

ORIENTA EZAZU ZEURE BURUA ZERUKO ESFERAN

Danel Madariaga Zubimendi

Udako Euskal Unibertsitatea

Orienta ezazu zeure burua zeruko esferan

Danel Madariaga Zubimendi

Udako **Euskal Unibertsitatea**
Bilbo, 2006

EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

HEZKUNTZA, UNIBERTSITATE
ETA IKERKETA SAILA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN

«Liburu hau Hezkuntza, Unibertsitate eta
Ikerketa Sailaren laguntzaz argitaratu da»

© Udako Euskal Unibertsitatea
© Danel Madariaga Zubimendi

ISBN: 84-8438-081-5
Lege-gordailua: BI-1516-06

Inprimategia: RGM, Bilbo
Azalaren diseinua: Iñigo Ordozgoiti
Hizkuntza-zuzenketen arduraduna: Ander Altuna Gabiola

Banatzaileak: UEU. Erribera 14, 1. D BILBO telf. 946790546 Faxa. 944793039
Helbide elektronikoa: argitalpenak@ueu.org
www.ueu.org

Zabaltzen: Igerabide, 88 DONOSTIA

Galarazita dago liburu honen kopia egitea, osoa nahiz zatikakoa, edozein modutara delarik ere, edizio honen Copyright-jabeen baimenik gabe.

Aurkibidea

1. AURKEZPENA 11
   1.1. Hitzaurrea 11
   1.2. Astronomiaren atalak 11
      1.2.1. Atal klasikoak: posizio-astronomia 12
      1.2.2. Atal modernoak: astrofisika 12

2. OINARRIAK 15
   2.1. Koordenatu esferikoak 15
   2.2. Grabitazioa 15
      2.2.1. Bi masen problemaren ebazpena 16
      2.2.2. Hiru masen problema 16
   2.3. Distira-eskala 16

3. LURRA 19
   3.1. Lurrari buruz 19
   3.2. Lurraren higidurak 19
      3.2.1. Errotazioa 20
      3.2.2. Translazioa 20
   3.3. Koordenatu lurtarrak 20
      3.3.1. Latitudea 21
      3.3.2. Longitudea 21
   3.4. Toki-koordenatuak 22
      3.4.1. Altuera 22
      3.4.2. Azimuta 23
   3.5. Koordenatuen tokikotasuna 23
      3.5.1. Latitudea eta Iparrizarraren altuera 23
      3.5.2. Longitudea eta orduaren atzerapena 24
   3.6. Ordu-eremuak 25
   3.7. Dataren aldatze-lerroa 26

4 ZERUKO ESFERA I 27
   4.1. Astroetarainoko distantziak 27
      4.1.1. Astroetarainoko distantzia-eskala 27
      4.1.2. Astroetarainoko distantzien arbuioa 28

4.2. Astro finkoak eta higikorrak 29
4.2.1. Eguzki-sistemakoak 29
4.2.2. Eguzki-sistemaz kanpokoak 29
4.3. Zeruko esferaren definizioa 30
4.4. Koordenatu zerutarrak. 31
4.4.1. Zeruko esferako elementu nagusiak 31
4.4.2. Deklinazioa 32
4.4.3. Igoera zuzena 32

5. ZERUKO ESFERA II. 33
5.1. Lurraren errotazioaren eragina 33
5.2. Latitude desberdinetatik ikusita 34
5.2.1. Ipar polotik 34
5.2.2. Latitude ertainetatik 35
5.2.3. Ekuatoretik 36
5.2.4. Hego hemisferiotik 36
5.3. Astro zirkunpolarrak eta ikusezinak 37
5.3.1. Zirkunpolarrak. 37
5.3.2. Ikusezinak 38
5.4. Lurraren translazioaren eragina 38
5.4.1. Paralaxia 38
5.4.2. Argiaren aberrazioa 39

6. KONSTELAZIOAK. 41
6.1. Lurreko eta zeruko esferak eremutan banatzea. 41
6.2. Konstelazioak eta asterismoak 41
6.3. Konstelazioak kulturen begietan. 42
6.4. Konstelazioen arbitrariotasunari buruz 43

7. EKLIPTIKA 45
7.1. Eguzki-sistemaren plano nagusia 45
7.2. Lurraren ardatzen orientazioa 45
7.3. Ekliptikaren orientazioa zeruko esferan 46
7.4. Zodiakoko ikurrak eta konstelazioak 46
7.5. Prezesioa eta nutazioa 47
7.5.1. Prezesioa 47
7.5.2. Nutazioa 49
7.6. Astrologiaz 49

8 ILARGIA 51
8.1. Ilargiaren mugimendua zeruko esferan. 51
8.2. Ilargiaren orbita konplexua 51
8.2.1. Hil sidereoa 52
8.2.2. Hil sinodikoa 52

8.2.3. Hil drakonikoa 52
8.2.2. Hil anomalistikoa 52
8.3. Ilargi faseak 52
8.3.1. Ilberri 53
8.3.2. Ilgora 54
8.3.3. Ilbete 54
8.3.4. Ilbehera 54
8.3.5. Argi hauskara 54
8.4. Itsasaldiak 54
8.5. Errotazio lotua eta librazioa 55
8.5.1. Errotazio lotua 55
8.5.2. Librazioa 55

9. EGUZKIA 57
9.1. Eguzkiaren higidura zeruko esferan 57
9.2. Eguzki-eguna eta izar-eguna 57
9.3. Igoera zuzenaren jatorriaren definizioa 58
9.4. Urtaroak eta perihelioaren paradoxa 59
9.4.1. Perihelioaren paradoxa 59
9.4.2. Urtaroen azalpen zuzena 60
9.5. Lurraren tropikoak eta zirkulu polarrak 61
9.5.1. Tropikoak 61
9.5.2. Zirkulu polarrak 62
9.6. Denbora-ekuazioa 63
9.6.1. Eguerdiaren periodikotasuna 63
9.6.2. Denbora-ekuazioan eragiten duten faktoreak 63
9.6.3. Denbora-ekuazioaren balioa 65
9.7. Egutegiak 66
9.7.1. Eguzki-egutegiak 66
9.7.2. Ilargi-egutegiak 67
9.7.3. Ilargi-eguzki-egutegiak 67

10. DISEINA EZAZU ZEURE EGUZKI-ERLOJUA 69
10.1. Itzalaren proiekzioa 69
10.2. Kalkuluen garapena 69
10.2.1. Eguzkiaren higidura zeruko esferan 69
10.2.2. Eguzkiaren higidura koordenatu lokaletan 70
10.2.3. Norabideen proiekzioa planoan 71
10.3. Proiekzio-planoko puntuak lotzen 71
10.3.1. Orduen marrak eguzki-erlojuan 71
10.3.2. Daten marrak eguzki-egutegian 72
10.4. Zenbait planotako diseinuak 72
10.4.1. Plano horizontalean 72

10.4.2. Hegoaldera begira dagoen plano bertikalean 73
10.4.3. Hego-ekialdera begira dagoen plano bertikalean 75
10.4.4. Hego-mendebaldera begira dagoen plano bertikalean 76

11. EKLIPSEAK 77
11.1. Sarrera 77
11.2. Ilargi-eklipseak 78
11.2.1. Partzialak 78
11.2.2. Osoak 78
11.3. Eguzki-eklipseak 79
11.3.1. Partzialak 79
11.3.2. Osoak 79
11.3.3. Eraztun itxurakoak 80
11.3.4. Hibridoak 80
11.4. Eklipseen oinarriak 80
11.4.1. Nodo-lerroaren eragina 80
11.4.2. Saros zikloa 81
11.5. Taulak 82
11.5.1. Ilargi-eklipseak 2001-2010 82
11.5.2. Eguzki-eklipseak 2001-2010 83
11.6. Argazkiak 84

12. PLANETAK 87
12.1. Planeten higidura 87
12.1.1. Kepler-en 1. legea 87
12.1.2. Kepler-en 2. legea 87
12.1.3. Kepler-en 3. legea 88
12.2. Planeten periodo sidereoa eta sinodikoa 88
12.2.1. Definizioak 88
12.2.2. Kalkuluak 89
12.3. Barne-planeten posizio erlatiboak 90
12.3.1. Gaineko konjuntzioa 90
12.3.2. Elongazio maximoak 90
12.3.3. Azpiko konjuntzioa 91
12.3.4. Atzeranzko higidura 91
12.4. Kanpo-planeten posizio erlatiboak 91
12.4.1. Konjuntzioa 92
12.4.2. Koadraturak 92
12.4.3. Oposizioa 92
12.4.4. Atzeranzko higidura 93
12.5. Planetak identifikatzeko laguntza 93
12.5.1. Merkurio 93
12.5.2. Artizarra 94

12.5.3. Marte 94
12.5.4. Jupiter 95
12.5.5. Saturno 95

13. PLANETEN ORBITEN KALKULU ZEHATZA 97
13.1. Planeten elementu orbitalak 97
13.1.1. Eszentrikotasuna (e) 97
13.1.2. Ardatzerdi nagusia (a) 98
13.1.3. Inklinazioa (i) 98
13.1.4. Nodo gorakorraren longitudea (Ω) 99
13.1.5. Perihelioaren argumentua (ϖ) 99
13.1.6. Perihelio-denbora (T_{Ph}) 99
13.2. Efemerideak kalkulatzeko prozedura 100
13.2.1. Planetaren posizio zehatza kalkulatzea 100
13.2.2. Lurraren posizio zehatza kalkulatzea 101
13.2.3. Bi posizio-bektoreak lotzen dituen norabide-bektorea kalkulatzea 102
13.2.4. Koordenatu ekliptikoetatik zeruko esferako koordenatuetara pasatzea 102
13.2.5. Norabide-bektorea koordenatu esferikoetara pasatzea 102

14. EGUZKI-SISTEMAKO BESTE ASTROAK 103
14.1. Sateliteak 103
14.2. Kometak 103
14.3. Asteroideak 104

15. ZERU SAKONEKO OBJEKTUAK 105
15.1. Izarrak 105
15.1.1. Izar anizkoitzak 105
15.1.2. Izar aldakorrak 106
15.2. Nebulosak 107
15.3. Kumuluak 108
15.3.1. Kumulu irekiak 108
15.3.2. Kumulu globularrak 108
15.4. Galaxiak 108
15.4.1. Galaxia eliptikoak 108
15.4.2. Galaxia espiralak 108
15.4.3. Galaxia irregularrak 109

16. ORIENTAZIOA 111
16.1. Sarrera 111
16.2. Zeruko esferan angeluak neurtzeko lagungarria 111

16.3. Norabideen finkapena 112
16.3.1. Ipar hemisferioan 112
16.3.2. Hego hemisferioan 113
16.3.3. Ekuatoretik hurbil 114
16.3.4. Eguzkia eta orratz-erlojua erabilita 115
16.4. Latitudearen finkapena 115
16.4.1. Poloaren altueraren arabera 116
16.4.2. Astro baten deklinazioa eta kulminazioa ikusita 116
16.4.3. Eguzkiaren itzala erabilita 116
16.4.4. Konstelazio zirkunpolarrak, zenitalak eta ia ikusezinak erabilita. 117
16.5. Ordu lokalaren finkapena 117
16.5.1. Eguzkia erabilita 117
16.5.2. Data, eguzki-ordu eta izar-orduaren arteko erlazioa 117
16.5.3. Orduaren finkapena igoera zuzen ezaguneko ordu-angelua neurtuta. 117
16.5.4. Ordu moten arteko konbertsioa 118
16.6. Hilaren finkapena 118
16.6.1. Zodiakoko konstelazioak erabilita 118
16.6.2. Eguzkiaren deklinazioa erabilita 119
16.7. Dataren finkapena. 119

17. ERANSKINAK 121
17.1. Planetei buruzko datu nagusiak 121
17.2. Distira-magnitudeak 122
17.3. Horizonte gaineko denbora 123
17.4. Sartze- eta irtetze-azimutak 126
17.5. Zeruko esfera 20 mapatan banatua. 129
17.6. Konstelazioen izenak 149

18. BIBLIOGRAFIA 153
18.1. Liburuak 153
18.2. Internet-eko web orriak 153

1. Aurkezpena

1.1. HITZAURREA

Astronomia zientzia guztietan zaharrena dela aipatzea topikoa izan ohi da, batez ere Astronomiako liburuen aurkezpenetan. Baina, kasu honetan, bereziki, Astronomiaren barruko atalik zaharrenari buruzko liburu berria idazterakoan, ondoko gogoeta etorri zait burura:

Antzina, astroen posizioak eta higidurak jakiteak abantaila handiak ematen zizkien zibilizazioei. Posizio-astronomiak orientatzeko aukera ematen zien, orduak eta egunak neurtzeko, itsasoetan zehar nabigatzeko, uztak planifikatzeko, etab. Adibidez, antzinako egiptoarrek Sirio izarraren jarraipena egiten zuten, Nilo ibaiak gainezka noiz egingo zain.

Azkeneko mendeetan gure zibilizazioaren garapen izugarria gertatu da; orain, beste tresna batzuk erabiltzen ditugu funtzio horiek betetzeko. Astronomia bera ere asko garatu den arren, bere erabilera praktikoa gutxitu da. Eta horren ondorio bat izan daiteke jendeari Astronomiaren oinarriak ez zaizkiola interesatzen: behar ez dituelako, hain zuzen.

Liburu honen helburu apala joera horren aurka egitea da: irakurleari posizio-astronomiaren oinarrizko ezagutza ematea. Kasu honetan, suposatu behar dugu irakurlea zaletasunez hurbildu dela Astronomiara. Baina, noizbait behar izatekotan, azken kapituluan orientazioaren gaia jorratzen da.

Besterik gabe, ea liburua zure gustukoa den; eta kontuz, batzuetan grina geldiezina bihur baitaiteke Unibertsoa esploratzea!

1.2. ASTRONOMIAREN ATALAK

Astronomiaren atalak, argi eta garbi, bi taldetan banatu beharko ditugu:

1.2.1. Atal klasikoak: posizio-astronomia

Antzinako zibilizazioek mendeetan begi hutsez landu zituzten Astronomiaren atalak dira. Geometrian eta Matematikan oinarritzen dira batez ere, eta liburu honetan landuko ditugunak izango dira, hain zuzen ere.

- *Zeruko mekanika* da atal nagusia, eta ikusitako astroen posizioak eta higidurak deskribatzea eta azaltzea du helburu. Antzinako zibilizazioek eguzki-sistemaren eta Unibertsoaren hainbat eredu garatu zituzten, gehienetan, munduaren sorrerari buruzko mitoekin erabat nahasturik bazeuden ere. Baina, pixkanaka, metodo zientifikoak aurrera egin zuen eta Astronomiaren oinarri sendoak finkatu zituen. Copernico-k, Galileo-k, Kepler-ek eta Newton-ek egindako ekarpenek guztiz eraldatu zuten diziplina hori.
- *Astrometria* astroen posizioa zehaztasun handiz neurtzen saiatzen da, eta Lurraren atmosferak eta behaketa-tresnek sortutako erroreak zuzentzen ditu.

1.2.2. Atal modernoak: astrofisika

Goian esan bezala, azken mendeetan garatutako Astronomiak ez du zerikusirik aurrekoarekin. Fisikan aurrerakuntza nabarmenak gertatu diren heinean, horietako batzuk Astronomian aplikatu ahal izan dira zuzenean. Aldi berean, teknologian aurrerakuntza handiak egon dira, eta horrek ere Astronomia hobeto egiten lagundu digu. Horrekin guztiarekin batera, gaur egungo teleskopioez Unibertsoaren eskala desberdinetako osagaiak (izarrak, galaxiak, kumuluak...) ikusteko gai gara; eta, neurri handi batean, ulertzeko ere bai.

Beraz, astroen fisika gero eta ulergarriago bihurtu da; eta, aldi berean, eremu berriak sortu dira astrofisikan. Baina, teoriak horrenbeste korapilatu direnez, espezializazioa etorri da ondorioz, eta beraz astrofisikan ondoko atalak bereiz ditzakegu:

- *Kosmologia*k Unibertsoaren sorrera-prozesua aztertzen du, historiaren lehenengo segundoetara atzera eginez. Gaur egun, guztiz onartuta dago ezagutzen dugun Unibertsoa duela 13.000 milioi urte inguru jaio zela; eta espantsio ikaragarria bizitzen ari garela, galaxiak elkarrengandik urruntzen ari baitira. Kosmologoek Unibertsoaren denboran zeharreko batez besteko tenperatura, presioa eta partikula-dentsitatea aurresaten dituzten ereduak garatu dituzte.
- *Izar-dinamika* da izarren egitura eta bilakaera azaltzen dituen teoria multzoa. Izar-eredu modernoek izarren barneko presioa, tenperatura, dentsitatea, erradiazioa eta konposizio kimikoa kalkula ditzakete sakonera desberdinetan; edota milioika urtetan zeharreko bilakaera, erregaia noiz agortuko zaien, zer-nolako amaiera izango duten, etab.

- *Galaxia-dinamika* galaxien egitura eta bilakaera azaltzen saiatzen da, baina izar-dinamika baino zehaztasun txikiagoa lortzen du. Galaxia bateko astroen higidura ulertzeko masa iluneko kantitate itzelak daudela postulatzen du.
- *Zientzia planetario*ek Geologia, Biologia, Fisika, Kimika eta beste zientzia batzuk aplikatzen dituzte eguzki-sistemako beste planetetan. Askotan, beste planetetan aurkitutakoa Lurra planetaren azterketan ere baliagarria da, berotegi-efektuarekin gertatu den bezala, lehenengo Artizarran aurkitu baitzen.

2. Oinarriak

2.1. KOORDENATU ESFERIKOAK

Koordenatu esferikoek esfera baten gainazalean orientatzeko modurik egokiena osatzen dute. Gainazaleko puntu bakoitzari bi magnitude angeluar esleitzen zaizkio, puntua erabat identifikatzen eta bereizten dutenak. Adibiderik ezagunena dira Lurreko latitudea eta longitudea. Zeruko esferan orientatzeko beste koordenatu esferiko mota batzuk erabiliko ditugu; baina, lehenago, atal honetan, beren oinarri teorikoak finkatuko ditugu.

Kasurik orokorrenean, koordenatu esferikoek erradio aldakorra erabiltzea ahalbidetzen dute: horrela, espazio osoko puntuak koka daitezke. Hala ere, guk horren kasu berezi bat baino ez dugu aztertuko: erradioa konstantea denean, alegia.

Koordenatu esferikoen angeluen jatorria finkatzeko hauxe egin behar dugu: lehendabizi, esfera horren zentrotik pasatzen den zuzen bat finkatu behar dugu: ardatza. Ardatzak non mozten duen gainazal esferikoa, han egongo dira poloak; ardatzari perpendikularra zaion planoak non mozten duen gainazal esferikoa, han egongo da ekuatorea.

Liburu honetako hainbat ataletan erabiliko ditugu zenbait koordenatu esferiko mota: Lurreko koordenatuak, toki-koordenatuak eta zeruko esferako koordenatuak, besteak beste. Bakoitzaren berezitasunak banan-banan ikusiko ditugu dagokien atalean.

2.2. GRABITAZIOA

Unibertsoko astro guztien higidura indar grabitatorioari oso estuki lotuta dagoela ikasi dute astronomoek. Newton-ek Grabitazioaren Lege Unibertsala aurkitu zuen; eta, horrekin batera, zeruko mekanikari inoiz eman zaion bulkadarik handiena eman zion. Ordura arteko eredu kosmologiko guztiek ez bezala, Grabitazioaren Legeak erloju baten zehaztasuna ematen zien astro guztien higidurei.

Lege horren arabera, edozein masak beste edozein masa bereganantz erakartzen du, indarraren balioa ondokoa izanik:

$$\vec{F}_{12} = \frac{GM_1M_2}{d_{12}^2}\hat{u}_{12}.$$

Adierazpen horretan, F_{12} indarra da M_2 masak M_1 masari eragiten dion indar grabitatorioa, d_{12} bien arteko distantzia, eta $\hat{u}_{12}$ bi masak lotzen dituen norabide-bektore unitarioa.

Grabitatea indar zentrala da, masen posizio erlatiboaren norabidean orientaturik baitago. Horrek ezaugarri nahiko bereziak sorrarazten dizkio. Adibidez, bi masen arteko elkarrekintzan indar-momenturik sortzen ez denez, sistema isolatuetan momentu angeluarra kontserbatu egiten da. Horrek astroen ibilbideak finkatzeko orduan garrantzi handia dauka, segituan ikusiko dugun bezala.

Newton-ek aurkitu zituen dinamikaren ekuazioak erabilita, printzipioz, astroen ibilbideak kalkulatzeko gai izango ginateke, hasierako posizioak eta abiadurak jakinez gero. Hala ere, arazo batzuk agertuko zaizkigu.

2.2.1. Bi masen problemaren ebazpena

Bi masa soilez osatutako sistema grabitatorioa erraz integra daiteke. Dakigunez, sistema isolatu baten masa-zentroa higidura uniformez higitzen da. Masa laburbildua deritzon trikimailua erabilita, masa bakoitzaren ibilbidea kalkula daiteke, masa-zentroaren inguruan, eta beste masa arbuiatuz.

Horrela, masa-zentroarekin batera higitzen den erreferentzia-sistematik ikusita, egiazta daiteke bi masen ibilbideak plano berean gertatzen direla; eta konika itxurakoak direla: elipse, parabola edo hiperbola, alegia. Are gehiago, planeten higidurari buruz Kepler-ek aurkitu zituen hiru legeak betetzen dira. Planetei dedikatutako kapituluan azaltzen dira aipatutako hiru legeak.

2.2.2. Hiru masen problema

Harrigarria bada ere, sistema grabitatorio bati hirugarren masa gehitutakoan, bere konplexutasuna modu ikaragarrian handitzen da. Mende askotan saiatu diren arren, matematikariek ez dute emaitza analitikorik lortu sistema horren jokabidea ongi deskribatzeko.

Kasu oso partikular batzuetan soilik (bi masa, orbita zirkularrean, eta hirugarrena plano berean eta masa arbuiagarrikoa) lortu da higiduraren ezaugarri batzuk ondorioztatzea.

2.3. DISTIRA-ESKALA

Objektu astronomikoen distirak oso intentsitate desberdinen artean mugatuta daude. Eskalaren mutur batean Eguzkia dago, jakina, babestu gabe zuzenean ezin begira dezakeguna, begia kaltetu gabe behintzat. Eta, beste muturrean, milioika

izar eta galaxia ditugu: Lurretik hain urrun, ezen beren argia jasotzeko teleskopio erraldoiak behar ditugula. Bi distira-maila horien arteko erlazioa mila trilioikoa da, gutxi gorabehera.

Beraz, objektu astronomikoen distirak neurtu eta alderatu nahi ditugunean, arazo txikia agertuko zaigu: eskala lineala erabiliz gero, askotan zenbaki oso txikiak eta beste batzuetan oso handiak erabili behar izango ditugu. Baina, badago hori saihestu egingo duen konponbiderik: eskala logaritmikoa erabiltzea.

Astronomian antzinatik erabiltzen den distira-eskalak ondoko ezaugarriak ditu:

- Alderantzikatua da; hau da, zenbaki txikiak distira handia adierazten du, eta alderantziz.
- Unitateari "magnitudea" deritzo.
- K = 2,512 oinarriko eskala logaritmikoan oinarrituta dago. Horren arabera: izar bat beste bat baino K aldiz distiratsuagoa bada, magnitude-balioa 1 gutxiago izango du; $B^2 = 6,31$ aldiz distiratsuagoa bada, orduan 2 magnitude gutxiago; $B^3 = 15,85$ aldiz bada, 3 magnitude, etab.
- Distira-desberdintasun handiak agertzen diren kasuetarako: 5 magnitude gutxiago izateak $2,512^5 = 100$ aldiz distiratsuago izatea dakar, 10 magnitude gutxiago $100^2 = 10.000$ aldiz, 15 magnitude gutxiago $100^3 = 1.000.000$ aldiz, etab.
- Aurreko guztia ederto laburbiltzen duen formula (I_1 eta I_2 distira linealak, m_1 eta m_2 magnitude-balioak):

$$\log_{10} \frac{I_1}{I_2} = -0,4(m_1 - m_2).$$

Adibide moduan, zenbait astroren argitasuna adierazi da: eskala linealean, alde batetik; eta magnitudeen eskala logaritmikoan, bestetik. Planeten kasuan, beren distira aldakorra izanik, distira maximoko balioa hartu da.

3. Lurra

Goiko astroetara begirada zuzendu baino lehen, hobe dugu gure oinen azpian daukaguna aztertzea, eta ulertzea!

3.1. LURRARI BURUZ

Gaur egun, mundu guztiak Lurraren eitea gutxi gorabehera esferikoa dela jakin arren, hori ulertzea eta jakinaraztea ez da lan makala izan... mende askotan, populazioaren gehiengoak Lurra laua zela uste izan du; eta besterik pentsatzea ere ideia heretikotzat har zitekeen!

Gaur egungo teknikak erabilita, Lurraren dimentsioak ondo ezagunak dira. Zehaztasun handirik behar ez badugu, esferikoa dela suposa dezakegu. Baina, egia esan, bere eitea *biraketa-elipsoide* batetik askoz hurbilago dago: erradio polarra ekuatoriala baino 22 km laburragoa da. Horren arrazoia errotazio-abiaduran datza: indar zentrifugoak kanpora eragiten baitu, indar grabitatorioaren efektua gutxituz. Beste planeta batzuetan ere fenomeno hori nabarmena da, batez ere Jupiter eta Saturnon.

Erradio ekuatoriala (Re)	6.378 km
Erradio polarra (Rp)	6.356 km
Zapaldura (Re-Rp) / Re	1 / 290

Lurraren neurriak.

Gainazala solidoa izateari esker bizi gaitezke lasai-lasai Lurrean. Eta atmosfera gardena izateagatik ikus ditzakegu astroak zeruan. Beste planeta batzuetan ez genuke horrelako zorterik edukiko!

3.2. LURRAREN HIGIDURAK

Lurra ez dago Unibertsoaren erdigunean kokatuta, ez horixe! Eta higitu egiten da, halabeharrez, Fisikaren legeen arabera. Bi higidura bereiz ditzakegu:

3.2.1. Errotazioa

Lurra ardatzaren inguruan biratzen da, egunero. Solido zurruna balitz bezala biratzen dela suposa dezakegu, nahiz eta guztiz egia ez den; izan ere, Lurraren gunearen kanpoko geruza likidoa baita. Baina, kontuz! Errotazioaren periodoa ez da 24 ordukoa zehazki, *23 ordu eta 56 minutukoa* baizik! Bi periodo horien arteko 4 minutuko alde hori *Eguzkia*ri buruzko kapituluan azalduko da.

Lurraren ardatzaren orientazioa nahiko konstante mantentzen da espazioan, norabide finko batera zuzenduta. Gaur egun, Iparrizarraren norabidetik oso hurbil dago. Egunak eta hilabeteak igaro ahala ez da nabari, baina milaka urte itxarongo bagenu, ardatzaren orientazioa aldatu dela ikusiko genuke. Hori ulertzeko, ikus *prezesioa*ri zuzendutako kapitulua.

3.2.2. Translazioa

Lurrak beste higidura bat ere badu, Eguzkiaren inguruan birakakoa, alegia. Horretan 365 egun eta laurden ematen du: *urte* bat, hain zuzen ere. Higidura hori *ekliptika* deritzon planoan gertatzen da. Bere orbitak Kepler-en hiru legeak betetzen ditu, beste planeta guztien orbiten modura.

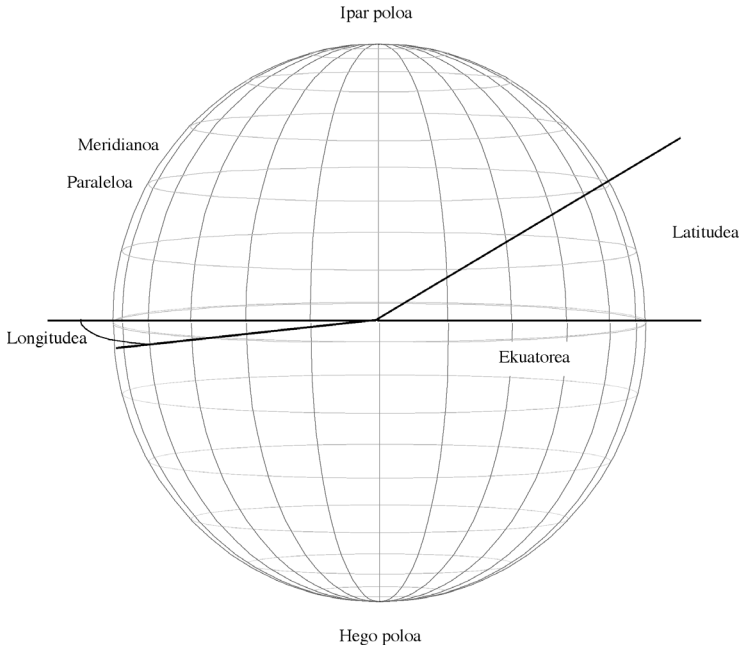
Lurraren translazioari buruz aurrerago hitz egingo da beste kapituluetan. Oraingoz, Lurra aztertzen jarraituko dugu.

3.3. KOORDENATU LURTARRAK

Lurraren gainazaleko puntuak nola kokatu azalduko dugu orain. Horretarako, *Oinarriak* atalean azaldu dugun koordenatu-sistema esferikoa izango dugu lagungarri.

Lurraren errotazioak eragin itzela du Lurreko puntuetan. Errotazio-ardatzarekiko posizio erlatiboak finkatzen du, beste ezerk baino gehiago, leku baten klima, adibidez. Beraz, guztiz naturala da koordenatu-sistemaren ardaztzat Lurraren errotazio-ardatza bera hartzea.

Horrela egiten badugu, hurrengo irudiko koordenatu-sistema lortuko dugu. Lurraren gainazaleko edozein puntu kokatzeko bi magnitude angeluar baino ez ditugu behar.



Koordenatu lurtarrak.

3.3.1. Latitudea

Ekuatorea da Lurraren zentrotik pasatzen den eta errotazio-ardatzari perpendikularra zaion planoa. Ekuatorea erabilita, erraza daukagu latitudea definitzea: latitudea da Lurraren ekuatorera dagoen distantzia angeluarra.

Hitzarmenez, ekuatoretik iparraldera dauden puntuei latitude positiboa esleitzen zaie; eta hegoaldekoei negatiboa. Beraz, Ipar poloaren latitudea +90º-koa da, ekuatorearena 0º eta Hego poloarena –90º. Latitude konstanteko zirkunferentziei *paralelo* deritze.

3.3.2. Longitudea

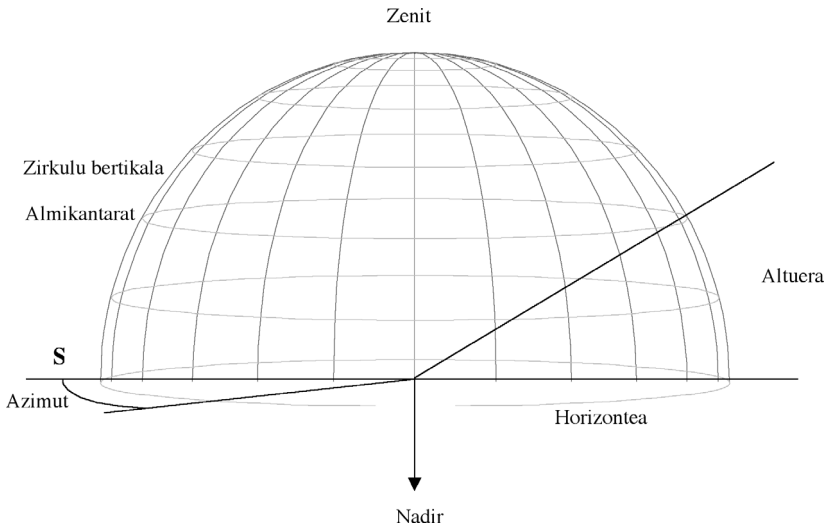
Meridianoak dira poloetatik pasatzen diren zirkunferentzia maximoak. Meridianoak erabilita, honela definitzen da longitudea: Lurraren meridiano jakin batera dagoen distantzia angeluarra.

0º-ko longitudeko meridianoa arbitrarioki aukeratu zuten ingelesek, Greenwich izeneko behatokitik pasatzen dena, hain zuzen ere. Longitudeak 0º eta 180º tartean neurtzen dira, bai mendebalderantz (W) eta bai ekialderantz (E) ere.

3.4. TOKI-KOORDENATUAK

Koordenatu-sistema lurtarra oso egokia da Lurraren gainazaleko puntuak kokatzeko; baina, zerurantz begiratzeko, beste batzuk erabili beharko ditugu. Errazenarekin hasiko gara. Suposa dezagun Lurreko edozein inguru lautan gaudela. Gure gaineko esferaerdia zerua da; azpikoa, berriz, lurra. Eta biak banatzen dituen zirkunferentzia maximoa, *horizontea*. Hori oinarritzat harturik, toki-koordenatuak aurkeztuko ditugu:

Norabidea	**Altuera**	**Azimut**
Zenit	+90 °	
Horizontea	0 °	
Nadir	-90 °	
Hegoaldea (S)		0 °
Mendebaldea (W)		90 °
Iparraldea (N)		180 °
Ekialdea (E)		270 °



Toki-koordenatuak.

3.4.1. Altuera

Altuerak horizontera dagoen distantzia angeluarra adierazten du. Hitzarmenez, horizontearen gainean dauden puntuei altuera positiboa esleitzen zaie; eta azpikoei negatiboa.

Horizontearen planoari perpendikular zaion norabidea zuzen bertikala da, noski. Gure buru gainean dagoen noranzkoari *zenit* deituko diogu; eta kontrakoari *nadir*. Beraz, zenitaren altuera +90º da, horizontearena 0º eta nadirrarena –90º. Altuera konstanteko zirkunferentziei *almikantarat* deritze.

3.4.2. Azimuta

Zirkulu bertikalak dira zenitetik pasatzen diren zirkunferentzia maximoak. Zirkulu bertikal jakin batera dagoen distantzia angeluarra adierazten du azimutak.

0º-ko azimuta ere arbitrarioki aukeratu behar da. Tamalez, astronomoak eta itsasgizonak ez dira ados jarri; eta irizpide desberdina erabiltzen dute. Itsasgizonek iparraldea (N) erabiltzen duten bitartean, astronomook hegoaldea (S) hartzen dugu jatorritzat.

Azimuta eskuinerantz hartzen da positibo; eta, ezkerrerantz negatibo. Beraz, astronomian, hegoaldeko azimuta 0º-koa da, mendebaldekoa 90º-koa, iparraldekoa 180º-koa eta ekialdekoa 270º-koa (edo –90º-koa).

3.5. KOORDENATUEN TOKIKOTASUNA

Jadanik aurkeztu ditugun bi koordinatu-sistemak elkartuko ditugu atal honetan, eta bien arteko erlazioa zein den ikusiko dugu. Suposa dezagun behatzaile batzuk Lurreko latitude desberdinetan kokatu direla eta nork bere tokiko koordenatu-sistema eraiki duela. Zer erlazio egongo da haien artean?

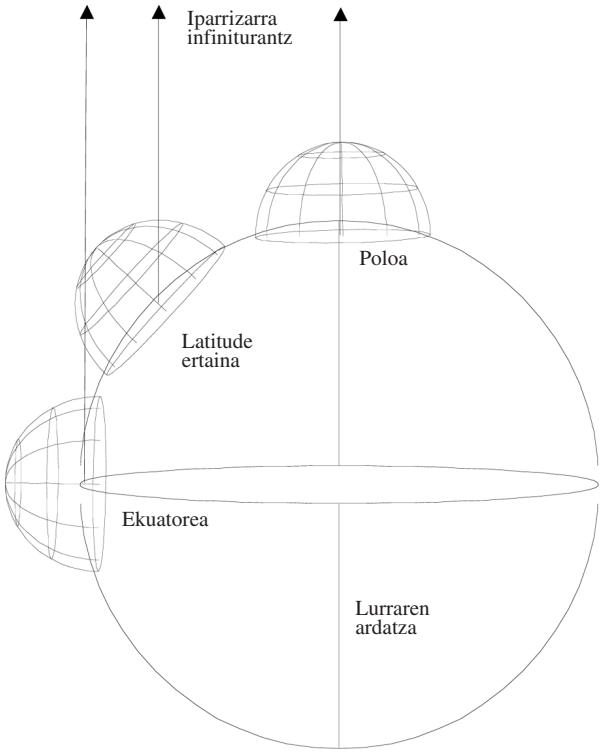
Atal honetako bi irudiei begiratuta, argi dago koordenatu-sistemen orientazioa desberdina dela. Horizonte-planoak norabide desberdinetan orientatuta daude; jakina, Lurraren kurbaduraren eraginez. Eta horren ondorio zuzena da behatzaile bakokitzak ikusten duen zeru-eremua desberdina izatea. Behatzaileen latitudearen eta longitudearen eraginak aztertuko ditugu, banan-banan.

3.5.1. Latitudea eta Iparrizarraren altuera

Latitudearen eragina azaltzeko, Iparrizarra erabiliko dugu. Izar hori Lurraren ardatzaren norabideari jarraituta ikusten dugu gutxi gorabehera. Azter dezagun latitude bakoitzeko behatzaileak ikusten duena:

- Ipar polotik ikusita, Iparrizarra ia-ia zenitaren norabidean dago, beti ikusgai.
- Ekuatoretik ikusita, aldiz, horizontean bertan dago, iparraldeko norabidean; ikusteko oso zaila, beraz.
- Bestetik, Ipar hemisferioko latitudeetatik ikusita, Iparrizarra beti horizonte gainean egongo da; eta altueraren balioa behatzailearen latitudearen berdina izango da.
- Azkenik, Hego hemisferioko behatzaile batek ezingo du Iparrizarra ikusi, beti horizonte azpian dagoelako, Lurrak berak estaltzen du eta.

