzeko, zinke-zko ukenduak erabiliz eta ebakuntza zailak eginez –adibidez: kristalino opakoen erauzketa–. Oftalmologiari buruzko tratatu latindar ezaguna XII. mendeko judutar batek idatzi zuen, Benvenutus Grassuek alegia, Ekialdeko iturriak oinarritzat harturik. XIII. mendean, Petrus Hispanusek begi-lauso-en zenbait fase deskribatu zituen, xehetasun handiz, eta urrezko orratzez egindako ebakuntzaren berri eman zuen.

Mendebaldean egin zen aurrerapenik handiena betaurrekoak asmatzea izan zen. Ikusmen ahula eta –batik bat– arratsaldeetan irakurtzeko zailtasuna arazo larritzat hartzen zen, gaitz hori sendatzeko agindutako ukendu eta lozioen kopuru handiak frogatzen duen bezala. Betaurrekoak mende batzuk atzeragotik ezagutzen ziren, bai Kristandadean eta bai Islamen, baina, eskura dauden frogen arabera, presbizioa konpentsatzeko erabili ziren lehenengo lente ganbileko betaurrekoak XIII. mendeko amaierakoak dira. Rogen Baconek horrelako betaurrekoak proposatu zituen 1266-7an bere *Opus Majus*-en. Gaur egungo betaurrekoen asmakuntza Italiako iparraldeko fraide domingotar batzuen izenarekin lotu izan da, baina badirudi lehenengo betaurrekoak egin zituena –1286an baino zertxobait geroxeago– asmatzaile ezezagun bat izan zela eta fraide batek eman zuela horren berri, Pisako Alessandro della Spinak hain zuzen ere; izan ere, beronek betaurrekoak nola egiten ziren ikusi zuen eta gero bereak egin zituen. Beraien manufaktura Veneziako beira eta kristal industriarekin lotu zen hasieratik, eta betaurrekoak kristalez edo *beryllus*-ez egiten ziren batzuetan. Betaurrekoak izendatzeko ezagutzen den lehen-dabiziko terminoa Veneziako kristalarien gremioarentzat 1300ean emandako araudi gehigarrian aurkitzen da, bertan *roidi da ogli* (begientzako diskoak) deitzen baitzaie; hurrengo urtean, *vitreo ab oculis ad legendum* (begientzako kristalak, irakurtzeko) izeneko tresnen fabrikazioa aipatu zen. 1300ean *lapides ad legendum* terminoa ere agertu zen, antza denez handitze-lenteak izendatzeko. Hortik

gutxira beste aipamen batzuk daude beste dokumentu italiar batzuetan; adibidez, 1322an, Florentziako apezpiku batek (aipamena E. Rosenen artikululu batean ageri da, *Journal of the History of Medicine*-n, 1956, II. liburukia, 204. orrialdea) «zilar urreztatuzko armazoia zuen betaurreko pare bat» utzi zuen oinordetzan. Bernardo Gordongoak 1303an egindako adierazpen bat betaurrekoei buruzko zela pentsatu zen hasieran, baina lehenengo erreferentzia mediko frogatua askoz ere geroagoa da, 1363koa alegia: urte horretan, Guy de Cahuliacek betaurrekoak agindu zituen ikusmen ahula sendatzeko, ukenduek eta lozioek huts egin eta gero. Ordurako, betaurrekoak nahiko hedatuta zeuden, eta, adibidez, Petrarcak (1304-74) hauxe idatzi zuen bere *Letters to Posterity* obra autobiografikoan: «Denbora luzez oso ikusmen ona izan dut, baina, kontrakoa espero banuen ere, hirurogei urte bete eta gero utzi egin nau eta, nire atsekaberako, betaurrekoen laguntza bilatu behar izan dut.» Antza denez, lehenengo betaurreko guztiak lente ganbalez egiten ziren; miopia konpentsatzera zuzendutako lehenengo lente ahurrak XVI. mendean erabili omen ziren. Betaurrekoek Kristandadearen esparrua gainditu zuten eta lurralde arabiarretara eta Txinara hedatu ziren.

Kirurgiari dagokionez, Mendebaldeko aurrerapenak Roger Salernokoak XII. mendeko amaieran idatzi zuen *Practica Chirurgica*-rekin hasi ziren. Dirudienez, Rogerren obran eragin handiagoa izan zuten Bizantzioko sendagileek arabiarrek baino; alde horretatik, mediku bizantziarren artean aipatzekoak dira VI. mendeko Aëtius eta Alexander Tralleskoak eta VII. mendeko Paulo Eginakoa. Roger Salernokoak behaketa ahalmen zorrotza erakutsi zuen, baita praktika kliniko sendoa ere. Gaizki egindako hezur-loturak hautsi eta berregin zituen, hemorragiak estiptiko eta loturez tratatu zituen, bendak jartzeko metodo eraginkor bat izan zuen, eta teknika on bat deskribatu zuen herniak operatzeko. XIII. mendeko hasieran izan zuen jarraitzaileak, Rolando Parmakoak, aparteko trebetasuna erakutsi zuen buruko zauriak sendatzen, eta trepanazioa eta hezur-hausketa behertuak igotzeko teknika deskribatu zituen. Halaber, eskuak garbi eta pazientea bero mantentzeko beharraz konturatu zen. Bi kirurgilari horiek «zauri-kirurgilariak» izan ziren gehienbat, eta zauriak sendatzeko tratamenduan Galenoren gomendioa bere egin zuten eta zorne-jarioa bultzatu zuten, ukendu koipetsuak erabiliz.

XIII. mendean, Italiako iparraldeko Hugo eta Teodoriko Borgognoni sendagileak zauriak tratatzeko metodo horren aurka azaldu ziren, eta gauza bera egin zuen Henri de Mondeville XIV. mendeko hasieran –horiek guztiek Bolognan egin zituzten ikasketak–. Beraien esanetan, zornea sortzea ez zen inola ere beharrezkoa, eta gainera mingarria zen; hortaz, zauria ardoaz soilik garbitu behar zen, ertzak puntuen bidez josi, eta gero modu naturalean sendatzen utzi. XIII. mendeko beste sendagile italiar batek, Bruno Longoburgokoak, zauriak lehor eta garbi mantendu behar zirela errepikatu zuen, eta «lehen eta bigarren intentzioko» sendaketaz hitz egin zuen. Beste aurrerapen batzuk Lanfranchi italiarraren eta Jan Yperman (~1330ean hila) flandestarraren eskutik etorri ziren; 1296an idatzitako *Chirurgia Magna*-n Lanfranchik esan zuenez, nerbioetan ebakitako muturrak elkarrekin josi behar ziren; Ypermanek, berriz –Mondeville bezala armadako kirurgilaria izan zen berau ere–, bizipen pertsonaletan oinarritutako hainbat kasu deskribatu zituen eta anestesiarene garrantzia azpimarratu zuen. Mondevillek berak geziak gorputzetik erauzteko tresna bat asmatu zuen, eta imanez baliatu zen burdinazko pusketak haragitik ateratzeko. Norabide horretan aurrerapen gehiago egin ziren XIV. eta XV. mendeetan; zoritxarrez, XIV. mendeko erdian Guy de Cahuliacsek bertan behera utzi zuen zaurien tratamendu antiseptikoa eta, beraren idazkien eraginez, kirurgilariak Galenoren ukendu eta zorne-jarioak erabiltzera itzuli ziren.

Nahiz eta Erdi Aroko kirurgiaren zeregin nagusia zuriak eta hezur-haustaketak tratatzea zen, onartuta zegoen tratamendu kirurgikoa beharrezkoa zela beste gaixotasun batzuetarako, eta zenbait ebakuntzatan trebetasun nabaria eskuratu zen. Harriaren ebakuntza eta zesarea ezagunak ziren garai klasikoetatik, eta arabiarrek era askotako tresna kirurgiko espezializatuak garatu zituzten, hala nola eskalpeloak, orratzak eta haria, zerrak, xiringa aurikularrak, palankak eta forzepsak. XIII. mendeko erdian, minbiziaren tratamendu kirurgikoaren garrantzia aipatu zuen Gilberto Ingelesak –1250ean Montpellierko kantzilerra izan zen–; ildo beretik, XIII. mendeko amaieran, Gilermo Salicetoko kirurgilari italiarrak tratamendu bat deskribatu zuen haur hidrozealoentzat: likidoa burutik ateratzen zen, bertan kauterioz egindako zulo txiki batetik. XIV. mendeko lehen urteetan, Mondevillek hesteetako zauriak metodo antiseptikoaren bidez nola

sendatzen ziren deskribatu zuen, eta anputazio kasuetan arteriak lotu behar zirela azpimarratu zuen. Mondinok modu bikainean deskribatu zituen herniako ebakuntzak, bai irentze kasuetan eta bai iren gabekotan; dena dela, Bernard Gordongoak prozedura horren zailtasuna erakutsi eta eten-uhala lehenetsi zuen; izan ere, berak eman zuen eten-uhalaren lehendabiziko deskribapen modernoa. Gentile da Foligno konturatu zen sabel-paretaren apurketari buruz ez zegoela inolako antzinako testurik, eta, beraz, mediku eta kirurgilariek norberaren esperientzia hartu behar zutela gidatzat; Guy de Chauliac kirurgilari trebea eta behatzaile ona izan zen, bere 1360ko *Chirurgia Magna*-n ikus daitekeenez, eta tratatu horrek obra estandarra jarraitu zuen izaten Ambrose Paréren garaira arte, XVI. mendera arte hain zuzen ere. *Spongia saporifera* erabili zuen, eta oso trebea zen hernia eta hausketak tratatzen; halaber, burezurraren hausketetan likido zerebroespinallean gertatzen zen galeraz ohartu zen, baita presioak arnasketan zuen eraginaz ere. Hautsitako gorputz-adarrak tenkatu zituen polea eta pisuez baliatuz. Garai bereko kirurgilari ingeles batek, John Ardernek (1307-77), fistulak sendatzeko erabilitako xiringa berri bat eta beste tresna batzuen berri eman zuen, Ingalaterrako izurri beltza deskribatzeaz gain; beraren herrikide John Mirfeldek (1407an hila) «torneillus» bat deskribatu zuen dislokazio batzuk txikitzeko. XV. mendeko Italian, Brancatarrek kirurgia plastikoa erabili zuten sudurrak, ezpainak eta belarriak berreraikitzeko, Celsus doktore erromatarrek iradokitako teknikaren bitartez. Sudurraren kasuan, kiribil formako larruazal zati bat hartzen zen besoaren gainaldetik, baina mutur bat besoari atxikita uzten zen sudurreko injertoa behar bezainbesteko sendotasunez atxikitzen zen arte. Kirurgia plastikoa aritu zen beste kirurgilari bat Heinrich von Pfoltspeundt izan zen, Alemaniako armadakoa. Beronek su-armen zauriak deskribatu zituen 1460an. Armada bereko beste kirurgilari batek, Hans von Gersdorffek, hausketak eta dislokazioak tratatzeko aparatu mekaniko konplexu batzuk deskribatu zituen 1517an.

Kirurgiaren eremuan, Erdi Aroan aurrerapen nabariak egin zituen adar bat odontologia izan zen. Sendagile bizantziar eta arabiarrek txantxarrak ezagutu zituzten eta horrelako gaitzak zituzten hortzak tratatu eta bete, baita hortzak atera ere. John Gaddesdengo kirurgilari ingelesak (1361ean hila) hortzak ateratzeko tresna berri bat des-

kribatu zuen. Guy de Cahuliacek txoko hezurrez edo bestelako substantzietz egindako hautsa gomendatu zuen hortzak garbitzeko, eta galdutako hortzen ordeztatu idi hezurak edo giza hezurak jartzeko prozedura deskribatu zuen: urrezko haria erabiltzen zuen, pieza berri horiek inguruko hortz onekin lotzeko. Berant Erdi Aroko zenbait odontologoren testuek zati txantxardunak daratulu edo karraskez nola kentzen ziren deskribatu zuten, baita utzitako zuloa urrezko orritz estaltzeko prozedura ere.

Berant Erdi Aroko kirurgiaren jardun horrek anatomia ikasteko beharra azpimarratu zuen, eta XII. mendean geroztiko kirurgilari handi guztiek onartu zuten ezen kirurgia ona, medikuntza ona bezalaxe, ezinezkoa zela anatomiaren inguruko jakintzarik gabe (ikus 175-80. orrialdeak). Denbora luzez, Elizak odola isurtzea debekatu zien bere klerikoei, eta, hortaz, baita kirurgian aritzea ere; arrazoi horregatik, Erdi Aroko unibertsitateek ez zuten inoiz ere kirurgia irakasgai gisa onartu, medikuntzarekin egin zuten bezala. Horrek esan nahi du anatomiari buruz unibertsitateetan zerbait ikasten zuten arren, Erdi Aroko ikasleek beste bide bat erabili behar zutela anatomia –eta kirurgia– benetan ikasteko, hots, kirurgilari praktikoa gisa aritzen zen norbaitekin lan egitea, Mondevillek gomendatu zuen bezala. Kirurgia unibertsitateetatik –batez ere Frantzia eta Ingalaterrakoetatik– kanpo uztearen ondorioa haxe izan zen: kirurgia bizargin ibiltarien esku uzten zela maiz, esku-lan gisa, eta berauek harri, hernia edo begi-lausoen ebakuntza egiten zutela bizargina izateko ikastean lortutako prestakuntza soilarekin. Bakarrik Italian bultzatu zen kirurgia unibertsitateetan; Bolognan *post mortem* azterketak egin ziren heriotzen arrazoiak determinatzeko, baita, izurri beltzaren garaian, gaixotasun horren efektuen inguruko zerbait ikasteko ere. XV. mendean, kirurgilari on gehienak italiarrak ziren, eta mende horren amaieratik aurrera bertan hasi zen anatomiaren ikaskuntza beste inon baino arinago aurreratzen.

Erdi Aroan, gaixoen zaintzan asko laguntzeaz gain kasu mediko eta kirurgikoen behaketatik eskuratutako jakintzari biziki lagunduzio instituzio bat ospitalea izan zen. Antzinaroan, Greziako sendagileek euren etxeetan eduki zituzten pazienteak, eta Aesculapiusen tenplu batzuetan gaixoak biltzen ziren tratamendua jasotzeko, erromatarrek ospitale militarrek eraiki zituzten, eta judutarrek etxeak eskaini

zizkieten behartsuei. Pobreei laguntzera eta gaixoak tratatzera zuzendutako karitate-ospitale ugari sortzea zibilizazio kristauaren ekimena izan zen. Mota horretako lehenengo ospitalea Konstantino enperadoreak egin omen zuen, eta harrezkero aski ugari ziren Bizantzion. Hala, XI. mendean sortutako ospitale batek 50 ohe zituen, paziente mota desberdinentzako sail desberdinetan jarriak; sail bakoitzak bi sendagile eta beste langile batzuk zituen. Arabiarrek Bizantzioko ospitale horiek kopiatu zituzten; izan ere, X. mendean bertan 24 sendagile zituen ospitale bat ari zen jardunean Bagdaden. XIV. mendean, lau hegale zituen ospitale bat zegoen Kairon, sukarra, begietako gaixotasunak, zauriak eta diarrea pairatzen zituzten pazienteak tratatzeko. Hegale bakoitza botikak prestatzeko ekipoz hornituta zegoen, eta guztiek bazuten iturri batetik hartzen zen ur korrontea.

Mendebaldeari dagokionez, monasterio gehienek erizaindegiak eta asiloak zituzten, eta ospitaleak horretaz arduratzen ziren ospitale-ordena berezien eskutik sortu ziren, hala nola Jerusalemeko San Joan Ordenaren eta Izpiritu Santuaren Anaiei Ordenaren eskutik. Horietako asko legenardunak tratatzeko ospitaleak ziren; alde horretatik, gisa horretako ospitaleen sorrera bereziki bultzatu zuten Gurutzadak izan ziren, zeren eta, dirudienez, mugimendu horrek zerikusi handia izan baitzuen gaixotasun horren hedapenean. 1123an, Londresko St. Bartholomew ospitalea sortu zenean, Ingalaterrak beste 18 ospitale zituen gutxi gorabehera, eta St. Thomas ospitalea sortu zenean –1215ean– 170 ospitale inguru. XIII. mendean beste 240 ospitale sortu ziren, XIV. mendean beste 248 ospitale, eta XVI. mendean beste 91. Halaber, beste herri batzuetan gauza bera gertatu zen. 1145ean, fama handia hartuko zuen ospitale bat sortu zuten Izpiritu Santuaren Anaiek Montpellierren, eta XIII. mendeko hasieraz geroztik, Inozentzio III.ak bultzaturik, Izpiritu Santuaren Ordenak ospitaleak sortu zituen Kristandadeko hiri gehien-gehienetan. 1225ean, Frantziako Luis VIII.ak 100na *sou* oparitu zizkien bere erresumaren barnean kokatutako legenardun-etxe guztiei –2000 etxe, hain zuzen ere–. XIII. mendeko ospitaleak solairu bakarrekoak izaten ziren, eta areto zabalak, lurzoru baldosadunak eta leiho handiak zituzten; oheak konpartimendu desberdinetan egoten ziren jarrita, eta, gainera, ur-hornidura eta estolderia-sistema onak zituzten. Lehendabiziko ospitaleen xedea gaixoak eta ahulak zaintzea zen, tratamendua ematea baino

gehiago; geroko ospitaleetan, aldiz, gaixoak gaitzen arabera bereiztu eta isolatzen ziren eta terapia espezializatuak ematen zitzaizkien.