Laburbilduta, behatzaile baten latitudea eta bere horizonte gainean Iparrizarrak duen altuera berdinak dira.



Iparrizarraren aldtuera latitudearen arabera.

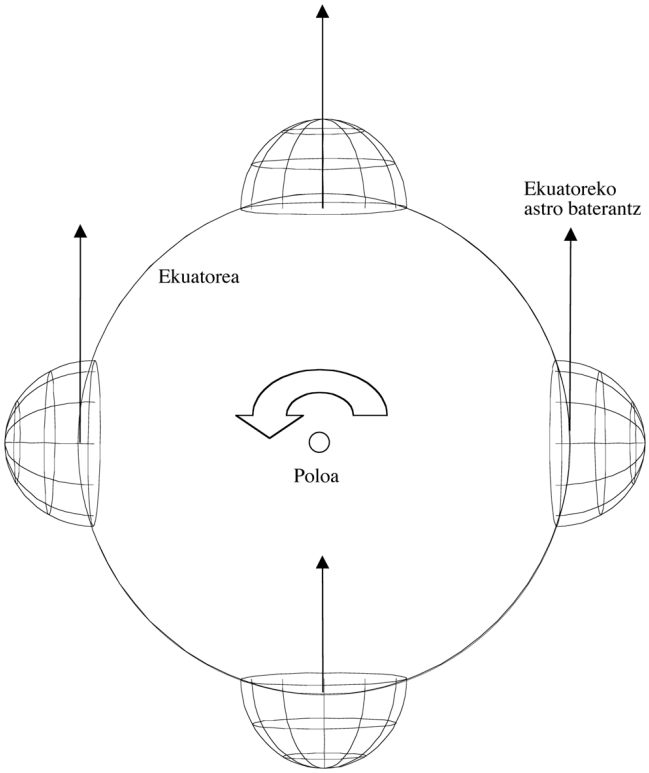
3.5.2. Longitudea eta orduaren atzerapena

Atal honetan, latitude bereko eta longitude desberdineko bi behatzaile konparatuko ditugu. Ondoko irudian Lurra ere ageri da; baina, kasu honetan, errotazio-ardatzaren norabidean proiektatuta. Hau da, Iparrizarretik ikusiko litzatekeen bezala, Ipar poloa erdian eta ekuatorea perimetroan dagoela. Irudia errazteko, behatzaileak Lurreko ekuatorean kokatuko ditugu.

Kasu honetan ere, argi dago behatzaileek zeru-eremu desberdina ikusiko dutela, aldiune berean behintzat. Baina, orain, Lurraren errotazioa hartu behar dugu kontuan. Izan ere, behatzaile batek aldiune batean ikusten duena, mendebalderago dagoen beste batek beranduago ikusiko du. Eta, zenbat eta longitude-tartea handiagoa izan, hainbat eta denbora gehiago itxaron beharko du, proportzionalki. Lurraren errotazio-periodoa ezagututa, erraz kalkula daiteke erlazioa:

Itxaron beharreko denbora	Longitude-tartea
23 h 56 min	360º
1h	≈ 15º
≈ 4 min	1º

Longitudearen eta orduaren arteko erlazioa.



Ordu-angelu lokala longitudearen arabera.

3.6. ORDU-EREMUAK

Mundu osoko biztanleek beren bizitza guztia antolatzen dute eguzki-argiaren arabera. Horregatik, guztiz logikoa da herrialdeek ordu lokala erabili nahi izatea; hau da, eguerdiko 12ak inguru izan daitezela Eguzkiaren kulminazioa gertatzen denean. Baina, ikusi dugunez, Lurreko puntu batean eguerdia den bitartean, beste batean, gauerdia izan daiteke. Beraz, argi dago irizpide hori erabiliz ezin dugula mundu osorako ordu unibertsalik finkatu.

Hori konpontzeko, toki-ordua longitudearen funtzioan egon behar dela erabaki dezakegu, esaterako. Aurreko taulari jarraituta, leku baten toki-ordua jakinda, beste leku baten toki-ordua kalkulatzeko modua daukagu: mendebalderantz longitude-gradu bat mugituz gero, erlojua lau minutuz atzeratu beharko dugu; ekialderantz, berriz, neurri berean aurreratu.

Eredu hori teorikoki guztiz zuzena bada ere, praktikan ez litzaiguke baliagarria suertatuko; izan ere, kokaleku bakoitzak bere ordu propioa edukiko luke; eta ez ginateke batere ondo moldatuko gure artean geratzeko. Adibidez, mendebaldera km bakar bat higitu ondoren, ordularia 3 segundoz aurreratu beharko genuke!

Beraz, tarteko konponbide batera heldu behar dugu: longitude bertsuan kokatzen diren herrialdeek ordu berbera eduki behar dute; baina, aldi berean, longitude desberdinekoek ordu desberdina. Horrela, mundu osoa ordubeteko ordu-eremutan banatzen da.

3.7. DATAREN ALDATZE-LERROA

Ordu-eremu batetik beste batera zeharkatzean, ordularia aldatu behar dugu: mendebalderantz higitu bagara, ordubetez atzeratu; ekialderantz izan bada, berriz, aurreratu.

Horrek fenomeno bitxia eragin dezake: beti ekialderantz eginez munduari bira osoa emanez gero, eguzki-egun bat "irabazi" egiten da, Eguzkiaren kontra ibiltzeagatik. Hori da, hain zuzen ere, Jules Verne-ren *Munduari itzulia 80 egunetan* eleberrian gertatzen dena.

Hori ekiditeko, eta bidaiari guztiak egun berean bizi daitezen, nolabait konpentsatu egin behar da. Ozeano Barea erditik zeharkatzen duen "egunaren aldatzelerro internazionala" ekialderantz zeharkatzen bada, egutegia egun batez atzeratu behar da; eta mendebalderantz zeharkatuz gero, jakina, egun batez aurreratu.

4. Zeruko esfera I

Aurreko kapituluan Lurrari buruz jardun ondoren, kapitulu honetan astroetara zuzenduko dugu begirada. Eta bete-betean ekingo diogu posizio-astronomiaren oinarriari: zeruko esferari, hain zuzen ere. Luzea eta korapilatsua gerta ez dadin, bi kapitulutan banatu dugu gaia. Lehenengoan, zeruko esferaren definizioa aurkeztuko dugu; bigarrenean, berriz, bere higidura azalduko dugu.

4.1. ASTROETARAINOKO DISTANTZIAK

Astroen arteko desberdintasunak ikusi baino lehen, astro guztiei buruz orokorrean egin beharreko azalpenak emango ditugu orain. Lehendabizi, Lurretik astroetarainoko distantziak ikusiko ditugu; eta, hortik ondorio garrantzitsua atera.

4.1.1. Astroetarainoko distantzia-eskala

Astroak Lurretik oso urrun daude; benetan, *oso-oso urrun*. Tamalez, horrelako esaldiak ez dira nahikoak irakurleari benetako neurria adierazteko; besterik gabe, ez gara gai Unibertsoaren benetako neurria aditzeko. Astroak imajinatu ahal duguna baino askoz ere urrunago daude... Unibertsoaren tamainako imajinazioa ez badaukagu behintzat!

Hala ere, saiatuko gara Unibertsoko distantzia-eskala hori irakurlearengana hurbiltzen. Ondoko taulan aukeratutako zenbait astro ageri da, Lurretik astroetaraino dagoen gutxi gorabeherako distantziarekin batera. Distantziak unitate berezietan adierazi dira, ez baita erraza horren distantzia handiak unitate arruntez adieraztea.

Astroa	Ezaugarria	Distantzia (Km)	Distantzia (argi-unitateak)	Handipen partziala (x)	Handipen metatua (x)
Lurraren erradioa	Gure planeta	6.378 km	0,021 argi-segundo		1 x
Ilargia	Gure satelitea	384.000 km	1,3 argi-segundo	60 x	60 x
Eguzkia	Gure izarra	$149{,}6 \cdot 10^6$ km	8,3 argi-minutu	390 x	23.500 x
Pluton	Planetarik urrunena	$7.300 \cdot 10^6$ km	6,5 argi-ordu	50 x	$1{,}2 \cdot 10^6$ x
α Centauri	Izarrik hurbilena	$40 \cdot 10^{12}$ km	4,4 argi-urte	5.500 x	$6{,}5 \cdot 10^9$ x
Iparrizarra	Begi hutsez ikusten den izar arrunta	$4 \cdot 10^{15}$ km	420 argi-urte	95 x	$650 \cdot 10^9$ x
Esne Bidearen erradioa	Gure galaxia	$500 \cdot 10^{15}$ km	50.000 argi-urte	120 x	$80 \cdot 10^{12}$ x
Magallanesen hodeiak	Gure galaxiako sateliteak	$1{,}7 \cdot 10^{18}$ km	180.000 argi-urte	3,6 x	$300 \cdot 10^{12}$ x
M31, Andromeda	Galaxiarik hurbilena	$20 \cdot 10^{18}$ km	$2 \cdot 10^6$ argi-urte	11 x	$3{,}2 \cdot 10^{15}$ x
Virgo galaxia-kumulua	Hurbileko galaxia-kumulu erraldoia	$500 \cdot 10^{18}$ km	$50 \cdot 10^6$ argi-urte	25 x	$80 \cdot 10^{15}$ x
Quasar tipikoa	Galaxien sorrerarekin lotutako objektuak	$50 \cdot 10^{21}$ km	$5 \cdot 10^9$ argi-urte	100 x	$8 \cdot 10^{18}$ x

Unibertsoa tamaina eta ezaugarri desberdinetako egiturez osatuta dago; eta egitura mota bakoitza non kokatzen den ulertzeko, egokia izan daiteke aurreko taula. Hala ere, egitura bakoitzaren azalpen zehatza egiteko astrofisikaren beharra daukagu, eta liburu honen edukitik kanpo geratuko litzateke. Nabari bedi zenbat maila desberdin dagoen, eta maila bakoitzean egiten den handipena zenbatekoa den!

Argi-urtea da Astronomian distantzia oso handiak neurtzeko erabiltzen den unitatea. Definizioz, *argiak urte batean ibilitako distantzia* da. Bere abiadura c = 299.792,458 km/s konstante ezaguna denez, erraz kalkula daiteke bere balioa: $9{,}46 \cdot 10^{12}$ *km*, gutxi gorabehera. Nabari bedi distantzia-unitatea dela, eta ez denbora-unitatea!

4.1.2. Astroetarainoko distantzien arbuioa

Aurreko atalean ikusi dugunez, astroak Lurretik oso urrun daude. Astrorik hurbilena ere, Ilargia bera, Lurraren erradioa baino 60 aldiz urrunago dago. Lurraren gainazalean mantentzen garen bitartean, beraz, gizakion behatokia puntuala dela suposa dezakegu; eta errorea txikia izango da. Salbuespen aipagarri bakarra da Ilargiaren eguneko librazioa izeneko fenomenoa; Ilargiaren kapituluan azalduko da fenomeno hori.

Aurreko esaldia atzekoz aurrera jarrita: ia-ia gauza bera irudituko litzaiguke Ilargia dagoenean egotea, edo infinituan! Jakina, ondoko baldintza jarrita: urruntzen den neurrian bere tamaina eta bere argitasuna proportzioan handitzea. Horrela, tamaina angeluarra eta distira kontserbatuko lirateke. Beste astroekin ere antzerakoa gertatzen da, noski; eta agertzen zaigun errorea oraindik ere txikiagoa da.

Eta hortik ondorio oso interesgarrira helduko gara: azken finean, berdin zaigula zenbatekoa den astro jakin baterainoko benetako distantzia; oso handia soilik, edo benetan oso-oso handia bada ere. Azken finean, sakontasuna nabaritzeko perspektiba falta zaigun bitartean, zertarako behar dugu distantzia? Beraz, suposa dezakegu astro guztiak Lurretik distantzia berberera daudela; eta hori izango da, hain zuzen ere, zeruko esferaren oinarria.

4.2. ASTRO FINKOAK ETA HIGIKORRAK

Astro guztiak oso urrun dauden arren, irizpide erraz baten bidez bereiz ditzakegu: eguzki-sistemaren barruan daudenak, eta kanpokoak. Ikusiko dugunez, oso urrutikoak finkotzat har ditzakegu; hurbilekoak, ostera, higitzen direla onartu beharko dugu.

4.2.1. Eguzki-sistemakoak

Eguzki-sistemako astroak hauexek dira: *Eguzkia, Ilargia, planetak, sateliteak, kometak eta asteroideak*. Astro horiek higitu egiten direla gauza nabaria da antzinatik. *Planeta* izenak, adibidez, grezieraz ‘higikorra’ adierazi nahi du. Planetek Eguzkiaren inguruan osatzen dituzte *orbitak*; eta gauza bera sateliteek planeten inguruan. Orbitaren iraupen-tarteari *periodo* deritzo. Hilabete batetik bestera nabaritzen da barneko planetek beren orbitetan aurrera egin dutela. Kanpoko planeten higidura geldoagoa da, baina urte batetik bestera ere nabaritzen da. Horren arrazoia Kepler-en 3. legean datza (ikus 9. kapitulua).

Nolanahi ere, Astronomiaren ikuspuntutik gure bizitza laburra bada ere, nahikoa da eguzki-sistemako astroen higidura nabaritzeko. Horregatik diogu eguzki-sistemako astroak *higikorrak* direla, zeruko esferan zehar aurrera eta atzera higitzen ikus ditzakegulako.

4.2.2. Eguzki-sistemaz kanpokoak

Eguzki-sistemaz kanpo dauden astroak hauek dira: *izarrak* (batzuk anizkoitzak edota aldakorrak dira), *kumuluak* (irekiak edo globularrak), *nebulosak* (mota askotarikoak) eta *galaxiak* (eliptikoak, espiralak eta irregularrak).

Astro horiek guztiak oso distantzia handira daude kokatuta (argi-urte askotara); eta gure erreferentzia-sistemarekiko abiadura lineal oso altua dute

(km/s askokoa). Hala ere, proportzioan abiadura oso txikia suertatzen da distantziarekin alderatuta; itxurako abiadura angeluarra (abiaduraren osagai tangentziala zati distantzia) oso txikia da; horregatik guztiak zeruko esferan "geldi" daudela ematen du. Hau da, gure bizitzan astro horiek guztiak bere norabideetan finko mantentzen direla iruditzen zaigu. Eta horregatik diogu astro horiek *finkoak* direla, zeruko esferari itsatsita baleude bezala. Zeruko esferan berezko higidurarik handiena daukan izarra Barnard da (hurbilenetakoa izaki); eta mende bakar batean 16 arku-minutu baino ez da mugitzen!

4.3. ZERUKO ESFERAREN DEFINIZIOA

Aurreko atalak ikusita, prest gaude zeruko esferaren definizioa emateko.

Zeruko esfera da Lurrarekiko zentrokidea den esfera handia, zeinetara astro guztiak bertara proiektatzen diren.



Zeruko esferaren definizioa.

- *Lurrarekiko zentrokidea* hartzearen arrazoia hauxe da: Lurreko behatzaile guztientzat berdina izan dadin. Horrela, koordenatu-sistema berbera erabil baitezakegu mundu osoko astronomook. Hala ere, irizpide horrek desbideratzeak sorrarazten ditu, hurbileneko astroetan batez ere. Ilargiaren kasuan zuzenketa-kalkuluak egin behar dira, behatzailearen latitude eta longitudearen arabera.

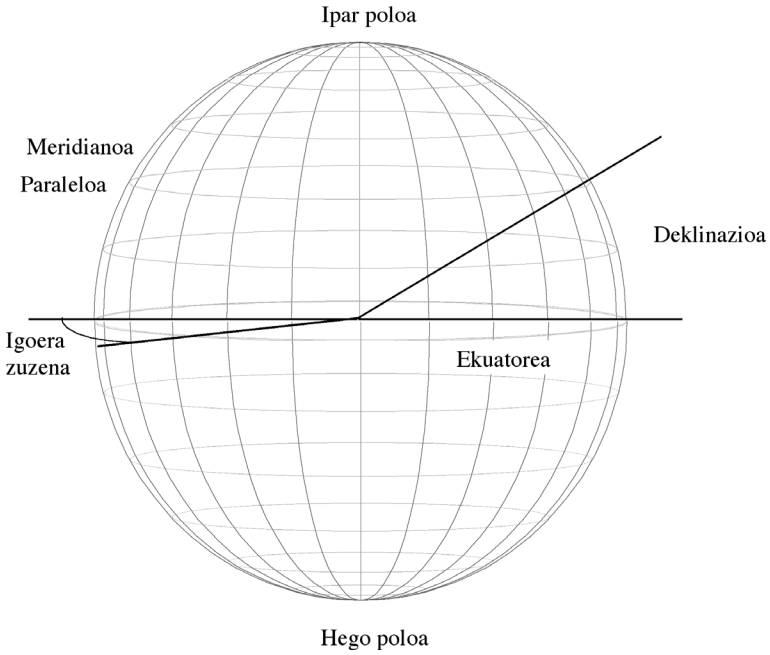
- *Esfera handia* diogunean, Lurraren erradioa baino askoz handiagoa esan nahi dugu. Beraz, Lurraren gainazaleko puntu guztietatik esferako puntu batera luzatutako izpiak paraleloak izango dira. Zeruko esferaren erradio zehatza zein den ez digu batere ardura. Izan daiteke Unitate Astronomiko bat, argi-urte bat, edo infinitu! Azken finean, zeruko esferan distantzia angeluarrak soilik neurtuko ditugu.
- *Astro guztiak proiektatzea* hauxe baino ez da: astro bakoitza eta Lurraren zentroa lotzen dituen zuzenak non mozten duen zeruko esfera, han egongo da astro horren proiekzioa.

4.4. KOORDENATU ZERUTARRAK

Beraz, astroak kokatzeko zeruko esfera erabiliko dugu. Eta, horretarako, bere baitan orientatzeko balio digun koordenatu-sistema definitu behar dugu lehendabizi.

4.4.1. Zeruko esferako elementu nagusiak

Gauzak errazteko, Lurreko esferako elementuak kanporantz luzatuko ditugu; eta zeruko esfera non mozten duten, han definituko ditugu dagozkien zeruko esferako elementuak:



Zeruko esferako elementu nagusiak.

- Lurreko errotazio-ardatza luzatuta, zeruko esferaren *ardatza* lortuko dugu. Bi ardatzok, beraz, zuzen berbera betetzen dute espazioan. Hurrengo kapituluan ikusiko dugunez, zeruko esferak ere itxuraz ardatz horren inguruan biratzen duela iruditzen zaigu, Lurraren errotazioaren eraginez.
- Ardatz horrek zeruko esfera moztean sortzen diren puntuei *zeruko poloak* deritze. Kasualitatez, Ipar polotik oso hurbil, izar distiratsu bat dago gaur egun: Polaris edo Iparrizarra izenekoa. Ostera, zeruko Hego poloa Oktante konstelazioan kokatuta dago; baina, bertan izar oso ahulak besterik ez daude.
- Lurreko ekuatore-planoa luzatzen badugu zeruko esfera moztu arte, zeruko esferaren ekuatorea lortuko dugu. Zirkulu hori esferako zirkulu maximoa da; eta ardatzarekiko perpendikularra, gainera.

Ardatzak eta ekuatorea definitu ondoren, koordenatu-sistema esferiko batean orientatzeko bi magnitude angeluar definitu behar ditugu; zeruko esferaren kasuan *deklinazioa* eta *igoera zuzena* izendatuko ditugu.

4.4.2. Deklinazioa

Lurraren esferan latitudeak betetzen duen funtzioa, zeruko esferan *deklinazioa*k beteko du. Beraz, zeruko ekuatoreko puntuen deklinazioa 0º da; Ipar poloarena +90º, eta Hego poloarena –90º.

4.4.3. Igoera zuzena

Kasu honetan, Lurreko esferan longitudeak betetzen duen funtzioa, zeruko esferan *igoera zuzena*k beteko du. Baina, horrek badu berezitasun nabarmena: angelua gradutan neurtu beharrean, *ordutan* neurtzen da! Zirkunferentzia osoari dagozkion 360º-ak erabili beharrean, *eguneko 24 orduak* erabiltzen dira igoera zuzena zatikatzeko. Horren praktikotasuna hurrengo kapituluan ikusiko dugu.

Igoera zuzenaren jatorria ere arbitrarioki aukeratu behar da, longitudearena bezalaxe. Kasu honetan, igoera zuzenaren 0 h-ko balioa, Eguzkiak udaberriko ekinozioan daukanari esleitzen zaio. Arku horretatik ekialderantz zenbatzen dira igoera zuzen positiboak: 0 h-tik 24 h-ra bitartean. Eguzkiari zuzendutako kapituluan argituko dugu hori guztia.

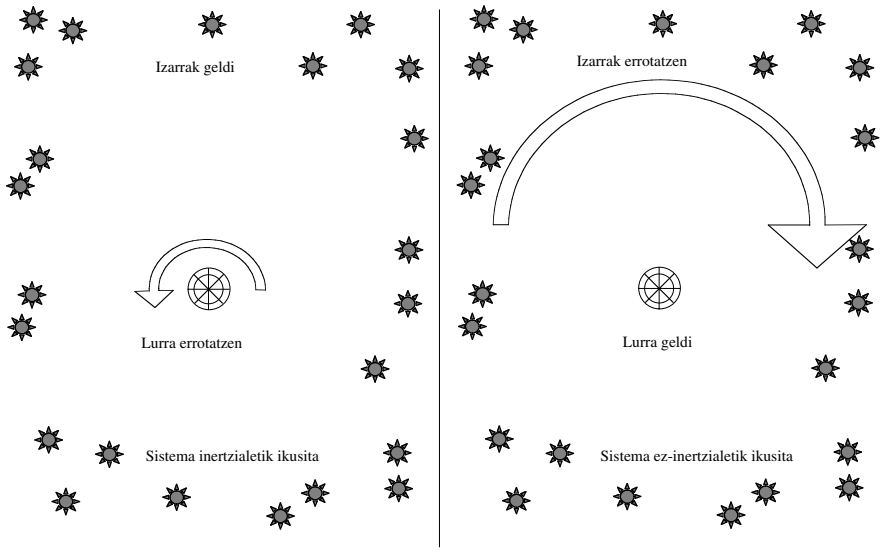
5. Zeruko esfera II

Aurreko kapituluan zeruko esfera zer den definitu ondoren, honako honetan Lurretik nola ikusten den aztertuko dugu. Lurraren errotazioak eta translazioak eragina izango dute arlo honetan, eta zer latitudetatik ikusten dugun ere bai. Banan-banan aztertuko ditugu.

5.1. LURRAREN ERROTAZIOAREN ERAGINA

Lurraren gainazalean bizitzen ohituta gaude betidanik, gauzarik naturalena balitz bezala. Ondorioz, Lurra gure azpian (eta gu berarekin batera) errotatzen ari dela ez dugu somatu ere egiten. Hala ere, Galileok zioen bezala, higitu, higitu egiten da. Eta horrek zeruko esfera ikusteko dugun modua erabat aldatzen du.

Izatez, zeruko esfera geldi dago, erreferentzia-sistema inertzial batetik ikusita, behintzat. Eta Lurrak errotatu egiten du, lehen aipatu bezala. Baina zer da guk nabaritzen duguna? Guri iruditzen zaigu gu geu geldi gaudela (geure erreferentzia-sistema *ez* inertzialari lotuta) eta, ostera, zeruko esferak biratu egiten duela, kontrako zentzuan gainera! Izan ere, higidura erlatiboko kontua baino ez da, beheko irudian adierazten den bezala.



Lurraren benetako errotazioa eta zeruko esferaren itxurazko errotazioa.

Beraz, gure inguruan zeruko esferak biratu egiten duela iruditzen zaigu, Lurraren errotazioaren eraginez. Itxurazko biraketa horren periodoa Lurraren errotazioaren berbera (23 h 56 m) izango da, jakina. Eta zein ardatzen inguruan biratzen du zeruko esferak? Bada, Lurraren errotazio-ardatzaren luzapenaren inguruan. Edo, azken finean, zeruko esferaren ardatzaren inguruan, horrela definitu baitugu aurreko kapituluan.

Behatzaile batek, orduan, zer ikusten du gau batez zerura begira dagoela? Ba Iparrizarra geldi dagoela ipar horizontearen gainean, eta beste astro guztiak bere inguruan biratzen direla, eguneko bira bat osatuz. Eta hori guztia Lurraren errotazioaren eraginez gertatzen da!

Zer esanik ez, astro bat horizonte azpian dagoenean (bere altuera negatiboa denean) ezin dugu ikusi, Lurrak berak estaltzen digulako. Baina aipatu dugun higidura dela eta, astro gehienek horizontea zeharkatzen dute, egunero bi aldiz: *ateratzean* (altuera positibo bihurtzen denean), eta *sartzean* (altuera negatibo bihurtzen denean). Bien artean, denboran simetrikoki kokatuta, *kulminazioa* gertatzen da, altuera maximoko puntua: aldiune horretan, astroaren azimuta 0º-koa da hegoalderantz kokatuta dagoenean, edo 180º-koa iparralderantz agertzen denean.

Aurreko kapituluko zalantza bat ebatzi behar dugu orain: zergatik neurtzen da igoera zuzena ordutan, eta ez gradutan? Bi eskalen arteko proportzioa Lurraren errotazioak berak ematen du: 360º = 24 ordu baldin bada, orduan 1º = 4 minutu izango da. Igoera zuzena ordutan neurtzea erosoagoa da, astro bakoitzari kulminatzeko falta zaion denbora adierazten duelako: imajinatu aldiune batean 6 h-ko igoera zuzeneko astroak kulminatzen ari direla; orduan, 2 ordu barru 8 h-ko igoera zuzeneko astroek kulminatuko dute. Erraza, ezta?

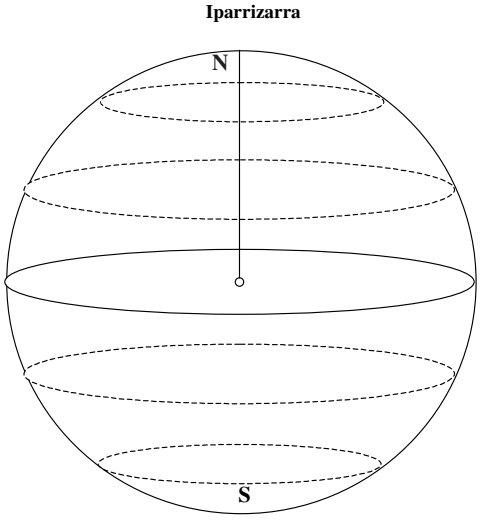
5.2. LATITUDE DESBERDINETATIK IKUSITA

Behatzailearen latitudeak ere eragina izango du zeruko esferaren itxurazko higiduran. Horren arrazoia hauxe da: zeruko ardatzaren orientazioa latitudearekin aldatzea. Hain zuzen ere, Ipar poloak horizonte gainean duen altuera, behatzailearen latitudearen berdina da (ikus 3.5.1. puntua). Latitude konkretu batzuetatik ikusitakoa aztertuko dugu:

5.2.1. Ipar polotik

Kasu berezi honetan, Ipar poloa zenitean izango dugu, eta zeruko ekuatorea horizontean. Zeruko Ipar hemisferioko astroak horizonte gainean egongo dira, beti ikusgai; Hego hemisferiokoak, ostera, beti azpian, ikusezinak.

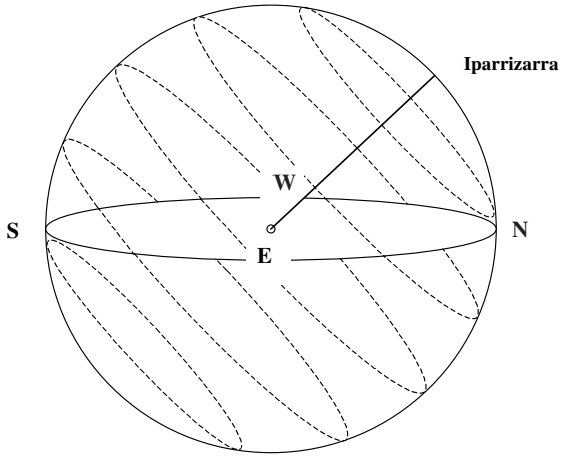
Egunean zehar, astro bakoitzaren ibilbidea horizontala izango da, hau da, bere altuera konstante mantenduko da. Horregatik, astro finkoak ez dira inoiz aterako edota sartuko.



Zeruko esfera Ipar polotik ikusita.

5.2.2. Latitude ertainetatik

Ipar hemisferioko latitude ertaina aukeratzen badugu behatokitzat, ondokoa ikus dezakegu: iparraldean, Ipar poloa, bere altuera latitudearen araberakoa da. Zeruko ekuatorea ekialdetik mendebaldera hedatzen da, hegoaldean kulminatzen duela.

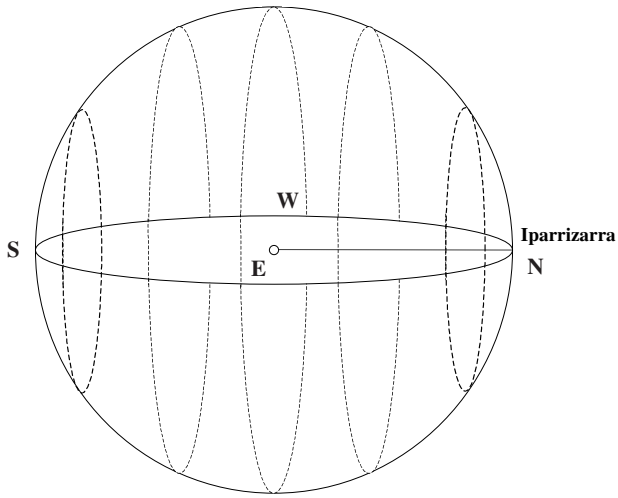


Zeruko esfera latitude ertainetik ikusita.

Ipar hemisferioko astroek zeruko zatirik handiena betetzen dute, eta 12 orduz baino gehiago egongo dira horizonte gainetik. Hegoaldeko astroei, berriz, zati txikia geratzen zaie, eta denbora laburra ere. Fenomeno hau nabarmenagoa da poloetatik hurbil.

5.2.3. Ekuatoretik

Kasu berezi honetan, zeruko poloak ipar eta hego horizonteetan bertan egongo dira. Eta zeruko ekuatoreak bete-betean zeharkatzen du buru gaineko kupula, ekialdetik hasita, zenita zeharkatuz eta mendebaldean amaituta.

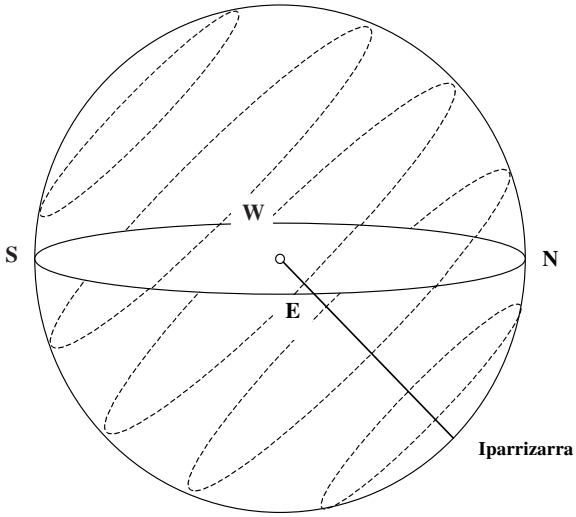


Zeruko esfera ekuatoretik ikusita.

Alde batetik, kontuan hartzekoa da zeruko esferako astro guztiak 12 orduz egongo direla horizonte gainean, eta beste horrenbeste azpian. Bestetik, nabari bedi zeruko esferako deklinazio guztiak direla ikusgai. Beraz, 12 ordu itxaronez gero, zeruko esfera oso-osorik ikusteko aukera dago ekuatorean!

5.2.4. Hego hemisferiotik

Hego hemisferiotik zeruko esferaren beste erdia ikusten da, jakina. Iparrizarra ezin daiteke ikusi, baina horren truke Hegoko Gurutzea eta Magallanesen hodeiak ikus daitezke.



Zeruko esfera Hego hemisferiotik ikusita.

Berezitasun bitxi bat ere agertzen da: zeruak kontrako zentzuan biratzen duela, alegia. Ipar hemisferioan astroek Iparrizarraren inguruan erlojuaren orratzen kontrako noranzkoan biratzen dute. Hego hemisferioan, berriz, Oktante konstelazioaren inguruan, eta orratzen noranzko berberean.

5.3. ASTRO ZIRKUNPOLARRAK ETA IKUSEZINAK

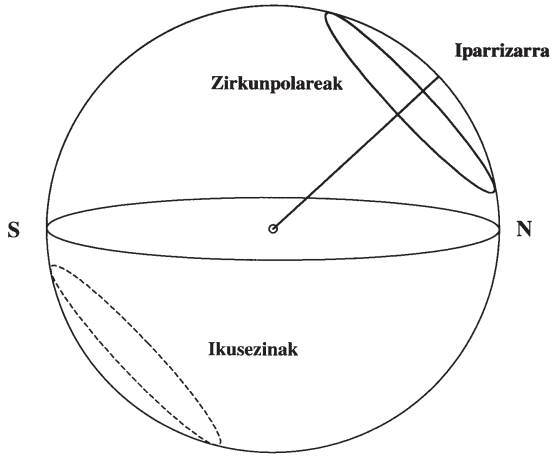
Behatzailearen latitudearen arabera, badira zeruko esferako eremuak beti horizonte gainean edo azpian geratzen direnak. Horiek ikusiko ditugu atal honetan. Ipar hemisferioko behatzaileentzat azalduko dugu gaia, baina hegoaldekoentzat oso antzekoa izango litzateke.

Liburu amaierako bi eranskinetan *horizonte gaineko denborak* eta *sartze- eta irtetze-azimutak* tabulatzen dira. Bertan, kasu batzuetan astroak zirkunpolarrak edota ikusezinak izango dira, orain azalduko dugunaren arabera.

5.3.1. Zirkunpolarrak

Beti horizonte gainean dauden astroak *zirkunpolar* deitzen dira, poloaren inguruan egiten duten zirkunferentzia osoa ikusgai delako.

λ latitudetik ikusita, astro batek zirkunpolarra izateko bete beharreko baldintza hauxe da: bere deklinazioa 90º - λ baino handiagoa izatea. Horrela, azpiko kulminazioan ipar horizontearen gainetik pasatuko da. Beraz, zenbat eta poloetatik hurbilago egon, hainbat eta astro zirkunpolar gehiago ikusteko aukera dago.



Astro zirkunpolarrak eta ikusezinak.

5.3.2. Ikusezinak

Baina poloetatik hurbil egoteak badu bere alde txarra: kontrako polotik hurbil dauden astroak ikusezin bihurtzea, alegia.

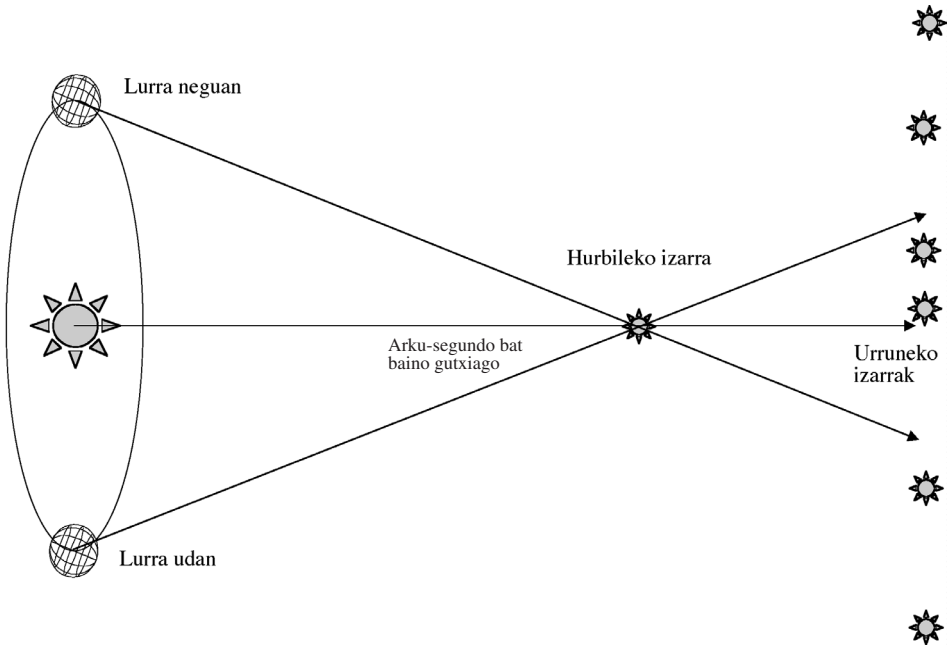
Hain zuzen ere, λ latitudetik behatuta, λ - 90º deklinazioa baino txikiagoko astroak ezin dira ikusi, gaineko kulminazioan ere hego horizontearen azpitik pasatzen direlako.

5.4. LURRAREN TRANSLAZIOAREN ERAGINA

Lurraren translazioak ere badu eragina zeruko esfera ikusteko orduan, eta bi arrazoirengatik gainera. Efektuak oso nabariak ez badira ere, atal honetan ikusiko ditugu.

5.4.1. Paralaxia

Lurraren orbitaren erradioa 149,6 milioi kilometrokoa da gutxi gorabehera. Urte erdia pasatu ondoren, Lurra orbitaren kontrako puntuan kokatuta egongo da. Ez oso urrun dagoen astro bati begiratzen badiogu sei hilabeteko aldeaz, astro horretarako norabidea piska batean aldatuko dela nabari dezakegu.



Paralaxiaren azalpena.

Ikusten denez, Lurretik zenbat eta hurbilago egon, hainbat eta gehiago nabaritzen da efektua. Hala ere, eguzki-sistemaz kanpoko astro finkoei aplikatzen zaien kontzeptua da. Batez ere, hurbileneko izarretarainoko distantziak kalkulatzeko erabiltzen da.

Paralaxia erabilita, izar arteko distantzia-unitate berria definitu dezakegu: *parsec*a. Definizioz, parsec bateko distantziara dagoen astroaren paralaxiak arku-segundo batekoa izan behar du. Trigonometria erabilita, eta angelu txikietarako hurbilketa eginda, erraz kalkula dezakegu bere balioa:

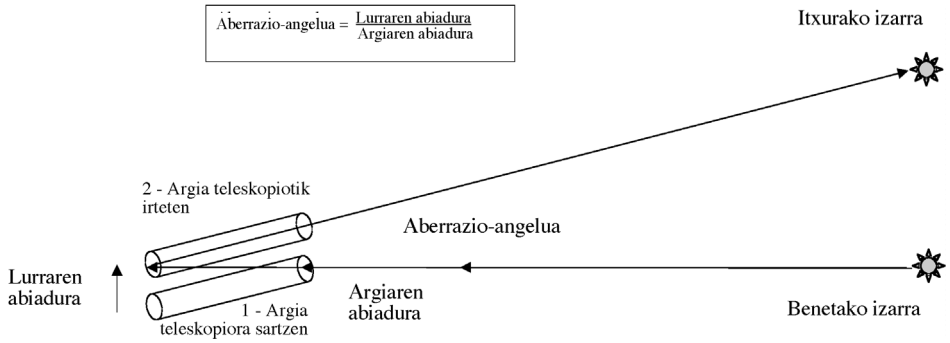
$$1'' = \frac{1^\circ}{3600} = 0,00027777^\circ \frac{2\pi}{360^\circ} = 4,8481 \cdot 10^{-6}\,\text{rad}$$

$$1\ \text{parsec} = \frac{149,6 \cdot 10^6\,\text{km}}{4,8481 \cdot 10^6\,\text{rad}} = 3,0857 \cdot 10^{13}\,\text{km}\,\frac{1\ \text{argi-urte}}{9,46 \cdot 10^{12}\,\text{km}} = 3,26\ \text{argi-urte}$$

5.4.2. Argiaren aberrazioa

Kasu honetan, Lurraren posizioak ez baina abiadurak sortzen du fenomeno bitxi hau. Lurraren abiadura bere orbitan gutxi gorabehera 30 km/s-koa da, argiarenarekin konparatuta nahiko txikia. Hala ere, abiaduren konposizioa egitean, urruneko astro batetik datorren argi izpia beste norabide batetik datorrela ematen

du. Desbideratzea txikia da, betiere arku-minutu baten azpikoa. Euripean ibiltzen garenean ur tantak gugana datozela ematen duelako fenomeno berbera izango litzateke, baina askoz abiadura altuagoan!



Argiaren aberrazioa.

6. Konstelazioak

6.1. LURREKO ETA ZERUKO ESFERAK EREMUTAN BANATZEA

Lurraren gainazaleko puntu bat zehazki kokatzeko latitudea eta longitudea erabil ditzakegu. Magnitude horiek zehatzak, laburrak eta errazak dira erabiltzen. Hala ere, zehaztasun handirik behar ez dugunean, gehienetan ez ditugu horiek erabiltzen. Nahiago izaten dugu lurreko esfera tamaina desberdineko *eremutan* banatzea (ozeanoak, itsasoak, kontinenteak, estatuak, herrialdeak, etab.). Horiek erabilita errazagoa omen zaigu orientatzea, nahiz eta gehienetan luzeagoak izan eta zehaztasun gutxiagokoak.

Aurreko kapituluetan zeruko esferari buruz aritu gara orokorrean, bere koordenatuez eta bere ezaugarriez. Datozen kapituluetan geure intereseko astroak hantxe kokatuko ditugu, dagozkien igoera zuzena eta deklinazioa erabilita. Baina hobeto orientatzeko, zeruko esfera ere zenbait eremutan banatuko dugu, Lurreko esferan egin dugun bezala, alegia. Eta hau da, hain zuzen ere, konstelazioen jatorria eta baliagarritasuna: *konstelazioak zeruko esferako eremuak dira*, gizakiak hobeto orientatzeko *asmatu* dituenak.

6.2. KONSTELAZIOAK ETA ASTERISMOAK

Lehenik eta behin, bi termino hauen arteko diferentzia argitu beharra dago, askotan nahasten baitira bata bestearekin.

- *Asterismoa* zeruko esferaren inguru bateko izarrek osatzen duten *itxurazko irudia* da. Batzuetan, *kasualitatez*, izarrek erraz ezagutzeko moduko irudia osatzen dute. Adibidez, Eskorpio, Orion edo Pleiadeak. Eta gizakiok berehala jartzen diogu izena. Beste batzuetan, ordea, imajinazio handia eduki behar izaten da izar-eremu batean forma zehatz bat errekonozitzeko.
- *Konstelazioa*, ordea, zeruko esferaren *eremua* da. Konstelazio askoren barruan asterismo nabari bat egoten da, hain zuzen ere konstelazioari izena ematen diona. Baina konstelazio batzuetan asterismo bat baino gehiago egon daitezke (adibidez, Pleiadeak Tauro konstelazioaren barruan daude). Azken finean, imajinazio kontua baino ez da eta! Beste batzuetan, asterismo

bat konstelazio batzuen artean banatzen da (Pegasoko laukia, adibidez, Andro-meda eta Pegaso konstelazioen artean dago).

Antzina ez zegoen bi termino hauen artean bereizi beharrik; konstelazio deitzen zitzaien besterik gabe. Baina Astronomia garatu zen neurrian, eta zeruko esferako posizioak zehazki finkatzeko beharra etorri zenean, argi geratu zen konstelazioen mugak ere zehazki definitu behar zirela. Nazioarteko Elkarte Astronomikoak 1920ko hamarkadan burutu zuen lan hori, eta ordutik hona zeruko esfera 88 konstelazio "ofizialetan" dago banatuta. Konstelazio horien zerrenda C eranskinean eskaintzen da.

6.3. KONSTELAZIOAK KULTUREN BEGIETAN

Lurreko zibilizazio guztiek begiratu dute gora gau izartsu baten azpian, eta baita txundituta geratu ere! Zibilizazio bakoitzak, bere latitudetik ikusten zuenaren arabera, konstelazio propioak sortu ditu edo beste zibilizazio batenak heredatu. Konstelazioen inguruan, gainera, hainbat mitologia eta jakinduria garatu izan da. Batzuk orientatzeko eta egutegia finkatzeko egokiak izan dira; beste asko, ipuin eta istorio harrigarrien oinarri bihurtu dira.

Asterismo batzuk oso nabariak dira begi bistarentzat: Pleiadeak, Hartz Handia, etab. Eta ez da harritzekoa kultura askok ezagutu izana. Hala ere, bakoitzak bere interpretazioa eman dio ikusitakoari. Adibidez, greziarrek Hartz Handiaren buztana ikusten zuten lekuan, ingelesek goldea ikusten zuten, arabiarrek goilara eta txinatarrek zeruko enperadorearen zalgurdia!

Konstelazioen erregistrorik zaharrenak Babilonian aurkitu dira. Txinatarrek 250 konstelaziotik gora izendatu zituzten aitzina. Hego Afrikako boskimanoen ustetan, Esne Bidea izar guztiei zeruan eusten dien bizkarrezurra da (eta egia da, nolabait!)

Hiparco astronomoak 48 konstelazioz osatutako bilduma egin zuen orain dela 2000 urte *Almagesto* liburuan. Bertan greziar kultura klasikoan erabiltzen ziren konstelazioak azaldu zituen, gerora Europa eta mundu osora hedatuko zirenak.

Europako astronomoek ez zuten XVI. mendera arte Hego hemisferioko zerua osorik ikusteko aukerarik izan. Hegoaldera bidaiatutako hiru astronomok (Bayer, Hevelius eta Lacaille-k) hamabina konstelazio asmatu zituzten hutsune hori betetzeko, beraiek erabiltzen zituzten garaiko tresnen izenak jarrita (sestantea, iparrorratza, etab).

Azkenik, ohar bedi irakurlea ondokoaz: konstelazioek beti garaian garaiko gizakien mitoak eta ardurak islatu dituztela. Gaur egunean konstelazio berriak asmatu beharko bagenitu, ziur kotxea, telebista edota mikrouhin-labea edukiko genituzkeela!

6.4. KONSTELAZIOEN ARBITRARIOTASUNARI BURUZ

Aurrean azaldutakoarekin, argi geratu behar da zeruko esfera eremutan banatzea gizakiak egin duen asmakuntza izan dela. Are gehiago, kultura desberdinek banaketa desberdinak egin dituztela ikusita, argi dago banaketa guztiz arbitrarioak izan direla. Kulturalki balio handia eduki dezakete, baina fisikoki bat ere ez.

Gainera, zeruko esferari buruzko kapituluetan ikusi bezala, izarrak distantzia desberdinera daude Lurretik ikusita. Eta asterismo bateko izar batzuk gugandik nahiko hurbil egon daitezkeen bitartean, beste batzuk gugandik askoz urrunago egongo dira, nahiz eta norabide ia paraleloan egon. Beraz, argi geratu behar da asterismoen itxurak Lurrarekiko posizio erlatiboarekin zerikusia daukala. Ikuspuntua aldatuko bagenu, urruneko izar batetik begiratuta, adibidez, konstelazioak guztiz desberdinak izango lirateke. Eta bestetik, izarrak higitu egiten dira! Milaka urte pasatu ondoren nabari da inguruko izarren mugimendu angeluarra zeruko esferan. Piskanaka, asterismoen itxura aldatuz doa...

Beraz, arrazoi hauengatik guztiengatik, astro bat konstelazio batean edo beste batean egoteak ez dauka inolako esanahi fisiko berezirik. Hala ere, astrologoek aparteko esanahia ematen ohi diote ideia horri, inolako euskarririk gabe bada ere. Argudio hau astrologia arbuiatzeko baliagarria da, beste askoren artean, jakina.

7. Ekliptika

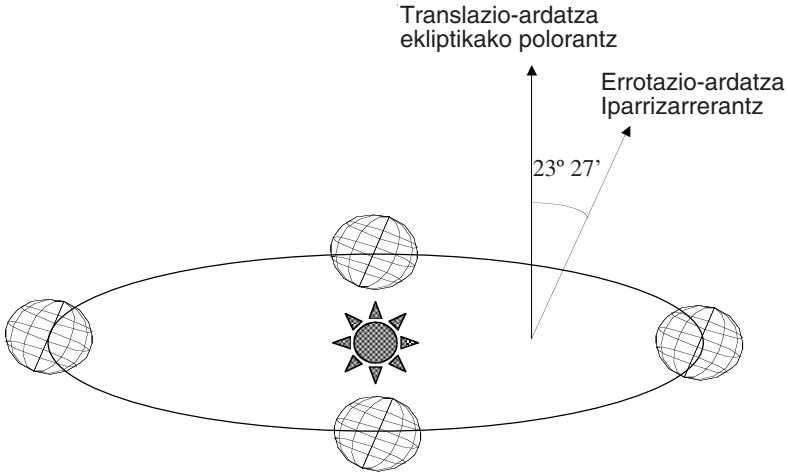
Orain arteko kapituluetan zeruko esferari buruz aritu gara oro har. Hemendik aurrerakoetan eguzki-sistemako astroei buruz arituko gara. Eta ekliptikari dedikaturiko kapitulu honek bi taldeen arteko lotura egingo du.

7.1. EGUZKI-SISTEMAREN PLANO NAGUSIA

Zer da, beraz, ekliptika? *Lurraren orbitaren planoa* da ekliptika. Zergatik deitzen da ekliptika? Bada, bertan gertatzen direlako eklipseak, geroago ikusiko dugunez. Plano berezia da ekliptika eguzki-sisteman? Bai, erabat. Beste planeten orbitak ere antzeko planoetan kokatzen dira eta (5º gorabehera). Horren arrazoia hauxe da: planeta guztiak biratzen ari zen disko batetik sortuak izan zirela.

7.2. LURRAREN ARDATZEN ORIENTAZIOA

Lurraren errotazioa jadanik ikusi dugu, eta orain translazioa aztertzen hasiko gara. Hasieratik argi geratu behar den kontzeptu garrantzitsu bat hauxe da: mugimendu bakoitzak bere ardatz propioa daukala, eta espazioan finko mantentzen dela, epe oso luzean ez bada behintzat.

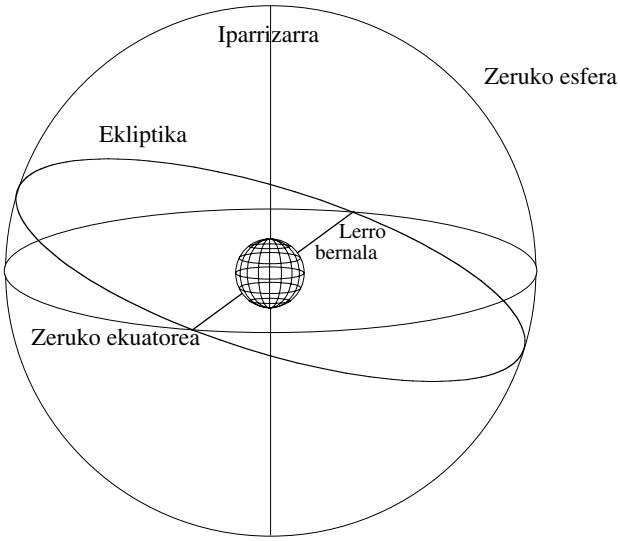


Lurraren ardatzen orientazioa.

Eta bi ardatzek, noski, ez dute zertan bat egin. Izan ere, bi ardatzen arteko angelua 23º27' ingurukoa da. Errotazio-ardatza Iparrizarrera zuzenduta dagoen moduan, translazio-ardatzak Draco (Herensugea) konstelaziora apuntatzen du.

7.3. EKLIPTIKAREN ORIENTAZIOA ZERUKO ESFERAN

Zein norabidetan ikusiko ditugu eguzki-sistemako beste astroak? Zeruko esferara proiektatzen ditugunean, guztiak gutxi gorabehera lerrokatuta agertzen direla ikusiko dugu. Izan ere, ekliptikaren planoa luzatzen badugu zeruko esfera moztu arte, zirkulu maximoa lortzen baitugu.



Ekliptika zeruko esferan.

Zirkulu maximo hori zeruko esferaren ekuatorearekiko okertuta dago, angelua 23º27'-koa delarik. Eta zirkulu maximo horri *zodiakoa* deitzen zaio.

7.4. ZODIAKOKO IKURRAK ETA KONSTELAZIOAK

Zodiakoa zeruko esferan nondik nora hedatzen den ezagutzea oso garrantzitsua da, eguzki-sistemako astroak identifikatu nahi izanez gero. Eta horregatik kultura desberdinek konstelazio desberdinak asmatu dituzte beren barruan. Adibidez, antzinako babiloniarrek zodiakoa 12 zatitan banatu zuten, Eguzkiaren higidurari hobeto jarraitzeko asmoz. Eta hortik heredatu dugu guk 12 hilabetez osatutako urtea!

Askotan zodiakoko ikurren eta konstelazioen arteko nahasmena sortzen da. Izatez, garai batean gauza bera ziren, baina arrazoi desberdinengatik orain bereizi egin behar dira:

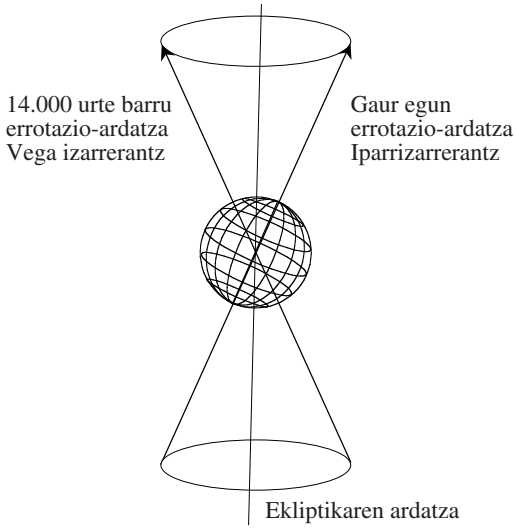
- *Zodiakoko ikurrak* 12 dira, eta beraien latinezko izen ofizialak hauexek: *Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Sagittarius, Capricornus, Aquarius* eta *Pisces*. Eguzkiak hilero hauetako bat zeharkatzen du. Aries ikurrean udaberriko ekinozioan sartzen da (martxoaren 21ean), Tauro-n hilabete beranduago, eta horrela guztiak ordenan zeharkatu arte. Ikurrak astrologoek erabiltzen dituzte gehienbat.
- *Zodiakoko konstelazioak* aurreko kapituluan aipatu ditugun konstelazioen azpimultzo bat baino ez dira. Euren bitxitasuna zodiakoak zeharkatzen dituela baino ez da. Tamaina desberdinak dauzkatenez gero, eguzkiak denbora-tarte desberdinak betetzen ditu bakoitzean. Eguzkiaren argitasun itzela dela eta, atzeko konstelazioa ikusezin bihurtzen du garai batez. Izatez 13 konstelazio dira, aipatutako 12 ikurrak gehi *Ophiuchus* (Scorpius eta Sagittarius artekoa, udako solstizioa baino lehenago zeharkatzen duena).

Zodiakoko ikurren eta konstelazioen artean 30º inguruko desfasea dago. Hau da, Eguzkia udaberriko ekinozioan Aries ikurrean sartzen den unean, aldi berean Pisces konstelazioan sartu berri da, eta *ia hilabete gehiago* beharko du Aries konstelaziora sartzeko! Horren arrazoia hurrengo atalean ikusiko dugu.

7.5. PREZESIOA ETA NUTAZIOA

7.5.1. Prezesioa

Ikusi dugun bezala, errotazioaren eraginez Lurra ez da guztiz esferikoa, ekuatore inguruan masa gehiago pilatuta daukalako. Ilargiak eta Eguzkiak ekliptikaren planoan biraka ari direla batezbesteko pare bat sortzen dute masa horren gainean. Horren ondorioz, *Lurraren errotazio-ardatzak translazio-ardatzaren inguruan biratzen du*. Fenomeno horri *prezesioa* deritzo, eta Newton-ek azaldu zuen lehendabizi. Bertikalarekiko okertuta dagoen ziba batek egiten duen higidura da, azken finean.



Lurraren errotazio-ardatzaren eboluzioa.

Higidura horren periodoa oso luzea da, 25.800 urte ingurukoa. Baina hala ere, zodiakoa sortu zenetik hona, biratu duen angelua erraz nabari daiteke. Higidura horren ondorioz, ekliptikako konstelazioak pixkanaka desfasatzen ari dira ikurrekiko. Gainera, bakoitzaren deklinazioa eta urtaroekin daukan harremana aldatuz doaz pixkanaka.

Izan ere, puntu honetan urte mota hauek bereizi behar ditugu:

- *Urte tropikoa.* Urtaroen zikloa errepikatzeko beharrezkoa den denbora (udaberriko ekinozio bat gertatzen denetik hurrengora, adibidez). Bere iraupena 365,2422 egunekoa da.

- *Urte sidereoa.* Lurrak Eguzkiaren inguruan bira egiteko behar duen denbora (hau da, konstelazio baten aurretik pasatzen denetik berriz pasatu arte). 365,256 egun irauten du.

Astrologoek prezesioa kontuan hartzen ez dutenez gero, beraien ikurrak urte tropikoari lotuta daude. Astronomoek, ostera, prezesioa kontuan hartzen dugu, eta ondorioz konstelazioak urte sidereoari lotuta daude (hitzarmenez).

Prezesioaren beste ondorio bat hauxe da: zeruko Ipar poloa ekliptikako Ipar poloaren inguruan biraka ari dela. Gure garaian Ipar poloa Hartz Txikia konstelazioko Polaris izarretik nahiko hurbil dagoen arren, 13.000 urte barru Lira konstelazioko Vega izarraren ingurutik pasatuko da, eta bera izango da garai horretako Iparrizarra.

7.5.2. Nutazioa

Prezesioaren gainean *nutazioa* deitutako efektua gainezartzen da. Ilargiaren orbita konplexuaren eraginez, Lurraren ardatzaren eta ekliptikaren ardatzaren arteko angelua ez da konstante mantentzen. Angelu hori 23º27' balioaren inguruan arkuminutu batzuk gorabehera alda daiteke. Eta aldaketa hori txikia bada ere, Lurraren kliman garrantzi handia eduki dezake, urtaroen intentsitatean eragiten baitu zuzenean.

7.6. ASTROLOGIAZ

Zeru izartsuari begira gaudela, askotan pentsamendu ikaragarri batek asaldatzen gaitu: Unibertsoa hain da handia! Eta antzina, hain zen ezezaguna eta beldurgarria! Kometak mota guztietako hondamendien iragarletzat hartu dituzte mende luzez... eta zentzu batean normala da: ulertzen ez duen guztiari gizakiak mota bateko edo besteko azalpena eman nahi izan dio betidanik.

Antzina, zeruko astroen higidura perfekzioaren ikurtzat hartzen zuten, eta gizakia astroekin mistikoki lotuta zegoela uste zuten. Astrologiak aldarrikatzen duenaren arabera, gizaki bat jaiotzen denean planeten posizio erlatiboek finkatzen dituzte bere nortasunaren ezaugarriak bizi osorako. Astrologiaren arauak nahiko arbitrarioak eta nahasgarriak dira, eta kontraesan ugariz beteta daude. Ez ditugu liburu honetan aipatuko.

Gaur egun astrologian sinestea ez da batere zentzuzkoa: zeruko mekanikaren arauak guztiz finkatuta daude. Astroen ibilbideak zehaztasun oso handiz kalkula ditzakegu, eta ez dago mistizismoarentzako lekurik. Astro gehienek gugan daukaten eragina oso txikia da. Eguzkia salbu, noski, bere beroari eta argiari esker bizi gara eta! Ilargiak ere badu bere eragina, bai itsasaldiak sortzeagatik, bai Lurraren ardatzaren oszilazioak indargetzeagatik. Baina beste planetek gugan daukaten eragina oso murritza da, eta ez da inondik inora astrologiak aurresaten duena.

Metodo zientifikoak lehendabizi errealitatea behatu egiten du, gero hipotesiak eta ereduak proposatu, eta azkenik teoriak aurresandakoa esperimentuen emaitzekin kontrastatu. Eredua egokia bada, onartu egiten dugu; desegokia bada, baztertu, eta bilatzen jarraitu. Horrela garatu da Astronomia mende askotan, eta astrologia baino askoz urrunago heldu da, bai horixe!

8. Ilargia

8.1. ILARGIAREN MUGIMENDUA ZERUKO ESFERAN

Ilargia Lurraren inguruan biratzen denez, pentsa liteke Lurretik ikusita bere higidura zehaztea gauza erraza izango litzatekeela. Lehenengo hurbilketan, Ilargiaren orbitak Kepler-en legeak betetzen dituela suposa dezakegu (ikus planetei zuzendutako kapitulua). Are gehiago, orbitaren eszentrikotasuna txikia denez gero, zirkularra dela ere ontzat har dezakegu kalkulurik sinpleenetan, eta beraz abiadura konstantez ibiltzen dela. Baina, hurrengo atalean ikusiko dugun bezala, bere orbitak badu zailtasun handiagorik.

8.2. ILARGIAREN ORBITA KONPLEXUA

Ilargiaren higidura zehatza kalkulatzea ez da batere erraza, aldi berean bi astrok eragiten diotelako grabitatorioki: oso hurbil daukan Lurrak, batetik, eta oso masa handia daukan Eguzkiak, bestetik. Beraz, hiru masen arazoaren kasu partikular baten aurrean gaude.

Hala ere, normalean modu honetara egiten dira Ilargiaren orbitari buruzko kalkuluak: Lurraren inguruko orbita hartzen da oinarritzat, eta horren gainean Eguzkiaren eraginak sortzen dizkion perturbazioak gehitzen dira. Perturbazio horiek mota desberdinetakoak izaten dira, eta garrantzitsuenak ondoko bi hauek dira:

- *Perigeo-lerroaren aurreratzea.* Perigeoa da Lurretik hurbilen dagoen Ilargiaren orbitako puntua; apogeoa, berriz, Lurretik urrunen dagoen puntua. Eguzkiaren eraginez, Ilargiaren orbitaren perigeo-lerroa ez dago beti longitude ekliptiko berean kokatuta. Bada, abiadura konstantez biratzen da, oso astiro bada ere, eta aurreraka, hau da, orbita ibiltzen duen noranzko berean.

- *Nodo-lerroaren atzeratzea.* Nodo-lerroa da Ilargiaren orbitaren eta ekliptikaren planoaren arteko ebakidura-lerroa. Hau ere, eta Eguzkiaren eraginez, ez dago beti longitude ekliptiko berean. Bada, abiadura konstantez biratzen da, oso astiro bada ere, baina atzeraka, hau da, orbita ibiltzen duen aurkako noranzkoan.

8.2.1. Hil sidereoa

Hauxe da Ilargiaren orbitaren jatorrizko periodoa, hau da, Lurraren inguruan bira oso bat ematen behar duen denbora. Bere iraupena 27 egun, 7 ordu eta 43 minutukoa da. Beste modu batera ikusita, Ilargia izar baten aurretik pasatzen denetik berriro ere izar horren aurretik pasatu arte igaro behar den denbora da.

8.2.2. Hil sinodikoa

Hauxe da Ilargiaren periodorik ezagunena, ilberritik ilberrira doana, hain zuzen ere. Edo, beste modu batera esanda, Eguzkitik hurbil pasatzen denetik berriro ere Eguzkitik hurbil pasatzen den arte igaro behar den denbora. 29 egun, 12 ordu eta 44 minutuko iraupena dauka. Hil sinodikoarekin guztiz lotuta agertzen da Ilargiaren itxura, bere faseak eguzki-argiz argituta daudelako, jakina. Ikus hurrengo atala itsasaldien inguruko informazio gehiago behar baduzu.

Hil sidereoaren eta sinodikoaren arteko aldea Lurraren translazioak ematen du. Izan ere, hil batean Lurrak 30 gradu inguru ibiltzen ditu Eguzkiaren inguruan; beraz, hil sidereoa burutzeko behar izan dituen 27 egunez aparte, beste bi egun gehiago ibili beharko ditu Ilargiak 30 gradu horiek berreskuratzeko.

8.2.3. Hil drakonikoa

Hauxe da Ilargiaren nodo-lerroarekiko periodoa, hau da, nodo gorakorra zeharkatzen duen aldiunetik hurrengoz nodo gorakorra zeharkatzen duen arte igaro behar den denbora. Bere iraupena 27 egun, 5 ordu eta 6 minutukoa da. Hil sidereoarekiko daukan iraupenaren diferentzia, nodo-lerroaren atzeratze-abiadurarekiko proportzionala da.

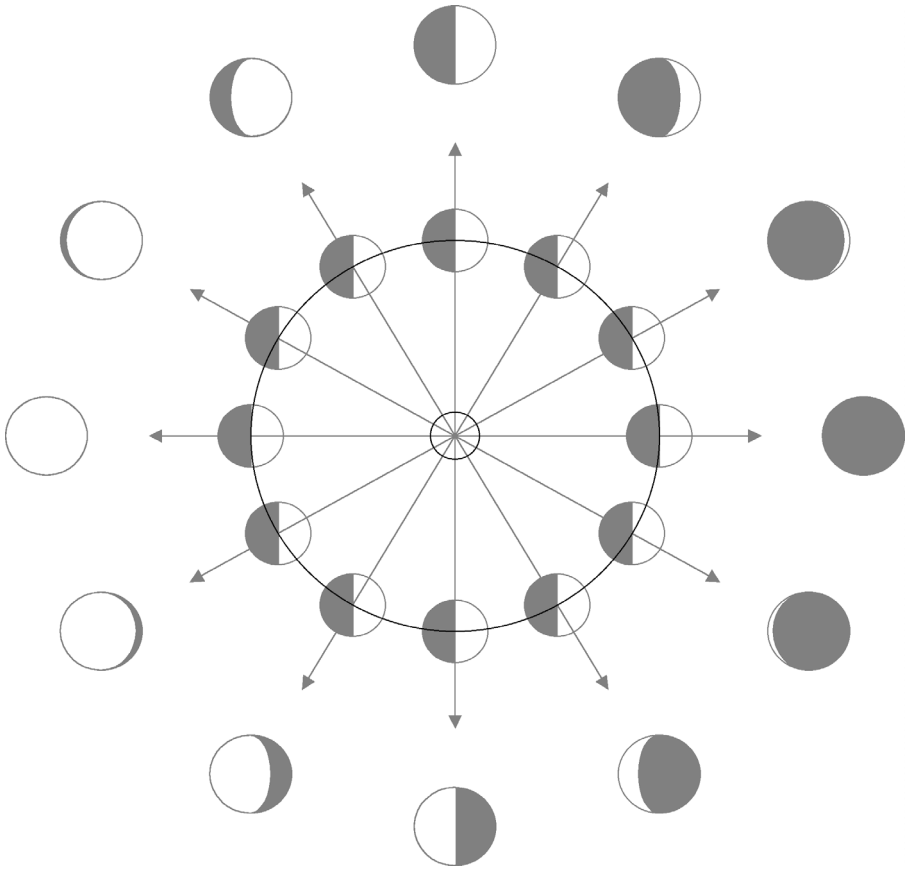
8.2.4. Hil anomalistikoa

Hauxe da Ilargiaren perigeo-lerroarekiko periodoa, hau da, perigeotik pasatzen den aldiunetik hurrengoz perigeotik pasatu arte igaro behar den denbora. Bere iraupena 27 egun, 13 ordu eta 18 minutukoa da. Hil sidereoarekiko daukan iraupenaren diferentzia, perigeoaren aurreratze-abiadurarekiko proportzionala da.

8.3. ILARGI FASEAK

Lehen ikusi dugun bezala, Ilargia hilean behin biratzen da Lurraren inguruan. Baina, berezko argirik ez du igortzen; beraz, eguzki izpiak islatzen dituelako ikusten dugu zeruan. Ondorioz, Ilargiaren itxura eta distira, Eguzkiarekiko kokatzen den posizio erlatiboaren arabera aldatzen dira. Astroen orbitak zirkularrak direla suposatuta, posizio erlatiboak periodikoki errepikatzen direla aurkituko dugu; eta ziklo horren periodoa 29 egun eta erdikoa dela, gutxi gorabehera. Egutegietan erabiltzen ditugun hilabeteak periodo horrekin erabat loturik daude.

Irudian, Lurretik ikusita Ilargiaren posizio erlatiboak erakusten dira Eguzkiarekiko, eta horrekin batera kasu bakoitzean ikus daitekeen Ilargiaren fasea. Lurra irudiaren erdian dago, eta eguzki-izpiak eskumatik datozela suposatu behar da:



Ilargi faseen azalpena.

8.3.1. Ilberri

Ilargiaren zikloa ilberrian hasten da, Eguzkiaren aurretik pasatzen denean. Momentu horretan bertan, eta aurreko eta hurrengo egunean ere, ezin dugu Ilargia ikusi, ondoko bi arrazoi hauengatik: alde batetik, Eguzkiaren distira ikaragarriak guztiz itsutzen gaituelako, eta bere inguruko zerua argitzen duelako; bestetik, Ilargiak bere aurpegi iluna aurkezten digu, eguzki-argirik jasotzen ez duena, eta beraz ez du Lurrerantz argirik bidaltzen. Aldiune hauetan gertatzen dira eguzki-eklipseak.

8.3.2. Ilgora

Ilberritik astebetera, Ilargia ekialdeko koadraturan agertzen da, hau da, Eguzkitik 90° ekialderantz. Beraz, Eguzkia sartzen den garaian Ilargia kulminatzen ari da, eta gauerdian sartuko da horizonte azpian. Gauaren lehenengo erdian bakarrik izango da ikusgai, beraz. Eguzkirantz orientatutako aurpegi-erdia argiztatuta izango du, beraz, Ipar hemisferiotik ikusita D baten itxura izango du.

8.3.3. Ilbete

Ilgoratik beste astebete beranduago, Ilargiak bere goreneko itxura hartzen du: Eguzkiaren aurkako norabidean kokatzen da, oposizioan alegia, eta gau osoan ikus dezakegu zeruan. Aldi berean, bere diskoa guztiz argituta agertzen da Lurretik ikusita, eta ondorioz hileko distira maximoa garai honetan hartzen du. Bere argitasuna -12,5 magnitudera heltzen da, eta kanpoan zenbait aktibitate egiteko nahikoa izaten da; aldi berean, bere itzala oso markatua azaltzen da. Honelakoetan gertatzen dira ilargi-eklipseak, aurrerago ikusiko dugun bezala.

8.3.4. Ilbehera

Ilbetetik astebetera, Ilargia mendebaldeko koadraturan agertuko da, Eguzkitik 90° mendebalderantz. Ilgoraren kontrara, gauaren bigarren erdian bakarrik izango da ikusgai: gauerdian aterako da horizontetik, eta Eguzkia ateratzen denean kulminatuko du. Itxura ere kontrakoa azalduko du: ekialdeko aurpegi-erdia bakarrik ikusiko zaio, Ipar hemisferiotik ikusita C itxuraz, alegia.

8.3.5. Argi hauskara

Ilargiaren fasea nahiko txikia den aldietan (ilberria baino 3 edo 4 egun lehenago edo beranduago), fenomeno bitxi hau ikusteko aukera sortzen da. Ilargiaren aurpegi ikusgaia argiztapen oso desberdina duten bi eremutan banatzen da. Argiena, alde handiarekin gainera, Eguzkiak argiztatutako eremua da, azaleran txikiena dena, jakina. Baina, aldi berean, azalera handieneko eremua ere ikus daiteke, hobe prismatikoz edo teleskopioz begiratuz gero. Horren arrazoia nahiko bitxia da: izatez, Lur ia beteak argiztatzen baitu Ilargia, hau da, Eguzkiak Lurrera igorritako argia bertan islatu eta Ilargira abiatzen da, bertan berriz islatu eta bueltan etortzen da Lurrera.

8.4. ITSASALDIAK

Astro baten grabitateak hurbil duen beste astro handi bati eragiten dion efektua da itsasaldia oro har. Grabitazio-indar netoa kalkulatu beharrean, grabitazio-indar diferentziala interesatzen zaigu kasu honetan, hau da, astro handiaren mutur batean eta bestean agertzen den grabitate-indarren arteko diferentzia. Grabitazio-indarra

distantziaren karratuarekin alderantziz proportzionala izanik, itsasaldi-indarra distantziaren kuboarekin alderantziz proportzionala suertatzen da.

Ikuspegi praktikotik begiratuta, ordea, itsasaldiak dira Ilargiak eta Eguzkiak grabitate-indar diferentzialari esker Lurreko itsasoaren nibelean eragiten dituzten oszilazioak. Horien periodoa ilargi-egunarekin sinkronizatuta dago (bi itsasgora eta bi itsasbehera 24 ordu eta 50 minututan), baina baditu beste harmoniko batzuk ere:

- Ilargiaren hil sinodikoarekin batera, mareen anplitudea aldatu egiten da: ilbete eta ilberri faseetan, marea biziak dauzkagu; ilgora eta ilbeheran, berriz, marea motelak.
- Eguzkiaren urte tropikoarekin sinkronizatuta ere badaude itsasaldiak: urte osoko itsasaldirik bizienak ekinozioetatik hurbil gertatzen dira beti.

8.5. ERROTAZIO LOTUA ETA LIBRAZIOA

8.5.1. Errotazio lotua

Eguzki-sistemako hainbat sateliteri gertatzen zaien bezala, Ilargiaren translazio- eta errotazio-periodoak iraupen berekoak dira. Horren kausa lehen aipaturiko itsasaldi-indarrak dira, horiek gai baitira astroen artean biraketa-momentua sortzeko eta beraz momentu zinetikoa aldatzeko eta sinkronizatzeko. Fenomeno horrek ondorio nahiko bitxia dakar: Ilargiak Lurrari beti aurpegi berbera erakusten diola, alegia. Eta beste aurpegia aldi berean ikusezin bihurtzen dela, jakina.