Erdi Aroko ospitale batzuek azpimarratu beharreko ezaugarri bat izan zuten, hots, zoroak ulertzeko eta zaintzeko eta gaitz psikologikoak tratatzeko ahaleginak egin zituztela. VII. mendean bertan, Paulo Eginakoak *malenkonía* eta *mania*-ren kausak eta tratamendua eztabaidatu zituen modu nahiko sakonean. 1203an, Le Manseko katedralari atxikitako ospitale batek *furiosi frenetici*-ak onartu zituen bere pazienteen artean. Geroago, ospitale batzuk buru-gaixotasunetan espezializatu ziren, Londresko Royal Bethlehem edo Bedlamek XIII. mendeko amaieran egingo zuen bezala. Garai hartakoen ustez, buruko gaitzek hiru kausa izan zitzaizketen: lehenengo kausa fisikoa zen, amorru eta alkoholismoaren kasuan bezala; bigarren kausa mentala zen, malenkonía eta afasian bezala; eta hirugarrena espirituala, deabrua arimaz jabetzen zenean bezala. Tratamendua ere hiru mota horiei egoitzen zitzaien, eta, kasu bakoitzean, pazientea sendatzen saiatzeko metodoak ahal bezainbeste egiten zuen sufrimenduaren kausa beraren kontzientzia arrazionalaren argitara ekartzeko. Baina Erdi Aroko medikuntza psikologikoaren eraginkortasuna ez da gehiegi baloratu behar; gainera, sarri askotan, paziente mentalarenganako ohiko jarraia erabateko ulertezintasuna zen, basakeriarekin eta etsimendu elizkoiarekin nahastuta. 1671. urtea iritsita, René Baryk zera zioen artean ere bere *La physique divisé en trois tomes* testu-liburuan: zoramena ilbetea nabarmentzen zela inoiz baino gehiago, ingelesek Ilargiaren 14. egunean jipoitzen zituztela eroak Londresko Nazareth elizan, eta *Les Mathurins de la Beausse* zeritzanek gauza bera egiten zutela, eta, gainera, Ilargi-joak biluztu, ziztatu eta Jaungoikoari gomendatzen zituztela. Zalantzarik gabe, Erdi Aroko sendagileak ere horiek bezain urrun egoten ziren sarriegitan Baryren garaiko beste aditu batek –Thomas Sydenhamek– kasu psikologikoei buruz egiten zuten azterketa zientifiko onberatik –Thomas Sydenham psikiatria modernoaren aitzindarietako bat izan zen–.

Orokorrean hartuta, Erdi Aroko medikuntza garai hartako Mendebaldeko teknologian ikusten zen adimen enpirikoaren emaitza azpimarragarri bat da. Aldi hartan asmatu ziren gainerako teknika eta tresnak bezala, ezagutza eta tratamendu medikoak ere natura kontrolatzeko ahalmena eman zioten Mendebaldeko gizakiari, baita beraren

bizi baldintzak hobetzeko ahalmena ere, aurreko gizarteetan inoiz ez ikusitako neurrian. Asmamen horren atzean beharrian fisiko eta ekonomikoen arrazoia zegoen, dudarik gabe; nolanahi ere, *Speculum*-en 1940an idatzitako artikulu batean Lynn Whitek esan zuenez, «beharrian» hori gizarte orotan aurki daiteke, baina bakarrik Mendebaldean adierazi zen asmamenaren bidetik». Beharriana arrazoia izan dadin ezinbestekoa da beharrian hori existitzen dela konturatzea, eta Mendebaldea horretaz konturatzeraz eraman zuen arrazoi nagusietako bat bertako teologiaren tradizio ekintzailea izan zen. Pertsona bakoitzaren erantzukizunaren balio mugagabea aldarrikatzean, teologia horrek berebiziko balioa eman zion arima hilezko guztien zaintzari, eta, hortaz, sufrimendu fisikoa karitatearen bidez arintzeko lana ere baloratu zuen bereziki, lan hori duintasunez hornituz eta aurrerabide berriztatzaileari arrazoi bat emanez. Horren eraginez sortu zen asmenak arazo teknikoei aurre egiteko behar diren trebetasun praktikoa eta buru-malgutasuna ekarri zituen berekin, hau da, zientzia modernoak gero bereganatuko zituen funtsezko ezaugarriak.

Oharrak

¹ Nolanahi ere, gizakiak unibertsoan neurri txikia zuela oso gai ohikoa zen garai hartako hausnarketan; alde horretatik, Boezioren *De Consolatione Philosophiae* (2.7.) liburuko pasarte hau oso ezaguna zen Erdi Aroan: «Froga astronomikoetatik ikasi duzunez, unibertsoarekin alde-ratuz gero Lurra ez da puntu bat baino handiagoa, hau da, zeruetako esferarekin alderatuz gero lurra ino-lako neurririk ez duela pentsa liteke. Izan ere, Ptolomeoren arabera, bazter txiki honetako laurden bat baino ez da gizakientzat bizileku. Ken itzazu laurden horretatik itsasoak, zingirak eta bizilagunik gabeko gainerako lekuak, eta gizakiontzat geratzen den lekuak ez du ia infinitesimala izena ere merezi».

² Ikus Chaucerren *Canterbury Tales*-en hitzaurrea (II. 411 *et seq.*):

Gurekin medikuntza-doktore bat zegoen;

mundu osoan ez zegoen bera bezala-korik.

Medikuntzaz eta kirurgiaz hitz egi-tea,

astronomian zegoen berarentzat oinarrituta.

Bere pazientea ondo baino hobeto zaintzen zuen,

eta bere magia naturalaren bitartez bazekien

zein zen pazientearen goranzko astroa,

eta noiz egin zitzakeen bere irudiak.

Gaixotasun guztien zergatia ezagu-tzen zuen,

zela beroa edo hotza, zela hezetasuna edo lehortasuna,

eta bazekin non sortua zen, eta zein humoretatik;

Oso aditu ona zen.

³ San Benitok ere eritegi bat antola-tu zuen Monte Cassinon. Gaixoak zaintzea zeregin kristautzat hartzen zen gisa horretako erakunde ongile-entzat.

⁴ Materia partikula txikiz osatuta zegoela zioen ikusmoldea filosofo greziar batzuek asmatu zuten, gauzek euren identitateari eusten zioten mundu batean aldaketa nola gerta ote zitekeen azaltzen saiatzeko. Kris-toren aurreko V. mendean, Parmeni-desek kale itsu batera eraman zituen filosofoak, iraganeko eskola jonia-rraren ikusmoldeak aldaketa ezinez-

ko bihurtzen zuela esan baitzuen; izan ere, filosofo joniarren ikusmoldearen arabera, bazen substantzia bakar eta homogeen bat, hala nola airea edo sua, aldaketan zehar bizirik irauten zuen identitatea zena; bada, Parmenidesek esan zuen horrek aldaketa eragozten zuela, substantzia homogeen batek gauza bat baino ezin baitzuen egin: bakarra eta homogeenoa izaten jarraitu, hain zuzen ere. Hori horrela izanik, aldaketak ezer ez izatetik zerbaitez zera pasatzea ekarriko zuen berekin, hau da, ezinezkoa zen zerbaitez. Hortaz, aldaketa ulertezina zen. Zailtasun hori gaintitu nahirik, V. mendeko beste filosofo batzuek zera esan zuten: bazirela azkeneko substantzia batzuk, eta munduan ikus zitezkeen aldaketak substantzia horien berrantolaketaren bitartez sortzen zirela. Anaxagorasek esan zuen gorputz mota bakoitza parte homogeenotan edo «hazitan» zatitu zitekeela; hazi horietako bakoitzak osoko gorputzaren ezaugarriak gordetzen zituen, eta gero etengabe zatitu zitezkeen berrira, mugariki gabe. Enpedoklesen esanetan, berriz, gorputzak zenbait aldiz zatitu ondoren lau osagaiak eskuratu-ko ziren: lurra, ura, airea eta sua; gorputz guztiak osatuta zeuden berez iraunkorrak eta aldaketarik gabeak ziren lau osagai horiekin. Pitagoraren eskolaren arabera, objektu guztiak existentziatzeko puntu edo unitatez eginda zeuden; halaber, objektu naturalak puntu horiekin eginda zeuden, irudi geometrikoei zegozkien konbinazioen bidez. Horrenbestez, linea batentzat posible izan beharko zatekeen gisa horretako puntu kopuru finitu batez osatuta egotea; teoria

pitagorikoak huts egin zuen gertaera jakin batzuei aurre egiterakoan; adibidez: ezinezkoa izan zitzaionean karratu baten diagonalaren eta aldearen arteko arrazioa zenbaki zehatz batez adieraztea; izan ere, arrazoi hori $\div 2$ zen, pitagorikoentzat «irrazionala» zen zenbaki bat, alegia. Errealitatean gertatu zena izan zen pitagorikoek nahastu egin zituztela puntu geometrikoak eta azkeneko partikula fisikoak, eta badirudi horixe izan zela Zenonen paradoxen gakoa. Leuzipo eta Demokrito atomistek zailtasun hori saihestu zuten, zeren onartu baitzuten puntu geometrikoek ez zutela magnitude eta magnitude geometrikoak infinituraino zatitu zitezkeela; euren ustez, haatik, mundua osatzen zuten azkeneko partikulak ez ziren ez puntu geometrikoak ez irudiak, baizik eta ezin zatitu zitezkeen unitate fisikoak, hau da, atomoak. Atomisten arabera, unitertsoaren osagaiak etengabe eta ausaz hutsarte mugagabe batean mugitzen ziren atomoak ziren. Atomoak desberdinak ziren neurri, forma, ordena eta posizioaren aldetik, eta forma desberdinen kopurua infinitua zen. Euren etengabeko mugimenduetan zurrumbiloak eratu zituzten; zurrumbilo horietan lau osagaiak –aurrena– eta beste gorputz batzuk –hurrena– sortu ziren, gisa bereko atomoak lotura mekanikoen bidez elkartuz, hala nola krisket eta krisket zuloz osatutako mekanismoen bidez. Atomoen kopurua infinitua zenez, gauza bera gertatzen zen hutsarte mugagabeen atomoek era zitzaketen munduen kopuruarekin. Atomisten iritziz, «egia» bakarra atomoen berezko ezaugarriak ziren:

gogortasuna, forma eta neurria. Gainerako ezaugarri guztiak –hala nola zaporea, kolorea, berotasuna eta hoztasuna– zentzumenen inpresio hutsak ziren, «errealitatean» ezeri ere ez zegozkionak. Bai pitagorikoen iritziz eta bai atomisten iritziz ere, mundu fisikoaren barietate aldakorren baitan aurkitzen ziren atal ulergarri, iraunkor eta errealak matematikaren bidez azal zitezkeen. Platonek iritzi berbera plazaratu zuen *Timaeus*-en, pitagorikoek berarengan izan zuten eragin nabaria islatuz. Platonen garaian, aldaketa azaltzeko greziarrek egin zituzten ahaleginen emaitza aldaketan zehar irauten zuen identitatearen ideia hobeto lantzea eta ulertaraztea izan zen. Gauza fisikoek «izatea» edo «substantzia» osatzen zuen identitate hori aldatu egin zen, zeren zerbait material izatetik esentzia ukiezin bat izatera pasatu baitzen. Platonen ustez, esentzia hori ideia unibertsala edo «forma» zen, zeina –bere ustez– gauza fisikoetatik bereiztuta existitzen baitzen, beraien nahiaren xede gisa. Aldaketa edo «bilakaera» prozesu bat zen; beraren bitartez, betiereko forma horien itxura hautemangarria zuten formak sortu egiten ziren espazioan eta denboran.

⁵ Ikus Chaucerren *Canterbury Tales*-en hitzaurrea (II., 429 *et seq.*)

Ongi ezagutzen zituen Eskulapio zaharra,

baita Dioskorides eta Rufus,

Hipokrates zaharra, Haly eta Galeno ere;

Serapion, Rahzes eta Avizena;

Averroes, Damaskotarra, eta Konstantino;

Bernard, eta Gatesden, eta Gilbertyn;

⁶ Deskribatzen ari den teoria Aristarko Samoskoarena da. Pasarte osoaren itzultzailea Heath da.

⁷ Eskerrak ematen dizkiot F.R. Maddison jaunari, astrolabioaren historiari buruzko informazioa emateagatik.

⁸ H.C. Plummer, *Nature*, 1942, 150. liburukia., 253. or.

⁹ Ikus Crombie, «*The mechanistic hypothesis and the scientific study of vision*», *Proc. Roy. Microscopical Soc.*, ii (1967) 3-122.

¹⁰ Deskribapen zehatzago bat hemen aurki daiteke: A.C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science 1100-1700*, Oxford, 1971, 222. orrialdea eta hurrengoak.

¹¹ Ikus Crombie, *Robert Grosseteste*, 232. orrialdea eta hurrengoak, bertan oso-osorik erreproduzitzen baitira Theodoriceen irudiak.

¹² Ahalmen motore horri *virtus* deitzen zitzaion, zerbait egiteko ahalmena edo gaitasuna adierazteko.

Y Masa kontzeptua XVII. mendean deduzitu zen lehenengo aldiz, suposizio hau oinarritzat hartuz: hutsartean edo gorputzaren pisua baino askoz ere erresistentzia txikiagoko medio batean gorputz guztiak abiadura berberaz jausten zirela.

¹³ L. Thorndike, *Isis*, 1946, 36. liburukia, 156.-7. orrialdeak.

¹⁴ Teofrastoren lanen artetik geologiari buruz gorde den bakarra *Concerning Stones* da.

¹⁵ Albertusen *De Animalibus*-en testuaz H. Stadlerrek egin zuen edizioan jatorrizko testua irakur daiteke, Albertusek gehitutako azalpenekin batera.

¹⁶ *Spiritus animalis* terminoak *anima*-ri dagokio, hau da, arnasketari, animalien biziaren printzipioari; grekoz *pneuma psuchikon* da beraren baliokidea. Terminologia eskolastikoan *anima*-ri kontrajartzen zaiona *animus*-a da, hots, biziaren printzipio espirituala, arima arrazionala.

¹⁷ Bakarrik baso horretan gertatzen zen fluxuaren alderanzketa bat, zeren benaren odolaren parte bat gibeletik itzultzen baitzen urdailera eta hestee-tara, espiritu naturala eta elikagaiak ekartzeko. Interpretazio oker baten eraginez, gure garaiko historialari batzuek pentsatu dute odolaren fluxuak «gora eta behera» egiten zuela bena-sistema osoan, modu orokorrean. Ikus Donald Fleming, *Isis*, 1955, 46. liburukia, 14. orrialdea eta hurrengoak.

¹⁸ Garunaren oinarrian kokatutako egitura hori ondo garatuta dago animalia batzuegan, hala nola txahalengan, baina ez gizakiengan.

¹⁹ «Zertxobait urrunago, muino bat arin gainditzean, haren kausa deskubritu zuten... Zenbait janzki txandaka kolpatzen zituzten sei pilatze-mailu erraldoik sortzen zuten *Kixote*-ren kezka eta *Santxo*-ren estuasuna gau hartan eragin zituen zarata ikaragarri hura». (*Kixote Mantxakoa*, 1603, 1. parte, 3. liburua, 6. kapitulua).

²⁰ *Piers Plowman*-ek (~1362) oihalaren merkataritza deskribatzen du (arg. «W.W. Skeat, Oxford, 1886, p. 466, B Text, Passus XV, ll. 444 *et seq.*): ehundegitik heltzen den oihala ez dago erabiltzeko moduan; izan ere, hori baino lehen oinez edo pilaz zapaldu behar da, urez garbitu, kardez kardatu, eta jostunaren eskutik tenkatu eta hedatu.

Laminei buruzko oharrak

I. LIBURUKIA

4. *lamina*. Ezkerrean atzealdea ikus daiteke, *alidade*-a bisore pare batez erakutsiz. Kanpoko ertzaren inguruan gradu-eskala bat dago, eta beraren barnean zodiako-egutegiko eskala bat; beronen bidez, Eguzkiak ekliptikan duen posizioa aurki daiteke urteko edozein alditan. Eskala horren barnealdeko goiko erdian ordu-tarte ezberdinak adierazten dituen diagrama bat grabatu da, eta beheko erdian karratu marraztu bat.