8.5.2. Librazioa

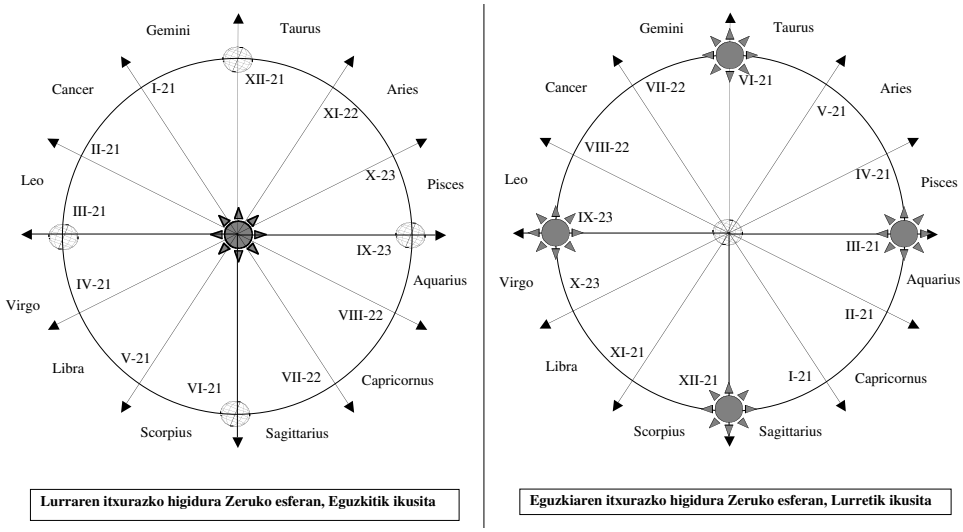
Aurreko puntuan aipatu dugunez, Ilargiak Lurrari beti aurpegi berbera erakusten dio, errotazio lotuaren eraginez. Baina hau ez da guztiz zehatza, batzuetan Ilargiaren ertzeko eremuak Lurrerantz orientatzen baitira gradu gutxi batzuk. Librazioa deitutako fenomenoari esker, orotara, Ilargiaren gainazalaren % 59 ikus daiteke Lurretik:

- *Longitude-librazioa* gertatzen da Ilargiaren errotazio-abiadura konstante mantentzen delako, baina translazio-abiadura, ordea, aldakorra delako orbitaren eszentrikotasunaren eraginez.
- *Latitude-librazioa* gertatzen da Ilargiaren errotazio- eta translazio-ardatzak espazioan guztiz paraleloak ez direlako. Beraz, batzuetan bere ipar poloa dugu ikusgai; beste batzutan, ordea, hego poloa.
- *Eguneko librazioa* paralaxia-efektu batengatik gertatzen da: Lurraren gainazaleko puntu batetik edo bestetik ez da Ilargiaren aurpegi berbera ikusten.

9. Eguzkia

9.1. EGUZKIAREN HIGIDURA ZERUKO ESFERAN

Arestian ikusi dugunez, kanpotik ikusita, Eguzkia ia-ia geldi dago eguzki-sistemaren erdi-erdian, eta Lurra bere inguruan biraka ari da etengabe. Baina atal honetan ikuspuntuz aldatuko gara, eta Lurretik bertatik behatuko dugu Eguzkiaren higidura, zeruko esferara proiektatuz.



Lurraren eta Eguzkiaren itxurazko higidura.

Lurra Eguzkiaren inguruan ekliptikaren planoan biratzen denez, Lurretik ikusita, Eguzkia ekliptikaren planoaren norabide desberdinetan proiektatzen da; atzean dauden zodiakoko ikurren aurrean proiektatzen da, hain zuzen ere. Eta ikurrak 12 direnez gero, hilero horietako baten aurretik pasatzen da Eguzkia.

9.2. EGUZKI-EGUNA ETA IZAR-EGUNA

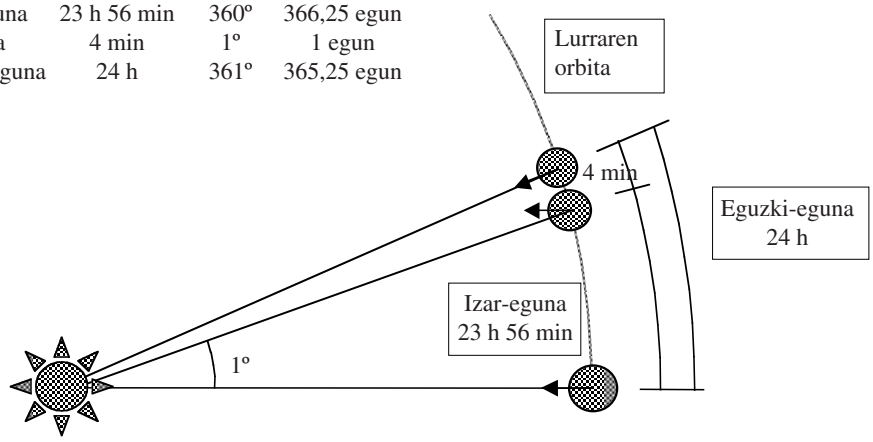
Lurrari zuzendutako kapituluan azaldu dugun bezala, gure egutegiko eguna Lurraren errotazioarekin oso lotuta dago; baina, puntu honetara helduta, bereizketa garrantzitsua egin behar dugu:

- *Eguzki-eguna.* Eguzkiaren kulminazio batetik hurrengora arte igarotzen den denbora. Bere batez besteko iraupena 24 ordukoa da, eta gizakiok hori erabiltzen dugu egutegiko egunak zenbatzeko.

- *Izar-eguna.* Izar baten kulminazio batetik hurrengora arte igarotzen den denbora. Bere iraupena 23 ordu eta 56 minutukoa da, eta Lurraren benetako errotazio-periodoaren berdina da.

Bi egun mota hauen arteko aldea 4 minutukoa da, eta horren arrazoia Lurraren translazioan aurkitu dezakegu: Lurrak, egun batean, gutxi gorabehera gradu bat ibiltzen du ekliptikan. Beraz, hurrengo egunean Eguzkia ez dago zodiakoko izar berberaren aurrean, baizik eta gradu bat ekialderantz. Eta hain zuzen ere 4 minutu behar ditu Lurraren errotazioak gradu bat biratzeko, hau da, izarrak kulminatu duenetik Eguzkiak berriz kulminatu arte.

Izar-eguna	23 h 56 min	360º	366,25 egun
Aldea	4 min	1º	1 egun
Eguzki-eguna	24 h	361º	365,25 egun



Eguzki-egunaren eta izar-egunaren arteko aldea.

9.3. IGOERA ZUZENAREN JATORRIAREN DEFINIZIOA

Koordenatu esferiko gehienetan longitudearen jatorria nahiko arbitrarioa dela ikusi dugu. Zeruko esferako koordenatuak aurkeztu ditugunean, igoera zuzenaren jatorria definitu gabe utzi dugu, eta hauxe da definitzeko garaia.

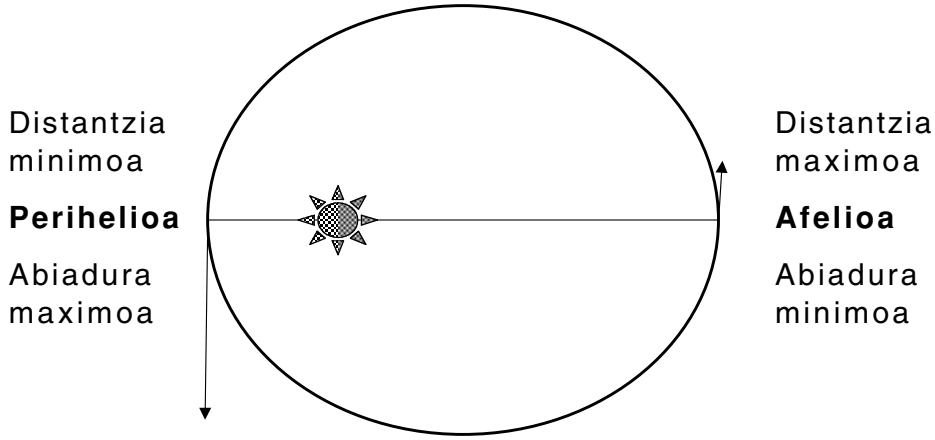
Udaberriko ekinozioa gertatzen denean Eguzkia zodiakoaren hasieran kokatzen da, Aries zeinuaren hasieran alegia. Puntu horri *puntu bernala* deritzo, eta bere igoera zuzena, definizioz, 0 h-koa da. Ikusten denez, irizpide hau beste edozein bezain abitrarioa da.

Aipatu dugun moduan, igoera zuzena gradutan neurtu beharrean ordutan neurtzen dugu; beraz, zodiakoko ikur bakoitzari bi orduko tartea dagokio. Aries zeinua, adibidez, 0 h eta 2 h-ko igoera zuzenen artean kokatzen da; Tauro, berriz, 2 h-tik 4 h-ra, eta abar. Azken ikurra, Pisces, 22 h-tik 0 h-ra kokatzen da, eta horren ondoren zikloa berriro hasten da Ariesekin.

9.4. URTAROAK ETA PERIHELIOAREN PARADOXA

9.4.1. Perihelioaren paradoxa

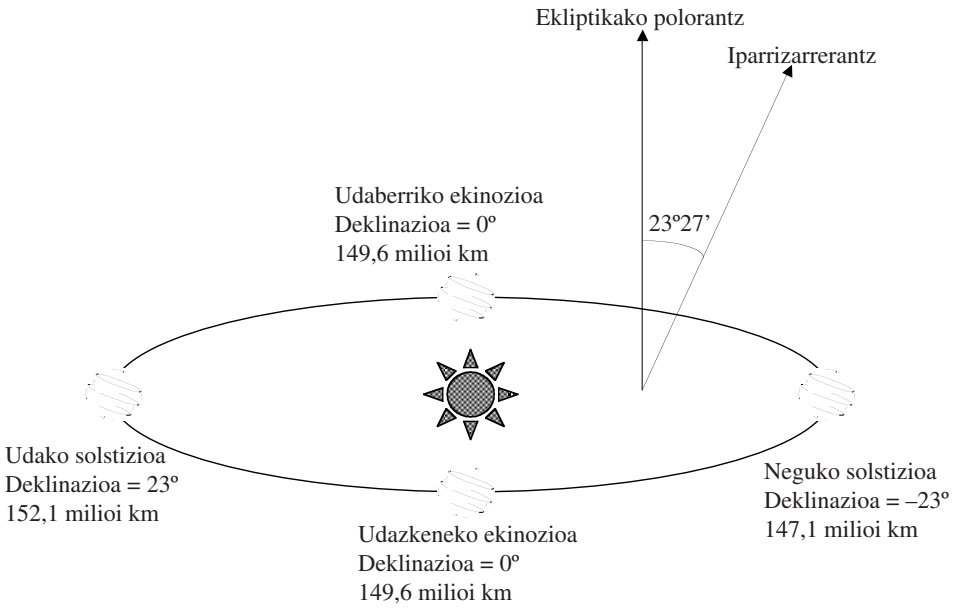
Noiz dago Lurra Eguzkitik hurbilago? Udan ala neguan? Jende askok "udan" esango lukeen arren, erantzuna guztiz kontrakoa da: urtarrilaren 3an Lurra Eguzkitik 147,1 milioi km-ra dago (perihelioan, hau da, distantzia minimoko puntuan); uztailaren 3an, aldiz, 152,1 milioi km-ra (afelioan, distantzia maximoan, alegia)



Urtaroen azalpen zuzena.

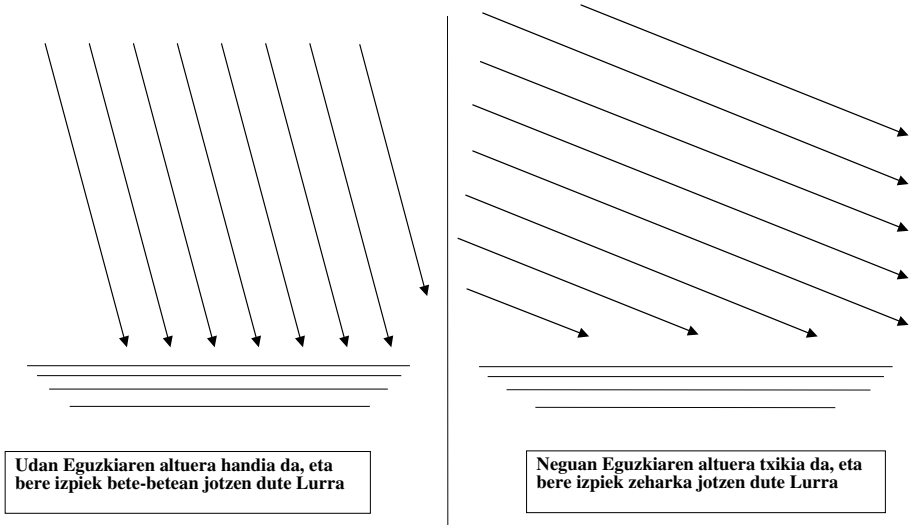
9.4.2. Urtaroen azalpen zuzena

Orduan, zergatik (Ipar hemisferioan, behintzat) uda askoz beroagoa da negua baino? Distantzia ez den beste faktore batek askoz garrantzi handiagoa duelako kliman. Eta zein da faktore hori? Ba Lurraren ardatzaren inklinazioa, irudi honetan ikus dezakegun bezala.



Lurraren orbita eszentrikoa.

Beraz, uda partean Eguzkia ordu gehiagoz agertzen da horizonte gainean, eta bere izpiak altuago azaltzen dira horizontearen gainean. Horren guztiaren ondorioz, bero handiagoa transmititzen zaio Lurrari.



Eguzki izpiak udan eta neguan.

9.5. LURRAREN TROPIKOAK ETA ZIRKULU POLARRAK

Badira Lurrean latitude zehatz batzuk, zeinetan Eguzkiaren ibilbidea piska bat berezia bihurtzen den, eta jarraian ikusiko ditugu:

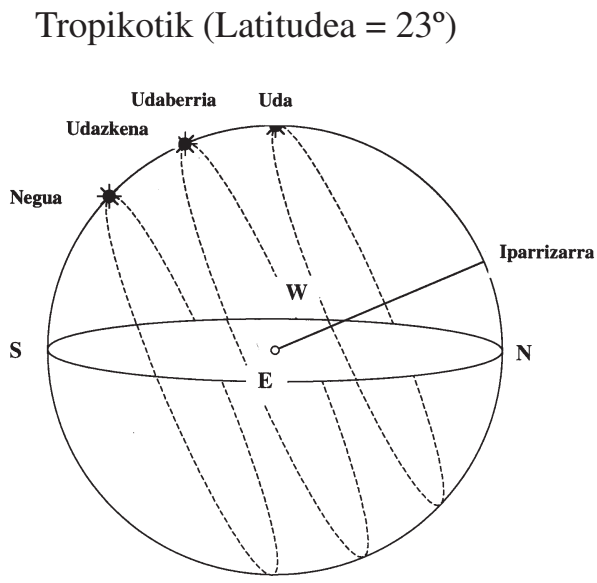
9.5.1. Tropikoak

Tropikoak Lurraren gainazaleko bi paralelo berezi dira, beren latitudea +/-23°26'-koa dena, hain zuzen ere, Lurraren ardatzaren inklinazioaren balio berbera. Eta, aldi berean, Eguzkiak zeruko esferan har dezakeen deklinaziorik handiena, solstizioetan hartzen duena, hain zuzen ere.

Zeruko esferaren kapituluan ikusi dugunez, latitude batetik ikusita, deklinazio-balio berbera duen astroak zenitean kulminatzen du eguerdian. Eta, deklinazio-balio berbera, baina kontrako zeinukoa duen astroa nadirretik pasatzen da gauerdian.

Beraz, aurreko bi paragrafoetako informazioa laburbilduta, tropikoetan ondoko propietate berezia betetzen dela egiazta dezakegu: dagokion solstizioan, eta egun horretan bakarrik, Eguzkiak zenitean kulminatzen duela eguerdian. Eta kontrako solstizioan, ordea, nadirretik pasatzen dela gauerdian.

Hau guzti hau hurrengo irudiaren laguntzaz hobeto uler daiteke:



Eguzkia tropikotik ikusita.

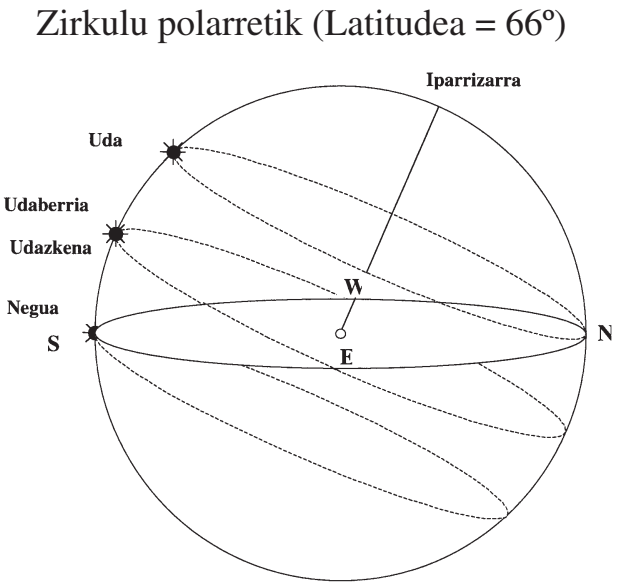
9.5.2. Zirkulu polarrak

Zirkulu polarrak Lurraren gainazaleko beste bi paralelo berezi dira, beren latitudea +/- 63°34'-koa delarik, hain zuzen ere, Lurraren ardatzaren inklinazioaren balio osagarria.

Zeruko esferaren kapituluan ikusi dugunez, latitude batetik ikusita, deklinazio-balio osagarria duen astroak zirkunpolar izateko mugan dago. Hau da, horizontea horizontalki ukitu eta berriz gorantza abiatzen da, inoiz ezkutatu gabe. Ostera, deklinazio-balio osagarria baina kontrako zeinua duen astroa ikusezina izateko mugan dago. Hau da, horizontea ukitu eta berriz beherantza abiatzen da, inoiz ikusgaia izan gabe.

Beraz, guztia laburbilduta, zirkulu polarretan ondoko propietate berezia betetzen dela egiazta dezakegu: dagokion solstizioan, eta egun horretan bakarrik, Eguzkiak zirkunpolar bihurtzen dela, eta egun horretan 24 orduz ikusgaia dela. Eta kontrako solstizioan, ordea, ikusezina dela. Egunsenti-ilunabarreko argia ikusten da, baina Eguzkia ez!

Hau guzti hau ere beste irudi honen laguntzaz hobeto uler daiteke:



Eguzkia zirkulu polarretik ikusita.

9.6. DENBORA-EKUAZIOA

9.6.1. Eguerdiaren periodikotasuna

Kapitulu honen hasieran aipatu dugu eguzki-egunak batez beste 24 ordu dituela. Hala ere, egun batetik bestera neurketa zehatzak egiten baditugu, Eguzkiaren kulminazio batetik bestera denbora-tarte aldakorra dagoela ikusiko dugu.

9.6.2. Denbora-ekuazioan eragiten duten faktoreak

Eguerdiaren periodikotasuna aldakor bihurtzen duten faktoreak bi dira:

a. Lurraren orbitaren eszentrikotasuna

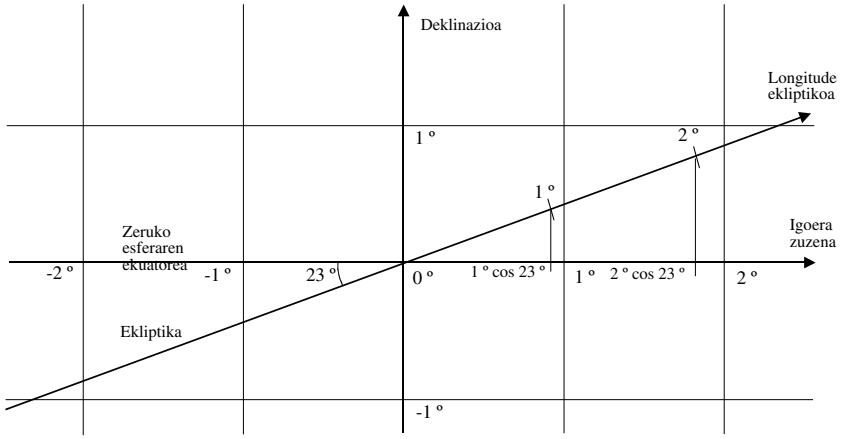
Zeru-mekanikari dagokion kapituluan ikusi dugun bezala, Lurraren orbitak eszentrikotasun txikiko elipse baten itxura dauka. Eta, Kepler-en bigarren legeak agintzen duenez, abiadura angeluarra piska bat aldakorra izango da, periheliotik hurbil piska bat arinagoa, eta afeliotik hurbil piskat bat motelagoa. Horrela, Eguzkiaren itxurazko higidura zeruko esferan ere ez da uniformea izango, eta egunetik egunera ibilitako angelu hori konpentsatzeko Lurraren errotazioak behar duen denbora ez da zehazki izango batez beste behar dituen lau minutukoa.

Horretan datza lehenengo zuzenketa, hain zuzen ere. Ondorioz, urtebeteko periodoz, Eguzkiaren kulminazio-orduak batez besteko balio baten inguruan oszilatuko du.

b. Lurraren ardatzaren inklinazioa

Bestetik, Lurraren ardatzaren inklinazioak ere eragina du denbora-ekuazioan. Kontuan hartu behar da Eguzkia ekliptikan zehar mugitzen dela, eta orduak, ostera, Lurraren ekuatoreko longitudean neurtzen ditugula. Baten gehikuntza uniformeak ez du eragiten bestearen gehikuntza uniformea izaterik. Hori izango da bigarren zuzenketa.

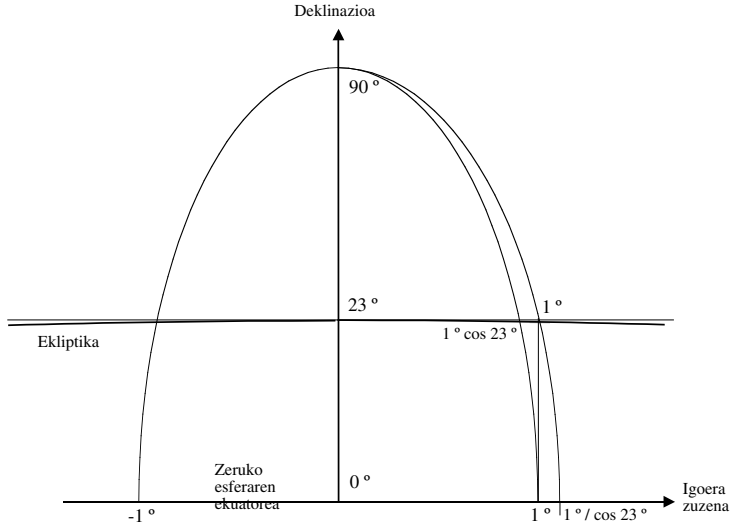
Adibidez, Eguzkia ekuatoretik hurbil dagoenean (ekinozioetan), bere ibilbidea 23° inguru okertuta dago ekuatorearen norabidearekin. Beraz, bere ibilbidearen proiekzio batek bakarrik (cos 23°) eragiten du longitudearen norabidean. Beste proiekzioa (sin 23°) deklinazioa aldatzeko erabiltzen da.



Ekinozioetatik hurbil, ekliptikan ibilitako angelua igoera zuzenean uzkurtu egiten da.

Beraz, ekinozioetatik hurbil, Eguzkiak ekliptikan gradu bat ibiltzen duenean, ekuatorera proiektatuta gradu bat baino gutxiago ibili da. Gure ordu zibilak gradu bat ibiltzea espero zuenez, gehiegi konpentsatu dugu, eta beraz Eguzkiaren kulminazioa aurreratu egiten da garai hauetan.

Bestetik, Eguzkia tropikoetatik hurbil dagoenean (solstizioetan), bere ibilbidea ekuatorearen norabidearekin paraleloa da. Bere proiekzio guztia erabiltzen da longitudea igotzeko, deklinazioa maximo batetik pasatzen ari delako. Are gehiago, deklinazio horretan ordu-arkuak uzkurtuta agertzen dira cos 23°-ko faktore batez, eta ekuatorera proiektatzean Eguzkiaren ibilbidea luzatu egiten da alderantzizko faktoreaz (1 / cos 23°)



Solstizioetatik hurbil, ekliptikan ibilitako angelua igoera zuzenean luzatu egiten da.

Beraz, solstizioetatik hurbil, Eguzkiak ekliptikan gradu bat ibiltzen duenean, ekuatorera proiektatuta gradu bat baino gehiago ibili da. Gure ordu zibilak gradu bat ibiltzea espero zuenez, gutxiegi konpentsatu dugu, eta beraz Eguzkiaren kulminazioa atzeratu egiten da garai hauetan.

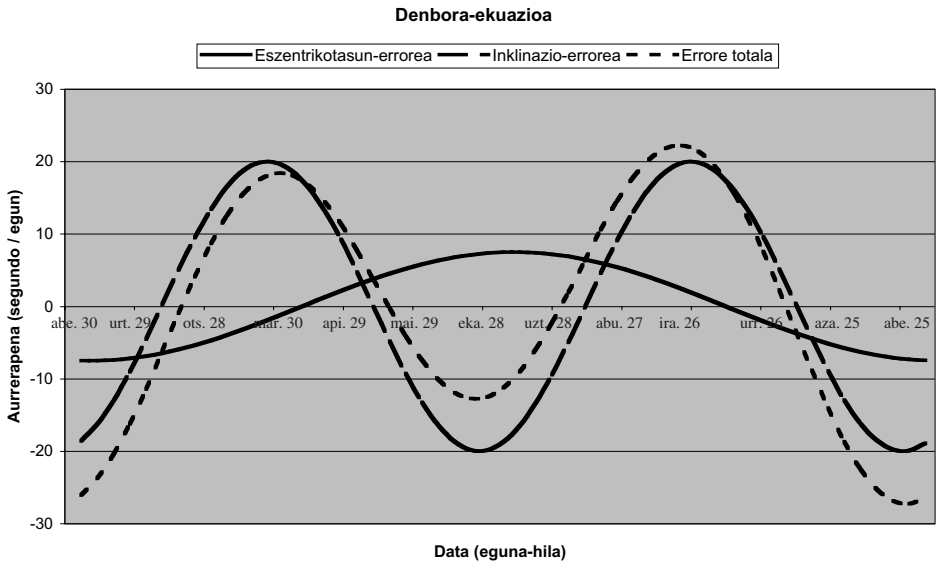
Zer esanik ez, tarteko deklinazioetan bi faktore hauek batera agertzen dira, eragin desberdinarekin bada ere. Baina, batez beste, bira osoa aztertu eta gero, elkarrekin konpentsatzen direla ikusiko dugu. Azken finean, Eguzkiak ekliptikaren inguruan bira oso bat ematen duenean, ekuatorearen inguruan beste bira oso bat ematen du eta.

Laburbilduz, bigarren zuzenketa horren ondorioz, eta urte-erdiko periodoz, Eguzkiaren kulminazio-orduak minutu batzuetan gora eta behera ibiliko dira.

9.6.3. Denbora-ekuazioaren balioa

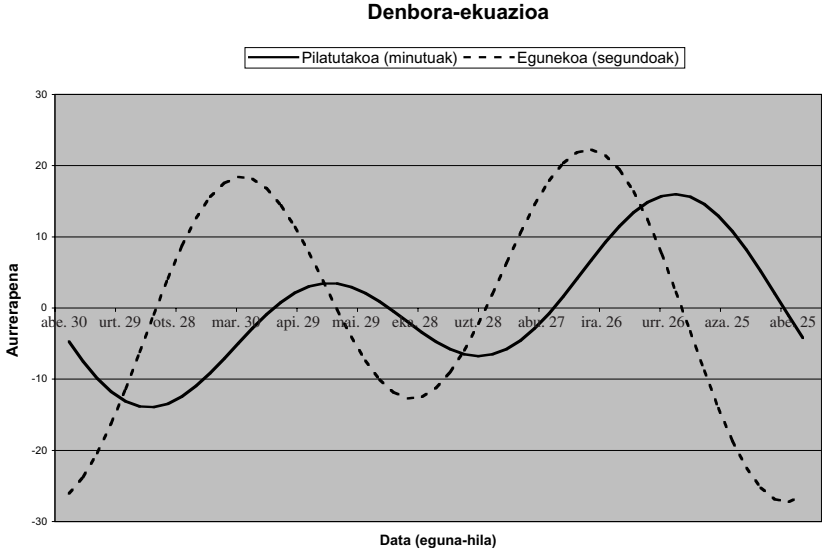
Aurreko atalean aztertu dugu zergatik ez diren periodikoak Eguzkiaren bi kulminazioren arteko denbora-tarteak. Bi faktorek eragiten dutela ikusi dugu, eta atal honetan bien eraginak batzerakoan zer gertatzen den aztertuko dugu.

Beheko grafikoan, egun bakoitzean Eguzkiaren kulminazioa zenbat segundotan aurreratzen den erakusten dugu. Ikusten denez, inklinazio-erroreak eszentrikotasun-erroreak baino anplitude handiagoa dauka. Bestetik, bi faktoreen periodoa desberdina denez gero, bien batura ez da inolaz ere sinusoidal itxurakoa izango.



Denbora-ekuazioaren eguneko aurrerapena.

Bukatzeko, kontuan hartu behar dugu Eguzkiaren kulminazio-aurrerapenak egunetik egunera pilatu egiten direla. Beraz, aurreko funtzioa integratuz gero, pilatutako aurrerapen totala lortuko dugu. Balio horri deitzen zaio, hain zuzen ere, denbora-ekuazioa.



Denbora-ekuazioaren benetako balioa.

Zer esanik ez, erroreen batez bestekoaren balioa zero denez gero, urte osoan zehar integratuz gero, aurreko urteko balio berberera helduko gara.

9.7. EGUTEGIAK

Gizakiak astroak erabili ditu betidanik denbora-tarte handiak neurtzeko. Alde batetik, beren higiduraren periodikotasuna oso egokia delako denbora ondo neurtzeko, eta bestetik, bizitzan garrantzi handia duten fenomenoak unitate naturaletan zenbatu ahal izateko. Hortik dator, jakina, batez besteko eguzki-eguna eta urte tropikoa erabiltzea.

Hala ere, antzinatean Ilargiaren garrantzia handiagoa zen, eta horrek eragin du hainbat kulturatan ilargi-hilak erabiltzea denbora neurtzeko. Horrela, bada, bi egutegi mota bereizten ditugu:

9.7.1. Eguzki-egutegiak

Urtaroen errepikapenak kontuan hartzen dituzten egutegiak dira, Ilargia batere kontuan hartu gabe. Beraz, beren neurriak urte tropikoaren iraupenera mugatu behar dira, 365,2422 eguzki-egunetik ahalik eta hurbilena.

Juliotar egutegiak urte bisustuak tartekatzen zituen, lau urterik behin egun bat gehituz. Horrela, 365,25 eguneko urteak lortzen ziren. Gehiago fintzeko nahiean, aldaera gregoriarra ezarri zuten, 100 urteren anizkoitzek bisustu izateari uzten ziotelarik, baina 400en anizkoitzak bisustu izanik. Horrela 365,2425 eguneko urtea lortzen da, eta gaur egun mendebaldeko zibilizazioan erabiltzen den egutegia da.

9.7.2 Ilargi-egutegiak

Ilargiaren faseak eta urtaroen errepikapenak aldi berean kontuan hartzen dituen egutegia da. Arazo nagusi bat dauka; izan ere, bi periodo horiek ez dira batere zatigarriak: hil sinodiko batek 29,53 eguzki-egun dauzka, eta beraz horrelako 12,37 hilek osatzen dute urte tropiko bat.

Kasu honetan Ilargiari ematen zaio garrantzirik handiena, eta beraz 12 hil sinodikok osatzen dute urtea, 354,3 eguzki-egunek alegia. Urtea Ilargia fase berberean dagoela hasten da beti, normalean ilberrian. Nabari denez, urte tropikoarekin 11 eguneko aldea dago, beraz urte gutxi batzuetan urtaroekiko aldaketa nabaria gertatzen da egutegi mota honetan.

Arabiarren eta txinoen artean da nagusi egutegi mota hau.

9.7.3 Ilargi-eguzki-egutegiak

Egutegi mota hau bi aurrekoen tartekoa da. Kasu honetan, ilargi-hilek garrantzia dute, baina 3 urtetan zehar 37 hil sinodiko kokatzen dira. Horrela, urtean egun bateko desfasea sortzen da urte tropikoarekin. Juduek erabiltzen duten egutegia da.

10. Diseina ezazu zeure eguzki-erlojua

Aurreko kapituluan zeruko esferan zehar Eguzkiak osatzen duen ibilbidea ikusi dugu. Dagoeneko, data eta ordu desberdinetan gure astro nagusia zer norabidetan egongo den kalkula dezakegu. Eta hori kontuan hartuta, kapitulu honetan gai izango gara eguzki-erloju edota eguzki-egutegi bat diseinatzeko. Ekin diezaiogun lanari!

10.1. ITZALAREN PROIEKZIOA

Eguzkiaren argitasunari esker, bere norabidea finkatzeko modu ezin hobea daukagu: edozein objektu fin eta opako baten itzala plano batera proiektatuko dugu. Plano horretan marra sorta batzuk marraztu ditzakegu (ordu eta data desberdinetarako, adibidez). Itzala zein marratan proiektatzen den, dagokion orduan edota datan gaudela adieraziko digu. Erraza, ezta? Orain marren itxura zer nolakoa den kalkulatzea baino ez zaigu falta, jakina!

10.2. KALKULUEN GARAPENA

Kalkuluak Eguzkiaren higiduraren ezaugarri orokorretik abiatuko ditugu, eta eguzki-erloju bakoitzaren ezaugarri partikularretan amaitu. Hiru etapa desberdinetan bereiziko ditugu kalkuluok:

10.2.1. Eguzkiaren higidura zeruko esferan

Behatzailearen kokapenarekiko independentea da kalkuluaren lehendabiziko zati hau. Aurreko kapituluan ikusitako Eguzkiaren higidura zeruko esferan atala dago honen oinarrian, eta beraz han aurkituko duzu informazio gehiago, batez ere denbora-ekuazioari dedikatutako atalean.

Eguzki-erloju ez oso zehatza nahi badugu, ondoko hurbilketak egin ditzakegu:

- Lurraren orbitaren eszentrikotasuna txikia izanik, Eguzkia ekliptikan zehar abiadura angeluar konstantez mugitzen da.
- Bestetik, Lurraren ardatzaren inklinazioa txikia izanik, longitude ekliptikoan ibilitako benetako angelua eta igoera zuzenean proiektatutakoa berdinak direla suposa dezakegu.

Bi sinplifikazio horiekin, denbora-ekuazioa zero izatera behartzen dugu, beraz, agertuko zaigun errore maximoa ordu-laurden ingurukoa izango dela espero dugu.

Datari dagokionez, eta hurbilketa berbera aplikatuz gero, Eguzkiaren deklinazioa urtean zehar sinusoidalki aldatzen dela suposa dezakegu.

Beraz, ondoko ekuazio hurbilduak lortu ditugu:

$$\text{Zatiki urte} = \frac{\text{III-21etik igarotako egun-kopurua}}{365,2422 \text{ egun}}$$

$$\text{Igoera zuzena} = 24 \cdot \text{zatiki urte}$$

$$\text{Deklinazioa} = 23,45° \cdot \sin(2\,\pi \text{ zatiki urte})$$

Formula zehatzagoak nahi izanez gero, ondokoak egin beharko lirateke:

- Eszentrikotasuna kontuan hartu nahi bada, Lurraren orbitaren efemerideak kalkulatu behar dira, Planeten kapituluko 13.2. atalean azaltzen den bezala.
- Lurraren ardatzaren inklinazioa kontuan hartu nahi bada, koordenatu-sistema esferikoen arteko transformazio-legeak aplikatu behar dira, aurrean aipatutako atal berean azaltzen den moduan.

10.2.2. Eguzkiaren higidura koordenatu lokaletan

Behatzailearen kokapenaren araberakoa da kalkuluaren zati hau, baina aldi berean eguzki-erlojuaren diseinuarekiko independentea.

Aurreko atalean Eguzkiaren koordenatuak lortu ditugu zeruko esferan proiektaturik; baina guri interesatzen zaizkigun koordenatuak lokalak dira, eguzki-erlojua plano horizontalarekiko orientatu behar dugulako. Beraz, koordenatu-sistema esferiko batetik bestera pasatzeko ekuazioak behar ditugu; horiek hurrengo taulan zerrendatuko ditugu:

$$x' = \cos\delta \cdot \cos AH$$
$$y' = \cos\delta \cdot \sin AH$$
$$z' = \sin\delta$$

$$x = \sin\lambda \cdot x' - \cos\lambda \cdot z'$$
$$y = y'$$
$$z = \cos\lambda \cdot x' + \sin\lambda \cdot z'$$

non: δ = deklinazioa
AH = Ordu-angelua

λ = Kolatitudea = 90º – Latitudea

$$Az = \arctan\frac{y}{x}$$

Az = Azimuta
Alt = Altuera

$$Alt = \arctan\frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

Zeruko koordenatuetatik koordenatu lokaletara pasatzeko ekuazioak.

10.2.3. Norabideen proiekzioa planoan

Aurreko bi azpiataletan kalkulatu dugu data eta ordu jakinetarako Eguzkiak zer norabidetatik joko duen. Azkenik, azpiatal honetan, eguzki-erloju edo eguzki-egutegiaren diseinuaren araberako kalkuluak egingo ditugu. Definizioz, *gnomoia* da eguzki-erloju baten elementu puntaduna, zeinaren itzala proiekzio-planoaren gainean proiektatzen den. Erlojuaren funtzionamenduan guztiz funtsezkoa da, bere itzalak ordua edota data ezagutarazten duelako.

Beraz, argi izpiak lerro zuzenetan hedatzen direla onartzen badugu, falta zaigun zeregin bakarra hauxe da: gnomoitik lerro zuzenak abiatzea, aurreko azpiataletan kalkulatu ditugun norabide guztietan orientatutakoak, proiekzio-planoa moztu arte. Ebakidura horietan lortzen ditugun puntuak hurrengo atalean erabiliko ditugu.