Eskuinaldean aurrealdea ikus daiteke, *label*-a (adierazlea) eta kontu handiz ebakitako *rete* mugikorra erakutsiz; beraien inguruan, kanpoko ertzean, ordu-tarte berdinak adierazten dituen eskala bat dago. *Rete*-ko apendiz kiribilduen puntak 21 izar finko adierazten dituzte. Gainean eszentrikoki jarritako zirkuluak ekliptika adierazten du, kanpoko uztaiak Kaprikornio Tropikoa, eta beronen barneko bi segmentuak ekuatore-zirkuluaren parteak dira. Meridianoak *label*-aren pibota zeharkatzen du bertikalki, iparra behealdean egonda. *Rete*-aren azpian *lamina* dago; bertan, zeruko esferaren proiektzio estreografiko

bertikal bat markatuta dago. Goiko zatian *almikantaratak* (goitasun zirkuluak) erakusten dira, poloaren inguruan, horizontea behealdean egonda. Zirkulu horiek *azimutek* ebakitzen dituzte. Azpialdean, ordu ezberdinen marrak daude. Ikus 104-8. orrialdeak eta 3. irudia.

6. *lamina*. Begiak bere barnera sartzen ziren argi «espezieak» nola enfokatzen zituen erakusteko xedez, Baconek begiaren parteentzako antolakuntza anatomikoa deskribatu zuen. Avizenarekin bat etorritik, begiak hiru bilduki eta hiru humore zituela esan zuen. Barneko bildukiak bi parte zituen; lehenengoa *rete* edo *erretina* zen, nerbioaren hedapen bat, «bena, arteria eta nerbio mehez» (*Opus Majus*, V, i, ii, 2. Arg. J.H.Bridges, ii, 15) hornitutako sare ahur bat osatzen zuena eta elikagai eramailaren eginkizuna betetzen zuena; beraren barnean parte lodiago bat zegoen, *uvea* izenekoa (terminologia modernoan koroidea esaten zaio, eta iris hartzen du barne). *Uvea*-ren kanpoaldean *cornea* –berau gardena zen begi-niniaren irekiunea estaltzen zuen lekuan– eta *consolidativa* edo *conjunctiva* (esklerotika) zeuden. Barneko bildukiaren barnean hiru

humoreak zeuden, eta, hala, begi-ninira sartzen zen argiarentzat: «*cor - nea, humor albigineus* (humore urtsua), *humore glacialis* (kristalino-a), *humor vitreus* (humore beirakara) eta nerbioaren muturra egongo lirakeke, halako moldez non gauzen espezieak beraien guztien zehar pasatuko lirakekeen garunera iristeko... Kristal-humoreari (kristalino-a) begi-ninia deitzen zaio, eta beraren baitan dago ikusmena» (*Opus Majus*, V, i, ii, 3, arg. Bridges, ii, 17-18). Garai hartako guztiek bezala, begiaren parte sentikorra kristalino-a zela pentsatu zuen Baconek ere (ikus II. liburukia, 257. orrialdea). Irudi horietan, Baconen asmo bakarra medio okularren kurbadurak diagrama geometriko baten bitartez erakustea zen. «Beraz, gai horiek gainazal batean ahal bezain ondo adieraz ditzakeen irudi bat marraztuko dut, baina osoko demostrazioak begi baten antzera eraikitako gorputz bat eskatuko luke, lehen azaldutako ezaugarri guztiekin. Behi, txerri edo beste animalia baten begia ilustrazio gisa erabil daiteke, norbaitek esperimentatu nahi baldin badu. Uste dut irudi hau hurrengoa baino hobea dela, nahiz eta bigarren hori antzinakoena den» (*Opus Majus*, V, i, iii, 3. arg. Bridges, ii, 23.). Goiko diagrama azalduz hone-la jarraitu zuen: «*al* piramidearen oinarria da, hau da, objektu ikusgaia; beronen espezieak kornea zeharkatzen du, piramide baten formaz, eta irekiunetik sartzen da; espezie horrek begiaren zentrorantz jotzeko joera du, eta hara zuzenduko litzateke ez balu lehenago topo egingo desbideratu egiten duen gorputz

dentsoago bat, humore beirakara alegia, *chd*». «Zentroa» esatean «kurbadura zentroa» esan nahi zuen. «Begiaren zentroa» kristalinoaren aurreko gainazal ganbilaren kurbatura zentroa (*b*) da. Hori dela-eta, Avizenari jarraituz (*Canon Medicinae*, III, iii, ii, I), zentro hori lautu egiten zela esan zuen Baconek ere egokiro. Goiko diagraman, errefrakzioa ez zen erakutsi behar marraztuta dagoen bezala, baizik eta kristalinoaren atzeko gainazal ganbila eta humore beirakaren aurreko gainazal ahurra elkartzen diren gunean (*chd*; h falta da). Elkargune horren kurbadura zentroa (*centrum vitrei*) *b*-ren aurrean dago.

7. *lamina*. Ezkerretik datorren argi izpi edo «koloma» zuri bat kristal hexagonalean sartzen da *k*-tik eta errefraktatu egiten da. Kristalaren gainazal urrunagoa (eskuinean) jotzen duen argiaren zati bat barnean islatzen da, eta beste zatia pasatu eta unean bertan errefraktatzen da berriz; biak koloreztaturik azalera-tzen dira (gurutze tankeraz marraztuta). Koloreztatutako izpiak ordena honetan azaleratzen dira: gorria, horia, berdea, urdina; hala, eskuineko izpi koloreztatuan, gorria goian dago (ikus 8. *lamina*).

8. *lamina*. Eguzkitik (*e*, goiko ezker-aldean) argi zuriko korronte bat dator. Korrontearen barnean, bereiztutako bi izpi (edo «koloma») daude marratuta (marrazkia gaizki dago, zeren badirudi izpiak dibergenteak direla). Izpi baten mugimenduari jarraituz, esfera gardenean (eskuinaldean dagoen zirkulu handia) sartu eta errefraktatu egiten dela

ikus dezakegu. Errefrakzio diferentzialez, izpia koloretan bereizten da. Theodoricek lau izpi koloreztatu bereiztu zituen, gorria (goian), horia, berdea eta urdina (behean); dena dela, marrazkia erraztu nahirik, diagraman izpi gorria eta urdina soilik jarri ditu. Izpi koloreztatu horiek esferaren barneko gainazalean islatzen dira, elkarrekin gurutzatu, eta berriz ere errefraktatu airera ateratzean. Euri-tanta batetik ateratzen diren koloreak alderantziz jarri dira orain: urdina goian dago, eta gorria behean. Behatzailearen begira (*f*, beheko ezkerraldean) doazen izpien bideak gaizki daude marraztuta, zeren itxura konbergentea baitute; dena dela, MS honetan dagoen beste diagrama batean ondo marraztuta daude.

9. *lamina*. Diagrama hau ongi marraztuta dago, Eguzkitik tantetara doazen izpi erasotzaileak izan ezik, berauek paraleloak izan beharko bailukete; hori ezinezkoa izango litzateke guztiak diagraman erakutsiko balira; eta tantetatik ateratzen diren izpiak dibergenteak izan beharko lirateke, paraleloak izan beharrean. Tanta bakoitzaren barne-

an dagoen izpiaren bidea ez da erakusten (ikus 8. *lamina*). Tanta jakin batek kolore bat baino ez dio bidaltzen behatzaileari, *c* puntuan (behealdean, zentroan). Goiko tantatik, izpiak (eskuinetik azaleratuz) behatzailearenganaino iristen dira, eta gainerako tantetatik horia, berdea eta urdina datoz, hurrenez hurren, era horretan ortzadarrean ikusitako koloreen ordena emanez.

10. *lamina*. Beheko lau zirkuluek lehen ortzadarra sortzen duten euri-tantak irudikatzen dituzte (ikus 9. *lamina*). Goiko lau zirkuluek bigarren ortzadarra sortzen duten tantak irudikatzen dituzte. Bigarren kasuan, tantak bata bestearen atzean zeharkatzean kontrako norabidea egiten du Eguzkiaren argiak, lehenengo ortzadarra sortzen duten tantak zeharkatzean egiten duenaren kontrakoa alegia, eta barnean bi aldiz islatzen da. Ez da erakusten izpi bakoitzak tanta bakoitzaren barnean egiten duen bidea. Koloreak lehenengo ortzadarrean ikusitako ordenaren alderantzizko ordenan doaz begira (*oculus*) –bigarren ortzadarrean, urdina da goien dagoen kolorea–.

Laminen aurkibidea

1. Aristotelesen kosmologia. Iturria: Petrus Apianus, *Cosmographia per Gemma Phrysius restituta*, Anberes, 1539.
2. Esfera solidoen modelo mekanikoa, Saturno planetarentzat Erdi Aroan egina. Iturria: G. Reisch, *Margarita Philosophica*, Friburgo, 1503.
3. Astrolabio baten marrazkia. Iturria: Chaucer, *Treatise on the Astrolabe*, Cambridgeko Unibertsitateko Liburutegia, MS Dd. 3.35 (XIV. mendea).
4. Gotiko berantiarreko astrolabio bat, 1430. urtearen ingurukoa. Museum of the History of Science, Oxford.
5. Astrolabio baten erabilera. Iturria: Bodleyren MS ingeles bat, 614 (XII. mendea), Oxford.
6. Roger Baconen diagrama geometrikoak, medio errefringenteek begian egiten dituzten kurbadurak erakutsiz. Iturria: *Opus Majus*, British Museum MS Royal 7.F.viii (XIII. mendea).
7. Argiaren errefrakzioarekin egindako esperimentu bat erakusten duen marrazki bat. Theodoric Freibergekoa, *De Iride*, Basileako Unibertsitateko Liburutegia MS F.iv.30 (XIV. mendea).
8. Izpiek esfera garden baten barnean –adibidez: urez betetako beirazko ontzi esferiko bat edo euri tanta bat– egiten dituzten bideak erakusten dituen marrazki bat, lehenengo ortzadarra nola sortzen den azaltzeko xedez egina. Iturria: *De Iride*.
9. Tanta esferikoen barnean gertatzen den errefrakzio eta islapen bikoitzaren eraginez lehenengo ortzadarra nola sortzen den ilustratzen duen marrazkia. Iturria: *De Iride*.

10. Theodoric Freibergekoak ortzadarraz eman zuen azalpena ilustratzen duen diagrama. Iturria: Jodocus Trutfetter, *Totius Philosophiae Naturalis Summa*, Erfurt, 1514.
11. Iman birakari batez ezagutzen den lehen deskribapena egiten duen kapitulu bat ilustratzeko diagrama. Iturria: Petrus Peregrinus. *De Magnete*, Bodleian Library, Oxford, MS Ashmole 1522 (XIV. mendea).
12. Garian egindako inurri habi baten marrazkia. British Museum MS Royal 12. C. xix (XII. mendeko amaiera).
13. Federiko II.a enperadorearen *De Arte Venandi Cum Avibus*-en orrialde bat, txori espezie batzuek beraien kumeak nola babesten dituzten erakusten duena. Iturria: MS Vaticano Palatino Latino 1071 (XIII. mendea).
14. Armiarma eta intsektuen marrazkiak, iraganean Cybo Hyèreskoari egotziak. British Museum, MS Additional 28841 (XIV. mendea).
15. Laharra (*Rubus fructicosus*) erakusten duen akuarela bat. Iturria: Diskoridesen Juliana Anicia kodizea, *Codex Vindobonensis* (512), Vienako Liburutegi Nazionalea.
16. Laharra (*Rubus fructicosus*) erakusten duen irudi bat. Iturria: *Herbal of Apuleius Barbarus*, seguruenik Bury St.Edmundsen egina, Suffolk, Oxford MS Bodley 130 (XII. mendea).
17. Lirio baten irudia, seguruenik *I. chamaeiris*. Iturria: Benedetto Rinio, *Liber de Simplicibus*, MS Marciano Latino VI.59 (1410), Biblioteca Nazionale di S. Marco, Venezia.
18. Petrus Candidusen irudi zoologikoak, *De Omnium Animantium Naturis*, MS Vaticano Urbinato Latino 276 (1460).
19. Galenoren sistema fisiologikoa.
20. Guido da Vigevanoren *Anatomia*-ko bi ilustrazio; hurrenez hurren haxe erakusten dute: kirurgilari bat disezio bat hasiz, eta torax eta abdomeneko erraiak. Iturria: MS Chantilly 569 (XIV. mendea).
21. Richard Wallingfordekoa, konpas batez tresna zirkular bat neurtzen. Iturria: British Museum MS Cotton Claudius E.iv (XIV. mendea).

22. Hari-instrumentu bat arku batez jotzen. Iturria: British Museum MS Additional 11695 (XII. mendea).
23. Idi-golde saxoniarra. Iturria: British Museum MS Julius. A.vi (VIII. mendea).
24. Lepokoz eta alboko uhalez hornitutako arnesak eta ferra iltzatuak. Iturria: *Luttrell Psalter*; British Museum MS Additional 42130 (XIV. mendea).
25. Ur-errota. Iturria: *Luttrell Psalter*.
26. Gorua. Iturria: British Museum MS Royal 10.E.iv (XIV. mendea).
27. Haize-errota. Iturria: Oxford MS Bodley 264 (XIV. mendea).
28. Bi itsasontzi, armazoia, aparailuak eta arraunak erakutsiz. Iturria: *Luttrell Psalter*.
29. Zaldun bat, kanoi batez gaztelu baten aurka tiro egiten. Iturria: Walter de Milemete, *De Nobilitatibus Sapientiis et Prudentiis Regum*, Christ Church, Oxford, MS 92.
30. Energia hidraulikoz mugitutako zeta-lantegia. Iturria: V. Zonca, *Nova Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1607.
31. Energia hidraulikoz mugitutako zeta-lantegia. Iturria: *Nova Teatro di Machine et Edificii*.
32. «Gough Map» izenekoaren zati bat, Ingalaterrako Hegoekialdea erakutsiz. Bodleian Library, Oxford. Ekialdea maparen goiko aldean dago marraztuta.
33. Italia, Sizilia eta Afrikako Iparraldea erakusten duen mapa portulano baten partea. Iturria: British Museum MS Additional 25691 (~1327-30). Hegoaldea mapako goiko partean dago marraztuta, garai hartako kartetan egiten zen bezala.
34. Ptolomeoren munduko mapa, Italiako kartografoek moldatua. Iturria: *Geographica*-ren bigarren edizioa (Erroma, 1478) –mapak eransteke egina–. Inprimatutako lehen atlasa Bolognan argitaratutako edizioa izan zen, 1477. Ikus 216. orrialdea.
35. Torlojuak ebakitzeko tornua. Iturria: Jacques Besson, *Theatrum Instrumentorum et Machinarum*, Lyons, 1569 (1. edizioa, 1568).
36. Villard de Honnecourten *Album*-en orrialde bat, zentroko ezkerrean ihes-mekanismoa erakusten duena. Gaietan energia

hidraulikoz funtzionatzen duen zerra bat dago. Iturria: *Bibliothèque Nationale*, Paris, MS français 19093 (XIII. mendea).

37. Doverko Gazteluko erlojua. Iraganean XIV. mendekotzat hartzen zen, baina orain geroagoko dela pentsatzen da. Ezkerraldean ordua jotzen duen engranajea ikus daiteke, eta eskuinaldean erlojua mugitzen duen engranajea, foliotaren bidez erregulatua. Crown Copyright. Science Museum, Londres.
38. Beiraren fabrikazioa. Iturria: British Museum MS Additional 24189 (XV. mendea).
39. Kirurgia. Paziente bat –legenardun bat, seguruenik– belakiz garbitzen; trepanatzen; herniako ebakuntza egiten; eta hezur-hausketak tratatzen. Iturria: Rolando Parmakoaren *Livre de Chirurgie*. British Museum MS Sloane 1977 (XIII. mendea).

Bibliografia

Ezinezkoa da bibliografia bat oso-osorik ematea. Beraz, aukeratu ditugun tituluak gai bakoitzari buruzko liburu erabilgarrienak dira soilik, baita liburuki hau prestatzerakoan bereziki lagundu didaten artikululu berri batzuk ere. Berauek ikerketa-lana sakontzeko bideak erakuts ditzakete. Ahal izan dudan neurrian, zerrenda honetan ingelesko eta frantsesezko lanak baino ez ditut sartu, baina funtsezko gai batzuetan ezinbestekoa izan da muga horretatik haratago jotatea. Zientziaren historia sakonago ikertu nahi dutenek bibliografia zabalago bat eskura dezakete. Oinarritzko lan bibliografikoa hauxe da: G. Sarton, *Introduction to the History of Science*, Baltimore, 1927-47, 3 liburuki 5etan; lan horrek XIV. mendeko amaierara arte doan garaia aztertu du, eta hala Ekialdeko nola Mendebaldeko zibilizazioak jorratzen saiatzen da. Lan horren osagarri gisa apiatzekoak dira 1913az geroztik *Isis*-en argitaratutako Bibliografia Kritikoak (Cambridge, Mass.) Horiez gain, berriki argitaratu diren bi azterlan bibliografiko hauek ere oso erabilgarriak dira: G. Sarton, *A Guide to the History of Science*, Waltham, Mass., 1952; eta F. Russo, *Histoire des sciences et des techniques. Bibliographie (Actualités scientifiques et industrielles*, No. 1204), Paris 1954. Beste lan erabilgarri bat hauxe da: H. Guerlac, *Science in Western Civilization. A Syllabus*, New York, 1952. Erdi Aroko eskuizkribuei buruzko funtsezko gida bat hauxe da: L. Thorndike and P. Kibre, *A Catalogue of Incipits of Mediaeval Scientific Writings in Latin*, Cambridge, Mass., 1937; horren jarraipen gisa lan hauek aipatu behar dira: Thorndike, «Additional incipits of mediaeval scientific writing in Latin», *Speculum*, xiv (1939); «More incipits of mediaeval scientific writings in Latin», *ibid.*, xvii (1942). Orobat, egunotan argitaratzen ari diren azterlan bibliografiko espezia-

lizatu batzuk aipatu behar dira, hala nola: I.M. Bochenski (editorea), *Bibliografische Einführungen in das Studium der Philosophie*, xvii, *Philosophie des Mittelalters*, F. van Steenberghen, Berna, 1950; W. Artelt, *Index zur Geschichte der Medizin, Naturwissenschaft und Technik*, Munich eta Berlin, 1953- , i- ; A. C. Klebs et E. Droz, *Remèdes contre la peste, Facsimiles, notes et liste bibliographique des incunables sur la peste (Documents scientifiques du 15^e siècle)*, i) Paris, 1925; M. D. Knowles, «Some recent advance in the history of medieval thought,» *The Cambridge Historical Journal*, ix (1947); G.E. Mohan, «Incipits of logical writings of the 13th–15th centuries,» *Franciscan Studies* (St. Bonaventure, N.Y.), N.S. xii (1952).

Isis-ez gain, aldikzari nagusiak hauexek dira: *Osiris* (Brujas), *Annals of Science* (Londres), *Archives internationales d'Histoire des sciences –Archeion* aldizkariaren jarraipena– (Paris) eta *Revue d'Histoire des sciences* (Paris). Medikuntzaren, matematikaren, teknologiaren eta beste alor batzuen historian espezializatutako aldizkarien zerrenda bat Sartonen *Guide*-aurki daiteke, eta beste zerrenda bat Russok egindakoa da. *Journal of the History of Ideas* (Lancaster, Pa. eta New York) aldizkariak ere zientziaren historiari buruzko artikulua argitaratzen ditu, eta *The British Journal for the Philosophy of Science* (Edinburgh eta Londres) aldizkariak zientziaren filosofiari buruzkoak. Halaber, garrantzi handikoak dira testuak argitaratzera bereziki dedikatzen diren serie monografikoak. Erdi Aroari dagokionez, ezinbestekoak dira *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters* (Münster), *Études de philosophie médiévale* (Paris) eta *Mediaeval Studies* (Toronto). A. C. Crombiek eta M.A. Hoskinek argitaratzen duten *History of Science*-k (Cambridge, 1962-) argitalpenak eta ikerketak bildu eta aztertzen ditu urtero.

Zientziari buruz gehien erabiltzen den historia hau da: *Histoire générale des Sciences, publiée sous la direction de René Taton*, i, *La Science Antique et Médiévale* (1450era arte), ii, *La Science Moderne* (1450-1800), iii, *La Science Contemporaine* (1800etik aurrera), Paris, 1957-. Halaber, M. Daumasen (editorea) *Histoire de la Science –Paris, 1957* (Encyclopédie de la Pléiade)– ere erabilgarria da. Sartonen *Guide*-k eta Russok zientziari buruzko beste historia asko dituzte zerrendatuta. Gai horri buruzko artikulua baliagarri batzuk hemen daude bilduta: *Critical Problems in the History of Science*, ed.

Marshall Clagett, Madison, Wisconsin, 1959; the Oxford symposium, *Scientific Change: Historical Studies in the Intellectual, Technical and Social Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention*, ed. A.C. Crombie, Londres 1963. *Journal of History of Ideas is Roots of Scientific Thought* –ed.: P.P. Wiener eta A. Noland, New York, 1957– aldizkaritik ere artikulu erabilgarri batzuk inprimatu dira berriz; material originala biltzen duen beste bilduma bat hauxe da: J.R. Newman, *The World of Mathematics*, New York, 1956, 4 liburuki. Aspladian idatzitako historia orokor batzuk ere erabilgarriak dira oraindik ere, batez ere A. de Candolle, *Histoire des sciences et des savants depuis deux siècles*, Geneva, 1873; R. Caverni, *Storia del metodo sperimentale in Italia*, Florentzia, 1891-1900, 6 liburuki; G. Cuvier, *Histoire des sciences naturelles*, complété par M. de Saint-Agy, Paris, 1831-45, 5 liburuki; J. B. Delambre, *Histoire de l'astronomie ancienne*, Paris, 1817, *Histoire de l'astronomie au moyen âge*, Paris, 1819; G. Libri, *Histoire des sciences mathématiques en Italie, depuis la renaissance des lettres jusqu'à la fin du dix-septième siècle*, 1838-41, 2 liburuki; J.É. Montucla, *Histoire des mathématiques*, edizio berria: J. de Lalande, Paris, 1799-1802, 4 liburuki; W. Whewell, *History of the Inductive Sciences*, 2. ed., Londres, 1847, *History of Scientific Ideas*, Londres, 1858, eta zientziaren filosofiari buruz dituen idazkiak (ikus II. liburukia, II. kapitulua, Zientziaren Filosofia, eta abar). Zientziaren historiak berriki izan dituen bi historialari nagusiei buruzko azterlanak hemen argitaratu dira: *Archeion*-en, xix (1937) –Pierre Duhemi buruz– eta *Revue d'Histoire des sciences*-en, vii (1954) –Paul Tanneryri buruz–. Ez dago pentsaera zientzifikoa eta teknologiaren garai eta alderdi guztiak modu egokian jorratzen dituen historia orokorrik. Garai eta zibilizazio konkretuei buruzko lan orokorrak I. eta II. kapitulueta zerrendetan agertzen dira geroago, baita horien osteko kapitulueta atal orokorretan ere. Filosofia, zientzia eta teknologia greziarrari eta arabiarrari buruzko eta Erdi Aroko filosofia, zientzia eta teknologia latindarrari buruzko azterlan berezi batzuk III. eta IV. kapitulueta aipatzen dira, dagozkien izenburupean, baita II. liburukiko I. kapitulan ere.

I. Kapitula

ANTZIN AROKO FILOSOFIA ETA ZIENTZIA: Mendebaldeko Erdi Aroko pentsaera zientifiko aztertze ezinbestekoa da Antzin

Aroko greziarren eta Erdi Aroko arabiarren zientzia eta filosofia ezagutzea. Bigarrena II. kapituluari ezaugarria da. Greziako pentsaera zientifikoa ulertzeko lagungarria da Egiptoko eta Mesopotamiako Antzin Aroko pentsaera ezagutzea; horren inguruko informazioa ondorengoetan aurki daiteke: J. H. Breasted, *The Edwin Smith Surgical Papyrus*, Chicago, 1930, *The Dawn of Conscience*, New York, 1933; H. and H. A. Frankfort, J.A. Wilson, and T. Jakobsen, *Before Philosophy: the Intellectual Adventure of Ancient Man; an essay on speculative thought in the Ancient Near East*, Londres (Pelican Books), 1949 (lehenengo edizioa: Chicago, 1946); O. Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity*, 2. ed, Providence, R.I., 1957; H.J.J. Winter, *Eastern Science*, Londres, 1952. Orobat, Antzin Aroko zientzia osoari buruzko azterlan orokor bikain bat –zenbait testu frantsesa itzulita dituen eta bibliografia erabailgarri bat duen– hauxe da: P. Brunet et A. Mieli, *Histoire des Sciences: Antiquité*, Paris, 1935. Honako hauek zientzia greziarrari buruzko azterlan labur paregabeak dira: M. Clagett, *Greek Science in Antiquity*, New York, 1956; J.L. Heiberg, *Mathematics and Physical Science in Classical Antiquity*, Oxford, 1922; A. Reymond, *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'antiquité greco-romane*, Paris, 1924 (ingelesezko itzulpena, Londres, 1927); cf. L. Bourgey, *Observation et expérience chez les médecins de la collection Hippocratique*, Paris, 1953; eta, gainera, W.A. Heidel, *The Heroic Age of Science: the conceptions, ideals, and methods of science among the ancient Greeks*, Baltimore, 1933 –azterketa zorrotz bat, zientzia biologikoak azpimarratzen dituen–; S. Sambursky, *The Physical World of the Greeks*, Londres, 1956 –interesgarria pentsaera estoikoa ezagutzeko–. Itzulpenetan argitaratutako testuen aukeraketa bikain bat hauxe da: M. R. Cohen and I. E. Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, New York, 1948. Beste jatorrizko material batzuk itzulita irakur daitezke Loeb Classical Library-n (Londres eta Cambridge, Mass.) eta Collection Budé-n (Paris); beraien testuen artean funtsezko obra batzuk daude: Platon, Aristoteles, Hipokratesen corpusa, Galeno, matematikari greziarrak, Lukrezio, eta abar. Jatorrizko material eta iruzkin gehiagorako erabilgarriak dira III. eta IV. kapituluetan zerrendatutako azterlan bereziak, baita ondorengo hauek ere: A. H. Armstrong, *An Introduction to Ancient Philosophy*, 2. ed., Londres, 1949; E. Bréhier, *Histoire de la Philosophie*, i, Paris, 1943; J. D. Burnet, *Early Greek Philosophy*, 4.

ed., Londres, 1930 – funtsezko lan bat; R.G. Collingwood, *The Idea of Nature*, Oxford, 1945; F.M. Cornford, *The Unwritten Philosophy and other Essays*, Cambridge, 1950, *Principium Sapientiae: the origins of Greek philosophical thought*, Cambridge, 1952; B. Farrington, *Science in Antiquity*, Londres, 1936, *Greek Science*, Londres, 1944-9, 2 liburuki; J.L. Heiberg, *Mathematics and Physical Science in Classical Antiquity*, Londres 1922; H.I. Marrou, *Histoire de l'éducation dans l'antiquité*, Paris, 1950 –oso erabilgarria–; G. de Santillana, *The Origins of Scientific Thought*, Londres, 1961; P. M. Schuhl, *Essai sur la formation de la pensée grecque*, 2. ed., Paris 1949.

GOIZ ERDI AROKO PENTSAERA ZIENTIFIKOA: II. eta III. kapituluetakoa atal orokorretan zerrendatutako lanez gain honako hauek ere aipatu behar dira: Adelardus von Bath, *Quaestiones Naturales*, ed. M. Müller (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, xxxi. 2) Münster, 1923; R. Baron, «Hugonis de Sancto Victore *Practica Geometriae*»; *Osiris*, xii (1956); E. Brehaut, *An Encyclopaedist of the Dark Ages: Isidore of Seville*, New York, 1912; A. Clerval, «L'enseignement des arts libéraux à Chartres et à Paris dans la première moitié du xii siècle d'après l'Heptateuchon de Thierry de Chartres,» *Congrès scientifique international des catholiques*, Paris, 1888, Paris 1889, ii., *Les Écoles de Chartres*, Paris 1895; *Congrès international Augustinien*, Paris, 1954, tome iii, Actes, Paris, 1955; G.W. Coopland, *Nicole Oresme and the Astrologers*, Liverpool , 1952; O.G. Darlington, «Gerbert the teacher,» *American Historical Review*, lii (1947); E. Gilson, *Introduction à l'étude de S. Augustin*, 2. ed., Paris, 1943; R.M. Grant, *Miracle and Natural Law in Graeco-Roman and Early Christian Thought*, Amsterdam, 1952; J.H.G. Grattan and C. Singer, *Anglo-Saxon Magic and Medicine. Illustrated specially from the semi-pagan text «Lacnunga»*, Londres, 1952; C.W. Jones (editorea), *Bedae Opera de Temporibus*, Cambridge, Mass., 1943 –computus-aren eta egutegiaren historiaren hasierari buruz–; G.H.T. Kimble, *Geography in the Middle Ages*, Londres, 1938; H. Lattin, «Astronomy: our views and theirs,» *Symposium on the Tenth Century-en (Medievalia et Humanistica*, Fasc. ix), Boulder, Colorado, 1955; R. McKeon, *Selecting from Medieval Philosophers*, Londres, 1929, i; L.C. MacKinney, *Early Medieval Medicine*, Baltimore, 1937, «Medical ethics and etiquette in the early middle

ages,» *Bulletin of the History of Medicine*, xxvi (1952); H.I. Marrou, *St Augustin et la fin de la culture antique*, 2. ed., Paris, 1938, «*Retractatio*», 1949, *St Augustin et l'augustinisme*, Paris, 1955; E.C. Messenger, *Evolution and Theology*, Londres, 1931; *A Monument to St. Augustin*, compiled by T.F.B[urns]., Londres, 1930; J. M. Parent, *La Doctrine de la création dans l'école de Chartres*, Paris eta Ottawa, 1938; J.F. Payne, *English Medicine in the Anglo-Saxon Times*, Oxford, 1904; A.C. Pegis, «The mind of St Augustine,» *Medieval Studies*, vi (1944); H. Pope, *Saint Augustine de Hippo*, Londres, 1937; F. Saxl and H. Meier, *Verzeichnis astrologischer und mythologischer illustrierter Handschriften des lateinischen Mittelalters*, I. eta II. liburukiak (Hamburg, 1915, 1927), Saxl, III. liburukia, (Londres, 1953) Saxl eta Meier, editorea: H. Bober; M. Schedler, *Die philosophie des Macrobius und ihr Einfluss auf die Wissenschaft des christlichen Mittelalters (Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, xiii, I), Münster, 1916; C. Singer, «The scientific views and visions of Saint Hildegard of Bingen,» in *Studies on the History and Method of Science*, Oxford, 1917, i, *From Magic to Science*, Londres, 1928; C. and D. Singer, «The origin of the medical school of Salerno, the first European university,» in *Essays on the History of Medicine presented to Karl Sudhoff*, ed. C. Singer and H.E. Sigerist, Oxford eta Zurich, 1924; L. Spitzer, «Classical and Christian ideas of world harmony,» *Traditio*, ii (1944), iv (1946); W.H. Stahl, *Macrobius. Commentary on the dream of Scipio*; itzulita, sarrera eta oharrekin, New York, 1952, «Dominant traditions in early medieval Latin Science,» *Isis* I (1959); C. Stephenson, «In praise of medieval thinkers,» *Journal of Economic History*, viii (1948) –Gerbertori buruz–; A. Hamilton Thompson, *Bede: His Life, Times, and Writings*, Oxford, 1935 –oso erabilgarria–; C.C. J. Webb, *Studies in the History of Natural Theology*, Oxford, 1915; T. O. Wedel, *The Mediaeval Attitude toward Astrology*, New Haven eta Londres, 1920; K. Werner, «Die Kosmologie und Naturlehre des scholastischen Mittelalters mit spezieller Beziehung auf Wilhelm von Conches,» *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien*, philos.-hist. Klasse, lxxv (1873); T. Whittaker, *Macrobius, or Philosophy, Science and Letters in the Year 400*, Cambridge, 1923; H.A. Wolfson, *The Philosophy of the Church Fathers*, Cambridge, Mass., 1956.

II. Kapitulu

Pentsaera zientifiko arabiarrari buruz ez dago historia labur egokirik. Horren inguruko hurbilpen batzuk honako hauek dira: A. Mieli, *Panorama general de historia de la ciencia II: La época medieval, Mundo islámico y occidente cristiano*, Buenos Aires, 1946. *La science arabe et son rôle dans l'évolution scientifique mondiale*, Leiden, 1938; H.J.J. Winter, *Eastern Science*, Londres, 1952. Bibliografia eta erreferentzietarako ezinbestekoa da hauek kontsultatzea: Sarton, *Introduction*, eta C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Literatur*, Weimar eta Berlin, 1898-1902, 2 liburuki, Supplement, Leiden, 1937-42, 3 liburuki; 2. ed., Leiden, 1943-. Xehetasun gehiagorako, ikus III. eta IV. kapituletan eta II. liburukiko I. kapituluan zerrendatutako azterlan bereziak, baita ondorengook ere: S.M. Afnan, *Avicenna: his life works*, Londres, 1958; A. J. Arberry (editorea), *The Legacy of Persia*, Oxford, 1953; Sir T. Arnold and A. Guillaume (editoreak), *The Legacy of Islam*, Oxford, 1931; *The Encyclopaedia of Islam*, ed. M. T. Houtsma et alii, Leiden eta Londres, 1908-38, 4 liburuki eta gehigarria, edizio berria: J. H. Kramers, H. A. R. Gibb, E. Lévi-Provençal and J. Schacht, 1954-; P.K. Hitti, *History of the Arabs*, 4. ed., Londres, 1949; M. Meyerhof, «Von Alexandrien nach Bagdad,» *Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, philos.-hist. Klasse, 1930 –grezieratik arabierara egindako itzulpenetarako–, «A sketch of Arab science» *Journal of the Egyptian Medical Association*, xix (1936); De Lacy O'Leary, *How Greek Science Passed to the Arabs*, Londres, 1948.