10.3. PROIEKZIO-PLANOKO PUNTUAK LOTZEN

Aurreko puntuan azaldutakoa praktikan jartzen badugu, eguzki-erlojua eraikita daukagu! Orain proiekzio-planoan lortu ditugun puntuak interpretatzea eta elkarrekin lotzea baino ez zaigu falta. Horrela, orduak adierazten dituzten marrak lortuko ditugu; eta, aukeran, egunak adierazten dituzten marrak ere bai.

10.3.1. Orduen marrak eguzki-erlojuan

Egun desberdinetarako eta ordu berdinetarako lortu ditugun puntuak elkarrekin lotuko ditugu. Horrela ordu bakoitzari dagokion marra lortuko dugu. Proiekzioa

plano baten gainean egin badugu, orduen marra guztiek zuzenak izan behar dute, eta guztien luzapenak puntu berean elkartu behar dira. Puntu horrek, gainera, badu ezaugarri berezi bat: gnomoitik pasatzen den eta Lurraren ardatzarekin paraleloa den zuzenaren eta proiekzio-planoaren arteko ebaki-puntua izatea, hain zuzen ere.

10.3.2. Daten marrak eguzki-egutegian

Aurreko puntuan lortu dugun puntu multzoa beste modu batez ere lotu daiteke elkarrekin: ordu desberdinetarako eta egun berdinetarako direnak elkarrekin lotuz, alegia. Horrela, lortzen dugun marra bakoitzak itzalak egun konkretu batean egiten duen ibilbidea markatuko du. Kasu horretan, marrak ez dira zuzenak izango, kurboak baizik, eta dibergenteak izango dira, ez baitira inon elkartuko. Data-marra zuzen bakarra ekinozioen garaiari dagokiona izango da.

Nabari bedi ondokoa ere: urteko bina data desberdinetan Eguzkiaren deklinazioa berdina izaten dela. Beraz, data-marra bakoitzak bi data desberdin ordezkatzen ditu, bata deklinazioa gorakorra duen kasua, eta bestea beherakorra duena.

10.4. ZENBAIT PLANOTAKO DISEINUAK

Beraz, eta formula guztiak zerrendatu ondoren, bada garaia benetako irudia nolakoa den erakusteko! Atal honetan lau proiekzio-planorik ohikoenetara proiektatuko ditugu eguzki izpiak: plano horizontalera eta norabide desberdinetara begira dauden hiru plano bertikaletara. Behatokia beste latitude batean egonez gero, edo irakurleak beste plano batzuetara proiektatu nahi izanez gero, aurreko ataleko formulak aplikatzea besterik ez du.

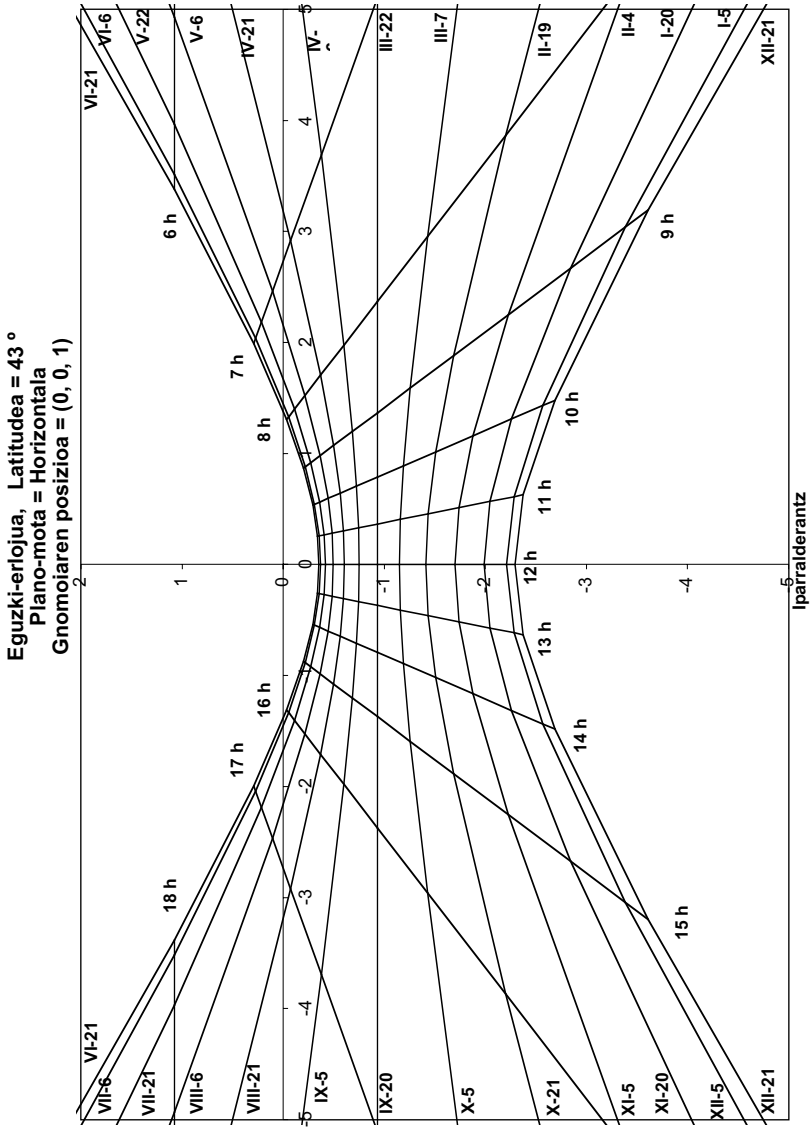
Diseinu guztiak baliozkoak izan daitezen, gnomoia koordenatu-ardatzen gainean kokatuta egon behar da, jatorritik unitateko distantziara hain zuzen ere. Planoko distantzia-unitatea arbitrarioa da; benetako planoa egin nahi izanez gero, aukeratu unitate horri dagokion benetako neurria, eta balio horrekin biderkatu behar dira neurri guztiak.

10.4.1. Plano horizontalean

Ondo nibelatutako lurrean jartzeko egokia da irudi hau. Eskala handian egin nahi izanez gero, gnomoi moduan farola bat edo zutoin bat erabili daiteke. Ipar hemisferioan kokatzen bada, kontuan hartu hego norabideak oztopoz garbi egon behar duela, eta itzalak iparralderantz proiektatuko direla. Hori guztia, baina alderantziz, eguzki-erlojua Hego hemisferioan kokatzen bada, jakina.

Eredu honek abantaila bat dauka plano bertikalekoekin alderatuta: proiekzio-planoak ez duela inoiz itzalik egiten, horizonteak ezartzen duen eremu berbera mugatzen duelako berak ere. Beraz, Eguzkia horizonte gainean dagoen bitartean, gnomoiaren itzala plano horizontalaren gainean proiektatuko da. Jakina, horizontearen

gaineko altuera txikia denean (Eguzkia sartzen edo ateratzen ari denean), itzala oso luzea izango da; marraztu ditugun lerroetatik kanpora ateratzen bada, ez da erabilgarria izango.

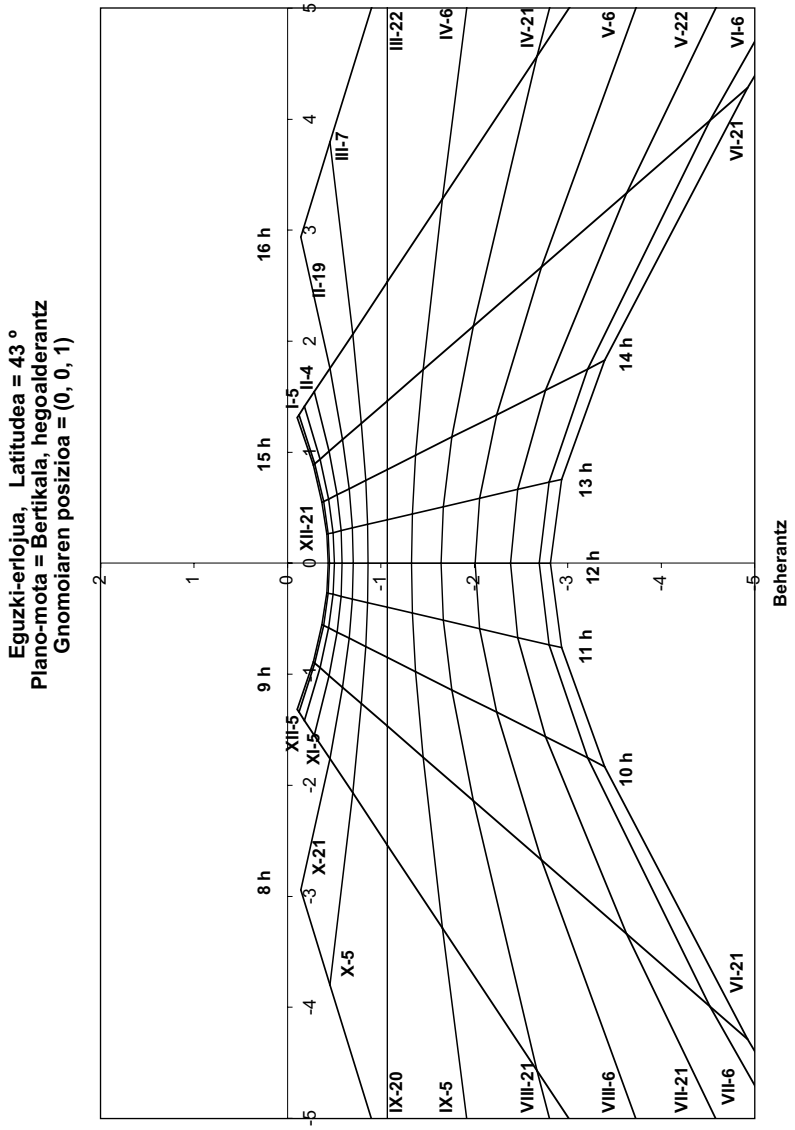


Plano horizontalean jartzeko eguzki-erlojuaren diseinua.

10.4.2. Hegoaldera begira dagoen plano bertikalean

Hemendik aurrera azalduko ditugun eguzki-erlojuak Ipar hemisferioan kokatuta daudela suposatuko dugu. Are gehiago, ondo nibelatutako eta orientatutako horman eskegitzeko ereduez arituko gara.

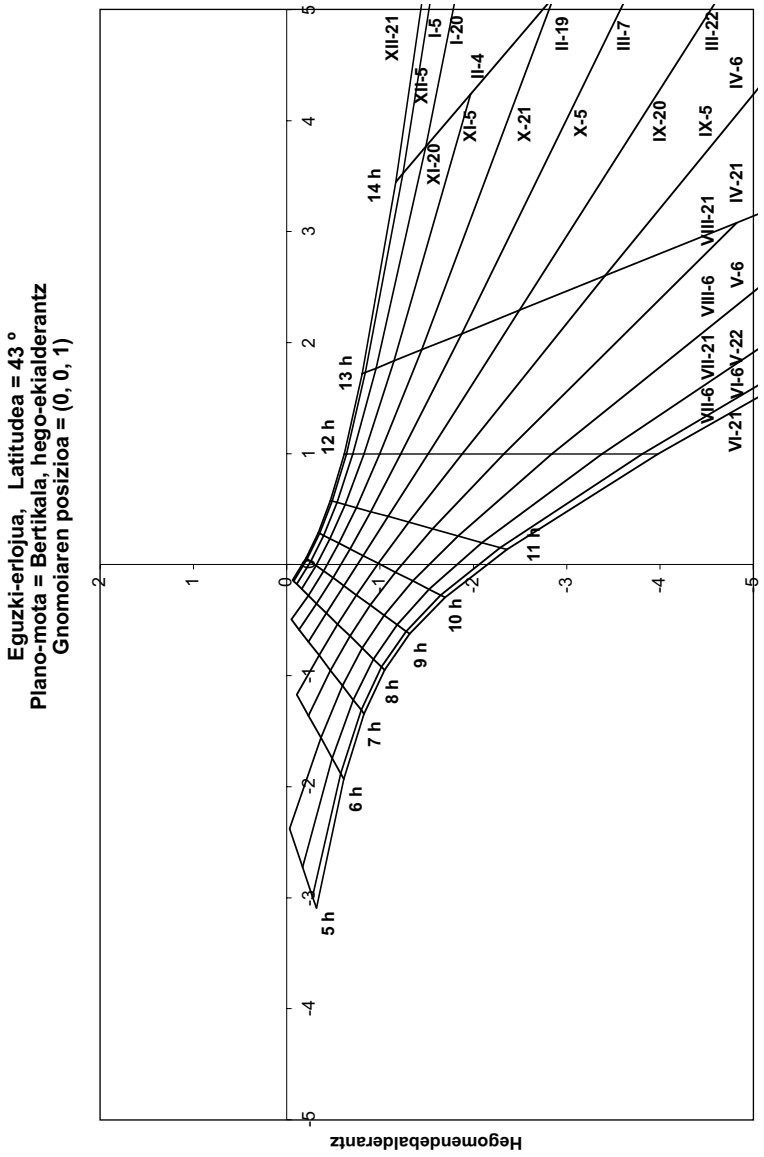
Hegoaldera begira dagoen plano bertikaleko ereduak desabantaila bat du aurrekoarekin alderatuta: udaberriko eta udako ordu batzuetan proiekzio-planoak berak itzala egiten duela. Hori ondoko bi kasu hauetan gertatzen da: Eguzkiaren azimuta ekialde-puntutik ezkerrera dagoenean (goizeko lehen orduetan), edo mendebalde-puntutik eskuinera dagoenean (arratseko azken orduetan). Ostera, udazkenean eta neguan, arazo hau ez da gertatzen, Eguzkiaren azimuta beti hegoaldetik hurbil azaltzen delako (horizonte gainean dagoenean, behintzat).



Hegoaldera begira dagoen plano bertikalean jartzeko eguzki-erlojuaren diseinua.

10.4.3. Hego-ekialdera begira dagoen plano bertikalean

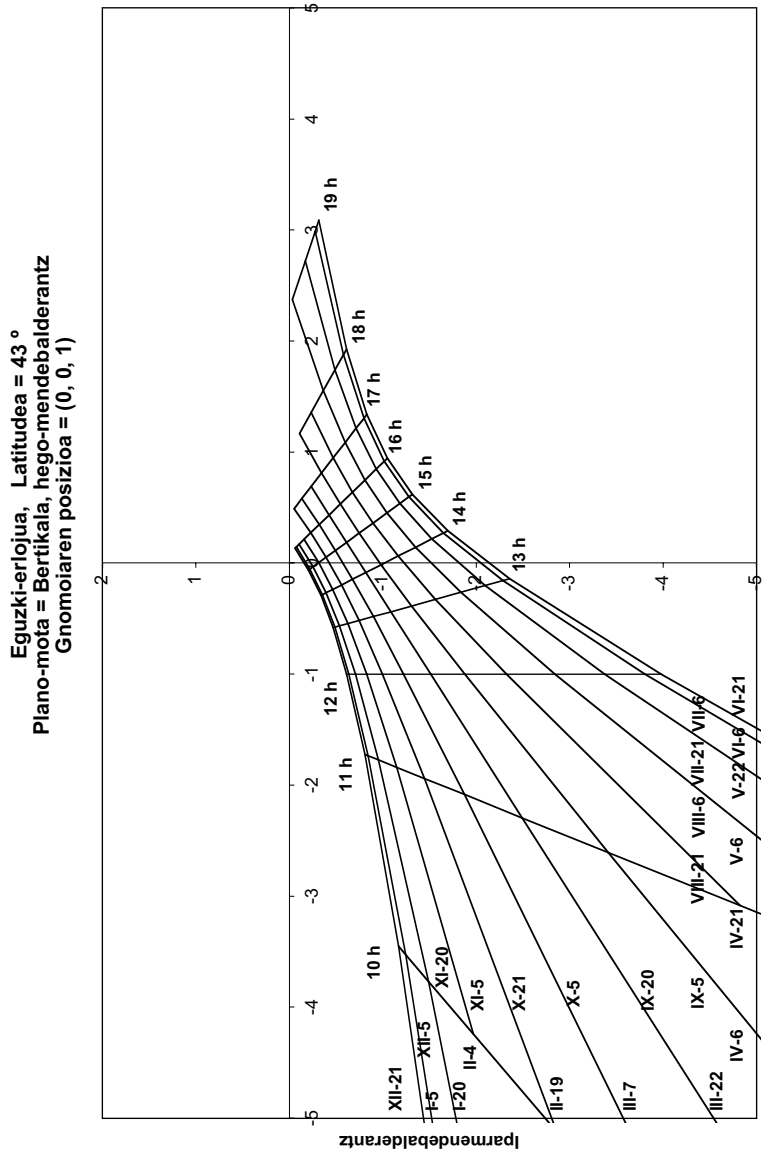
Horma hego-ekialdera orientaturik dagoenean, goizeko lehen orduetatik jasoko du eguzkia. Arratsaldeko azkenengo orduetan, ordea, ez du izpirik jasoko, proiekzio-planoak itzala egiten diolako. Kasu horretan, ipar-hego simetria apurtu dugunez, eguzki-erlojuaren itxura guztiz asimetrikoa izango da.



Hego-ekialdera begira dagoen plano bertikalean jartzeko eguzki-erlojuaren diseinua.

10.4.4. Hego-mendebaldera begira dagoen plano bertikalean

Aurreko kasuarekin alderatuta, horren aurkako kasua aurkeztuko dugu bukatzeko: hego-mendebaldera orientatutako hormari dagokiona, hain zuzen ere. Irakurleak asmatuko duen bezala, kasu honetan, goizeko lehen eguzki izpiak galduko ditugu eguzki-erloju honekin; ez, ordea, arratsaldeko azkenengoak.

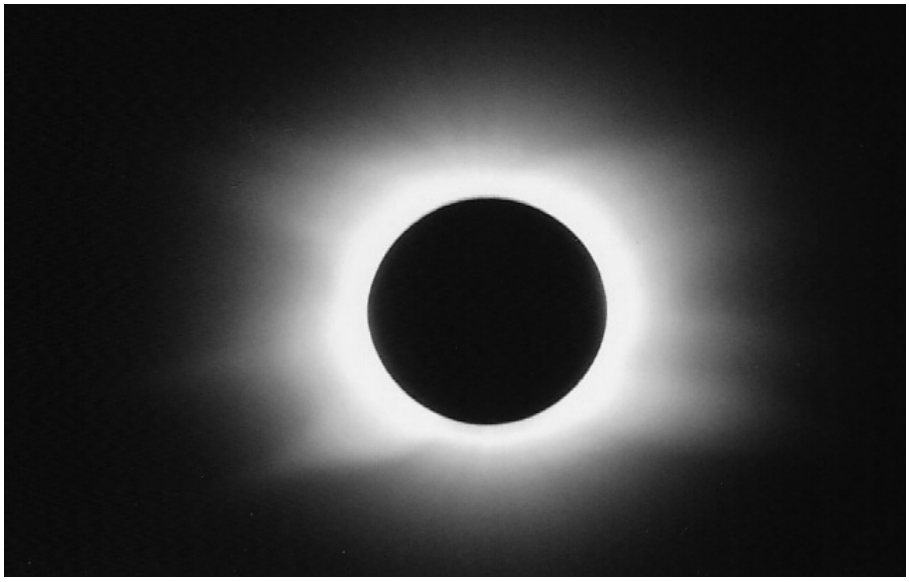


Hego-mendebaldera begira dagoen plano bertikalean jartzeko eguzki-erlojuaren diseinua.

11. Eklipseak

11.1. SARRERA

Naturan gertatzen diren fenomeno naturaletatik ikusgarrienen artean daude eklipseak, eguzki-eklipse osoak, batez ere. Horrelakoetan minutu gutxi batzuetan eguna ilundu egiten da, eta argitasun benetan bitxia ageri da. Eguzki-koroa ikusteko aukera ezin hobea da, normalean fotosferaren distira itsugarriak estalita dagoena.



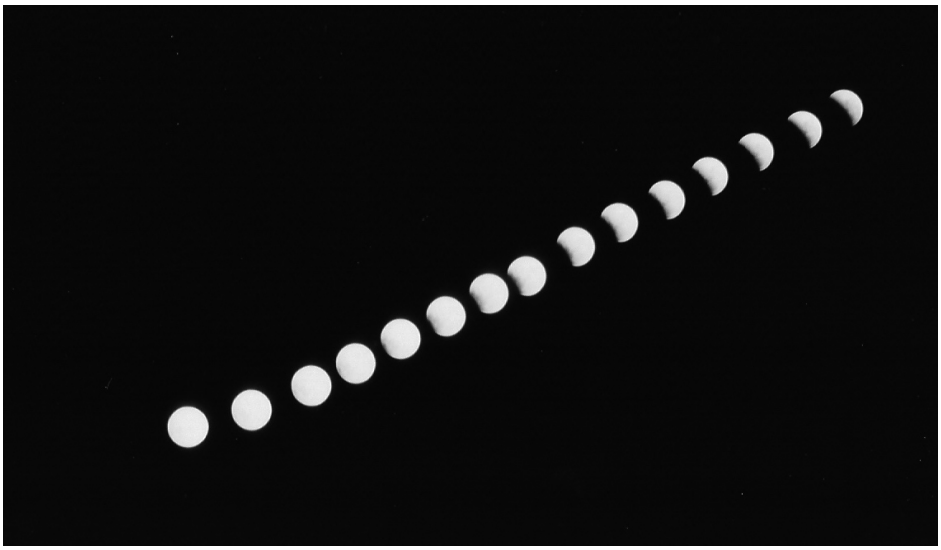
Eguzki-eklipse oso batean, eguzki-koroa begi hutsez ikusten da.

Kasualitate bati esker, Lurretik ikusitako eguzki-eklipseak bereziki ikusgarriak dira. Izan ere, Lurretik ikusita, Eguzkia Ilargia baino 400 aldiz urrunago dago, gutxi gorabehera. Baina aldi berean 400 aldiz urrunago ere badago. Beraz, bi astroen tamaina angeluarra oso antzekoa da, gradu-erdi ingurukoa.

Eklipseak Eguzkia, Lurra eta Ilargia oso ondo lerrokatuta daudenean gertatzen diren fenomenoak dira, eta bere molde guztiak banan-banan aztertuko ditugu hemendik aurrera.

11.2. ILARGI-EKLIPSEAK

Ilargi betea dagoenean gertatzen dira, Eguzkia, Lurra eta Ilargia ordena horretan lerrokatuta daudenean, alegia. Ilargia Lurraren argi-konoaren barruan sartzen da, eta ez du Eguzkitiko argirik zuzenean jasotzen. Ilargiak islatutako argiaz distiratzen duenez, bere argitasuna oso murriztuta geratzen da.



Ilargi-eklipse baten fase partzialaren eboluzioa. 3 minututan behin egindako multiesposizio-argazkia.

11.2.1. Partzialak

Eklipseen oinarriei zuzendutako atalean ikusiko dugunez, hiru astroen lerrokadurak ez dira beti perfektuak izaten. Kasu batzuetan, Ilargia, Eguzki-Lurra zuzenaren gainetik pasatzen da; eta beste batzuetan, azpitik. Orduan Ilargiaren diskoa ez da guztiz estaltzen; zati bat argituta geratzen da. Ilargi betea eta nodo-lerroaren zeharkatzea nahiko jarraian gertatu ez direlako ez da ilargi-eklipse osoa gertatzen.

11.2.2. Osoak

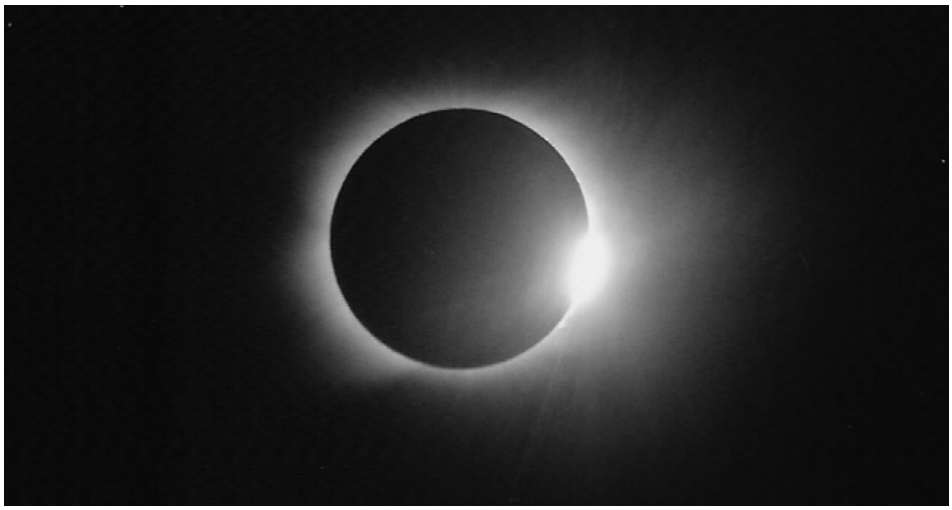
Hiru astroen arteko lerrokadura perfektua gertatzen denean, Ilargiak ez du Eguzkitiko argi izpi zuzen bat ere jasotzen. Bai ordea Eguzkitik ateratako eta Lurraren atmosferan errefraktatutako argi izpiak. Fenomeno hau errazago gertatzen da argi gorriarekin urdinarekin baino; ondorioz, Ilargi eklipsatuak kolore gorriska du.

Zer esanik ez, eklipse oso baten hasieran eta amaieran, lerrokadura ez da guztiz perfektua. Momentu horietan, eklipse partzial baten momenturik gorenean bezala daude kokatuta hiru astroak; beraz, momentu horietan ikus daitekeena hauxe da: Ilargiaren eremu bat argi zuri distiratsuz; eta beste eremua ilunagoa eta gorriska.

11.3. EGUZKI-EKLIPSEAK

Ilargi berria dagoenean gertatzen dira, Eguzkia, Ilargia eta Lurra ordena horretan lerrokatuta daudenean, alegia.

Kontuz! Eguzkiari babes egokirik gabe begiratzea oso arriskutsua da! Erretina modu iraunkorrean mindu daiteke. Eguzkiari begiratzen diozun guztietan iragazki egokia erabili behar duzu, bai begi hutsak, zein prismatikoak, zein teleskopioa erabiltzen badituzu ere.



Eguzki-eklipse baten osotasun fasea hasten denean, "diamante-eraztuna" ikusten da.

11.3.1. Partzialak

Kasu honetan ere, hiru astroen arteko lerrokadura perfektua ez denean, Ilargiaren diskoak partzialki baino ez du estaliko Eguzkiaren diskoa. Ilargi berria eta nodo-lerroaren zeharkatzea nahiko jarraian gertatu ez direlako ez da eguzki-eklipse osoa gertatzen.

Kasu honetan, ingurua ez da ilunduko eta ezingo dugu eguzki-koroa ikusi, nahiz eta eguzki-diskoaren % 99 estalita egon!

11.3.2. Osoak

Lehen aipatu dugun bezala, Lurretik ikusita, Ilargiaren eta Eguzkiaren diametro angeluarrak oso antzekoak dira. Hala ere, kasu gehienetan, Ilargiarena piska bat handiagoa da. Beraz, Ilargi berriko lerrokadura zehatza gertatzen bada, eguzki-eklipse osoa izango dugu, Ilargiak guztiz estaliko baitu Eguzkiaren diskoa. Minutu gutxi batzuetan, ingurua ilundu egingo da, eta orduan eguzki-koroa ikusteko aukera izango dugu, eta babesik gabe, jakina.

11.3.3. Eraztun itxurakoak

Lurra periheliotik hurbil dagoenean, Eguzkia ohi baino piska bat handiagoa ikusten da. Bestetik, Ilargia apogeotik hurbil dagoenean, ohi baino piska bat txikiagoa ikusten da. Eta bi horiek aldi berean gertatzen badira, Ilargiaren tamaina angeluarra Eguzkiarena baino piska bat txikiagoa bihurtzen da, ohi denaren kontrara. Kasu horretan, lerrokadura oso zehatza baldin bada, eguzki-eklipse osoa gertatu beharrean, eraztun itxurakoa gertatuko da. Lurretik ikusita, Ilargiaren disko iluna Eguzkiaren disko distiratsuaren barruan ikusten da.

11.3.4. Hibridoak

Eguzki-eklipse mota hau nahiko berezia da: izatez, osoaren eta eraztun itxurakoaren arteko nahasketa da, eta beraz, bien ezaugarriak nahasten ditu. Eguzki-eklipsea gertatzeko baldintza guztiak betetzeaz aparte, beste hau ere betetzen du: Ilargiaren eta Eguzkiaren itxurako diskoaren tamainak oso antzekoak izatea. Kasu horretan, Lurraren gainazaleko puntu batzuetan iraupen txikiko eklipse osoa ikusiko da; beste batzuetan, ostera, eraztun itxurakoa. Batez beste, zortzi urtean behin gertatzen da eguzki-eklipse hibrido bat.

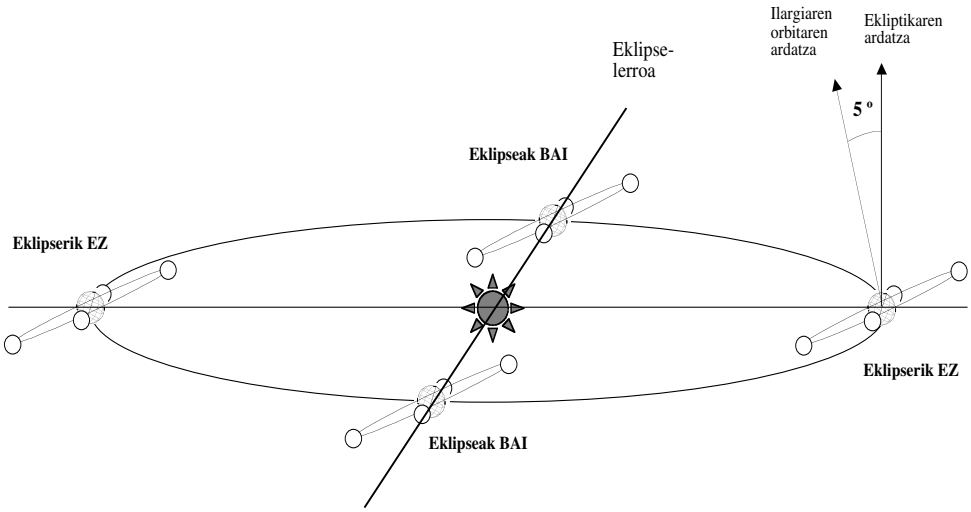
11.4. EKLIPSEEN OINARRIAK

Eklipseak fenomeno nahiko bitxiak dira, noizean behin baino ez dira gertatzen. Batez beste, urtero 1,5 ilargi-eklipse eta 2,5 eguzki-eklipse gertatzen dira. Baina, horien erdiak partzialak izaten dira, lerrokadura guztiz perfektua ez delako. Bestetik, eguzki-eklipseak Lurraren eremu txiki batean baino ez dira ikusgai. Ondorioz, leku finko batean eklipse bat ikusi ahal izateko, urte ugari igaro behar dira batez beste. Kapituluaren amaieran, ondorengo urteetan gertatuko diren eklipseen aurreikuspena aurkezten dugu.

11.4.1. Nodo-lerroaren eragina

Baina, zergatik ez da ilargi-eklipsea hilero gertatzen, Ilargi betea dagoen kasu guztietan, alegia? Eta, horren antzera, zergatik ez da eguzki-eklipsea hilero gertatzen, Ilargi berria dagoen kasu guztietan?

Aurreko atalean aurkeztu ditugun irudi bidimentsionalek ezin diete galdera hauei erantzun. Errealitatea piska bat konplexuagoa da, eta hiru dimentsioko irudien beharra daukagu kasu honetan. Izan ere, Ilargiaren orbita 5° inklinatuta dago ekliptikaren planoarekiko.



Ilargiaren orbitak ez du ekliptikarekin guztiz bat egiten.

Aurreko galderen erantzuna sinplea da: bai Lurraren eta bai Ilargiaren itzalkonoak beti dira ekliptikaren planoarekiko paraleloak. Ostera, Ilargi berria edo betea gertatzen den kasu gehienetan, Ilargia ekliptikaren planoaren gainetik edo azpitik pasatzen da. Orduan, hiru astroen arteko lerrokadura ez da guztiz perfektua, eta eklipserik ez da gertatzen.

Ilargiaren orbitaren planoaren eta ekliptikaren planoaren arteko ebakidura-zuzenari nodo-lerroa deritzo. Ilargiak hilero zeharkatzen ditu bi nodoak, goranzkoa eta beheranzkoa.

Beraz, eklipsea gertatzeko, Ilargi berria edo betea izateaz aparte, Ilargiak ekliptikaren planotik oso hurbil egon behar du. Edo, beste modu batean esanda, Ilargi betea edo berria gertatu denetik nodo-lerroa zeharkatu arte denbora-tarte txikia egon behar da, egun-erdia gehienez.

11.4.2. Saros zikloa

Ilargiaren kapituluan ikusi dugun bezala, Ilargiak orbita nahiko konplexua dauka, eta lau periodo neur diezaizkiokegu. Milioika urteko eboluzio dinamikoari esker, lau periodo horiek nolabait elkarrekin lotuta daude, eta ondoko anizkoitzek oso antzeko iraupena dutela egiaztatzen da:

242 hil drakoniko = 223 hil sinodiko = 239 hil anomalistiko = 18 urte 11 egun

Horrek esan nahi du 18 urterik behin hiru astroak ia-ia posizio erlatibo berean agertzen direla. Beraz, denbora-tarte hori bananduta dauden bi eklipseek oso antzeko ezaugarriak izango dituzte.

11.5. TAULAK

Taulan ikusten denez, urte batean gertatzen diren eklipseak bi txandatan banatuta daude, sei hilabetez banatuta. Horren arrazoia nodo-lerroaren orientazio egokia da. Txanda batean ilberria nodo gorakorrarekin bat dator, eta ilbetea nodo beherakorrarekin. Sei hilabete beranduago, eguzki izpiak kontrako norabidetik datozenean, alegia, ilberria nodo beherakorrarekin bat dator, eta ilbetea nodo gorakorrarekin.

Epe luzeagora beste fenomeno bat ere antzeman daiteke taula hauetan: urte batetik bestera, eklipseak egun batzuk lehenago gertatzen direla. Horren arrazoia Ilargiaren nodo-lerroaren aurrerapena da, hau da, bere norabidea espazioan finko mantendu beharrean, aurrerantz biratu egiten duela.