FILOSOFIA HEBRAITARRA: E. R. Bevan and C. Singer (editoreak), *The Legacy of Israel*, Oxford, 1927; Isaak Husik, *A History of Medieval Jewish Philosophy*, Filadelfia, 1946; G. Vajda, *Introduction à la pensée juive du moyen âge (Études de philos. médiévale, xxxv)* Paris, 1947; H.A. Wolfson, *Crescas' Critique of Aristotle*, ingelesezko itzulpena, testua eta iruzkina, Cambridge, Mass., 1929.

INDIAKO PENTSAERA ZIENTIFIKOA: S.R. Das, «Scope and development of Indian astronomy,» *Osiris*, ii (1936); B. Datta and A.N. Singh, *History of Hindu Mathematics. A source book*, Lahore, 1935-8, 2 liburuki; G.T. Garratt (editorea), *The Legacy of India*, Oxford, 1937; A. B. Keith, *Indian Logic and Atomism*, Oxford, 1921;

P. Ray, *History of Chemistry in Ancient India*, Kalkuta, 1956; Sir B. Seal, *The Positive Sciences of the Ancient Hindus*, Londres, 1915; D. E. Smith and L.C. Karpinski, *The Hindu-Arabic System of Numerals*, Boston, 1911; H.R. Zinner, *Hindu Medicine*, Baltimore, 1948.

TXINAKO PENTSAERA ZIENTIFIKOA ETA TEKNOLOGIA: Ikus IV. kapitulua: eraikuntza, eta abar, kimika industrialak eta medikuntza, eta J. T. Needham, *Science and Civilization in China*, Cambridge, 1954-, i-.

ERDI AROKO ZIENTZIAREN HISTORIA OROKORRA: Erreferentziazko lan garrantzitsuenak hauexek dira: Sarton, *Introduction*, eta L. Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science*, New York, 1923-58, 8 liburuki. Funtsezkoa da, halaber, Duhemen *Le Système du Monde* –Paris, 1913-56, 8. liburuki–, obra klasiko bat baita. Ikerketa oso erabilgarri bat haxe da: E.J. Dijksterhuis, *De Mechanisering van het Wereldbeeld*, Amsterdam, 1950 (ingelesezko itzulpena., Oxford, 1961). Azterlan horiek bai Antzin Aroko eta bai Erdi Aroko zientzia jorratzen dute. Erdi Aroko filosofiaren historia orokorrerako, berriz, ikus E. Bréhier, *Histoire de la philosophie*, Paris 1943, i, et Fasc. supplémentaire ii, *La Philosophie Byzantine* par B. Tatakis, 1949; F. C. Copleston, *A History of Philosophy*, Londres 1946-53, 3 liburuki.; E. Gilson, *La Philosophie au moyen âge*, 2. ed., Paris 1944, *History of Christian Philosophy in the Middle Ages*, Londres, 1955; F. Ueberweg and B. Geyer, *Grundriss der Geschichte der Philosophie*, ii, II. ed., Berlin, 1928 – ezinbestekoa erreferentzietarako; M. de Wulf, *Histoire de la philosophie médiévale*, 6. ed., i, ii. liburuki, Lovaina eta Paris, 1934-6 (ingelesezko itzulpena, Londres, 1938), iii. liburukia, Lovaina eta Paris, 1947 – bibliografia erabilgarriekin–. Ikus, horiez gain, III. kapitulan eta II. liburukiko I. kapitulan zerrendatutako obrak.

Testuingurua ezagutzeko baliagarriak dira honako hauek: M. Bloch, *La Société féodale*, Paris, 1939-40, 2 liburuki. –laburpen orokor bikain bat–; L. Bréhier, *Le monde byzantin*, Paris, 1947, 3 liburuki; *The Cambridge Economic History of Europe*: I. liburukia, *The Agrarian Life of the Middle Ages*, ed. J. H. Clapham and Eileen Power, Cambridge, 1941, 2. liburukia, *Trade and Industry in the Middle Ages*, ed. M. Postan and E. E. Rich, Cambridge, 1952; *The Cambridge*

Medieval History, ed. C. W. Previté-Orton and Z.N. Brooke, Cambridge, 1911-36, 8 liburuki.; J. Coppens, *L'histoire critique de l'ancien Testament*, Tournai eta Paris, 1938; C. Dawson, *Medieval Essays*, 2. ed., Londres, 1953; J. de Ghellinck, *Le Mouvement théologique du XII siècle*, 2. ed., Brujas, 1948; C. H. Haskins, *The Renaissance of the Twelfth Century*, Cambridge, Mass., 1928; J. Huizinga, *The Waning of the Middle Ages*, Londres, 1924; J.M. Hussey, *Church and Learning in the Byzantine Empire, 867-1185*, Oxford, 1937; S. d'Irsay, *Histoire des universités*, Paris, 1933-5, 2 liburuki; M.L.W. Laistner, *Thought and Letters in Western Europe, 500-900 A.D.*, 2. ed., Londres, 1957; R. Latouche, *Les Origines de l'économie Occidentale*, Paris, 1956; E. Lesné, *Histoire de la propriété ecclésiastique en France*, iv-v, Paris, 1938-40 –eskola, liburute-gi eta antzekoei buruz, XII. mendeko amaieraren inguruan–; F. Lot, *La Fin du monde antique et les débuts du moyen âge*, 2. ed., Paris 1956 (ingelesezko itzulpena: P. and M. Leon, Londres, 1931); L.J. Paetow, *The Arts Course at Medieval Universities*, Urbana, III., 1910; G. Paré, A. Brunet et P. Tremblay, *La Renaissance du xii siècle; les écoles et l'enseignement*, Paris eta Ottawa, 1933; H. Pirenne, *Economic and Social History of Medieval Europe*, itzulpena: I.E. Clegg, Londres, 1936, *Histoire économique de l'Occident médiéval*, Paris 1951; A.L. Poole (editorea), *Mediaeval England*, Oxford, 1958; H. Rashdall, *The Universities of Europe in the Middle Ages*, 2. ed., F. M. Powicke and A.B. Emden, Oxford, 1936, 3 liburuki; B. Smalley, *The Study of the Bible in the Middle Ages*, 2. ed., Oxford, 1952; R.W. Southern, *The Making of the Middle Ages*, Londres, 1953 –sarrera bikain eta zorrotz bat–; B. Spicq, *Esquisse d'une Histoire de l'exégèse latine au moyen âge*, Paris, 1944; H.O. Taylor, *The Medieval Mind*, 4. ed., Londres, 1938, 2 liburuki.; J. W. Thompson, *The Literacy of the Laity in the Middle Ages*, Berkeley, 1939.

Latinezko itzulpenen eta beraien eraginaren inguruan, honako hauek erreferentzia gida erabilgarriak dira: Rashdall, *Universities*; Sarton, *Introduction*; Ueberweg-Geyer, *Grundriss*, ii; de Wulf, *Philosophie médiévale*. Ezinbesteko erreferentzia lan bat haxe da: G. Lacombe, *Aristoteles Latinus*, Erroma, 1939; cf. L. Minio-Paluello, «Analytica posteriora....», *Aristoteles Latinus*, iv. 2, 3, Brujas eta Paris, 1953-4. Honako hauek erabilgarriak dira ikuspegi orokor bezala, nahiz eta

beraien interes nagusia literarioa den: R. R. Bolgar, *The Classical Heritage and its Beneficiaries*, Cambridge, 1954; Sir J. E. Sandys, *A History of Classical Scholarship*, 3. ed., Cambridge, 1904, i. Azterlan zehatzagoei dagokienez, III. kapituluko atal orokorrean aipatutako lanez gain hauxek azpimarratu behar dira: M. Alonso Alonso, *Al-Andalus-en argitaratutako artikulua* (Madrid) 1943-9; H. Bédoret, *Revue néoscholastique de philosophie*-ko artikulua, 1938; D. J. Allan, «Mediaeval versions of Aristotle. *De Caelo*, and of the Commentary of Simplicius», *Medieval and Renaissance Studies*, ii (1950); A. Birkenmajer, «Le Rôle joué par les médecins et les naturalistes dans la réception d'Aristote au xii et xiii siècles», *La Pologne au vi congrès international des sciences historiques*, Oslo, 1928, Varsovia, 1930; D. A. Callus, «Introduction of Aristotelian Learning to Oxford», *Proceedings of the British Academy*, xxix (1943); Marshall Clagett, «Medieval mathematics and physics: a check-list of microfilm reproductions», *Isis*, xlv (1953), eta beste zenbait artikulua *Isis* (1952-5) eta *Osiris* (1952-4) aldizkarietan, batez ere Euklides eta Arkimedesen itzulpenei buruzkoak, M.B. Foster, «The Christian doctrine of the creation and the rise of modern natural science», *Mind*, N.S. xliii (1934), «Christian theology and modern natural science of nature», *Mind*, N.S. xlv (1935), xlv (1936); M. Grabmann, *Forschungen über die lateinischen Aristoteles-Ubersetzungen des xiii. Jahrhunderts* (Beitr. Ges. Philos. Mittelalt., xvii. 5-6) Münster, 1916; C.H. Haskins, *Studies in the History of Mediaeval Science*, 2. ed., Cambridge, Mass., 1927; R. W. Hunt, «English learning in the late twelfth century», *Transactions of the Royal Historical Society*, 4. seriea, xix (1936), «The Introductions to the «Artes» in the twelfth century», *Studia Mediaevalia in honorem admodum Reverendi Petro Raymondi Josephi Martin-en, O.P., S.T.M.*, Brujas, 1948; E.M. Jamison, *Admiral Eugenius of Sicily: His Life and Work*, Oxford, 1957; R. Klibansky, *The Continuity of the Platonic Tradition during the Middle Ages: Outlines of a Corpus Platoniorum Medii Aevi*, Londres, 1939; H. Liebeschütz, *Mediaeval Humanism in the Life and Writings of John of Salisbury* (*Studies of the Warburg Institute*, ed. F. Saxl, xvii), Londres 1950; J.C. Russell, «Hereford and Arabic science in England about 1175-1200», *Isis*, xviii (1932); T. Silverstein, «Daniel of Morley, English cosmologist and student of Arabic science», *Mediaeval Studies* (1948); H. O. Taylor, *The Classical Heritage of the Middle*

Ages, New York, 1901; G. Théry, «Notes indicatrices pour s'orienter dans l'étude des traductions médiévales» *Mélanges Joseph Maréchal*, Brusela, 1950, ii; J.W. Thompson, «The introduction of Arabic science into Lorraine in the 10th century», *Isis*, xii (1929); F. van Steenberghen, *Aristote en Occident. Les Origines de l'Aristotélisme parisien*, Lovaina, 1946 (ingelesezko itzulpena, Lovaina, 1955); M. Steinschneider, *Die europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen, bis Mitte des 17. Jahrhunderts* (Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wein, philos.-hist. Klasse, cxlix. 4, cli. I), Viena, 1904-5; C.B. Vandewalle, *Roger Bacon dans l'histoire de la philologie*, Paris, 1929; R. de Vaux, «La première entrée d'Averroës chez les Latins», *Revue des sciences philosophiques et théologiques*, xii (1933), «Notes et textes sur l'avicennisme latin aux confins des xii-xiii siècles» *Bibliothèque thomiste*, xx (1934); A. van der Vyer, «Les étapes du développement philosophique du haut moyen âge», *Revue belge de philologie et d'Histoire*, viii (1929), «Les premières traductions latines (x-xi siècles) de traités arabes sur l'astrolabe», *Ier congrès international de géographie historique*, Brussels, 1931, ii, *Mémoires*, «Les plus anciennes traductions latines médiévales (x-xi siècles) de traités d'astronomie et d'astrologie», *Osiris*, (1936), «L'évolution scientifique du haut moyen âge», *Archeion*, xix (1937); R. Walzer, «Arabic transmission of Greek thought to mediaeval Europe», *Bulletin of the John Rylands Library*, Manchester, xxix (1945); M.C. Welborn, «Lotharingia as a center of Arabic and scientific influence in the XI Century», *Isis*, xvi (1931); S.D. Wingate, *The Mediaeval Latin Versions of the Aristotelian Scientific Corpus*, Londres, 1931; F. Wüstenfeld, *Die Übersetzungen arabischer Werke in das Lateinische seit dem XI. Jahrhundert* (Adhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, xxii. 3) Göttingen, 1877.

III. Kapitulu

OROKORRA: Aristotelianismoaren ezaugarri orokorre buruzko sarreren artean honako hauek aipa daitezke: J.M. Le Blond, *Logique et méthode chez Aristote*, Paris, 1939; A. Mansion, *Introduction à la physique aristotélicienne*, 2. ed., Lovaina, 1946, *Le judgement d'existence chez Aristote*, Paris, 1939; Sir W. D. Ross, *Aristotle*, 3. ed., Londres, 1937; eta J. de Tonquédec, *Questions de cosmologie et de*

physique chez Aristote et Saint Thomas, Paris, 1950. Zientziaren filosofiari dagokionez, testu hau gomenda daiteke: A.C. Crombie, *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*, Oxford, 1953 (3. inprimaketa 1971; bibliografia). XIII. mendeko pentsaera zientifiko orokorrari eta beraren iturri greziar eta arabiarrei buruzko xehetasunak obra hauetan aurki daitezke: Albertus Magnus, *Opera Omnia*, ed. P. Jammy, Lyons, 1651, 21 liburuki, A. Borgnetek berrikusia, Paris, 1890-9, 38 liburuki.; F. Alessio, *Mito e Scienza in Ruggero Bacone*, Milan, 1957; Thomas Aquinas, *Opera Omnia*, Erroma 1882-1930, 15 liburuki; Aristotle, *Complete Works*, J.A. Smith eta W.D. Ross argitaratzaileen ardurapean itzuliak, Oxford, 1908-31, II liburuki.; Ibn Sina (Avicenne), *Livre des directives et remarques*. Traduction avec introduction et notes, par. A. M. Goichon, Paris, 1951; Roger Bacon, *Opera Quaedam Hactenus Inedita*, ed. J.S. Brewer (Rolls Series), Londres 1859, *Opus Majus*, ed. J.H. Bridges, Oxford, 1897, i-ii, Londres, 1900, iii (De Multiplicatione Specierum obrarekin) (*Opus Majus*-en ingelesezko itzulpena, R.B. Burke, Filadelfia, 1928, 2 liburuki), *Opera Hactenus Inedita*, ed. R. Steele, Oxford, 1909-40, 16 Fasc. (Brewer eta Bridgesek argitaratu ez zuten idazki zientifiko gehienak biltzen ditu); L. Baur, *Die Philosophie des Robert Grosseteste* (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, xviii. 4-6) Münster, 1917; L. Brunschwig, *Le Rôle du Pythagorisme dans l'évolution des idées* (*Actualités scientifiques et industrielles*, No. 446) Paris, 1937; D. A. Callus (editorea), *Robert Grosseteste, Scholar and Bishop*, Oxford, 1955; M. H. Carré, *Realists and Nominalists*, Oxford, 1946; M. D. Chenu, *La théologie comme science au xiii siècle*, 2 ed., Paris, 1943; F.M. Cornford, *Plato and Parmenides*, Londres, 1939; T. Crowley, *Roger Bacon: the problem of the soul in his philosophical commentaries*, Lovaina eta Dublin, 1950; H.C. Dales, «Robert Grosseteste's *Commentarius in octo Libros physicorum Aristotelis*,» *Medievalia et Humanistica*, xi (1957); S.C. Easton, *Roger Bacon and his Search for a Universal Science*, Oxford, 1952; A. Forest, F. van Streenberghen, M. de Gandillac, *Le Mouvement doctrinal du xi au xiv siècle* (*Histoire de l'Eglise*, fondée par A. Fliche et V. Martin; dirigée par A. Fliche et E. Jarry, xiii), Paris, 1951; A. Garreau, *Saint Albert le Grand*, Paris, 1932; L. Gauthier, *Ibn Rochd (Averroës)*, Paris, 1948; A.M. Goichon, *La philosophie d'Avicenne et son influence en Europe médiévale*, Paris, 1944; M. Grabmann, *Die Geschichte der scholastis -*

chen Methode, Friburgo Brisgoviakoa, 1909-II, 2 liburuki, *Mittelalterliches Geistesleben*, Munich, 1926-36, 2 liburukia, *Der hl. Albert, der Grosse. Ein wissenschaftliches Characterbild*, Munich 1932, *Bearbeitungen und Auslegungen der aristotelischen Logik* (Abhandlungen der preussischen Akademie der Wissenschaften, philos.-hist. Klasse, v), Berlin, 1937; Robert Grosseteste, *Die philosophischen Werke*, ed. L. Baur (Beitr. Ges. Philos. Mittelalt., ix) Münster, 1912; G. von Herting, *Albertus Magnus* (Beitr. Ges. Philos. Mittelalt., xiv. 5-6), Münster, 1914; R. Hooykaas, «Science and theology in the middle ages,» *Free University Quarterly* (Amsterdam), iii (1954); S. d'Irsay, «Les sciences de la nature et les universités médiévales,» *Archeion*, xv (1933); K.H. Laurent et M.J. Congar, «Essai de bibliographie Albertinienne,» *Revue thomiste*, N.S. xiv, 1931; A. G. Little (editorea), *Roger Bacon Essays*, Oxford, 1914 «The Franciscan school at Oxford in the thirteen century,» *Archivum Franciscanum Historicum*, xix (1926), «Roger Bacon,» *Proceedings of the British Academy*, xiv (1928), *Franciscan Letters, Papers and Documents*, Manchester, 1943; A.O. Lovejoy, *The Great Chain of Being*, Cambridge, Mass., 1933; C.K. McKeon, *A Study of the Summa Philosophiae of the Pseudo-Grosseteste*, New York, 1948; R. McKeon, «The empiricist and experimentalist temper in the middle ages: a prolegomena to the study of medieval science,» *Essays in Honor of John Dewey*, New York, 1929, *Selections from Medieval Philosophers*, New York, 1929-30, 2 liburuki.; P. Mandonnet, *Siger de Brabant et l'averroïsme latin au xiii siècle*, Friburgo, 1899; A.J.O.S. Mariétan, *Problème de la classification des sciences d'Aristote à S. Thomas*, Paris 1901; H. Ostlander (editorea), *Studia Albertina, Festschrift für Bernhard Geyer zum 70. Geburtstage* (Beitr. Ges. Philos. Mittelalt., Supplementband iv), Münster, 1952; A. Gonzalez Palencia, *Alfarabi, Catálogo de las Ciencias*, Madrid, 1932; G. Quadri, *La philosophie arabe dans l'Europe médiévale des origines à Averroës*, Paris, 1947; R. Robinson, *Plato's Earlier Dialectic*, 2. ed., Oxford, 1953; Sir W.D. Ross, *Plato's Theory of Ideas*, Oxford, 1951; J. C. Russell, *Dictionary of Writers of Thirteenth Century England* (*Bulletin of Institute of Historical Research*, iii) Londres, 1936; H. C. Scheeben, *Albert der Grosse. zur Chronologie seines Lebens* (*Quellen und Forschungen zur Geschichte des Dominikanerordens in Deutschland*, xxvii), Vecht, 1931, «Les Écrits d'Albert le Grand

d'après les catalogues,» *Revue thomiste*, N.S. xiv (1931); L. Schütz, *Thomas-Lexikon*, Paderborn, 1895; D. E. Sharp, *Franciscan Philosophy at Oxford*, 1930, «Thee *De ortu scientiarum* of Robert Kilwardby (d. 1279),» *The New Scholasticum*, viii (1934); F. Van Steenberghen, «La littérature albertino-thomiste (1930-1937),» *Revue néoscholastique de philosophie*, xli (1938), *Siger de Brabant d'après ses oeuvres inédits*, ii, «Siger dans l'histoire de l'Aristotélisme» (*Les Philosophes Belges*, xiii), Lovaina, 1942; J. Stenzel, *Plato's Method of Dialectic*, D. J. Allanek itzulia eta argitaratua, Oxford, 1940; A. E. Taylor, *Platonism and Its Influence*, Londres, 1925; P. A. Walz, A. Pelzer et alii, «Serta Albertina», *Angelicum* (Erroma), xxi (1944); G.M. Wickens (editorea), *Avicenna: Scientist and Philosopher*, Londres, 1952.

KOSMOLOGIA ETA ASTRONOMIA: Obra funtsezkoena hauxe da oraindik ere: Duhem, *Système du Monde*. Horrez gain badira beste ekarpen batzuk, hala nola: Bacon, *Opera Hactenus Inedita*, ed. R. Steele, Oxford, 1926, vi –egutegiari buruzko lanetarako–; J.D. Bond, «Richar Wallingford (1292?-1335),» *Isis*, iv (1922); F. J. Carmody, «The planetary theory of Ibn Rushd,» *Osiris*, x (1952), *Al Bitruji de motibus celorum. Critical edition of the Latin translation of Michael Scot*, Berkeley, Calif., 1952; F. M. Cornford, *Plato's Cosmology. The Timaeus of Plato translated with a running commentary*, Londres, 1937; J.B. J. Delambre, *Histoire de l'astronomie au moyen âge*, Paris, 1819 –astronomia arabiarra barne sartuta–; J. Drecker. «Hermanus Contractus. Über das Astrolab,» *Isis* xvi (1931); J.L.E. Dreyer, *A History of Planetary Systems from Thales to Kepler*, Cambridge, 1906 (*A History of Astronomy ... izenburuz berriz inprimatua*, New York, 1953) –azterlan bikain bat, «Medieval astronomy», *Studies in the History and Method of Science-en*, ed. C. Singer, Oxford, 1921, ii; P. Duhem, «Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée,» *Annales de philosophie chrétienne*, vi (berriz inprimatua, Paris, 1908); R.T. Gunther, *Early Science in Oxford*, Oxford, 1923, ii, 1929, v, *The Astrolabes of the World*, Oxford, 1932; W. Hartner, «The principle and use of the astrolabe» *A Survey of Persian-en Art*, ed. A.U. Pope, Londres eta New York, 1939, iii –astrolabioaren erabilerari buruz ingelesez idatzi den deskribapenik onena–. «The Mercury horoscope of Marcantonio Michiel of Venice,» *Vistas in Astronomy-n*,

ed. A. Beer, Londres eta New York, 1955; Sir Thomas Heath, *Aristarchus of Samos, the Ancient Copernicus*, Oxford, 1913, a history of Greek astronomy to Aristarchus, Greek Astronomy, Londres, 1932; F. Kaltenbrunner, *Die Vorgeschichte der gregorianischen Kalenderreform* (Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, philos.-hist. Klasse, lxxxii), Viena, 1876; L.O. Kattsoff, «Ptolemy and scientific method», *Isis*, xxxviii (1947); H. Michel, «Le Rectangulus de Wallingford précédé d'une note sur le Torquetum», *Ciel et Terre*, Brusela, Nos. 11-12 (1944), *Traité de l'astrolabe*, Paris, 1947 –oso garrantzitsua; J.M. Millás-Vallicrosa *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid eta Granada, 1943-50 –astrolabioa-ri buruz; O. Neugebauer, «The origin of the Egyptian calendar», *Journal of Near Eastern Studies*, i (1942), «The history of ancient astronomy: problems and methods», *Journal of Near Eastern Studies*, iv (1945), (*Publication of the Astronomical Society of the Pacific*-en berriz inprimatua, datu batzuk gehituta, xlviii, 1946), «The early history of the astrolabe. Studies in ancient astronomy, ix,», *Isis*, xl (1949) –azterlan garrantzitsu bat–, *The Transmission of Planetary Theories in Ancient and Medieval Astronomy*, Scripta Mathematica, New York, 1955; M.A. Orr, *Dante and the Early Astronomers*, 2. ed., Londres 1956; A. Pannekoek, *A History of Astronomy*, Londres, 1961; D. J. Price and R.M. Wilson, *The Equatorie of the Planetis*, Cambridge, 1955; Claude Ptolémée, *Composition mathématique*, traduite ... par M. Halma, Paris, 1813-16, 2 liburuki. (berriz inprimatua, Paris, 1927), Ptolemy, *The Almagest*, R. C. Taliaferro itzulia (*Great Books of the Western World*, xvi) Chicago, 1952; G. V. Schiaparelli, *Scritti sulla storia della astronomia antica*, Bologna, 1925 –azterlan aitzindariak–; E. L. Stevenson, *Terrestrial and Celestial Globes*, New Haven, Conn., 1921, 2 liburuki.; H. Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke* (Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften, x), Leipzig, 1900, «Nachträge und Berichtigungen ...» (ibid, xiv, 1902) –oso garrantzitsua; F. Sherwood Taylor, «Mediaeval scientific instruments», *Discovery*, xi (1950); L. Thorndike, *The Sphere of Sacrobosco*, Chicago, 1949, *Latin Treatises on Comets. Between 1238 and 1368 A.D.*, Chicago, 1950; M.C. Welborn, *Calendar Reform in the Thirteenth Century*, University of Chicago, argitaratu gabeko hitzaldia, 1932; P.W. Wilson, *The Romance of the Calendar*, New York, 1937; J.K. Wright, «Notes on

the knowledge of latitudes and longitudes in the middle ages,» *Isis*, v (1923); E. Zinner, «Die Tafeln von Toledo,» *Osiris*, i (1936).

METEOROLOGIA ETA OPTIKA: Optikarako ikus Crombie, *Robert Grosseteste* eta «The mechanistic hypothesis and the scientific study of vision,» *Proc. Roy. Microscopical Soc.*, ii (1967) 3-110 (bibliografia); G.F. Vescovini, *Studi sulla prospettiva medievale*, Turin 1965; ikus, halaber, IV. kapituluko bibliografia –Medikuntza– eta II. liburu-kiko II. kapitulukoa –Tresna zientifikoak–. Xehetasun gehiagorako ikus C. Baumer, *Witelo, ein Philosoph und Naturforscher des XIII. Jahrhunderts* (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, iii 2) Münster, 1908; H. Bauer, *Die Psychologie Alhazeus* (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, x. 5), Münster, 1911; A. Birkenmajer, «Études sur Witelo, i-iv,» *Bulletin international de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres* (Cracow), Classe d'hist et de philos., Années 1918, 1920, 1922; C.B. Boyer, «Aristotelian references to the law of reflection,» *Isis*, xxxvi (1946), «The theory of the rainbow: medieval triumph and failure,» *Isis*, xlix (1958); Euclid, «The Optics of Euclid» H.E. Burtonek itzulia, *J. Optical Soc. of America*, xxxv (1945); G. Hellmann, *Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus*, xii-xv. zkiak., Berlin, 1899-1904 –eguraldiaren iragarpenari eta optikari buruz–, *Die Wettervorhersage im ausgehenden Mittelalter (XII, bis XV. Jahrhundert)*, (*Beiträge zur Geschichte der Meteorologie*, viii), Berlin, 1917; D. Kaufmann, *Die Sinne. Beiträge zur Geschichte der Physiologie und Psychologie im Mittelalter aus hebräischen und arabischen Quellen*, Leipzig, 1884; E. Krebs, *Meister Dietrich (Theodoricus Teutonicus de Vriberg). Sein Leben seine Werke, seine Wissenschaft* (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, v. 5-6), Münster, 1906; A. Lejeune, *Euclide et Ptolémée*, Lovaina, 1948; *Recherches sur la Catoptrique grecque d'après les sources antiques et médiévales*, Brusela, 1957, *L'Optique de Claude Ptolémée*, ed. A. Lejeune, Lovaina 1956; G. Sarton, «The tradition of the optics of Ibn al-Haitham,» *Isis*, xxix (1938), xxxiv (1942-3); A. Sayili, «The Aristotelian explanation of the rainbow,» *Isis*, xxx (1939); F. M. Shuja, *Cause of Refraction as explained by the Moslem Scientists*, Delhi, 1936; Theodoricus Teutonicus de Vriberg, *De Iríde*, ed. J. Würschmidt (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, xii. 5-6) Münster, 1914; C.M. Turbayne, «Grosseteste and an ancient optical principle,» *Isis* I

(1959); W.A. Wallace, *The Scientific Methodology of Theodoric of Freiberg*, Friburgo, 1959; E. Wiedemann, optika arabiarrari buruzko artikulu serie garrantzitsu bat, batez ere hemen argitaratuta: *Annalen der Physik un Chemie, Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, philos.-hist. Klasse, eta *Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, 1890-1930: ikus Sarton, *Introduction*, i. 722-23 eta H.J. Seemann, «Eilhard Wiedemann,» *Isis*, xiv (1930); H. J. J. Winter, «The optical researches of Ibn al-Haitham,» *Centaurus*, iii (1954).

MEKANIKA: H. Carteron, *La notion de force dans le système d'Aristote*, Paris, 1923; M. Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, Wisconsin, 1959 –oso azterlan garrantzitsua, testu eta iruzkinekin; F. M. Cornford, *The Laws of Motion in the Ancient World*, Cambridge, 1931; I. E. Drabkin, «Notes on the laws of motion in Aristotle,» *American Journal of Philology*, lix (1938); R. Dugas, *Histoire de la mécanique*, Neuchâtel, 1950 (ingelesezko itzulpena. New York, 1955) – Erdi Aroko mekanika: gehienbat Duhemen lanetan oinarritua–; P. Duhem, *Les Origines de la Statique*, Paris 1905-6, 2 liburuki. –guztiz beharrezkoa–; B. Ginzburg, «Duhem and Jordanus Nemorarius,» *Isis*, xxv (1936); E.A. Moody and M. Clagett, *The Medieval Science of Weights*, Madison, 1952 – iturri-liburu kritiko bat–; P. Tannery, *Mémoires scientifiques*, publiée par J.L. Heiberg, v, «Sciences exactes au moyen âge (1877-1921)» Toulouse eta Paris, 1922; H. J. J. Winter, fisika arabiarrari buruzko artikuluak, *Endeavour-en*, ix-x (1950-1).

MAGNETISMOA: H.D. Harradon, «Some early contributions to the history of geomagnetism – I, *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, xlviii (1943), Petrus Peregrinus *Epistola*-ren ingelesezko itzulpenarekin; E. O. von Lippmann, *Geschichte der Magnetonadel bis zur Erfindung des Kompasses* [gegen 1300] (*Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin*, iii. I) Berlin 1932; A. C. Mitchell, «Chapters in the history of terrestrial magnetism,» *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, xxxvii (1932), xlii (1937), xlv (1939); P.F. Mottelay, *Bibliographical History of Electricity and Magnetism*, Londres, 1922; Petrus Peregrinus Maricurtensis, *De Magnete*, ed. G. Hellmann, *Neudrucke von Schriften und Karten über Meteorologie und Erdmagnetismus*, x, Berlin, 1898;

Petrus Peregrinus, *The Epistle, Concerning the Magnet*, S. P. Thompson-ek ingelesera itzulua, Londres, 1902; E. Schlund, «Petrus Peregrinus von Maricourt: sein Leben und seine Schriften,» *Archivum Franciscanum Historicum*, iv (1911), v (1912) –azterlan luze eta sakon bat–; Li Shu-hua, «Origine de la boussole,» *Isis*, xlv (1954); S. P. Thompson, «Petrus Peregrinus de Maricourt and his Epistola de Magnete,» *Proceedings of the British Academy*, ii (1905-6).

GEOLOGIA: F.D. Adams, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, Baltimore, 1938 (berriz inprimatua, New York, 1954); Avicenna, *De Congelatione et Conglutinatione Lapidum*, ed. E. J. Holmyard and D.C. Mandeville, Paris, 1927; P. Duhem, *Études sur Léonard de Vinci*, ii, Paris, 1909; K. Klauck, «Albertus Magnus und die Erdkunde,» *Studia Albertina*-n, ed. H. Ostlender (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.*, Supplementband iv), 1952.