Datuok NASAko web orri honetatik hartuta daude. Informazio gehiago nahi izanez gero, ikus:

"Eclipse Predictions by Fred Espenak, NASA/GSFC"

http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

Laburdurak: "e"= ekialdea, "w"= mendebaldea, "n"= iparraldea, "s"= hegoaldea, "c"= zentroa

11.5.1. Ilargi-eklipseak 2001-2010

Data	Eklipse-mota	Magnitudea	Iraupen osoa	Ikus-eremua
2001 urt. 09	Osoa	1.195	62 min	e Amerika, Europa, Afrika, Asia
2001 uzt. 05	Partziala	0.499	-	e Afrika, Asia, Australia, Pazifikoa
2003 mai. 16	Osoa	1.134	53 min	c Pazifikoa, Amerika, Europa, Afrika
2003 aza. 09	Osoa	1.022	24 min	Amerika, Europa, Afrika, c Asia
2004 mai. 04	Osoa	1.309	01 h 16 min	s Amerika, Europa, Afrika, Asia, Australia
2004 urr. 28	Osoa	1.313	01 h 21 min	Amerika, Europa, Afrika, c Asia
2005 urr. 17	Partziala	0.068	00 h 58 min	Asia, Australia, Pazifikoa, Ipar Amerika
2006 ira. 07	Partziala	0.189	-	Europa, Afrika, Asia, Australia
2007 mar. 03	Osoa	1.238	01 h 14 min	Amerika, Europa, Afrika, Asia
2007 abu. 28	Osoa	1.481	01 h 31 min	e Asia, Australia, Pazifikoa, Amerika
2008 ots. 21	Osoa	1.111	00 h 51 min	c Pazifikoa, Amerika, Europa, Afrika
2008 abu. 16	Partziala	0.813	-	s Amerika, Europa, Afrika, Asia, Australia
2009 abe. 31	Partziala	0.082	01 h 02 min	Europa, Afrika, Asia, Australia
2010 eka. 26	Partziala	0.542	02 h 44 min	e Asia, Australia, Pazifikoa, w Amerika
2010 abe. 21	Osoa	1.262	03 h 29 min	e Asia, Australia, Pazifikoa, Amerika, Europa

11.5.2. Eguzki-eklipseak 2001-2010

Eguzki-eklipseak 2001-2010

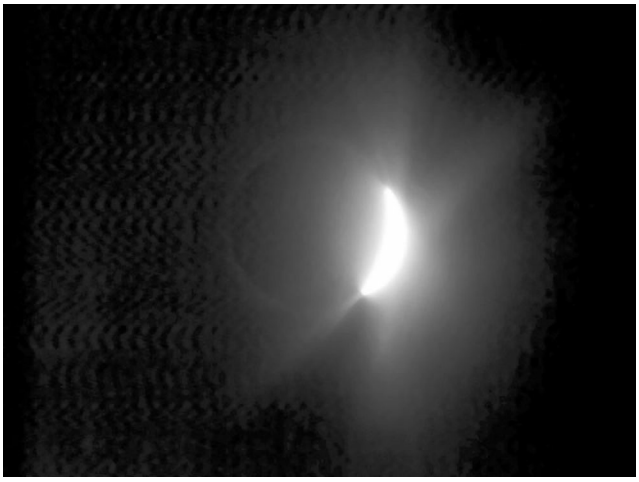
Data	Eklipse-mota	Magnitudea	Zentroko iraupena	Ikus-eremua
2001 eka. 21	Osoa	1.050	04 min 57 s	e Hego Amerika, Afrika [Osoa: s Atlantikoa, s Afrika, Madagaskar]
2001 abe. 14	Eraztuna	0.968	03 min 53 s	Ipar eta Erdialdeko Amerika, nw Hego Amerika [Eraztuna: c Pazifikoa, Costa Rica]
2002 eka. 10	Eraztuna	0.996	00 min 23 s	e Asia, Australia, w Ipar Amerika [Eraztuna: n Pazifikoa, w Mexiko]
2002 abe. 04	Osoa	1.024	02 min 04 s	s Afrika, Antartika, Indonesia, Australia [Osoa: s Afrika, s Indikoa, s Australia]
2003 mai. 31	Eraztuna	0.938	03 min 37 s	Europa, Asia, nw Ipar Amerika [Eraztuna: Islandia, Groenlandia]
2003 aza. 23	Osoa	1.038	01 min 57 s	Australia, Zeelanda Berria, Antartika, s Hego Amerika [Osoa: Antartika]
2004 api. 19	Partziala	0.736	-	Antartika, s Afrika
2004 urr. 14	Partziala	0.927	-	ne Asia, Hawaii, Alaska
2005 api. 08	Hibridoa	1.007	00 min 42 s	Zeelanda Berria, Ipar eta Hego Amerika [Hibridoa: s Pazifikoa, Panama, Colonbia, Venezuela]
2005 urr. 03	Eraztuna	0.958	04 min 32 s	Europa, Afrika, s Asia [Eraztuna: Portugal, Espainia, Libia, Sudan, Kenya]
2006 mar. 29	Osoa	1.052	04 min 07 s	Afrika, Europa, w Asia [Osoa: c Afrika, Turkia, Errusia]
2006 ira. 22	Eraztuna	0.935	07 min 09 s	Hego Amerika, w Afrika, Antartika [Eraztuna: Guyana, Surinam, Guyana Frantsesa, s Atlantikoa]
2007 mar. 19	Partziala	0.874	-	Asia, Alaska
2007 ira. 11	Partziala	0.749	-	Hego Amerika, Antartika
2008 ots. 07	Eraztuna	0.965	02 min 12 s	Antartika, e Australia, Zeelanda Berria [Eraztuna: Antartika]
2008 abu. 01	Osoa	1.039	02 min 27 s	ne Ipar Amerika, Europa, Asia [Osoa: n Kanada, Groenlandia, Siberia, Mongolia, Txina]
2009 urt. 26	Eraztuna	0.928	07 min 54 s	s Afrika, Antartika, se Asia, Australia [Eraztuna: s Indikoa, Sumatra, Borneo]
2009 uzt. 22	Osoa	1.080	06 min 39 s	e Asia, Pazifikoa, Hawaii [Osoa: India, Nepal, Txina, c Pazifikoa]
2010 urt. 15	Eraztuna	0.919	11 min 08 s	Afrika, Asia [Eraztuna: c Afrika, India, Txina]

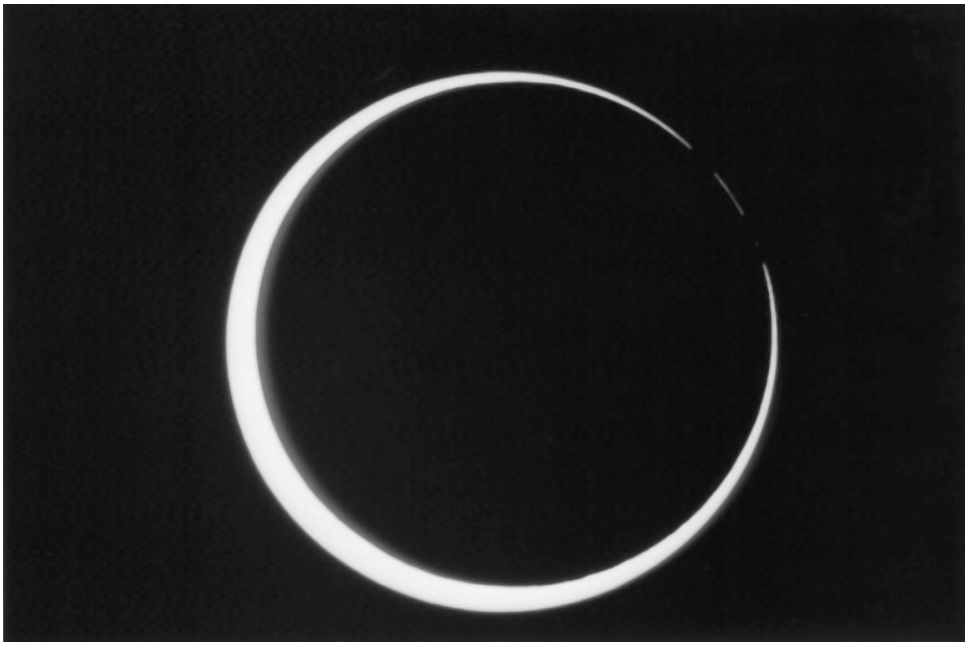
11.6. ARGAZKIAK

Eklipseen gaiarekin amaitzeko, autoreak berak egindako argazki batzuk aurkeztuko ditugu:







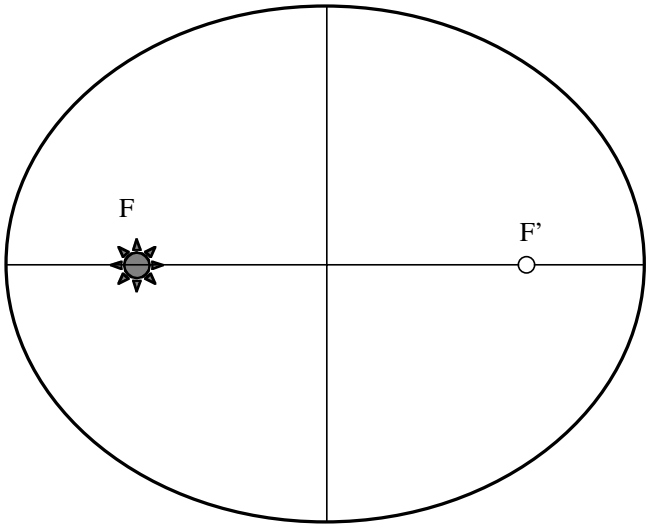


12. Planetak

12.1. PLANETEN HIGIDURA

12.1.1. Kepler-en 1. legea

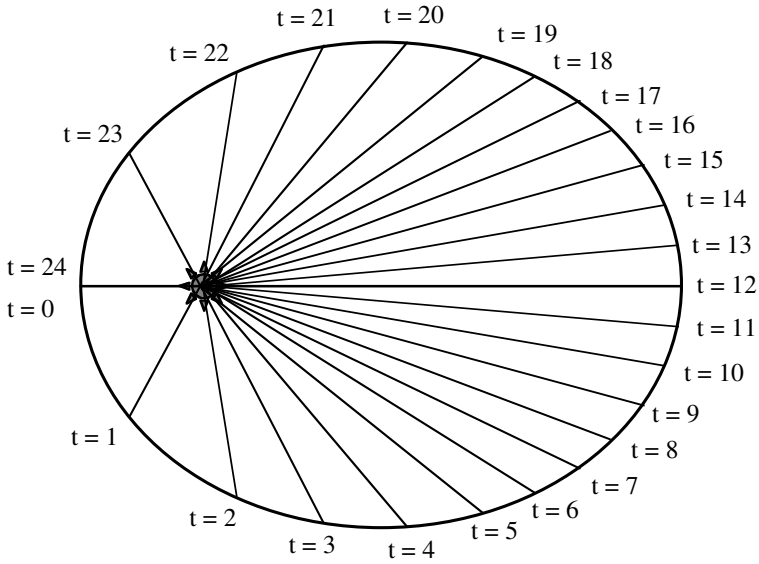
Planeta guztiak Eguzkiaren inguruan biratzen dira, orbita eliptikoei jarraituz, eta Eguzkia elipsearen foko batean dagoelarik.



Kepler-en 1. legea.

12.1.2. Kepler-en 2. legea

Planeta batek, bere ibilbideko tarte desberdinetan, denbora-unitateko azalera berdina ekortzen du. Beraz, abiadura maximoa perihelioan izango du, eta minimoa, berriz, afelioan.



Kepler-en 2. legea.

12.1.3. Kepler-en 3. legea

Planeta baten orbitaren ardatzerdi nagusiaren kuboa eta bere periodoaren karratua zuzenki proportzionalak dira. Proportzionaltasun-konstante hori Eguzkiaren masaren araberakoa da.

$$\frac{a_A^3}{T_A^2} = \frac{a_B^3}{T_B^2} = \frac{a_C^3}{T_C^2} = \frac{a_D^3}{T_D^2} = GM$$

non a_X X planetaren orbitaren ardatzerdi nagusiaren luzera den, T_X X planetaren orbitaren periodoa den, G grabitazio-konstante unibertsala eta M Eguzkiaren masa den.

12.2. PLANETEN PERIODO SIDEREOA ETA SINODIKOA

Planeta guztien orbitak gutxi gorabehera plano berean daudela ikusi dugu. Baina ez hori bakarrik! Orbitak ia-ia zirkularrak dira gainera, eta noranzko berean ibiltzen dituzte planetek. Ba hori ez da inolaz ere kasualitatea, denak sortu baitziren biraka ari zen jatorrizko disko batetik.

12.2.1. Definizioak

Planeta baten translazio-periodoari dagokionez, bi periodo mota bereizi behar ditugu:

Periodo sidereoa. Kapitulu honetako lehenengo atalean definitu duguna da, fisikoki garrantzitsuena. Bere esanahia honela ere uler dezakegu: Planeta bat *Eguzkitik* ikusita, berriz ere *izarrekiko norabide berean* ikusteko igaro behar den denbora.

Baina Lurretik ikusita beste honako periodo hau izan daiteke interesgarriagoa:

Periodo sinodikoa. Planeta bat *Lurretik* ikusita, berriz ere *Eguzkiarekiko posizio erlatibo berean* ikusteko igaro behar den denbora.

12.2.2. Kalkuluak

Ikus dezagun zer-nolako erlazioa dagoen aurreko bi periodoen artean. Suposa dezagun Lurraren eta beste planetaren periodo sidereoak ezagunak ditugula (17.1. eranskinean adierazitakoak). Zenbat denbora pasatu behar da bi planetak berriz ere konfigurazio erlatibo berean egon arte? Bada, *batek besteari bira oso bateko aurrea* hartzeko behar duena, hain zuzen ere.

Jakin badakigu (Kepler-en 3. legeak esanda) barnekoenak periodo laburragoa edukiko duela kanpokoak baino. Beraz, eta Lurrarena bietatik zein den arduratu gaberik, T1 deituko diogu barneko planetaren periodoari, eta T2 kanpokoarenari. Beren maiztasuna, jakina, balio horien alderantzizkoa izango da:

$$f1 = \frac{1}{T1} \qquad f2 = \frac{1}{T2} \qquad T1 < T2 \qquad f1 < f2$$

Zentzu berean biratzen direnez gero, higidura erlatiboaren maiztasuna bi maiztasunen arteko kendura izango da (kontrako zentzuan biratuko balira, batura izango litzateke, ordea):

$$f_{Sinod} = f1 - f2 .$$

Beraz, aurrekoak ordezkatuta erraz kalkula dezakegu periodo sinodikoa:

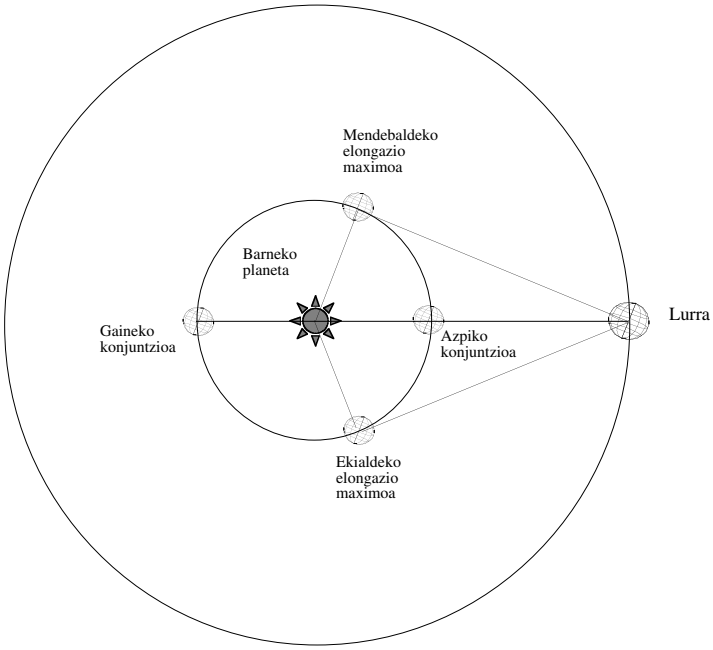
$$T_{Sinod} = \frac{1}{f_{Sinod}} = \frac{1}{\frac{1}{T1} - \frac{1}{T2}} = \frac{T1 \cdot T2}{T2 - T1}.$$

Bi periodoak antzekoak direnean, izendatzailea txikia egiten da, eta periodo sinodikoa, berriz, handia. Hau da, barnekoak bira asko egin behar ditu kanpokoari aurrea hartzeko.

Bestetik, kanpokoaren periodoa askoz handiagoa bada, izendatzailea T2-ren antzekoa izango da. Beraz, periodo sinodikoa T1 baino piska bat handiagoa izango da. Kasu horretan barrukoak bira oso bat egin eta berehala aurkitzen du berriz kanpokoa, gutxi mugitu delako, alegia.

12.3. BARNE-PLANETEN POSIZIO ERLATIBOAK

Merkurio eta Artizarra Eguzkitik hurbilago daude Lurra bera baino. Horregatik deitzen dira barne-planetak, hain zuzen ere. Beren orbitetan aurreraka doazen heinean, konfigurazio desberdinetan ikus ditzakegu, atal honetan ikusiko dugun bezala. Hala ere, beti Eguzkitik hurbil ikusiko ditugu, inoiz ere ez bere atzealdean (oposizioan). Kontuan hartu bedi Lurra ere higitzen dela!



Barne-planeten posizio erlatiboak.

12.3.1. Gaineko konjuntzioa

Barne-planeta bat Eguzkiaren atzetik pasatzen denean, gaineko konjuntzioan dagoela diogu. Garai horretan, jakina, ezin dugu ikusi, Eguzkiaren argitasun itzelaren ondoan ezkutatzen delako.

12.3.2. Elongazio maximoak

Planeta baten elongazioa, oro har, ekliptikan zehar neurtuta planeta horretatik Eguzkiraino dagoen distantzia angeluarra da, Lurretik ikusita. Barne-planetek elongazioa mugatuta dute, orbiten geometria dela eta: Merkurioren elongazio maximoa 28°-koa baino ez da, eta Artizarrarena 46°-koa.

Barne-planetak ikusteko aukerarik onena elongazio maximotik hurbileko garaiak dira, eta bi izaten dira orbita bakoitzeko:

- Ekialderanzko elongazio maximoa gaineko konjuntzioaren ostean gertatzen da, eta garai horretan barne-planeta ilunabarrez ikus daiteke, Eguzkia ezkutatu eta ordu gutxi batzuk beranduago.
- Mendebalderanzko elongazio maximoa gaineko konjuntzioa baino lehenago gertatzen da, eta garai horretan barne-planeta egunsentiz ikus daiteke, Eguzkia atera baino ordu gutxi batzuk lehenago.

12.3.3. Azpiko konjuntzioa

Barne-planeta bat Eguzkiaren aurretik pasatzen denean, azpiko konjuntzioan dagoela diogu. Garai horretan ere, jakina, ezin dugu ikusi, Eguzkiaren argitasun itzelaren ondoan ezkutatzen delako.

Kasu arraro batzuetan, aldi berean nodo-lerrotik hurbil dagoenean, barne-planeta Eguzkiaren diskoaren aurretik pasatzen ikus dezakegu. Fenomeno horri *transito* deritzo, eta eklipsea izango litzateke, baldin eta barne-planeta askoz handiagoa izango balitz.

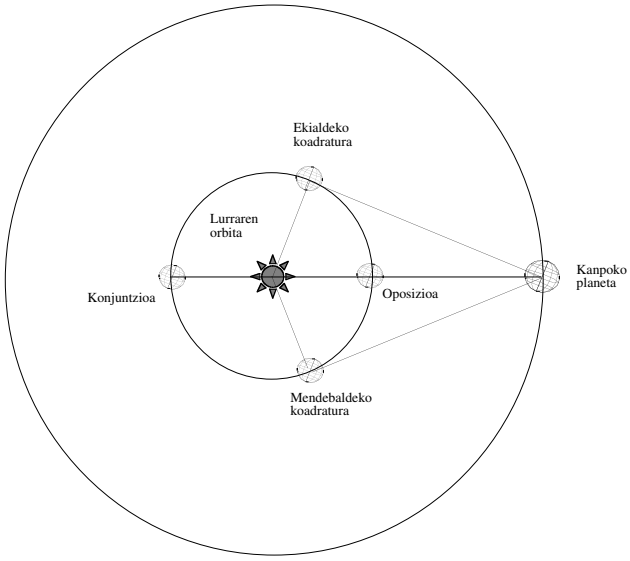
Merkurioren transitoak urte gutxi batzuetan behin gertatzen dira, baina Artizarrarenak oso arraroak dira. Kasualitatez, 2004 eta 2012.eko ekainean ikusi ahal izango ditugu horrelako bi. Kontuz! Fenomeno hau ikusteko eguzki-argia gutxienez 100.000 aldiz moteltzen duen iragazkia erabili behar duzu.

12.3.4. Atzeranzko higidura

Azpiko konjuntziotik hurbil, barne-planeta baten erretrogradazioa ikus daiteke, hau da, ekliptikan zehar atzeraka higitzen ari dela, Lurretik ikusita. Efektu hau higidura erlatiboak sortzen du, eta kanpo-planetetan ere gertatzen da. Ikus *12.4.4. Kanpo-planeten atzeranzko higidura*.

12.4. KANPO-PLANETEN POSIZIO ERLATIBOAK

Lurraren orbitatik kanpora agertzen diren beste planetak kanpo-planetak deitzen dira. Horiek beste posizio erlatibo batzuetan ager daitezke, Lurretik ikusita.



Kanpo-planeten posizio erlatiboak.

12.4.1. Konjuntzioa

Kasu honetan, kanpo-planetak ere Eguzkiaren atzetik pasa daitezke, (gaineko) konjuntzioa gertatuz. Baina inolaz ere ezin dira aurretik pasatu, beraz ez da azpiko konjuntziorik egongo, ezta transitorik ere. Eta, zer esanik ez, ez dira batere ikusgaiak, Eguzkiaren argian ezkutatuta.

12.4.2. Koadraturak

Kanpo-planeta batetik Lurra elongazio maximoan aurkitzen den unean bertan, planeta hori koadraturan agertzen zaio Lurrari, hau da, Eguzkiarekiko angelu zuzenean, 90°-ko elongazioaz, alegia.

Koadraturak ere bi dira jakina: ekialdekoa eta mendebaldekoa. Lehenengo kasuan, kanpo-planetak Eguzkia ezkutatu orduko kulminatzen du, eta bera gauerdian ezkutatzen da, beraz gauaren lehen erdian dago ikusgai. Bigarren kasuan, berriz, kanpo-planeta gauaren bigarren erdian ikus daiteke, gauerdian atera eta egunsentian kulminatzen du eta.

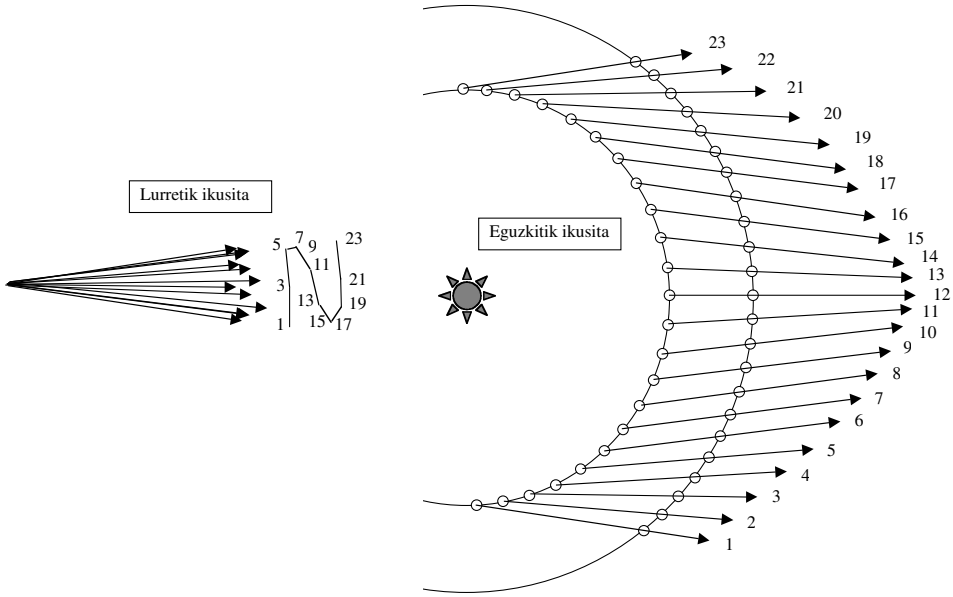
12.4.3. Oposizioa

Kanpo-planetek soilik aurkezten duten posizio erlatiboa da hau, eta behatzeko onena gainera! Lurretik ikusita, Eguzkiaren kontrako noranzkoan agertzen da kanpo-planeta, 180°-ko elongazioaz, alegia. Beraz, Eguzkia ezkutatzen denean, planeta atera egiten da, eta alderantziz. Horrek esan nahi du gau osoan zehar ikus

dezakegula planeta. Eta bere kulminazioa gauerdian gertatzen da, iluntasuna maximoa denean. Horretaz aparte, Lurraren eta kanpoko planetaren arteko distantzia minimoa denean, planetaren diskoaren tamaina angeluarra maximoa gertatzen da.

12.4.4. Atzeranzko higidura

Oposiziotik hurbil, Lurretik ikusita badirudi kanpo-planetak ekliptikan atzerantz higitzen direla. Izatez, higidura erlatiboak sortutako efektua da, Eguzkitik ikusita planeta guztiek beti euren orbitetan aurrerantz egiten dutelako. Irudi honen bidez ondo uler daiteke:



Kanpo-planeten atzeranzko higidura.

12.5. PLANETAK IDENTIFIKATZEKO LAGUNTZA

Azken atalean, eguzki-sistemako planetak zeruko esferan begi hutsez nola aurki daitezkeen azalduko dugu; beren deskribapen fisikoa ez dugu liburu honetan egingo.

12.5.1. Merkurio

Barneko planeta izanik, eta gainera Eguzkitik hain hurbil egonik, Lurretik beti Eguzkiaren norabidearen inguruan ikustekoa da Merkurio. Bere elongazio maximoa 28º-koa da afelioan dagoenean, eta 18º-koa besterik ez perihelioan dagoenean. Obserbazio egokiak egiteko, beraz, oso txikia suertatzen da; izan ere, Eguzkiaren distirak bere inguruko 20º-ak praktikan ikusezinak bihurtzen ditu.

Beraz, Merkurio ikusteko aukera bakarra horixe da: bere elongazio maximoa noiz gertatuko den ezagutu (edozein urtekaritan edota Interneten begiratuta), eta data horren inguruan behaketa egin. Kontuan hartu ekialdeko elongazioetan ilunabarrean izango dela ikusgai, eta mendebaldekoetan, ostera, goizaldean. Merkurio ikusteko ordurik egokiena hauxe da: Eguzkia horizonte azpitik 10º ingurura kokatzen denean, zeruak (oraindik/jadanik) argitasun piska bat mantentzen duelarik.

Kolorez nahiko zuria ikusten da, eta nahiko distiratsua; bere magnitudea -1,5 ingurukoa izan daiteke. Hala ere, tamalez oraindik oso ilun ez dagoen zeruaren aurrean kontraste txikia aurkezten du. Gainera, horizonte gainean altuera txikia daukanez gero, atmosferako turbulentziak irudia nahiko okertzen du. Horrek teleskopioaren handipena neurri handi batean mugatzen du. Diskoaren irudia kaskarra izan ohi da eta bertan fasea soilik ikus daiteke, baina besterik ez.

12.5.2. Artizarra

Hau ere barneko planeta da, baina ikusten askoz errazagoa, eta ederragoa! Bere elongazio maximoak 46º ingurukoak dira, eta hori jadanik nahikoa da Eguzkiaren oztopoa hein handi batean alderatzeko. Beraz, denbora-tarte handiagoak izango ditugu Artizarra ikusteko, bai ilunabarraren ostean edota goizaldearen aurrean. Baina, gauerdian ikustea, hala ere, ezinezkoa da, barneko planetak ezin baitira inoiz oposizioan ezta koadraturan egon.

Gainera, Artizarraren distira Merkuriorena baino askoz handiagoa da (-4,6 magnitudera hel daiteke). Izatez, Eguzkia eta Ilargiaren ostean, hurrengo astrorik distiratsuena da Artizarra. Bere kolorea ere zuri-zuria da, eta bere albedoa (argia islatzeko gaitasuna) oso altua da.

Bere distira maximoa azpiko konjuntziotik hurbil gertatzen da, Lurretik nahiko hurbil dagoenean. Posizio horretan dagoenean, eguerdian ere begi hutsez ikus daiteke; eta gauez (zerua oso ilun badago), bere argiak ematen duen itzala nabari daiteke. Ez da harritzekoa askotan jendeak hegazkinekin (edota OVNI edo Objektu Hegalari Ezezagunekin) erratzea!

Teleskopioz behatuta, miniaturazko Ilargia ematen du: oso zuria eta, aldi berean, faseduna ikusten da. Lurrerako distantzia oso aldakorra duenez (42 milioi km-tik 258 milioira bitartean), bere itxurazko tamaina ere oso aldakorra da. Azpiko konjuntziotik hurbil, arku-minutu bat baino gehiagoko neurria du; giza begiaren bereizmena piska bat finagoa izango balitz, bere tamaina nabarituko genuke!

12.5.3. Marte

Marte ere oso aldakorra ikusten da hilabete batetik bestera, bai distirari dagokionez, bai itxurazko tamainari dagokionez ere. Eta horren arrazoia, Artizarraren kasuan bezala, honako honetan datza: bere Lurrerainoko distantzia ere oso aldako-

rra izatean, Lurraren “auzokoa” delako. Hala ere, ezberdintasun nabarmena da Marte kanpoko planeta izatea; horregatik, azpiko konjuntzioan kokatu beharrean oposizioan kokatuko da.

Begi hutsez gorri-gorria ikusten da, oposiziotik hurbil dagoenean oso distiratsua. Baina Marteren orbita piska bat eszentrikoa denez gero, oposizio guztiak ez dira berdinak izango: periheliotik hurbil gertatzen denean, distantzia 55 milioi km-ra murriztu daiteke (2003. urtean gertatu zen bezala); ostera, oposizioa afelioan gertatzen denean 102 milioi km-ra bakarrik hurbiltzen da. Hala ere, bere orbitaren zatirik handienean distantzia hori baino urrunago egoten da, jakina. Distantziarik handiena konjuntzioan gertatzen da, eta afelioarekin batera gertatzen bada, ia-ia 400 milioi km-ra iritsiko da.

Teleskopioz behatuta disko gorriska baten moduan ikusten da. Oposiziotik hurbil dagoenean, izotzezko eremu zuria nabaritzen zaio poloaren inguruan.

12.5.4. Jupiter

Begi hutsez oso distiratsua ikusten da urte osoan, edozein izar baino distiratsuagoa betiere. Nahiz eta aurreko planetak baino askoz urrunago egon, bere tamaina erraldoiari esker lortzen du hori. Laranja kolorekoa da, eta teleskopioz bola zapala ikusten zaio, lau satelite galilearrek inguraturik (Io, Europa, Ganimedes eta Calisto). Lurretik distantzia handira dagoenez gero, bere diska beti guztiz argituta ikusten dugu; ezin diogu faserik ikusi, alegia.

12.5.5. Saturno

Planeta hau ere izar nahiko distiratsu baten moduan ikusten da begi hutsez, eta hori kolorekoa da. Bere distantzia handia dela eta, urte osoan antzeko distira nabaritzen diogu, eta era berean ezin diogu faserik ikusi.

Teleskopioz ikusita, planeta honek ere disko zapala ematen du, baina aparteko ezaugarria erakusten digu: bere inguruan, ekuatorean, biraka ari den eraztun ederra dauka. 29 urteko denbora-tartean, eraztunaren itxurazko inklinazioa aldatu egiten da. Lurra Saturnoren ekuatorearen planotik pasatzen denean, bere eraztuna ertzez azaltzen zaigu, eta oso mehea denez gero, ezin dugu ikusi. Ordea, zazpi urte beranduago, eraztuna 26º-ko angeluaz azaltzen zaigu, Saturnoren diskoa inguratuz. Beste zazpi urte beranduago, berriro ertzez agertuko zaigu eraztuna. Azkenik, hurrengo hamabost urteetan kontrako hemisferioa aurkeztuko digu Saturnok.

13. Planeten orbiten kalkulu zehatza

Aurreko kapituluan azaldutakoa nahikoa da planetei buruzko oinarrizko ezagutza lortzeko. Zehaztasun handirik behar ez denean, planeten orbitei buruz hainbat sinplifikazio egin daiteke kalkuluak errazteko asmoz. Adibidez, orbita guztiak plano berean aurkitzen direla (ekliptikan), eta orbita guztiak zirkularrak direla, eta abiadura konstantez ibiltzen dituztela planetak.

Baina zehaztasun gehiago behar izanez gero, kalkuluak konplikatu egiten dira. Eta hau izango da, hain zuzen ere, kapitulu honetan ikusiko duguna.

13.1. PLANETEN ELEMENTU ORBITALAK

Planeta baten orbitaren ezaugarri espazialak guztiz finkatzeko beharrezkoak diren sei magnitude dira elementu orbitalak. Horiek kontuan hartzea behar-beharrezkoa dugu planeten efemerideak kalkulatu nahi baditugu, hau da, denboraren funtzioan bere posizio zehatza taulatu nahi badugu.

Elementu orbital batzuei dagokien orbita konikoa (eliptikoa, parabolikoa edo hiperbolikoa) dela suposatzen da. Beraz, bi masen problema ebazten ari garenean erabiliko ditugu: planeten orbitak Eguzkiaren inguruan, edota sateliteen orbitak planeten inguruan, adibidez. Kasu honetan, sistemako beste masen eragina arbuiatzen ari gara, eta elementu orbitalak konstante mantenduko dira denboran.

Kasu orokorrago batean, sistemako beste masen eragina hau izango da: denboran zehar, elementu orbitalak pixkanaka aldatuz joango direla. Baina ez dugu kasu hau aztertuko.

Puntu honetatik aurrera, sei elementu orbitalak banan-banan aztertuko ditugu, bakoitza hobeto ulertzeko beharrezkoak diren irudiak bateratuz.

13.1.1. Eszentrikotasuna (e)

Elementu honek orbitaren forma adierazten du, eta orbitari dagokion kurba konikoaren eszentrikotasunarekin bat dator. Magnitude adimentsionala da, beraz, eta konikoaren formaren arabera, ondoko balioak har ditzake: $0 \leq e < 1 \Rightarrow$ Elipsea, $e = 1 \Rightarrow$ Parabola, $e > 1 \Rightarrow$ Hiperbola. Elipsearen kasu partikular garrantzitsua hauxe da: $e = 0 \Rightarrow$ Zirkunferentzia.

Planeta gehienen eszentrikotasuna nahiko txikia da (e < 0,1), eta batzuetan ondoko hurbilpena egin daiteke: orbita zirkularra dela suposatu, eta planeta abiadura konstantez mugitzen dela. Horrek efemerideen kalkuluak asko errazten ditu, zehaztasun handirik behar ez denean.

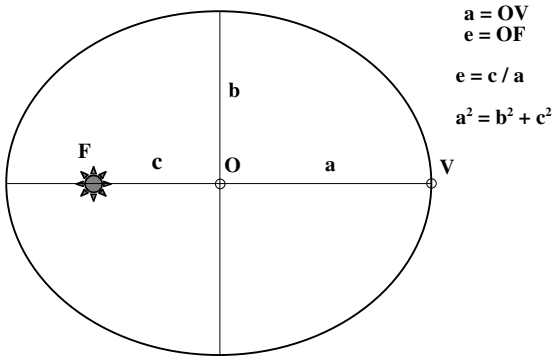
13.1.2. Ardatzerdi nagusia (a)

Elementu honek orbitaren tamaina adierazten du, beraz luzera-magnitudea da ardatzerdi nagusia. Eguzki-sistemari dagokionez, erabiltzen den unitaterik arruntena hauxe da: Unitate Astronomikoa (1 UA = 149.597.870 km), hain zuzen ere Lurraren orbitaren ardatzerdi nagusiaren balioa.

Orbita hiperbolikoen kasuan, ardatzerdi nagusiaren ordez perihelio-distantzia (q) erabiltzen da. Aurreko magnitudearekin daukan erlazioa hauxe da:

$q = a - c = a (1 - e)$ perihelio-distantzia

$Q = a + c = a (1 + e)$ afelio-distantzia



Bi elementu orbital geometrikoen azalpen grafikoa.

13.1.3. Inklinazioa (i)

Elementu honek, hurrengoarekin batera, orbitaren orientazioa adierazten du, kanpoko erreferentzia-plano batekiko. Magnitude angeluarra da, eta gradu hirurogeitarretan neurtzen da normalean.

Planeten kasuan, ekliptika hartzen da normalean erreferentzia-planotzat. Sateliteen kasuan, berriz, dagokien planetaren ekuatorea.

Planetaren orbita-planoaren eta erreferentzia-plano baten artean dagoen angelua adierazten du, nodo-lerroan artikulatuta.

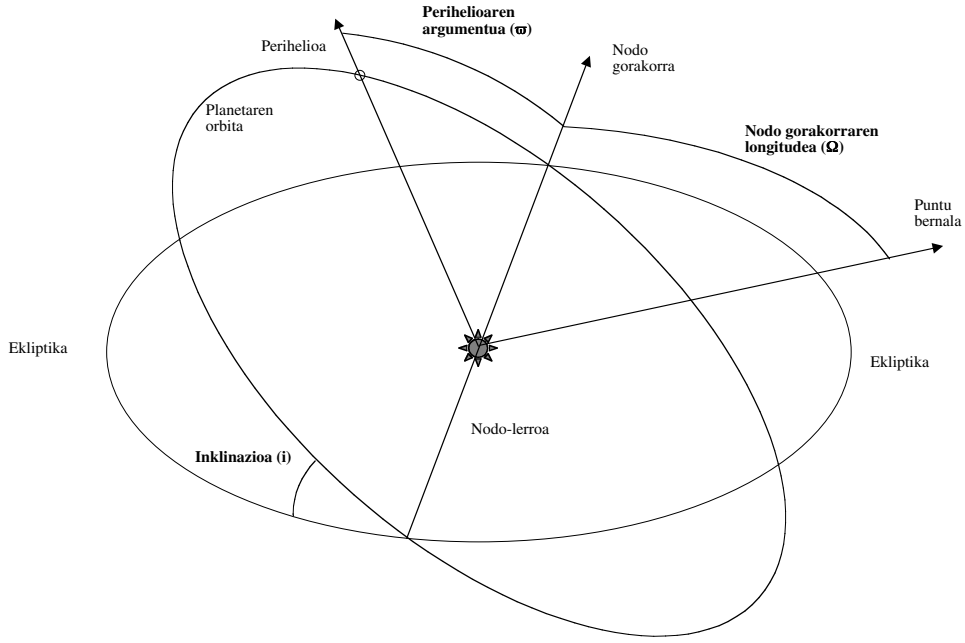
13.1.4. Nodo gorakorraren longitudea (Ω)

Elementu honek, aurrekoarekin batera, orbitaren orientazioa adierazten du, kanpoko erreferentzia-plano batekiko. Hau ere magnitude angeluarra da, eta gradu hirurogeitarretan neurtzen da normalean.

13.1.5. Perihelioaren argumentua (ϖ)

Elementu honek orbitaren orientazioa adierazten du, bere planoaren barruan. Nodo-lerrotik hasita, perihelio-lerrora dagoen distantzia angeluarra adierazten du, eta gradutan neurtzen da bera ere.

Batzuetan, perihelioaren argumentua eman beharrean, perihelioaren longitudea (λ) ematen da. Biak lotzen dituen ekuazioa hauxe da: $\lambda = \Omega + \varpi$. Hala ere, kontuan hartu behar da bi plano desberdinetan neurtutako angeluak batzen ari garela. Beraz, perihelioaren longitudeak, oro har, ez dauka zentzu geometrikorik, orbitaren inklinazioa 0° denean ez bada behintzat.



Hiru elementu orbital angeluarren azalpen grafikoa.

13.1.6. Perihelio-denbora (T_{Ph})

Azken elementu honek planetaren higidura bere orbitarekin sinkronizatzeko balio du. Horrek esan nahi du edozein aldiunetan non dagoen jakin nahi badugu, aldez aurreko aldiune batean non egon den ere jakin beharko dugula.

Orbita koniko mota guztiek beti perihelioa daukatenez, puntu horretatik pasatu zeneko denbora adierazi ohi da horretarako. Perihelio-denbora data eta ordu zibiletan eman daiteke, edo bestela, egun juliotarretan ere eman ohi da.

Orbita eliptikoen kasuan, periheliotik pasatzea periodikoki errepikatzen den fenomenoa da. Kasu horretan, perihelio-denbora asko eman litezke, eta guztiek berdin antzera balioko lukete planetaren efemerideak kalkulatzeko. Hala ere, erroreak ez pilatzearren, komeni da interesatzen den garaitik hurbilen dagoen perihelio-denbora hartzea.

Beste batzuetan, planetaren posizioa sinkronizatzeko, perihelio-denbora eman beharrean, data konkretu bateko longitudea eman ohi da.

13.2. EFEMERIDEAK KALKULATZEKO PROZEDURA

Aldiune batean planeta baten norabide zehatza jakin nahi badugu (teleskopioa berarengana zuzentzeko, adibidez), ondoko algoritmoari jarraitu behar diogu:

13.2.1. Planeten posizio zehatza kalkulatzea

Planeta baten posizio zehatza jakiteko, nahitaezkoa da aurreko atalean ikusi ditugun elementu orbitalak ezagutzea. 13.1. eranskinean taularatu ditugu eguzki-sistemako planetenak.

- *Batez besteko anomalia kalkulatzea.* Abiadura angeluar uniformearen ekuazioan, $\frac{t - t_{Ph}}{T_{orb}} = \frac{M}{2\pi}$, ondoko balioak ordezkatu behar ditugu: t = zein aldiunetan kalkulatu nahi dugun planetaren posizioa, t_{Ph} = Perihelio-denbora, elementu orbital ezaguna, eta T_{orb} = periodo orbitala, ardatzerdi nagusia jakinda Kepler-en hirugarren legetik kalkula dezakeguna. Hortik M aska dezakegu, batez besteko anomalia. Bere esanahia hauxe da: planeta bere orbitan abiadura konstantez mugituko balitz, orbitaren zein angelutan egongo litzatekeen, periheliotik neurtuta. Baina kontuz! Orbita eliptikoetan ez da benetako angelua izango.
- *Anomalia eszentrikoa kalkulatzea:* Kepler-en ekuazioan ($\mathbf{M = E - e \sin E}$), lortu dugun **M**-ren balioa ordezkatu eta **E**-rena askatu behar dugu. Algebraikoki ezin dugunez **E** isolatu, puntu finkoko hurbilketa baten bidez kalkulatuko dugu bere balioa: $\mathbf{E_0 = M}$ hasierako balioa hartuta, $\mathbf{E_{i+1} = M + e \sin E_i}$ aplikazioa behin eta berriz iteratuko dugu $\mathbf{i = 0, 1, 2, ...}$ balioetarako, $\mathbf{E_i}$ eta $\mathbf{E_{i+1}}$-en arteko errorea nahi bezain txikia izan arte. Eszentrikotasun txikiko orbitentzat konbergentzia oso arina da, eta iterazio gutxi batzuk nahikoak izaten dira. Anomalia eszentrikoa ere alegiazko angelua da, planetaren posizioa finkatzen lagunduko diguna.

- *Posizioa kalkulatzea (plano orbitaleko koordenatu-sisteman).* ***a*** eta ***e*** elementu orbitalak eta kalkulatu berri dugun ***E*** angelua zuzenean ordezkatuko ditugu plano orbitaleko posizio-ekuazioetan:

$$X_{Orb} = a(\cos E - e)$$
$$Y_{Orb} = a\sqrt{1-e^2}\sin E$$

Bi koordenatu hauek planetaren posizioa adierazten dute plano orbitalean, Eguzkitik neurtuta. $\boldsymbol{X_{Orb}}$ delakoak perihelioaren norabideko koordenatua adierazten du, perihelioaren noranzkoan positiboa delarik.

- *Posizioa kalkulatzea (ekliptikako koordenatu-sisteman).* Orain koordenatu-aldaketa egin behar dugu, hau da, planetaren plano orbital propioan neurtu ditugun koordenatuak erreferentzia-sistema estandarrera (ekliptikara) pasatu. Horretarako hiru biraketa aplikatu behar ditugu, hiru ardatz desberdinen inguruan. Beraz, hiru matrize ortogonalekin biderkatuko dugu posizio-bektorea, bere luzera konstante mantenduko delarik.

$$\begin{pmatrix} X_{Ekl} \\ Y_{Ekl} \\ Z_{Ekl} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\Omega & -\sin\Omega & 0 \\ \sin\Omega & \cos\Omega & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & \\ 0 & \cos I \\ 0 & \sin I \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos\omega & -\sin\omega \\ \sin\omega & \cos\omega \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_{Orb} \\ Y_{Orb} \end{pmatrix}$$

Lehenengo biraketa (eskuineko matrizea, ω-duna) plano orbitalari elkarzuta zaion ardatzaren inguruan egiten da, ardatzen norabidea periheliotik nodora orientatzeko asmoz. Bigarren biraketa (erdiko matrizea, I-duna) nodolerroaren inguruan egiten da, koordenatuak plano orbitaletik ekliptikara pasatuz. Hirugarren biraketa (ezkerreko matrizea, Ω-duna) ekliptikari elkarzuta zaion ardatzaren inguruan egiten da, ardatzen norabidea nodolerrotik longitude ekliptikoaren jatorrira orientatzeko asmoz.

Ikusten denez, erdiko matrizeari hirugarren zutabea kendu zaio, hortik eskuinera Z osagaia erabiltzen ez delako. Horren arrazoia argi dago: planetaren posizioa beti bere plano orbitalaren barruan dagoenez, ez dauka norabide elkarzutean ateratzen den osagairik.

13.2.2. Lurraren posizio zehatza kalkulatzea

Aurreko azpiatalean beste planeta bati aplikatutako kalkuluak, azpiatal honetan Lurrari errepikatu beharko zaizkio. Prozedura berbera erabili behar da, baina Lurraren elementu orbitalekin, noski. Honen amaieran, Lurraren posizio-bektorea lortuko dugu, ekliptikako erreferentzia-sisteman adierazita.

13.2.3. Bi posizio-bektoreak lotzen dituen norabide-bektorea kalkulatzea

Horretarako bi posizio-bektoreen arteko kenketa baino ez da egin behar. Planeta norabide horretan ikusi ahal izango dugu.

$$X_{Pl-L} = X_{Pl} - X_L$$

$$Y_{Pl-L} = Y_{Pl} - Y_L$$

$$Z_{Pl-L} = Z_{Pl} - Z_L$$

Kalkuluen puntu honetan, Lurretik planetarainoko distantzia ere lor dezakegu erraz, Pitagoras-en teorema aplikatuta: $dist_{Pl-P} = \sqrt{X_{Pl-L}^2 + Y_{Pl-L}^2 + Z_{Pl-L}^2}$.

13.2.4. Koordenatu ekliptikoetatik zeruko esferako koordenatuetara pasatzea

Horretarako, posizio-bektorea biraketa-matrize batekin biderkatuko dugu:

$$\begin{pmatrix} X_{ZE} \\ Y_{ZE} \\ Z_{ZE} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varepsilon & -\sin\varepsilon \\ 0 & \sin\varepsilon & \cos\varepsilon \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_{Pl-L} \\ Y_{Pl-L} \\ Z_{Pl-L} \end{pmatrix}$$

non ε = 23,45° ekliptikaren inklinazio-angelua den.

13.2.5. Norabide-bektorea koordenatu esferikoetara pasatzea

Horretarako ekuazio hauek aplikatu behar dira:

$$\delta = arctan \frac{Z_{ZE}}{\sqrt{X_{ZE}^2 + Y_{ZE}^2}}$$

$$AR = \frac{24\ h}{2\pi} \cdot arctan \frac{Y_{ZE}}{X_{ZE}}.$$

14. Eguzki-sistemako beste astroak

Kapitulu honetan eguzki-sistemako astroen deskribapena amaituko dugu. Dagoeneko, astro garrantzitsuenak ikusi ditugu; eta, orain, txikienen txanda da.

14.1. SATELITEAK

Sateliteak dira planeten inguruan orbitan ari diren astroak. Lurraren ingurukoa, Ilargia, jadanik aztertu dugu.

Planeta erraldoien satelite-sistemek miniaturazko eguzki-sistemak balira bezala funtzionatzen dute. Planetak masa zentralaren funtzioa egiten du; eta sateliteak bere inguruan biratzen dira. Kasu gehienetan ere, orbitak nahiko zirkularrak dira, inklinazio txikikoak eta noranzko berean betetzen dituzte.

14.2. KOMETAK

Kometak dira eguzki-sistemaren sorrera-garaitik iraun duten astroak. Beren ezaugarririk nabarmenena, eta bitxiena, hauxe da: Eguzkira hurbiltzen direnean lurrundu egiten dira; eta beren tamaina izugarri handitzen da. Momentu horretan, Eguzkiaren aurka orientatzen den milioikako kilometroko luzerako buztana garatzen dute.

Kometen sorlekua eguzki-sistemaren kanpoaldea da: Oort-en hodeia, hain zuzen ere. Bertatik abiatzen dira kometak eguzki-sistemaren barnealdera, orbita paraboliko eta hiperbolikoetan. Noizean behin, planeta handien elkarrekintza grabitatorioek beraien orbitak eraldatzen dituzte eta eszentrikotasun altuko orbita eliptiko bihurtzen dituzte. Horrela, kometa periodikoak sortzen dira; hots, behin eta berriz barneko eguzki-sistemara hurbiltzen direnak. Kometa periodikorik famatuena Halley izenekoa da: 76 urtean behin barneko eguzki-sistema bisitatzen du.

14.3. ASTEROIDEAK

Eguzki-sistemako planeta txikiei asteroide deritze. 10.000 inguru ezagutzen dira eta teleskopio berriek 1.000 gehiago aurkitzen dituzte urtero. Bat ere ez da 1.000 km-ko diametrora iristen.

Gehienak Marte eta Jupiterren orbiten artean kokatuta daude: *asteroide-gerrikoa*n, hain zuzen ere. Bertan, Jupiterrek eragin grabitatorio bortitza sortzen du; eta, horren eraginez, asteroideen orbitak ez dira edonolakoak: distantzia jakin batzuetara oso asteroide gutxi agertzen da. Eremu horiei *Kirkwood-en hutsuneak* deritze, eta erresonantzia delako efektu baten erruz gertatzen dira: distantzia jakin horietara, Jupiterren periodoaren eta balizko asteroide baten periodoaren arteko zatidura zenbaki arrazional bihurtzen da. Orduan, Jupiterren indar grabitatorioak periodo oso batean eragindako efektua behin eta berriro integratzen da periodo desberdinetan, harik eta asteroidea orbita horretatik kanpora jaurtitzen duen arte!

15. Zeru sakoneko objektuak

Kapitulu honetan zeruko sakontasunean kokatutako astroak deskribatuko ditugu: eguzki-sistemaz haraindikoak, hala nola izarrak, nebulosak, kumuluak eta galaxiak. Teleskopioz behatzean zer itxura aurkezten duten azalduko dugu hemen; astro bakoitzaren barruan gertatzen den fisikan ez gara murgilduko.

Zeru sakoneko objektuak katalogo askotan sailkatuta daude. Lehenengoa (eta famatuena) Charles Messier astronomo frantziarrak garatu zuen XVIII. mendean. Bertan, zeru sakoneko 110 objektu sartu zituen, kometekin nahastu zitezkeenak. Ordutik hona beste katalogo asko egin da, gero eta zabalagoak, eta zehatzagoak. Adibidez, New General Catalog (NGC).

Interneten zeru sakoneko objektuen milaka eta milaka argazki aurki daitezke. Bibliografian ikusgarrienak aurkezten dituzten web orrien helbideak zerrendatu dira.

15.1. IZARRAK

Begi hutsez, prismatikoz edota teleskopioz begiratzen badiegu izarrei, argi-iturri *puntual* baten itxura baino ez diegu nabarituko. Nahiz eta batzuen tamaina Eguzkiarena baino askoz handiagoa izan (erraldoi gorriak, adibidez, 100 aldiz handiagoak izan daitezke), haietarainoko distantzia ere oso handia da (argi-urte batetik gorakoa beti). Ondorioz, beren tamaina angeluarra oso txikia da: arku-segundo baten azpikoa. Orain arteko teleskopioak ez dira gai izan horrelako bereizmena lortzeko; baina, belaunaldi berrikoak (orbitan jarritakoak edo optika adaptatiboz hornitutakoak) gai izango dira izarren gainazaleko irudiak lortzeko.

15.1.1. Izar anizkoitzak

Izar batzuk binaka edo taldeka agertzen dira zeruan, elkarrengandik oso hurbil. Grabitate-indarrak beren arteko erakarpena eragiten du; eta, ondorioz, batak bestearen inguruan orbitatzen dute. Askotan, bikotea osatzen dute (hortik dator *binaria* edo bikoitza izena), baina gehiago ere izan daitezke.

Orbitaren tamainaren arabera, zenbait kasu aurki ditzakegu:

- Elkarrengandik urruti badaude, erraz bereiziko ditugu optikoki; baina, ez dugu beren higidura orbitala nabarituko: periodoa mende askotakoa izan daiteke eta.
- Piska bat hurbilago badaude, orduan, beren higidura nabaritzea kostatuko zaigu. Izan ere, urtetik urtera arku-segundo batzuk baino ez dira higituko.
- Baina, elkarrengandik nahiko hurbil badaude, teleskopio bidez ere ez ditugu bereiziko. Bikoitzak direla jakiteko, zeharkako metodoren bat erabili beharko dugu: espektroskopia, adibidez. Kasu horretan, orbitaren periodoak egun batzuetakoak izan daitezke.

15.1.2. Izar aldakorrak

Izar gehienek argitasun nahiko konstantea igortzen dute zerura, nolabaiteko oreka-egoerara heldu direnez gero. Baina izar aldakorren kasuan, zenbait arrazoiren arabera, argitasuna nabarmen alda daiteke denboran:

- *Eklipse-binariak.* Goian aipatutako izar binarioari plano orbitaletik bertatik begiratzen badiogu, bi eklipse mota ikusi ahal izango ditugu: nagusia bestearen atzetik edota aurretik pasatzen denean. Bi kasuetan helduko zaigun argitasuna egoera arruntekoa baino txikiago izango da. Beraz, argitasun-kurbak anplitude desberdineko bi minimo edukiko ditu periodo bakoitzean. Mota horretako ohiko adibidea Algol izarra da (β Persei).
- *Zefeidak.* Izar horiek pultsakorrak dira, eta berez igortzen duten argitasuna aldakorra da. Beren erregai arrunta (hidrogenoa) agortu egin zaie; eta, hori dela eta, orain oreka berri baten bila abiatzen dira, beste elementuak errez. Tamaina eta argitasuna nabarmenki aldatzen zaizkie periodikoki; zikloaren iraupena egun batetik 50 egunera bitartekoa izan daiteke. Mota horretakoa da, adibidez, δ Cephei izenekoa.
- *Periodo luzekoak.* Horien adibidea Mira izeneko izarra da, Cetus konstelaziokoa. Erraldoi gorria da; urtebete baino piska bat txikiagoko periodoan ia 9 magnitudeko distira-aldaketa jasaten du.
- *Bestelakoak.* Izar baten distira arrazoi askorengatik izan daiteke aldakorra; horregatik, izar aldakorrak mota askotan sailkatzen dira. Mota bakoitzeko izarrek ezaugarri bereziak dituzte: gehienetan periodikoki aldatzen da beren distira; batzuetan, ordea, guztiz irregularrak dira.

15.2. NEBULOSAK

Gasez eta hautsez osatutako hodei handiak dira nebulosak. Gure galaxiaren barruan milaka eta milaka ageri dira. Gehienetan, izar batekin, edo gehiagorekin, lotuta daude. Gutxi batzuk begi hutsez ikus badaitezke ere, gehienak prismatikoz edo teleskopioz soilik ikus daitezke. Eta beren gainazaleko distira txikia denez, komeni da irekiera handiak eta distantzia fokal txikiak erabiltzea.

Nebulosak zenbait irizpideren arabera sailka ditzakegu. Adibidez, beraiekin lotuta dauden izarren eraldaketaren arabera:

- *Nebulosa lausoak.* Mota honetako nebulosetan jaiotzen dira izarrak. Indar grabitatorioak nebulosa uzkurtu eta berotu egiten du, bere gunean izar bat edo batzuk sorraraziz; adibidez, Orioneko nebulosa ikusgarria, Messier katalogoko M42.
- *Nebulosa planetarioak.* Erraldoi gorri motako izar batek, bizitzako garai batean, kanpora jaurtikitzen ditu bere kanpoko geruzak. Horren ondorioz sortzen dira nebulosa planetarioak (planetekin zerikusirik ez daukaten arren); adibidez, M27, "Dumbbell nebulosa".
- *Supernoba nebulosak.* Izar oso masibo batek supernoba bezala eztanda egiten duenean, bere kanpoko geruzak jaurtikitzen ditu kanporantz, oso abiadura handiz jaurtiki ere. Ehundaka urteren ondoren, geruza horiek supernoba nebulosa eratuko dute. Adibidez, Tauro konstelazioan dagoen M1, "Karramarroaren nebulosa".

Bestalde, nebulosetatik jasotzen dugun argiaren arabera ere sailka ditzakegu nebulosak:

- *Igorpenezkoak.* Bero daudenez gero, nebulosa horiek berez igortzen dute argia. Bero horren iturria, askotan, hurbileko izar baten erradiazioa izaten da. Mota horretakoak dira, adibidez, nebulosa planetarioak.
- *Islapenezkoak.* Hurbileko izar batetik jasotzen duten argia zuzenean islatzen dutenak. Argi urdina hobeto islatzen denez, kolore honetakoak izaten dira ugarienak. Tauro konstelazioko Pleiadeak (M45) izar-kumuluaren ingurukoa har daiteke adibidetzat.
- *Xurgapenezkoak.* Beraiengana doakien argia xurgatzen dutenak. Orban ilun bat bezala ikusten ditugu, atzetik letorkeen argia estaltzen baitute. Adibidez, Orioneko "Zaldi-buru nebulosa".

15.3. KUMULUAK

Izar batzuek taldeka antolatzeko joera agertzen dute, kumuluak osatuz. Bi mota bereiz ditzakegu:

15.3.1. Kumulu irekiak

Ehundaka izarrez osatuta daude; eta galaxiako diskoan bertan kokatzen dira. Beren izarrak gazteak eta urdinak izan ohi dira. Tauro konstelazioan bi adibide eder aurki ditzakegu: Pleiadeak (M45) eta Hiadeak.

15.3.2. Kumulu globularrak

Galaxiako haloan kokatuta daude eta ehundaka mila izarrek osatzen dituzte. Kasu honetan izarrak oso zaharrak eta gorriak izaten dira. Egitura ia esferikoa mantentzen dute; gunean oso dentsoak dira, eta kanpora mugitu ahala hainbat eta gutxiago. Ipar hemisferioko ikusgarriena M13 da, Herkules konstelaziokoa.

15.4. GALAXIAK

Galaxiak dira grabitate-indarrez lotutako milaka milioi izarrez osatutako sistema erraldoiak. Zeru sakoneko beste objektuak baino askoz urrunago daude; baina, hala ere, orban ahulen moduan ikusi daitezke. Galaxiek Unibertsoko eskala-handiko egitura betetzen dute, galaxia-kumulu eta superkumuluak osatuz. Teleskopio modernoak 50.000 milioi galaxia ikusteko gai dira. Hiru mota nagusi bereiz ditzakegu:

15.4.1. Galaxia eliptikoak

Unibertsoko galaxien % 60 mota honetakoak dira. Elipsoide itxura hartzen dute, beste egitura konplexurik garatu gabe. Kumulu globularren nolabaiteko antza hartzen dute; baina, eskala handiagoan, jakina. Gainera, hauek ere izar zaharrez osatuta daude; eta izar berririk ez da bertan jaiotzen.

15.4.2. Galaxia espiralak

Galaxia guztien % 30 dira gutxi gorabehera. Hauen egitura askoz konplexuagoa da. Gunean bulbo esferiko bat daukate; eta horren inguruan, disko laua eta mehea biraka ari da. Disko horretan bi edo hiru beso agertzen dira; horretan izar berriak jaiotzen ari dira. Batzuetan, beso horiek barra-itxura hartzen dute gunetik hurbil. Diskoaren inguruan halo esferikoa agertzen da, izar ahulez eta kumulu globularrez osatua.

15.4.3. Galaxia irregularrak

Galaxien gainerako % 10a, aurrekoen artean sailkatu ezin diren beste guztiak dira, eta beraien itxura ez da hain ikusgarria. Horietako batzuk, izatez, bi galaxia arrunten arteko talkaren ondorioz sortu dira.

16. Orientazioa

16.1. SARRERA

Aurkezpenean aipatu bezala, liburuko azken kapitulu hau orientazio astronomikoari zuzenduta dago. Jakintza honen adibide harrigarri bat ondokoa da: itsasgizon polinesiarrak gai ziren Ozeano Barean zehar milaka kilometro nabigatzeko, zenbait izarren deklinazioak ezagututa baino ez!

Gaur egungo tresnez baliatuta, oso erraza daukagu orientazioari buruzko hainbat gauza jakitea, lehen Astronomia erabiltzea derrigorrezkoa zen hainbat arlotan. Adibidez: ordua eta eguna jakiteko ordulari sinple bat baino ez dugu behar; mapetan orientatzeko, iparrorratzak ematen digu iparraren norabidea; edo, guztietan harrigarriena: GPS aparatuak Lurreko puntu baten kokapen zehatza ematen digu, metro gutxi batzuen errorearekin!

Baina, irakurlea, noizbait urruneko irlaren batean galduta geratuko bazara, erlojurik gabe, iparrorratzik gabe eta GPSrik gabe, kapitulu hau irakurtzea komeni zaizu, badaezpada ere!

16.2. ZERUKO ESFERAN ANGELUAK NEURTZEKO LAGUNGARRIA

Astro guztiak behatzean zeruko esferara proiektatzen ditugunez (ikus 4. eta 5. kapituluak), haietarainoko distantzia absolutuak ez zaizkigu interesatzen, itxurazko distantzia angeluarrak baizik. Beraz, orientazio praktikoarekin hasteko, komeni zaigu lehenik eta behin angeluen gutxi gorabeherako balio batzuk ematea:

- Horizontetik zenitera: 90º, angelu zuzena.
- Ipar hemisferioan gau guztietan baliagarria: Hartz Nagusiaren buztaneko izarretik (Alkaid) beste muturreko izarrera (Dubhe): 25º.
- Udazkeneko zeruan baliagarria: Pegasoko karratua = 1 h igoera zuzena · 15º deklinazioa.
- Ukabilaren zabalera besoa luzatuta = 10°.
- Atzamarraren lodiera besoa luzatuta = 2°.
- Ilargiaren edota Eguzkiaren itxurazko diametroa = 0,5º.

16.3. NORABIDEEN FINKAPENA

Orientatzeko jakin behar dugun lehenengo gauza da, dudarik gabe, puntu kardinalak zer norabidetan dauden. Latitudearen eta ordu lokalaren arabera, zenbait metodo erabiliko ditugu.

16.3.1. Ipar hemisferioan

a. Egunez, ordu lokala jakinda

Egunez orientatzeko Eguzkia erabiliko dugu, noski. Orduak aurrera doazen ahala, Eguzkia eskuinerantz mugitzen dela badakigu, Ipar hemisferiotik ikusita behintzat.

Ordu lokaleko eguerdiko 12etan, Eguzkia hegoaldean kokatzen da, eta bere kulminazioa gertatzen da (hau da, horizontearen gaineko altuera maximoa hartzen du aldiune horretan). Horrez gain, orduro 15° ibiltzen dituela ere badakigu, ekialdetik mendebalderantz. Beraz, goizeko seietan ekialdetik hurbil egongo da; arratsaldeko seietan, berriz, mendebaldetik hurbil. Kalkulu sinple batzuk eginda, tarteko edozein ordutarako norabideak finkatzea gauza erraza da.

Aurrean aipatutako kalkuluak zehatzagoak izan daitezen, detaile bat nabaritu behar da: Eguzkiaren itxurazko ibilbidea plano zeiharra dela, Lurraren ekuatorearen paraleloa, alegia. Beraz, aipatutako 15° horien anizkoitzak plano horretan neurtu beharko lirateke, eta ez horizontearen planoan! Latitude altuetan horrek ez dauka eragin handirik, baina zenbat eta ekuatoretik hurbilago egon, hainbat eta beharrezkoagoa da hori kontuan hartzea.

b. Egunez, ordu lokala jakin gabe

Kasu hau zailagoa da, baina pazientzia pixka batez ebatziko dugu, bai horixe!

Eguzkia nondik atera den ikusi badugu, horrek emango digu ekialdearen norabidea; bestela, nondik sartzen den ikusten badugu, horrek emango digu mendebaldearen norabidea. Baina kontuz: irizpide hau zuzena da Eguzkia zeruko ekuatoretik hurbil badago, hau da, udaberriko edo udazkeneko ekinozioetatik hurbil. Bestela bada, zuzenketa bat aplikatu behar diogu sartze- edo irtete-azimutari, eranskinetan azaltzen den bezala. Zuzenketa hori aplikatzen ez badugu, latitude handietan errore handiagoa izango dugu latitude txikietan baino.

c. Gauez

Ipar hemisferioan, izarrei begiratuta oso erraza da iparraren norabidea aurkitzea, edozein datatan eta edozein ordutan beti horizonte gainean dagoen Iparrizarrak markatzen digulako, alegia.

Eta hura aurkitzeko aski daukagu bere inguruko konstelazio zirkunpolarrak identifikatzea. Hartz Nagusitik edota Kasiopeatik abiatuta, adibidez, oso erraz aurki daiteke Iparrizarra. Hurrengo azalpenak hobeto ulertzeko, ikus zeruko mapen eranskina, non Ipar poloaren inguruko izarren karta aurkezten dugun.

Hartz Nagusia eta Kasiopea aldi berean ezagutzeko gai bazara, zorionak: Iparrizarra justu bi konstelazio horien erdian dagoen izarrik distiratsuena da.

Hartz Nagusitik bakarrik abiatuta, bere azken bi izarren (buztanaren beste aldean daudenen) norabideari jarraitu behar zaio. Ontziaren goranzko noranzkoan, 30°-ko distantziara (hau da, aipatutako bi izarren arteko distantzia angeluarraren halako bostera), hortxe daukazu Iparrizarra.

Kasiopeatik bakarrik abiatuta ere erraz aurki dezakegu iparra. Konstelazio horrek W edo M itxura dauka, eta Iparrizarra inguratu nahi duela ematen du. Waren gainean (edo Maren azpian) aurkituko duzu, 30°-ko distantzia angeluarrera.

Orobat gogoratu honako datu hau, bilaketa nabarmen murriztu dezakeena: Iparrizarraren altuera beti behatzailearen latitudearekin bat datorrela.

16.3.2. Hego hemisferioan

a. Egunez

Ipar hemisferioan bezala, Hego hemisferioan ere Eguzkia ekialdetik atera eta mendebaldetik sartzen da. Baina, kasu honetan, ezkerrerantz higitzen da eguna aurrera joan ahala; eguerdian ipar horizontearen gainean kulminatzen da (ikus 5.2. atala: latitude desberdinetatik ikusita). Hori kontuan hartuta, Ipar hemisferiorako azaldutako kalkuluak egin daitezke hemisferio honetan ere.

b. Gauez

Tamalez, Hego hemisferioan ez dago Hegoizar distiratsurik. Zeruko Hego poloaren inguruan Oktante konstelazioa kokatzen da, baina bere izarrak oso ahulak dira erreferentzia ona izateko.

Beraz, hurbileko beste konstelazioez baliatu beharko gara! Errazena, dudarik gabe, Hego Gurutzea da: bere ardatz nagusiak hegoalderantz apuntatzen du, gutxi gorabehera. Ardatzaren luzera (6º) halako bost aldiz hartuta, 30º egiten ditugu, Hego polora falta zaigun deklinazioa, alegia.

Beste trikimailu bat ondokoa da: Hego poloak, Achernar izarrak eta Kanopus izarrak triangelu aldeberdina osatzen dute gutxi gorabehera. Aipatutako bi izarrok inguruko distiratsuenak direnez, errazak dira aurkitzen; eta horietatik abiatuta, are errazagoa Hego poloa kokatzea.

16.3.3. Ekuatoretik hurbil

Ekuatoretik hurbil gaudenean, astroak ia bertikalki higitzen dira zeruan: azimut-aldaketa txikiak izaten dituzte; altuera-aldaketak, berriz, handiak. Horrela, horizontetik hurbil dauden astroen azimuta eta deklinazioa antzekoak izango dira; horrek norabideak finkatzen lagunduko digu.

a. Egunez

   Latitude hauetan Eguzkiaren kulminazioa oso altua izaten da, zenitetik hurbil; beraz, bere azimuta finkatzea oso zaila da, eta erroreekiko oso sentikorra. Horregatik, Eguzkia eguerdian behatzeak ez digu lagunduko norabideak zehaztasun handiz finkatzen; hobe da ilunabarrera edota hurrengo goizaldera arte itxarotea.

b. Gauez

   Ekuatoretik oso hurbil bagaude, ezingo dugu Iparrizarra ikusi, eta ez Oktante konstelazioa ere; beraz, deklinazio txikiagoko astroez baliatu behar gara ipar-hego norabidea finkatzeko.

   Latitude hauetan ia izar zirkunpolarrik ez dagoen arren, deklinazio altuko izarrez balia gaitezke. Adibidez: Kasiopea eta Hartz Nagusia ez dira aldi berean horizonte gainean egongo, baina bietariko batekin nahikoa da Iparrizarra kokatzeko. Gauza bera gertatzen da Hego hemisferioan: Hego Gurutzea horizonte azpian badago, Achernar eta Kanopus izarrak erabil ditzakegu (ikus aurreko atalak).

   Bestetik, deklinazio txikiko izarrak ere erabil ditzakegu ekialde-mendebalde norabidea finkatzeko, jakina! Kasu honetan, urtaroaren arabera konstelazio desberdinak ikusiko ditugu zeruan; horren arabera, ondoko irizpideei jarrai dakieke:

   Neguan: Orion konstelazioa da orientatzeko baliagarriena. Latitude txikietatik ikusita, oinez dagoen ehiztari baten moduan ikusi beharrean, etzanda ikusten da; tximeleta baten antza handiagoa hartzen du. Kasu honetan, tximeletaren simetria-ardatz bertikalak bete-betean markatzen du ekialde-mendebalde ardatza. Baina kontuz! Orionen gerrikoa osatzen duten hiru izarrak ez daude zeruko ekuatorearen norabidean lerrokatuta.

   Udaberrian: Leo konstelazioko bi izarrik distiratsuenak, Regulus eta Denebola, gutxi gorabehera ekialde-mendebalde norabidean orientatuta daudela jakinda, erraza da orientatzea.

   Udan: Eskorpio konstelazioaren buztan ikusgarriak hiru izar ditu hegoalde-iparralde norabidean orientaturik, eta jarraian beste hiru ekialde-mendebalde norabidean orientaturik.

Udazkenean: laukizuzen handi baten itxura hartzen duen Pegaso konstelazioak lagunduko digu kasu honetan. Bere bi alde laburrak ipar-hego norabidean orientatuta daudela jakinda, horiek mentalki luzatu baino ez dugu behar.

16.3.4. Eguzkia eta orratz-erlojua erabilita

Eguzkiak 24 ordu behar ditu Lurraren inguruan (itxuraz) bira bat egiteko. Erlojuaren orratzak, ordea, 12 ordu behar ditu; beraz, bere abiadura angeluarra Eguzkiarenaren bikoitza da.

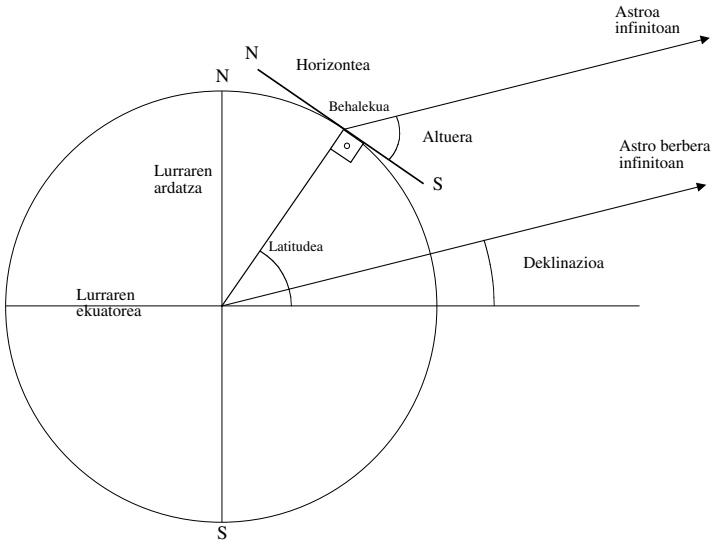
Erlojuaren goiko muturra (hau da, 12ak markatzen dituena) hegoalderantz orientatzen badugu, Eguzkiarekin bat egingo du 12etan, hain zuzen ere. Beste edozein ordutan, hegoalde-Eguzki angelua eta Eguzki-orratza angelua berdinak izango dira, betiere Eguzkia beste bien erdi-erdian egonda.

Hori erabilita erraza daukagu orientatzea: erlojuaren diskoan 12 h eta orduorratzaren erdikaria irudikatzen dugu mentalki, eta berau Eguzkirantz orientatu. Egoera horretan, erlojuko 12ak hegoaldera orientatuta daude, gutxi gorabehera. Baina kontuz! Erlojuak ordu zibila erabiltzen badu, 12 h-ko norabidea erabili beharrean, Eguzkiaren kulminazio-orduaren norabidea erabili behar da.

Prozedura hau egokia da baldin eta Eguzkia zeruan zehar nahiko horizontalki higitzen bada, hau da, latitude altuetatik, batez ere. Latitude baxuetan ondoko zuzenketa egin behar da: erlojuaren diskoa plano horizontalean orientatu beharrean, Lurraren ardatzarekiko elkarzut orientatu behar da.

16.4. LATITUDEAREN FINKAPENA

Praktikan erabili beharra arraroa bada ere, ikus dezagun nola jakin genezakeen behatoki baten latitudea. Irudi hau azpiatal guztietarako lagungarria izango zaigu, eta, aldi berean, kontzeptuak finkatzeko.



Zeruko esfera profilez.

16.4.1. Poloaren altueraren arabera

Dakigunez, behatzaile baten latitudea eta berak ikusten duen poloaren altueraren balioak berdinak dira. Beraz, "Norabideen finkapena" kapituluan poloa aurkitzeko ikusitakoa aplikatu besterik ez dugu egin behar, eta gero polo horren altuera neurtu.

16.4.2. Astro baten deklinazioa eta kulminazioa ikusita

Polora begiratu beharrean, kontrako noranzkora begiratuz gero (hegoaldera Ipar hemisferiotik), kulminatzen ari diren astroak ikusiko ditugu. Dakigunez, ekuatoreko astro baten kulminazio-altuera bere latitudearen osagarria da. Beraz, ekuatorearen gainean ***Dekl*** deklinazioa duen astro baten kulminazio-altuera ***Alt = 90° – Lat + Dekl*** izango da. Altuera hori neurtuta, aurreko ekuaziotik latitudea erraz kalkula dezakegu.

16.4.3. Eguzkiaren itzala erabilita

Aurreko azpiatalean azaldutakoa zehatzagoa egin daiteke erabilitako astroa Eguzkia baldin bada. Bere itzala plano batean proiektarazten da, eta bertan errazago neur daiteke bere kulminazio-angelua.

Eguzkiaren kasuan, gainera, aurreko formula beste modu batean erabil dezakegu: behatze-latitudea jakinda, data mugatzeko. Ekuazioan ***Alt*** eta ***Lat*** ordezkatuz gero, ***Dekl*** bakandu dezakegu. Eguzkiari buruzko gaian azaldu dugu bere urteroko ibilbidea, eta hori aplikatuta deklinazio horri dagozkion data posible bi lortuko genituzke.

16.4.4. Konstelazio zirkunpolarrak, zenitalak eta ia ikusezinak erabilita

Poloetatik hurbilen dauden konstelazioek ere laguntzen digute latitudea finkatzen. Ikusten dugunez, ipar horizontea ukitzen duen astro zirkunpolar baten deklinazioa ***Dekl = 90° - Lat*** da. Eta hego horizontea ukitzen duen astro ia ikusezinaren deklinazioa ***Dekl = Lat – 90°***. Amaitzeko zenitetik pasatzen den astro baten deklinazioa ***Dekl = Lat*** da, noski.

Kasu guztietan, horrelako edozein astroren deklinazioa jakinda, erraz kalkulatuko dugu latitudea.

16.5. ORDU LOKALAREN FINKAPENA

16.5.1. Eguzkia erabilita

Eguzkiak eguerdi lokalean hegoaldean kulminatzen duela jakinda, eta ekialdetik mendebalderantz orduko 15º ibiltzen dituela jakinda, erraza da ordu lokala estimatzea, puntu kardinalen norabideak ezagunak badira, behintzat...

Gauez, ordea, igoera zuzen ezaguneko astro bat erabili beharko dugu, geroago azalduko dugun bezala.

16.5.2. Data, eguzki-ordu eta izar-orduaren arteko erlazioa

Eguzkiaren kapituluan azaldu dugun bezala, eguzki-egunaren eta izar-egunaren artean lau minutuko aldea dago. Horren arrazoia Lurraren translazioan datza, egunero bere orbitaren gradu bat ibiltzen baita, gutxi gorabehera. Beraz, urte batean, 366,25 izar-egun daude, eta 365,25 eguzki-egun.