KIMIKA: K.C. Bailey, *The Elder Pliny's Chapters on Chemical Subjects*, itzulpen eta oharrekin argitaratua, Londres, 1929-32, 2 liburuki.; P. E. M. Berthelot, *Les origines de l'alchimie*, Paris, 1885, *Collections des anciens alchimistes grecs*, testua eta itzulpena, 3 liburuki., Paris 1888 –funtsezko iturriak–, *La chimie au moyen âge*, Paris, 1893, 3 liburuki.; H. H. Dubs, «The beginnings of alchemy,» *Isis*, xxxviii (1947); D. I. Duveen, *Bibliotheca alchemica et chemica* –alkimia, kimika eta horiei lotutako gaiet buruz inprimatutako liburuen katalogo komentatu bat–, Londres, 1949; M. Eliade, *Forgerons et Alchimistes*, Paris, 1956; R. J. Forbes, *Bitumen and Petroleum in Antiquity*, Leiden, 1936 –«su greziarra» eta gisa bereko gaiet buruz, *A Short History of the Art of Distillation*, Leiden, 1948; W. Ganzenmüller, *L'Alchimie au moyen âge*, traduit de l'allemand par G. Petit-Dutaillis, Paris, datarik gabe (alemaniezko edizioa, Paderborn, 1938); E.J. Holmyard, *Makers of Chemistry*, Oxford, 1931, *Alchemy*, Londres (Pelican Books), 1957 –azterlan bikain bat–; P. Krauss, «Djabir,» *Encyclopaedia of Islam*, Leiden eta Londres, 1938, Supplement, *Jabir ibn Hayyan*, Cairo, Impr. de l'Institut français d'archéologie orientale, 1942-3, 2 liburuki.; P. Kraus and S. Pines, «al-Razi,» *Encyclopaedia of Islam*, Leiden eta Londres, 1936, iii; E. O. von Lippmann, *Entstehung und Ausbreitung der Alchemie*, 2 liburuki., Berlin, 1919-31; Robert P. Multhauf, «John of Rupescissa and the origin of medical chemistry,» *Isis*, xlv (1954), «The significance

of distillation in Renaissance medical chemistry,» *Bulletin of the History of Medicine*, xxx (1956); J.R. Partington, «Albertus Magnus on alchemy,» *Ambix*, i (1937); M. Plessner, «The place of the *Turba Philosophorum* in the development of alchemy,» *Isis*, xlv (1954) –alkimiaren historiari buruz berriki argitaratutako obren inguruko eztabaida kritiko oso erabilgarri bat–; J. F. Ruska, *Tabula Smaragdina; ein Beitrag zur Geschichte der hermetischen Literatur*, Heidelberg, 1926, *Turba Philosophorum, ein Beitrag zur Geschichte der Alchemie (Quellen und Studien zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin*, i) Berlin, 1931; J. A. Stillman, *The Story of Early Chemistry*, New York, 1924; F. Strunz, *Geschichte der Naturwissenschaften in Mittelalter*, Stuttgart, 1910; F. Sherwood Taylor, «A survey of Greek alchemy,» *Journal of Hellenic Studies*, i (1930), «The Origin of Greek alchemy,» *Ambix*, i (1937), «The evolution of the still,» *Annals of Science*, v (1945), *The Alchemists*, New York, 1949 –bibliografia labur eta erabilgarri batekin–; F.A. Yates, «The art of Ramón Lull (1232-c. 1316). An approach to it through Lull's theory of the elements,» *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, xvii (1954).

BIOLOGIA: Botanika, zoologia, anatomia, fisiologia: ondorengoez gain, ikus IV. kapituluko zerrenda –Nekazaritza eta Medikuntza–; P. Aiken, «The animal history of Albertus Magnus and Thomas of Cantimpré,» *Speculum*, xxii (1947); Albertus Magnus, *De Vegetabilibus*, ed. C. Jessen, Berlin, 1867, *De Animalibus*, ed. H. Stadler (*Beitr. Ges. Philos. Mittelalt.* xv-xvi), 1916-20, *Quaestiones super de Animalibus*, ed. E. Filthaut (*Opera Omnia*, ed. Institutum Alberti Magni Coloniense, B. Geyer Praeside, xii) Münster, 1955; Anonymus Londinensis, *Medical Writings*, ed. W. H. S. Jones, Cambridge, 1947; A. Arber, *Herbals*, Cambridge, 1938, *The Natural Philosophy of Plant Form*, Cambridge, 1950; H. Balss, *Albertus Magnus als Zoologie*, Stuttgart, 1947; H. S. Bennett, «Science and information in English writings of the 15th century,» *Modern Language Review*, xxxix (1944); A. Biese, *The Development of the Feeling for Nature in the Middle Ages and Modern Times*, Londres, 1905; M. De Bouard, «Encyclopédies médiévales,» *Revue des questions historiques*, cxii (1930); G. S. Brett, *A History of Psychology*, Londres, 1912-21, 3 liburuki; A. J. Brock, *Greek Medicine*, Londres, 1929; J. V. Carus, *Geschichte der Zoologie*, Munich, 1872; A. C.

Crombie, «Cybo d'Hyères: a 14th century zoological artist,» *Endeavour*, xi (1952); A. Delorme, «La morphogenèse d'Albert le Grand dans l'embryologie scolastique,» *Revue thomiste*, N. S. xiv (1931); A. Fellner, *Albertus Magnus als Botaniker*, Viena, 1881; D. Fleming, «Galen on the motions of the blood in the heart and lungs,» *Isis*, xlv (1955); H. W. K. Fischer, *Mittelalterliche Pflanzenkunde*, Munich, 1929; A. Fonahn, *Arabic and Latin Anatomical Terminology* (Norwegian Acad., hist.-philos. Klasse, 1921, No. 7), Christiana, 1922; Emperor Frederick II, *De Arte Venandi Cum Avibus*, ed. C. A. Willemsen, Leipzig, 1942; Galen, *Opera Omnia*, ed. C.G. Kühn, Leipzig, 1821-33, 20 liburuki, *On the Natural Faculties*, A. J. Brockek itzulia (Loeb Classical Library), Londres eta New York, 1916, *On Anatomical Procedures*, C. Singerrek itzulia, sarrera eta oharrekin, Londres, 1956; R. W. T. Gunther, *The Herbal of Apuleius Barbarus*, Oxford, 1925, *The Greek Herbal of Dioscorides*, Oxford, 1934; W.A. Heidel, *Hippocratic Medicine, Its Spirit and Method*, New York, 1941; D. Jalabert, «La flore gothique; ses origines, son évolution du XII au XV siècles,» *Bulletin monumental*, xci (1932); K. F. W. Jessen, *Botanik der Gegenwart und Vorzeit in kulturhistorischer Entwicklung*, Leipzig, 1864, Waltham, Mass., 1948; W. H. S. Jones, *Philosophy and Method in Ancient Greece* (Bull. of the History of Medicine, Suppl. viii), Baltimore, 1946; S. Killermann, *Die Vogelkunde des Albertus Magnus, 1270-80*, Ratisbona, 1910, «Das Tierbuch des Petrus Candidus, 1460», *Zoologische Annalen*, vi (1914); E. O. von Lippmann, *Urzeugung und Lebenskraft*, Berlin, 1933; G. Loisel, *Histoire des ménageries de l'antiquité à nos jours*, Paris, 1913, i, T.E. Lones, *Aristotle's Researches into Natural Science*, Londres, 1912; E. Mâle, *L'Art religieux du 13 siècle en France*, 3 ed., Paris, 1910 (D. Nussyk ingelesera itzulia, Londres, 1913); E. H. F. Meyer, *Geschichte der Botanik*, Königsberg, 1857, iv; L. L. F. Moncourier, *L'École médicale d'Alexandrie*, Bordele, 1931; Claus Nissen, *Die botanische Buchillustration. Ihre Geschichte und Bibliographie*, Stuttgart, 1951-2, 2 liburuki. *Die Illustrierten Vogelbücher*, Stuttgart, 1953; H. Ostlender (editorea), *Studia Albertina (Beitr.Ges. Philos. Mittelalt., Supplementband iv)*; N. Pevsner, *The Leaves of Southwell*, Londres, 1945; A. Platt, «Aristotle on the heart,» in *Studies in the History and Method of Science*, ed. Singer, Oxford, 1921, ii; E.S. Russell, *Form and Function*, Londres, 1916; G. Senn, *Die Entwicklung der biologischen Forschungsmethode in der Antike*

und ihre grundsätzliche Förderung durch Theophrast von Eresos, Aarau, 1933 –oso garrantzitsua–; C. Singer, *Greek Biology and Greek Medicine*, Oxford, 1922, « Greek biology and its relation to the rise of modern biology», *Studies in the History and Method of Science*-n, ii, *The Evolution of Anatomy*, Londres, 1925 (A. *Short History of Anatomy and Physiology from the Greeks to Harvey* izenburuarekin berriz inprimatua, New York, 1957); F. Strunz, *Albertus Magnus*, Viena eta Leipzig, 1926; K. Sudhoff, *Ein Beitrag zur Geschichte der Anatomie im Mittelalter, speziell der anatomischen Graphik, nach Handschriften des 9. bis 15. Jahrhundert* (Studien zur Geschichte der Medizin, iv), Leipzig, 1908, Erdi Aroko anatomia eta enbriologiari buruzko artikulua ilustratuak, *Archiv für Geschichte der Medizin*-en, iv (1910), vii (1913); W. Sudhoff, «Die Lehre von den Hirnventrikeln in textlicher und graphischer Tradition des Altertums und Mittelalter,» *ibid*, vii (1913); H. O. Taylor, *Greek Biology and Medicine*, Londres, 1923; Sir D'Arcy W. Thompson, *On Aristotle as a Biologist*, Oxford, 1913; L. Thorndike and F.S. Benjamin (editoreak), *The Herbal of Rufinus*, Chicago, 1945; G. Verbeke, *L'Evolution de la doctrine du pneuma du stoïcisme à St Augustin*, Paris, 1945; J. Walsh, «Galen's writings and influences inspiring them» *Annals of Medical History*, vi (1934), vii (1935), viii (1936), ix (1937); Lynn White, jr., «Natural science and naturalistic art in the middle ages,» *American Historical Review*, lii (1947); T. H. White, *The Book of Beasts*, New York, 1954 – XII. mendeko bestiario baten ingelesezko itzulpena–; E. Wickersheimer, «L'Anatomie» de Guido da Vigevano,» *Archiv für Geschichte de Medizin*, vii (1913), *Anatomies de Mondino dei Luzzi et de Guido de Vigevano*, Paris, 1926, ilustrazioekin; J. Wimmer, *Deutsche Pflanzenkunde nach Albertus Magnus*, Halle a/S., 1908; C. A. Wood and M. F. Fyfe, *The Art of Falconry... of Frederick II*, Stanford 1943; Conway Zirkle, « The inheritance of characters and the provisional hypothesis of pangenesis,» *American Naturalist*, lxxix (1935), lxxx (1936), «The early history of the idea of the inheritance of acquired characters of pangenesis,» *Transactions of the American Philosophical Society*, xxxv (1946).

IV Kapitula

OROKORRA: A.E. Berriman, *Historical Metrology, A new analysis of the archaeological and historical evidence relating to weights and*

measures, New York, 1953; M. Bloch, «Les inventions» médiévales,» *Annales d'Histoire économique et sociale*, vii (1935); P. Boissonade, *Le Travail dans l'Europe chrétienne au moyen âge (5-15 siècles)*, Paris, 1921, *Life and Work in Medieval Europe*, Eileen Powerrek itzulia, Londres, 1927; J. Delevsky, «L'évolution des sciences et les techniques industrielles,» *Revue d'Histoire économique et sociale*, XXV (1939); F. M. Feldhaus, *Die Technik der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker*, Leipzig eta Berlin, 1914, *Die Technik der Antike und des Mittelalters*, Potsdam, 1931; R. J. Forbes, *Man the Maker*, New York, 1950; A. T. Geoghegan, *The Attitude towards Labor in Early Christianity and Ancient Culture* (*Catholic University of American Studies in Christian Antiquity*, No. 6), Washington, D.C., 1945; Bertrand Gille, «Les développements technologiques en Europe de 1100 à 1400,» *Cahiers d'Histoire mondiale*, iii (1956); W. Hallock and H. T. Wade, *Outlines of the Evolution of Weights and Measures and the Metric System*, New York, 1906; Lefebvre de Noettes, «La nuit du moyen âge et son inventaire,» *Mercure de France*, ccxxxv (1932); L. Mumford, *Technics and Civilization*, Londres, 1934; J. U. Nef, *War and Human Progress. An essay on the rise of industrial civilization*, Londres, 1950; A. Neuburger, *The Technical Arts and Sciences of the Ancients*, Londres, 1930; L.F. Salzman, *English Life in the Middle Ages*, Oxford, 1926; C. Singer, E.J. Holmyard, A. R. Hall, and T.I. Williams (editoreak), *A History of Technology*, Oxford, 1954-8, 5 liburuki –funtsezko obra–; A. Uccelli eta alii, «La Storia della Tecnica,» *Enciclopedia Storica delle Scienze e delle loro Applicazione-n*, Milan, 1944, ii; A.P. Usher, *A History of Mechanical Inventions*, 2. ed., Cambridge, Mass., 1954; James C. Webster, *The Labors of the Months in Antique adn Mediaeval Art to the End of the Twelfth Century*, Evanston, 1938; Lynn White, jr., «Technology and invention in the Middle Ages,» *Speculum*, xv (1940) –bibliografia bikain batekin–, *Medieval Technology and Social Change*, Oxford, 1962.

HEZKUNTZA ETA TEKNOLOGIA: Ikus autore hauen lanak: Clerval, Crombie, Grabmann (1909-11), Hunt, d'Irsay, Paré et alii, González Palencia, Rashdall, Sharp (1934), I., II. eta III. kapituluetan zerrendatuta baitaude; ikus, halaber, R. Baron, «Sur l'introduction en Occident des termes «geometria theorica et practica,» *Revue*

d'Histoire des sciences, viii (1955); G. Beaujouan, *L'interdépendance entre la science scolastique et les techniques utilitaires (xii, xiii, et xiv siècles)* (Conférence du Palais de la Découverte) Paris, 1957; B. Gille, *Esprit et civilisation technique au moyen âge* (Conférence du Palais de la Découverte) Paris, 1952; Theophilus the Presbyter, *De Diversis Artibus*, latinezko testua eta C.R. Dodwellen ingelesezko itzulpena, Edinburgh, 1960.

MUSIKA: Willi Apel, «Early history of the organ,» *Speculum*, xxiii (1948); R. d'Erlanger, *La musique arabe*, Paris, 1930-9, 4 liburuki; H. G. Farmer, *The Influence of Music: From Arabic Sources*, Londres, 1926, *History of Arabian Music to the Thirteenth Century*, Londres, 1929, *Historical Facts for the Arabian Musical Influence*, Londres, 1930, *Al-Farabi's Arabic-Latin Writings on Music (A Collection of Oriental Writers on Music, ii)*, Glasgow, 1934; G. Reese, *Music in the Middle Ages*, Londres, 1941; K. Schlesinger, *Oxford History of Music*, Oxford, 1929.

NEKAZARITZA ETA ANIMALIA-HAZKUNTZA: D. Bois, *Les plantes alimentaires chez tous les peuples et à travers les âges*, Paris, 1927-8, 2 liburuki; Sir F. Crisp, *Medieval Gardens*, Londres, 1924; H. C. Darby, *The Medieval Fenland*, Cambridge, 1940; Lord Ernle, *English Farming, Past and Present*, 5. edizioa, Sir A. D. Hall, Londres, 1936; M. L. Gothein, *A History of Garden Art*, Mrs Archer-Hindek itzulia, Londres, 1928; N. B. S. Gras, *A History of Agriculture in Europe and America*, New York, 1925; Lefebvre des Noettes, *L'Attelage, le cheval de selle à travers les âges*, Paris, 1931, 2 liburuki; L. Moulé, *Histoire de la médecine vétérinaire*, Paris, 1891-1911, 4 atal; Eileen Power, *The Wool Trade in English Medieval History*, Oxford, 1941; Sir F. Smith, *The Early History of Veterinary Literature*, Londres, 1919, i.

ERAIKUNTZA, INPRIMAKETA, MAKINAK ETA TRESNAK: Informazio gehien dakarrena hauxe da: Usher, *History of Mechanical Inventions*; ikus II. liburukiko II. kapitulua; ikus, halaber, A. S. Blum, *La route du papier*, Grenoble, 1946; Pierce Butler, *The Invention of Printing in Europe*, Chicago 1940; T. F. Carter, *The Invention of Printing in China and its Spread Westwards*, 3. ed., L. Carringtonek berrikusia, Goodrich, New York, 1955; E.M. Carus-Wilson, «An

industrial revolution in the 13th century,» *Economic History Review*, xii (1941); M. Destrez, *La Pecia*, Paris, 1936; B. Gille, «La machinisme au moyen âge,» *Actes du VI Congrès international d'Histoire des Sciences*, Amsterdam, 1950, Paris, 1953; D. Hunter, *Papermaking*, 2. ed., Londres, 1947; D. Knoop and G.P. Jones, *The Mediaeval Mason*, Manchester, 1933; V. Mortet et P. Deschamps, *Recueil de textes relatifs à l'Histoire de l'architecture*, Paris, 1911-29, 2 liburuki.; Douglas C. McMurtrie, *The Book. The Story of Printing and Bookmaking*, 3. ed., New York, 1938; E. Panofsky, *Gothic Architecture and Scholasticism*, Latrobe, Pa., 1951; P. Pelliot, *Les débuts de l'imprimerie en Chine*, Paris, 1953; A. Ruppel, *Johannes Gutenberg. Sein Leben und sein Werk*, 2. ed., Berlin, 1947; C.L. Sagui, «La meunerie de Barbegal (France) et les roues hydrauliques chez les anciens et au moyen âge,» *Isis*, xxxviii (1948); E.A. Thompson (ed. et itzul.), *A Roman Reformer and Inventor. Being a new text of the Treatise De rebus bellicis*, Oxford, 1952; Villard de Honnecourt, *Kritische Gesamtausgabe des Bauhüttenbuches, Ms. fr. 19093 der Pariser Nationalbibliothek*, ed. H.R. Hahnloser, Viena, 1935; E. E. Viollet-Le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI au XVI siècle*, Paris, 1854-68, 10 liburuki; G. H. West, *Gothic Architecture in England and France*, Londres, 1927; E. Zinner, «Aus der Frühzeit der Räderuhr. Von der Gewichtsuhhr zur Federzugsuhr,» *Abhandlungen deutsche Museum*, xxii (1954).

MAPAK ETA GEOGRAFIA: R. Almagia, «Quelques questions au sujet des cartes nautiques et des portulans d'après les recherches récentes,» *Actes du Ve Congrès international d'Histoire des Sciences*, Laussane, 1947, Paris, 1948; L. Bagrow, «The origin of Ptolemy's *Geographia*,» *Geografiska Annaler*, Stockholm, xxvii (1945), *Geschichte der Kartographie*, Berlin, 1951; C. R. Beazley, *The Dawn of Modern Geography*, Londres, 1897-1906, 3 liburuki; Lloyd A. Brown, *The Story of Maps*, Londres, 1951; A. Cortesao, *The Nautical Chart of 1424 and The Early Discovery and Cartographical Representation of America*, Coimbra, 1954; M. Destombes, *Cartes catalanes du XIV siècle* (Rapport de la commission pour la bibliographie des cartes anciennes, Fascicule i), Paris, 1952; D. B. Durand, «The earliest modern maps of Germany and Central Europe,» *Isis*, xix (1933), *The Viena-Klosterneuburg map corpus of the fifteenth cen -*

ture. *A study in the transition from medieval to modern science*, Leiden, 1952; *Four Maps of Great Britain by Matthew Paris*, Londres, 1928; K. Kretschmer, *Die italienischen Portolane des Mittelalters*, Berlin, 1909; D. J. Price, «Medieval land surveying and topographical maps,» *Geographical Journal*, cxxi (1955); E. L. Stevenson, *Portolan Charts, their origin and characteristics*, New York, 1911; R. V. Tooley, *Maps and Map-Makers*, Londres, 1949; R. Vaughan, *Matthew Paris*, Cambridge, 1958; J. K. Wright, *Geographical Lore at the Time of the Crusades*, New York, 1925.

KIMIKA INDUSTRIALA, MEATZARITZA, METALURGIA, SU-ARMAK: ikus III. kapituluko zerrenda eta G. Agricola, *De Re Metallica*, H. C. eta L. H. Hooverrek ingelesera itzulia, New York, 1950; *Bergwerkund Probierrbüchlein*, A. E. Sisco eta C. S. Smithek itzulia, New York, 1949 – meatzaritza, geologia eta kontrastaketari buruzko XVI. mendeko lanak–; Vanoccio Biringuccio, *Pirotechnia*, C.S. Smith eta M. Gnudik itzulia, New York, 1943; Lazarus Erker's *Treatise on Ores and Assaying*, A.E. Sisco eta C. S. Smithek 1580ko alemanezko ediziotik itzulia, Chicago, 1951; R. J. Forbes, *Metallurgy in Antiquity*, Leiden, 1950, «Metallurgy and technology in the middle ages,» *Centaurus*, iii (1953); L.C. Goodrich and Feng Chia-Sheng, «The early development of firearms in China,» *Isis*, xxxvi (1946); E. B. Haynes, *Glass*, Londres, 1948; H. W. L. Hime, *The Origin of Artillery*, Londres, 1915; J. B. Hurry, *The Wood Plant and its Dye*, Londres, 1930; R. P. Johnson, «Compositiones variae,» *Illinois Studies in Language and Literature*-n, xxiii (1939); J. U. Nef, «Mining and metallurgy in medieval civilization,» *The Cambridge Economic History*-n, ii; J. R. Partington, *Origins and Development of Applied Chemistry*, Londres, 1935; B. Rathgen, *Das Geschütz im Mittelalter*, Berlin, 1928; T. A. Rickard, *Man and Metals*, New York, 1932, 2 liburuki.; E. Salin et A. France-Lanord, *Le Feu à l'époque mérovingienne*, Paris, 1943; L. F. Salzmänn, *English Industries in the Middle Ages*, Oxford, 1923; C. Singer, *The Earliest Chemical Industry*, Londres, 1949; D. V. Thompson, jr., *The Materials of Medieval Painting*, Londres, 1936; E. Turrière, «Le développement de l'industrie verrière d'art depuis l'époque vénitienne jusqu'à la fondation des verreries d'optique,» *Isis*, vii (1925); Wang Ling, «On the invention and use of gunpowder and firearms in China,» *Isis*, xxxvii (1947).

MEDIKUNTZA: III. kapituluaz zerrendatutako lanez gain, ikus Sir T.C. Allbutt, *The Historical Relations of Medicine and Surgery to the End of the Sixteenth Century*, Londres, 1905; W. R. Bett (ed.), *A Short History of Some Common Diseases*, Oxford, 1934; E. Bock, *Die Brille und ihre Geschichte*, Viena, 1903; E. G. Browne, *Arabian Medicine*, Cambridge, 1821; A. M. Campbell, *The Black Death and Men of Learning*, New York, 1931; D. Campbell, *Arabian Medicine and its Influence on the Middle Ages*, Londres, 1926, 2 liburuki.; A. Castiglioni, *History of Medicine*, E. B. Krumbhaarrek itzulia, 2. ed., New York, 1947 –oso erabilgarria–; K. Chiu, «The introduction of spectacles into China,» *Harvard Journal of Asiatic Studies*, i (1936); H. P. Cholmeley, *John of Gaddesden and the Rosa Medicinæ*, Oxford 1912; C. Creighton, *History of Epidemics in Great Britain*, Cambridge, 1891-4, 2 liburuki.; P. Diepgen, «Die Bedeutung des Mittelalters für den Fortschritt in der Medizin,» *Essays Presented to Karl Sudhoff*, ed. Singer and Sigerist, Oxford eta Zürich, 1924, *Geschichte der Medizin*, ... I. Band: *Von den Anfängen der Medizin bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts*, Berlin, 1949; Cyril Elgood, *A Medical History of Persia and the Eastern Caliphate*, New York, 1951; P. L. Entralgo, *Mind and Body. Psychosomatic pathology: a short history of the evolution of medical thought*, Londres, 1955; Fielding H. Garrison, *An Introduction to the History of Medicine*, 4. ed., Filadelfia, 1929 –material bibliografiko askorekin–; J. Grier, *A History of Pharmacy*, Londres, 1937; O. Cameron Gruner, *A Treatise on the Canon of Medicine of Avicenna*, lehenengo liburua itzulpen batekin, Londres, 1930; D. Guthrie, *A History of Medicine*, Edinburgh, 1945 –bibliografia erabilgarri batekin–; J.F.K. Hecker, *The Epidemics of the Middle Ages*, Babingtonek itzulia, Londres, 1859; L. F. Hirst, *The Conquest of Plague*, Oxford, 1953; T. Husemann, «Die schlafschwämme und andere Methoden der allgemeinen und örtlichen Anästhesie im Mittelalter,» *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, xlii (1896), «Weitere Beiträge ... ,» *ibid.*, liv (1900); S. d'Irsay, «The Black Death and the mediaeval universities,» *Annals of Medical History*, vii (1925); E. Kremers and G. Udang, *History of Pharmacy*, Filadelfia, 1940; M. Laignel-Lavastine, *Histoire générale de la médecine, de la pharmacie, de l'art dentaire et de l'art vétérinaire*, Paris, 1934-6, 2 liburuki.; R. A. Leonardo, *A History of Surgery*, New York, 1942; D. P. Lockwood, *Ugo Benzi, medieval philosopher and physician, 1376-1439*, Chicago 1951; E. R. Long, *History*

of Pathology, Baltimore, 1928; C.A. Mercier, *Leper Houses and Mediaeval Hospitals*, Londres, 1915; Maître Henri de Mondeville, Chirurgie, traduction française avec des notes, une introduction et une biographie par E. Nicaise, Paris, 1893; M. Neuburger, *History of Medicine*, E. Playfairrek itzulia, Londres, 1910-25, 2 liburuki; Johannes Noll, *The Black Death. A chronicle of the plague*, C. H. Clarke itzulia, Londres, 1926 (German ed., Potsdam, 1924); G. H. Oliver, *History of the Invention and Discovery of Spectacles*, Londres, 1913; Petrus Hispanus, *Die Ophthalmologie*, ed. A. M. Berger, Munich, 1899; W. A. Pussey, *The History and Epidemiology of Syphilis*, Baltimore, 1933; Rhazes, *A Treatise on the Smallpox and Measles*, W.A. Greenhillek itzulia, Londres, 1848 (ed. E. C. Kelly, New York, 1939); E. Rieseman, *The Story of Medicine in the Middle Ages*, New York, 1935; M. von Rohr, «Aus der Geschichte der Brille,» *Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie*, xvii (1927), xviii (1928), «Gedanken zur Geschichte der Brillenherstellung,» *Forschungen zur Geschichte der Optik (Beilagehefte zur Zeitschrift für Instrumentenkunde*, Berlin), ii (1937); E. Rosen, «Did Roger Bacon invent eyeglasses?» *Archives internationales d'Histoire des sciences*, xxxiii (1954), «The invention of eyeglasses,» *Journal of the History of Medicine*, xi (1956) –azterlan kritiko garrantzitsu bat–; E. Sachs, *The History and Development of Neurological Surgery*, New York, 1952; H.E. Sigerist, «Die Geburt der abendländischen Medizin,» *Essays Presented to Karl Sudhoff-en*, ed. Singer and Sigerist, Oxford eta Zürich, 1924, *The Great Doctors*, New York, 1933, «On Hippocrates,» *Bull. Inst. Hist. Medicine*, ii (1934), 190-214, *Civilization and Disease*, Cornell, 1943. *A History of Medicine*, New York, 1951- , i- ; C. Singer, «Steps leading to the invention of the first optical apparatus,» *Studies in The History and Method of Science-n*, ii, *A Short History of Medicine*, Oxford, 1928; K. Sudhoff, *Tradition und Naturbeobachtung in den Illustrationen medizinischer Handschriften und Frühdrucke vornehmlich 15. Jahrhunderts*, Leipzig, 1907, *Tractatus pestilentiae*, *Archiv für Geschichte und Medizin-en*, v (1912), *Beiträge zur Geschichte der Chirurgie im Mittelalter; graphische und textliche Untersuchungen in mittelalterlichen Handschriften (Studien zur Geschichte der Medizin*, x-xii) Leipzig, 1914-18, «Pertschriften aus der ersten 150 Jahren nach der Epidemie des schwarzen Todess 1348», *Archiv für Geschichte der Medizin*, ix (1916), xvii (1925); O. Temkin,

The Falling Sickness. A history of epilepsy from the Greeks to the beginnings of modern neurology, Baltimore, 1971; C.J.S. Thompson, *The History of Evolution of Surgical Instruments*, New York, 1942; E. A. Underwood (editorea), *Science, Medicine and History, Essays ... in honour of Charles Singer*, Oxford, 1953; R. Verrier, *Études sur Arnald de Villeneuve*, Leiden, 1947; J.J. Walsh, *Medieval Medicine*, Londres, 1920; C. E. A. Winslow, *Man and Epidemics*, Princeton, 1952.

Aurkibidea

HITZAURREA.....	7
BIGARREN EDIZIORAKO HITZAURREA.....	15
ESKER ONA.....	19
1. MENDEBALDEKO KRISTANDADEKO ZIENTZIA XII. MENDEKO BERPIZKUNDERA ARTE.....	21
Adelardo Bathekoa. Entziklopedista latindarrak: Plinio, Boezio, Kasiodoro, Isidoro Sevillakoa. Naturaren filosofia kristauaren hasiera: neoplatonismoa, sinbolismoa, astrologia; Agustin Hiponakoa. Enpirismo praktikoa: Kasiodoro; Bedaren kosmologia, egutegia; medikuntza anglosaxoniarra, <i>computus</i> -a. Nominalismoa: Abelardo; Adelardo Bathekoa; Chartreseko fisika; <i>Timaeus</i> -a.	
2. ZIENTZIA GREZIAR ETA ARABIARRAREN HARRERA MENDEBALDEKO KRISTANDADEAN.....	43
Zientziaren transmisioa greziarregandik arabiarregana eta Mendebalde latindarrera; matematika hindua. Naturaren gaineko botera magia eta zientziaren bitartez; Roger Bacon. Greziako filosofia naturala eta kristautasuna: aristotelianismoa, Averroes, San Agustin, XIII. mndeko eskolak.	
3. PENTSAERA ZIENTIFIKOAREN SISTEMA HAMAIRUGARREN MENDEAN	69
1. Aldaketaren azalpena eta substantziaren kontzepzioa..... 69	
Azalpenaren laburpena. Substantziaren kontzepzioa; Platon eta Aristoteles; fisika, matematika, metafisika. Aldaketari buruz Aristotelesekin emandako azalpena, «natura», lau kausak. Lau aldaketa mota; «lehen materiaren» kontzepzio neoplatonikoak; zientziaren, matematikaren eta fisikaren sailkapenak.	

2. <i>Kosmologia eta astronomia</i>	79
Aristotelesen kosmologia; leku naturala eta mugimendu naturala. Aristotelesen eta Ptolomeoren astronomia. Astronomiaren teoria latindarra. Astronomia praktikoa, tresnak, trigonometria.	
3. <i>Meteorologia eta optika</i>	100
Aristotelesen ilargiaren azpiko erregioa; William Merlee. Optika arabiar eta greziarra, Alhazen. Grosseteste. Roger Bacon. Witelo, <i>Summa Philosophiae</i> , Pecham. Theodoric Freibergekoa, ortzadarraren azalpena. Optikari buruz idatzi zuten autore arabiarrek, <i>camera obscura</i> , pintura.	
4. <i>Mekanika eta magnetismoa</i>	115
Aristotelesen mekanika; Jordanus. Magnetismoa: Petrus Peregrinus, John St. Amandekoa.	
5. <i>Geologia</i>	155
Greziako geologia. Avizena, Albertus Magnus. Beste geologia latindar bart, mareak; Ristoro d'Arezzo, Albert Saxoniakoa.	
6. <i>Kimika</i>	161
Kimika praktikoa, Greziako alkimia, Aristotelesen teoria. Arabiarren alkimia eta kimika; Jabir, Avizena, Rhazes. Alkimia eta kimika latindarra; Geberren tradizioa.	
7. <i>Biologia</i>	171
Aristotelesen biologia. Biologia latindar didaktiko eta praktikoa; Federiko II.a. Grabatu eta ilustrazio naturalistak. Herbarioak. Albertus Magnus: botanika, espezie berriak; zoologia. Hamalagarren mendeko biologia. Pisiologia eta anatomia: Galeno; kirurgilari latindarrak, Mondino, XV. mendea. Gizakiaren lekua naturan.	
4. ERDI AROKO TEKNIKA ETA ZIENTZIA.....	207
1. <i>Teknika eta hezkuntza</i>	207
Teknologiari buruz idatzi zuten autore latindarrak. Zientziaren sailkapena: Hugh St. Victorkoa, Domingo Gundisalvo, Michael Scot, Robert Kilwardby. Unibertsitateetako zientzia praktikoa: medikuntza, astronomia, matematika. Musika. Teknologia greko-erromatarra.	
2. <i>Nekazaritza</i>	221
Erromako eta Erdi Aroko nekazaritza; goldea; nekazaritzari buruz idatzi zuten autoreak; uztak; animaliak.	
3. <i>Industriaren mekanizazioa</i>	228
Lehenengo makineria; ur-errotak; haize-errotak. Ehungintza; Papera eta inprimaketa. Eraikuntza. Itsasontzien eraikuntza, garraioa. Kartografia. Erloju mekanikoak.	

4. <i>Kimika industriala</i>	245
Burdina, ikatza, labeak. Metalurgia, kanpaiak, kanoiak, bolbora. Meatzaritza. Beira. Tindagaiak eta pinturak.	
5. <i>Medikuntza</i>	255
Goiz Erdi Aroko medikuntza; tratamendua eta botikak. Gaixotasunei buruzko teoriak; izurri beltza; berrogeialdia. Oftalmologia, betaurrekoak. Kirurgia, odontologia, anatomia. Ospitaleak, buruko gaitzak.	
OHARRAK.....	271
LAMINEI BURUZKO OHARRAK.....	275
LAMINEN AURKIBIDEA.....	279
BIBLIOGRAFIA.....	283