Eguzki-ordu lokalaren definizioaren arabera, eguerdiko 12ak dira Eguzkiaren goi-kulminazioa gertatzen denean. Bestetik, izar-ordua da definizioz kulminatzen ari diren astroen igoera zuzena. Beraz, horren arabera, biak berdinak izango dira irailaren 23an, Eguzkiaren igoera zuzena 12 h-koa denean, alegia. Egun bakoitza pasatu ahala, izar-eguna lau minutuz aurreratzen da; eta, hil bakoitza pasatu ahala, izar-eguna bi orduz aurreratzen da.

16.5.3. Orduaren finkapena igoera zuzen ezaguneko ordu-angelua neurtuta

Astro baten ordu-angelua da kulminatu duenetik ibili duen angelua, Lurraren errotazioaren eraginez. Ordutan zein gradutan adieraz daiteke, igoera zuzenaren antzeko konbertsioa eginez gero.

Aurreko azpiatalean azaldutakoarekin lotuz, hauxe aurkitzen dugu: izar-ordua berdin astroaren igoera-zuzena gehi bere ordu-angelua. Lehenengoa ezaguna badugu, eta bigarrena zuzenean neurtu ahal badugu, izar-ordua erraz kalkula

dezakegu. Eta aurreko azpiatalean azaldutako konbertsioak emango digu eguzki-ordua, benetan interesatzen zaiguna, alegia.

16.5.4. Ordu moten arteko konbertsioa

Atal honetan eguzki-ordutik ordu zibilera pasatzeko kalkuluak azalduko ditugu.

Alde batetik, benetako eguzki-ordua eta batez besteko eguzki-ordua bereizi behar ditugu. Izan ere, Eguzkiaren kulminazioak ez dira guztiz periodikoki burutzen. Bien arteko zuzenketa denbora-ekuazioak emango digu, Eguzkiaren kapituluan azaldu bezala. Zuzenketa hau benetan Eguzkiaren bidez estimatutako orduei soilik aplikatu behar zaie, jakina.

Beste aldetik, batez besteko eguzki-orduaren eta ordu zibilaren arteko diferentzia behatzailearen longitudeak emango digu: ordu-eremuaren erditik mendebalderantz gradu bat ibiliz gero, Eguzkiak lau minutu beranduago kulminatzen du. Eta gogoratu udako ordutegian beste ordu bat gehitu behar zaiola ordu zibilari!

16.6. HILAREN FINKAPENA

16.6.1. Zodiakoko konstelazioak erabilita

Ekliptikari buruzko gaian ikusi dugu Eguzkia zodiakoko konstelazioen aurretik ibiltzen dela urtean zehar. Hilabete bakoitzean zeinu bat aurreratzen du, gutxi gorabehera konstelazio bati dagokion tartea (30°). Hala ere, kontuz! Gogoratu, prezesioa dela eta, zeinuak eta konstelazioak ez datozela bat.

Kasu honetan informazio hori erabiliko dugu hila finkatzeko. Konstelazioak zer ordutan behatzen ditugun, kalkulu desberdinak egingo ditugu:

- *Gauerdian behatuz gero,* adibidez, badakigu kulminatzen ari den konstelazioa oposizioan dagoela, hau da, justu Eguzkiaren kontrako noranzkoan. Beraz, ikusten dugun konstelazioari zodiakoaren zerrendan beste 6 ikur gehituz edo kenduz lortuko dugu Eguzkiak hilabete honetan betetzen duena. Eta hortik, zuzena da hilabetea irakurtzea.

- *Ilunabarrean behatuz gero,* adibidez, Eguzkia sartu eta bi ordu beranduago: mendebaldeko horizontetik sartzen ikusten dugun zodiakoko ikurra datorren hilean Eguzkiak zeharkatuko duela badakigu (gogoratu 1 hil = 1 ikur = 2 ordu).

- *Egunsentian behatuz gero,* antzeko trikimailua erabil dezakegu. Adibidez, Eguzkia atera baino bi ordu lehenago, ekialdeko horizontean ateratzen ikusten dugun zodiakoko ikurra, pasa den hilean Eguzkiak estaltzen zuen. Berriro ere, ikur hori eta datak elkartzen jakinez gero, horra hila.

16.6.2. Eguzkiaren deklinazioa erabilita

Eguzkiaren eguneko ibilbidea ikusita, bere deklinazio hurbildua kalkula daiteke, eta hortik abiatuta, data estimatu. Bi pausotan banatuko dugu prozedura hau, beraz:

a. *Eguzkiaren deklinazioa kalkulatu*

Eguzkiaren sarrera edo irteera ikusteko aukera badugu, bere sartze- edo irtete-azimuta neurtzea izango da errazena, eta angelu hori 17.4. *Sartze- eta irtetze-azimutak* eranskineko taulan sartuta, behatzailearen latitudearekin batera, Eguziaren deklinazioa lortuko dugu.

Bestetik, eguerdia bada, Eguzkiaren kulminazio-altuera neur dezakegu, eta hortik deklinazioa kalkulatu: ***Dekl = Alt + Lat - 90***°

b. *Data finkatu*

Eguzkiaren deklinazioak urtean zehar gutxi gorabehera funtzio sinusoidala betetzen duela suposa dezakegu:

$\delta \cong \varepsilon \sin 2\pi \dfrac{d - 21III}{365,25 \text{ egun}}$, non (***d-21III***) adierazpenak udaberriko ekinoziotik pasatu diren egun kopurua adierazten duen, eta ***ε***-ek ekliptikaren inklinazio-angelua (23,45°). Ekuazio hau alderantzikatuz gero, ondokoa lortzen da:

$$d = 21III + \frac{365,25 \text{ egun}}{2\pi} \arcsin \frac{\delta}{\varepsilon}$$

Formula horrek arazo bat dauka: arkusinu funtzioak bi angelu osagarri itzultzen dituela, eta bietatik zein den zuzena asmatu behar dugula, deklinazioa egun batetik bestera hazten ala gutxitzen ari den.

16.7. DATAREN FINKAPENA

Data zehatza ondo finkatu ahal izateko, zeruko esferan egun batetik bestera nabarmen higitzen den astroa behar dugu, beraz Ilargia da gure aukerarik onena. Dakigunez, bere periodo sinodikoa 29,53 egunekoa da, ilargi berritik hurrengo ilargi berrira doana, hain zuzen ere. Horrela izanik, eguneko 12° inguru higitzen da, ekialderantz betiere. Beraz, bi egun eta erditan zodiakoko konstelazio bat zeharkatzen du.

Ilargi-hilak beti ilberrian hasten direla kontsideratzen da. Egutegien atalean ikusi dugun bezala, Ilargiaren higidura egutegi askoren oinarrian agertzen da. Bestalde, hila laurdenetan partekatzea ere oso intuitiboa da, ilargiaren lau faseak kontuan hartuta. Hortik dator, jakina, gure egutegiko astearen jatorria.

Tamalez, egutegi zibileko hilabeteak eta ilargi-hil sinodikoak ez datoz guztiz bat. Urteari hilabete kopuru finkoa egozteak hilabete zibilak luzatu egiten ditu. Beraz, pixkanaka, ilargi-hilak aurreratu egiten ditu.

17. Eranskinak

17.1. PLANETEI BURUZKO DATU NAGUSIAK

13.2 atalean planeten orbiten kalkulu zehatza teorikoki nola egin behar den azaldu dugu. Hala ere, irakurleak eguzki-sistemako planeten benetako kalkulu praktikoa egin nahi badu, planeta bakoitzaren elementu orbital zehatzak erabili behar izango ditu, hain zuzen ere ondoko taulan aurkezten ditugunak:

Planeta (izena)	**Ardatzerdi nagusia a (UA)**	**Eszentriko -tasuna e**	**Inklinazio-angelua i (°)**	**Nodo gorakorraren longitudea Ω (°)**	**Perihelioaren argumentua ϖ(º)**	**Perihelio-denbora T_{ph}(data)**
Merkurio	0,3871	0,2056	7,00	48,33	29,12	2006ko otsailak 22
Artizarra	0,7233	0,0068	3,39	76,68	54,85	2006ko urtarrilak 24
Lurra	1,0000	0,0167	0,00	348,74	114,20	urtarrilak 4
Marte	1,5237	0,0934	1,85	49,58	286,46	2005eko uztailak 17
Jupiter	5,203	0,0484	1,31	100,56	274,20	1999ko maiatzak 20
Saturno	9,537	0,0541	2,48	113,72	338,72	2003 uztailak 26
Urano	19,191	0,0472	0,77	74,23	96,73	2050eko abuztuak 17
Neptuno	30,069	0,0085	1,77	131,72	273,25	2042ko irailak 04
Pluton	39,482	0,2488	17,14	110,30	113,77	1989ko irailak 5

17.2. DISTIRA-MAGNITUDEAK

Astroa	Distira lineala (Iparrizarra = 1)	Distira logaritmikoa (magnitudetan)
Eguzkia	$4 \cdot 10^{11}$	-27
Ilargi betea	$1{,}6 \cdot 10^{6}$	-13,5
Ilgora edo ilbehera	63000	-10
Artizarra	400	-4,5
Marte	63	-2,5
Jupiter	40	-2
Sirio (izarrik distiratsuena)	25	-1,5
Iparrizarra	1	2
Begi hutsez ikus dezakegun izarrik ahulena	$25 \cdot 10^{-3}$	6
Neptuno	$4 \cdot 10^{-3}$	8
Pluton	$25 \cdot 10^{-6}$	13,5

17.3. HORIZONTE GAINEKO DENBORA

Eranskin honetan astro batek horizonte gainean irauten duen denbora-tartea tabulatzen da.

Denbora hau bi aldagai hauen funtzioan dago:

- behatzailearen latitudea (λ)
- astroaren deklinazioa (δ)

Magnitude bi horien arabera, ondoko hiru kasuak bereiz daitezke:

- $|\delta + \lambda| > 90^\circ$ Astroa zirkunpolarra da latitude horretatik (ZP), eta beti horizonte gainean ikusiko dugu.
- $|\delta - \lambda| > 90^\circ$ Astroa ikusezina da latitude horretatik (IE), eta beti horizonte azpian egongo da.
- Beste kasuetan Astroa ikusgarria da latitude horretatik, eta sartu eta atera egingo da

Astroa sartu eta atera egiten deneko kasuan, horizonte gaineko denbora kalkulatzeko ondoko formula erabiliko dugu:

$$HGD = \frac{T}{\pi} \arccos\left(-\operatorname{tg}\delta \operatorname{tg}\lambda\right)$$

Non T astroaren egunaren iraupena den (24 h Eguzkiarentzat, 23 h 56 m zeruko esferan finko dauden astro guztientzat, etab.). Taulan T = 24 h hartu da erosotasunagatik, baina zehaztasun handia nahi izanez gero, zuzenketa proportzionala egin beharko litzateke.

Astroa zirkunpolarra edota ikusezina denean, aurreko formulak ez du zentzuzko baliorik eman behar, arkokosinuaren barruko gaia balio absolutuan 1 baino handiagoa delarik.

Simetriari esker, astro bat atera denetik kulminatu arte igaro den denbora eta kulminatu duenetik sartu arte igarotakoa berdinak dira. Beraz, horizonte gaineko denboraren erdia, hain zuzen ere.

Latitudea eta deklinazioa 5º-ko tartetan banaturik daude. Zehaztasun handiagoa nahi izanez gero, interpolazio lineala egin daiteke. Kontuz! ZP eta IE mugetatik hurbil errorea nahiko handia izan daiteke.

Atmosferan gertatzen den errefrakzioak zerutik datozen argi izpiak neurri txiki batean okertzen ditu (horizontetik hurbilekoak gradu-erdi inguru, horizontetik urrunekoak askoz gutxiago). Efektu horrek benetako horizonte gaineko denborak luzatzen ditu, batez ere ZP eta IE mugetatik hurbil. Taula kalkulatzerakoan eragin hori ez da kontuan hartu.

Latitudea Deklinazioa	-90º	-85º	-80º	-75º	-70º	-65º	-60º	-55º	-50º	-45º	-40º	-35º	-30º	-25º	-20º	-15º	-10º	-5º	0º
-90º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	--
-85º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	12 h 0 min
-80º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	15 h 57 min	12 h 0 min
-75º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	17 h 29 min	14 h 32 min	12 h 0 min
-70º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	18 h 19 min	15 h 51 min	13 h 51 min	12 h 0 min
-65º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	18 h 50 min	16 h 40 min	14 h 57 min	13 h 26 min	12 h 0 min
-60º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 10 min	17 h 12 min	15 h 41 min	14 h 22 min	13 h 9 min	12 h 0 min
-55º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 24 min	17 h 34 min	16 h 10 min	14 h 59 min	13 h 56 min	12 h 57 min	12 h 0 min
-50º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 32 min	17 h 47 min	16 h 30 min	15 h 25 min	14 h 28 min	13 h 37 min	12 h 47 min	12 h 0 min
-45º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 36 min	17 h 55 min	16 h 42 min	15 h 42 min	14 h 50 min	14 h 4 min	13 h 21 min	12 h 40 min	12 h 0 min
-40º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 36 min	17 h 58 min	16 h 47 min	15 h 51 min	15 h 4 min	14 h 22 min	13 h 43 min	13 h 8 min	12 h 33 min	12 h 0 min
-35º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 32 min	17 h 55 min	16 h 47 min	15 h 54 min	15 h 10 min	14 h 32 min	13 h 58 min	13 h 26 min	12 h 56 min	12 h 28 min	12 h 0 min
-30º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 24 min	17 h 47 min	16 h 42 min	15 h 51 min	15 h 10 min	14 h 35 min	14 h 4 min	13 h 37 min	13 h 11 min	12 h 46 min	12 h 23 min	12 h 0 min
-25º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	19 h 10 min	17 h 34 min	16 h 30 min	15 h 42 min	15 h 4 min	14 h 32 min	14 h 4 min	13 h 40 min	13 h 18 min	12 h 57 min	12 h 37 min	12 h 18 min	12 h 0 min
-20º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	18 h 50 min	17 h 12 min	16 h 10 min	15 h 25 min	14 h 50 min	14 h 22 min	13 h 58 min	13 h 37 min	13 h 18 min	13 h 0 min	12 h 44 min	12 h 29 min	12 h 14 min	12 h 0 min
-15º	ZP	ZP	ZP	ZP	18 h 19 min	16 h 40 min	15 h 41 min	14 h 59 min	14 h 28 min	14 h 4 min	13 h 43 min	13 h 26 min	13 h 11 min	12 h 57 min	12 h 44 min	12 h 32 min	12 h 21 min	12 h 10 min	12 h 0 min
-10º	ZP	ZP	ZP	17 h 29 min	15 h 51 min	14 h 57 min	14 h 22 min	13 h 56 min	13 h 37 min	13 h 21 min	13 h 8 min	12 h 56 min	12 h 46 min	12 h 37 min	12 h 29 min	12 h 21 min	12 h 14 min	12 h 7 min	12 h 0 min
-5º	ZP	ZP	15 h 57 min	14 h 32 min	13 h 51 min	13 h 26 min	13 h 9 min	12 h 57 min	12 h 47 min	12 h 40 min	12 h 33 min	12 h 28 min	12 h 23 min	12 h 18 min	12 h 14 min	12 h 10 min	12 h 7 min	12 h 3 min	12 h 0 min
0º	--	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min
5º	IE	IE	8 h 2 min	9 h 27 min	10 h 8 min	10 h 33 min	10 h 50 min	11 h 2 min	11 h 12 min	11 h 19 min	11 h 26 min	11 h 31 min	11 h 36 min	11 h 41 min	11 h 45 min	11 h 49 min	11 h 52 min	11 h 56 min	12 h 0 min
10º	IE	IE	IE	6 h 30 min	8 h 8 min	9 h 2 min	9 h 37 min	10 h 3 min	10 h 22 min	10 h 38 min	10 h 51 min	11 h 3 min	11 h 13 min	11 h 22 min	11 h 30 min	11 h 38 min	11 h 45 min	11 h 52 min	12 h 0 min
15º	IE	IE	IE	IE	5 h 40 min	7 h 19 min	8 h 18 min	9 h 0 min	9 h 31 min	9 h 55 min	10 h 16 min	10 h 33 min	10 h 48 min	11 h 2 min	11 h 15 min	11 h 27 min	11 h 38 min	11 h 49 min	12 h 0 min
20º	IE	IE	IE	IE	IE	5 h 9 min	6 h 47 min	7 h 49 min	8 h 34 min	9 h 9 min	9 h 37 min	10 h 1 min	10 h 22 min	10 h 41 min	10 h 59 min	11 h 15 min	11 h 30 min	11 h 45 min	12 h 0 min
25º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 49 min	6 h 25 min	7 h 29 min	8 h 17 min	8 h 55 min	9 h 27 min	9 h 55 min	10 h 19 min	10 h 41 min	11 h 2 min	11 h 22 min	11 h 41 min	12 h 0 min
30º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 35 min	6 h 12 min	7 h 17 min	8 h 8 min	8 h 49 min	9 h 24 min	9 h 55 min	10 h 22 min	10 h 48 min	11 h 13 min	11 h 36 min	12 h 0 min
35º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 27 min	6 h 4 min	7 h 12 min	8 h 5 min	8 h 49 min	9 h 27 min	10 h 1 min	10 h 33 min	11 h 3 min	11 h 31 min	12 h 0 min
40º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 23 min	6 h 1 min	7 h 12 min	8 h 8 min	8 h 55 min	9 h 37 min	10 h 16 min	10 h 51 min	11 h 26 min	12 h 0 min
45º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 23 min	6 h 4 min	7 h 17 min	8 h 17 min	9 h 9 min	9 h 55 min	10 h 38 min	11 h 19 min	12 h 0 min
50º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 27 min	6 h 12 min	7 h 29 min	8 h 34 min	9 h 31 min	10 h 22 min	11 h 12 min	12 h 0 min
55º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 35 min	6 h 25 min	7 h 49 min	9 h 0 min	10 h 3 min	11 h 2 min	12 h 0 min
60º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	4 h 49 min	6 h 47 min	8 h 18 min	9 h 37 min	10 h 50 min	12 h 0 min
65º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	5 h 9 min	7 h 19 min	9 h 2 min	10 h 33 min	12 h 0 min
70º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	5 h 40 min	8 h 8 min	10 h 8 min	12 h 0 min
75º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	6 h 30 min	9 h 27 min	12 h 0 min
80º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	8 h 2 min	12 h 0 min
85º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	12 h 0 min
90º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	--

Latitudea Deklinazioa	0º	5º	10º	15º	20º	25º	30º	35º	40º	45º	50º	55º	60º	65º	70º	75º	80º	85º	90º
0 h 0 min	--	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	8 h 2 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	9 h 27 min	6 h 30 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	10 h 8 min	8 h 8 min	5 h 40 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	10 h 33 min	9 h 2 min	7 h 19 min	5 h 9 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	10 h 50 min	9 h 37 min	8 h 18 min	6 h 47 min	4 h 49 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 2 min	10 h 3 min	9 h 0 min	7 h 49 min	6 h 25 min	4 h 35 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 12 min	10 h 22 min	9 h 31 min	8 h 34 min	7 h 29 min	6 h 12 min	4 h 27 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 19 min	10 h 38 min	9 h 55 min	9 h 9 min	8 h 17 min	7 h 17 min	6 h 4 min	4 h 23 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 26 min	10 h 51 min	10 h 16 min	9 h 37 min	8 h 55 min	8 h 8 min	7 h 12 min	6 h 1 min	4 h 23 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 31 min	11 h 3 min	10 h 33 min	10 h 1 min	9 h 27 min	8 h 49 min	8 h 5 min	7 h 12 min	6 h 4 min	4 h 27 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 36 min	11 h 13 min	10 h 48 min	10 h 22 min	9 h 55 min	9 h 24 min	8 h 49 min	8 h 8 min	7 h 17 min	6 h 12 min	4 h 35 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 41 min	11 h 22 min	11 h 2 min	10 h 41 min	10 h 19 min	9 h 55 min	9 h 27 min	8 h 55 min	8 h 17 min	7 h 29 min	6 h 25 min	4 h 49 min	IE	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 45 min	11 h 30 min	11 h 15 min	10 h 59 min	10 h 41 min	10 h 22 min	10 h 1 min	9 h 37 min	9 h 9 min	8 h 34 min	7 h 49 min	6 h 47 min	5 h 9 min	IE	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 49 min	11 h 38 min	11 h 27 min	11 h 15 min	11 h 2 min	10 h 48 min	10 h 33 min	10 h 16 min	9 h 55 min	9 h 31 min	9 h 0 min	8 h 18 min	7 h 19 min	5 h 40 min	IE	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 52 min	11 h 45 min	11 h 38 min	11 h 30 min	11 h 22 min	11 h 13 min	11 h 3 min	10 h 51 min	10 h 38 min	10 h 22 min	10 h 3 min	9 h 37 min	9 h 2 min	8 h 8 min	6 h 30 min	IE	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	11 h 56 min	11 h 52 min	11 h 49 min	11 h 45 min	11 h 41 min	11 h 36 min	11 h 31 min	11 h 26 min	11 h 19 min	11 h 12 min	11 h 2 min	10 h 50 min	10 h 33 min	10 h 8 min	9 h 27 min	8 h 2 min	IE	IE
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	12 h 0 min	--
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 3 min	12 h 7 min	12 h 10 min	12 h 14 min	12 h 18 min	12 h 23 min	12 h 28 min	12 h 33 min	12 h 40 min	12 h 47 min	12 h 57 min	13 h 9 min	13 h 26 min	13 h 51 min	14 h 32 min	15 h 57 min	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 7 min	12 h 14 min	12 h 21 min	12 h 29 min	12 h 37 min	12 h 46 min	12 h 56 min	13 h 8 min	13 h 21 min	13 h 37 min	13 h 56 min	14 h 22 min	14 h 57 min	15 h 51 min	17 h 29 min	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 10 min	12 h 21 min	12 h 32 min	12 h 44 min	12 h 57 min	13 h 11 min	13 h 26 min	13 h 43 min	14 h 4 min	14 h 28 min	14 h 59 min	15 h 41 min	16 h 40 min	18 h 19 min	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 14 min	12 h 29 min	12 h 44 min	13 h 0 min	13 h 18 min	13 h 37 min	13 h 58 min	14 h 22 min	14 h 50 min	15 h 25 min	16 h 10 min	17 h 12 min	18 h 50 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 18 min	12 h 37 min	12 h 57 min	13 h 18 min	13 h 40 min	14 h 4 min	14 h 32 min	15 h 4 min	15 h 42 min	16 h 30 min	17 h 34 min	19 h 10 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 23 min	12 h 46 min	13 h 11 min	13 h 37 min	14 h 4 min	14 h 35 min	15 h 10 min	15 h 51 min	16 h 42 min	17 h 47 min	19 h 24 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 28 min	12 h 56 min	13 h 26 min	13 h 58 min	14 h 32 min	15 h 10 min	15 h 54 min	16 h 47 min	17 h 55 min	19 h 32 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 33 min	13 h 8 min	13 h 43 min	14 h 22 min	15 h 4 min	15 h 51 min	16 h 47 min	17 h 58 min	19 h 36 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 40 min	13 h 21 min	14 h 4 min	14 h 50 min	15 h 42 min	16 h 42 min	17 h 55 min	19 h 36 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 47 min	13 h 37 min	14 h 28 min	15 h 25 min	16 h 30 min	17 h 47 min	19 h 32 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	12 h 57 min	13 h 56 min	14 h 59 min	16 h 10 min	17 h 34 min	19 h 24 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	13 h 9 min	14 h 22 min	15 h 41 min	17 h 12 min	19 h 10 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	13 h 26 min	14 h 57 min	16 h 40 min	18 h 50 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	13 h 51 min	15 h 51 min	18 h 19 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	14 h 32 min	17 h 29 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	15 h 57 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	12 h 0 min	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
0 h 0 min	--	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP

17.4. SARTZE- ETA IRTETZE-AZIMUTAK

Eranskin honetan astro baten sarrerako eta irteerako azimutak kalkulatzeko datuak tabulatzen dira.

Azimutak bi aldagai hauen funtzioan daude:

- behatzailearen latitudea (λ)
- astroaren deklinazioa (δ)

Magnitude bi horien arabera, ondoko hiru kasuak bereiz daitezke:

- $|\delta + \lambda| > 90^\circ$ Astroa zirkunpolarra da latitude horretatik (ZP), eta beti horizonte gainean ikusiko dugu.
- $|\delta - \lambda| > 90^\circ$ Astroa ikusezina da latitude horretatik (IE), eta beti horizonte azpian egongo da.
- Beste kasuetan Astroa ikusgarria da latitude horretatik, eta sartu eta atera egingo da.

Azkeneko kasuan, sartze- edo irtetze-puntutik hegoaldeko puntura dagoen azimuta kalkulatzeko ondoko formula erabiliko dugu:

$$Azimuta = \frac{360^\circ}{2\pi} \arccos\left(-\frac{\sin\delta}{\cos\lambda}\right)$$

Astroa zirkunpolarra edota ikusezina denean, aurreko formulak ez du zentzuzko baliorik eman behar, arkokosinuaren barruko gaia balio absolutuan 1 baino handiagoa delako.

Iparralde-hegoalde ardatzarekiko simetriari esker, astro baten sartze- eta irtetze-azimutak berdinak dira, baina zentzuz kontrakoak. Azimutak beti hegoaldetik neurtuko ditugu, mendebalderantz positibo. Taulan agertzen diren datuak sartze-azimutari dagozkio; irtetze-azimutak lortzeko, ikurra aldatzea baino ez da behar.

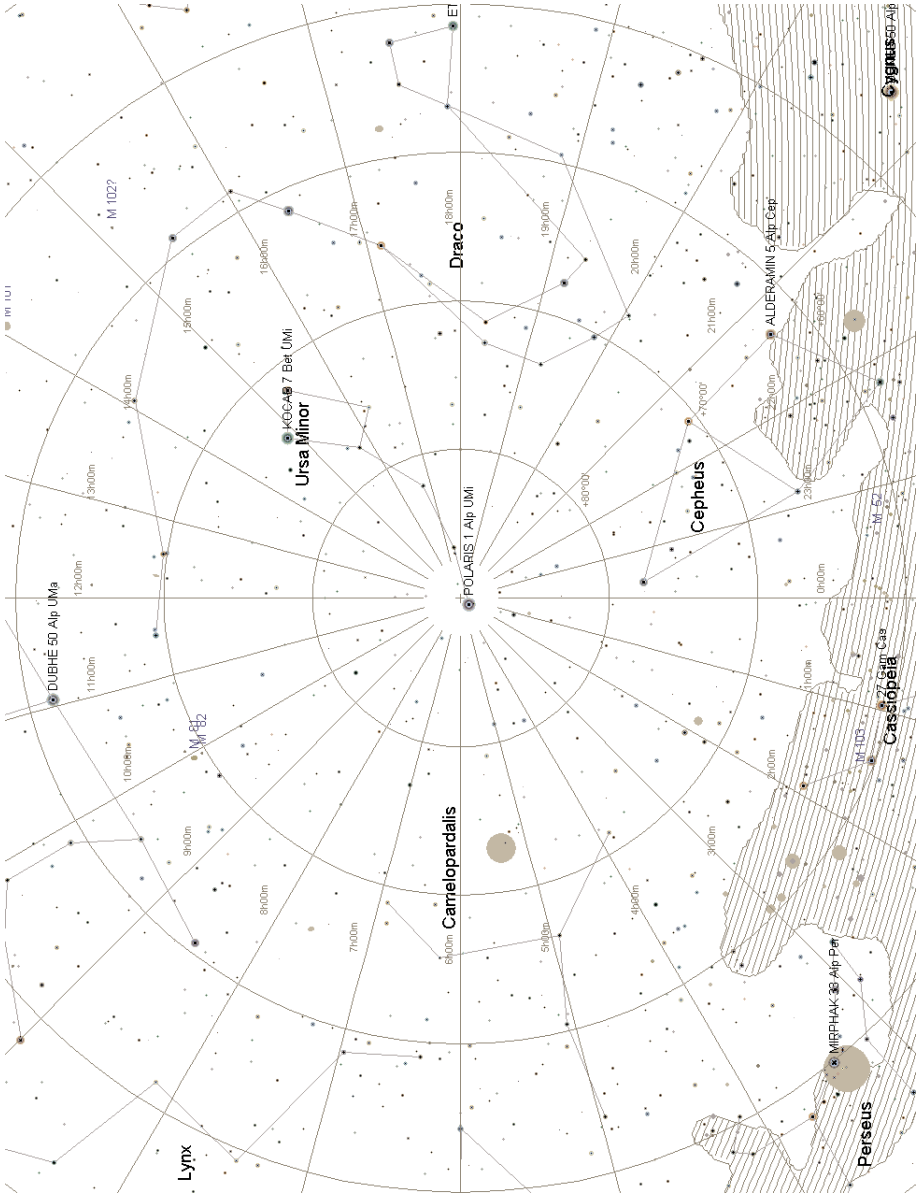
Latitudea eta deklinazioa 5º-ko tartetan banaturik daude. Zehaztasun handiagoa nahi izanez gero, interpolazio lineala egin daiteke. Kontuz! ZP eta IE mugetatik hurbil errorea nahiko handia izan daiteke.

Atmosferan gertatzen den errefrakzioak zerutik datozen argi izpiak neurri txiki batean okertzen ditu (horizontetik hurbilekoak gradu-erdi inguru, horizontetik urrunekoak askoz gutxiago). Efektu horrek sartze- eta irtetze-azimutak luzatzen ditu, batez ere ZP eta IE mugetatik hurbil. Taula kalkulatzerakoan eragin hori ez da kontuan hartu.

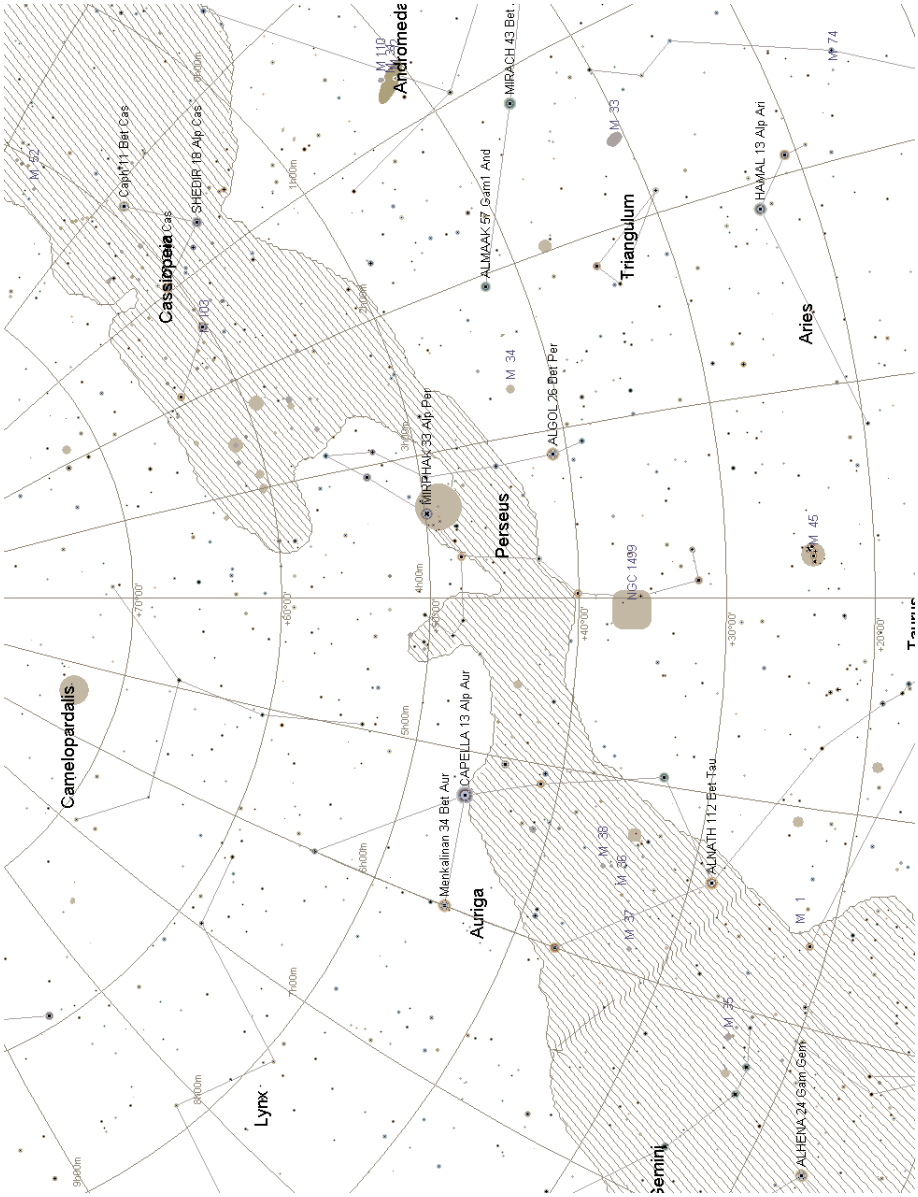
Latitudea Deklinazioa	-90º	-85º	-80º	-75º	-70º	-65º	-60º	-55º	-50º	-45º	-40º	-35º	-30º	-25º	-20º	-15º	-10º	-5º	0º
-90º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	--
-85º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	005º
-80º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	009º	010º
-75º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	011º	014º	015º
-70º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	013º	017º	019º	020º
-65º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	015º	020º	023º	025º	025º
-60º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	017º	023º	026º	028º	030º	030º
-55º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	019º	025º	029º	032º	034º	035º	035º
-50º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	021º	028º	032º	035º	038º	039º	040º	040º
-45º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	023º	030º	035º	039º	041º	043º	044º	045º	045º
-40º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	025º	033º	038º	042º	045º	047º	048º	049º	050º	050º
-35º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	027º	036º	042º	046º	049º	051º	052º	054º	054º	055º	055º
-30º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	029º	039º	045º	049º	052º	055º	057º	058º	059º	059º	060º	060º
-25º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	032º	043º	049º	053º	057º	059º	061º	062º	063º	064º	065º	065º	065º
-20º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	036º	047º	053º	058º	061º	063º	065º	067º	068º	069º	069º	070º	070º	070º
-15º	ZP	ZP	ZP	ZP	041º	052º	059º	063º	066º	069º	070º	072º	073º	073º	074º	074º	075º	075º	075º
-10º	ZP	ZP	ZP	048º	059º	066º	070º	072º	074º	076º	077º	078º	078º	079º	079º	080º	080º	080º	080º
-5º	ZP	ZP	060º	070º	075º	078º	080º	081º	082º	083º	083º	084º	084º	084º	085º	085º	085º	085º	085º
0º	--	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º
5º	IE	IE	120º	110º	105º	102º	100º	099º	098º	097º	097º	096º	096º	096º	095º	095º	095º	095º	095º
10º	IE	IE	IE	132º	121º	114º	110º	108º	106º	104º	103º	102º	102º	101º	101º	100º	100º	100º	100º
15º	IE	IE	IE	IE	139º	128º	121º	117º	114º	111º	110º	108º	107º	107º	106º	106º	105º	105º	105º
20º	IE	IE	IE	IE	IE	144º	133º	127º	122º	119º	117º	115º	113º	112º	111º	111º	110º	110º	110º
25º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	148º	137º	131º	127º	123º	121º	119º	118º	117º	116º	115º	115º	115º
30º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	151º	141º	135º	131º	128º	125º	123º	122º	121º	121º	120º	120º
35º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	153º	144º	138º	134º	131º	129º	128º	126º	126º	125º	125º
40º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	155º	147º	142º	138º	135º	133º	132º	131º	130º	130º
45º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	157º	150º	145º	141º	139º	137º	136º	135º	135º
50º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	159º	152º	148º	145º	142º	141º	140º	140º
55º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	161º	155º	151º	148º	146º	145º	145º
60º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	163º	157º	154º	152º	150º	150º
65º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	165º	160º	157º	155º	155º
70º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	167º	163º	161º	160º
75º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	169º	166º	165º
80º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	171º	170º
85º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	175º
90º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	--

Latitudea Deklinazioa	0º	5º	10º	15º	20º	25º	30º	35º	40º	45º	50º	55º	60º	65º	70º	75º	80º	85º	90º
-90º	--	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-85º	005º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-80º	010º	009º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-75º	015º	014º	011º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-70º	020º	019º	017º	013º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-65º	025º	025º	023º	020º	015º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-60º	030º	030º	028º	026º	023º	017º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-55º	035º	035º	034º	032º	029º	025º	019º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-50º	040º	040º	039º	038º	035º	032º	028º	021º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-45º	045º	045º	044º	043º	041º	039º	035º	030º	023º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-40º	050º	050º	049º	048º	047º	045º	042º	038º	033º	025º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-35º	055º	055º	054º	054º	052º	051º	049º	046º	042º	036º	027º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-30º	060º	060º	059º	059º	058º	057º	055º	052º	049º	045º	039º	029º	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-25º	065º	065º	065º	064º	063º	062º	061º	059º	057º	053º	049º	043º	032º	IE	IE	IE	IE	IE	IE
-20º	070º	070º	070º	069º	069º	068º	067º	065º	063º	061º	058º	053º	047º	036º	IE	IE	IE	IE	IE
-15º	075º	075º	075º	074º	074º	073º	073º	072º	070º	069º	066º	063º	059º	052º	041º	IE	IE	IE	IE
-10º	080º	080º	080º	080º	079º	079º	078º	078º	077º	076º	074º	072º	070º	066º	059º	048º	IE	IE	IE
-5º	085º	085º	085º	085º	085º	084º	084º	084º	083º	083º	082º	081º	080º	078º	075º	070º	060º	IE	IE
0º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	090º	--
5º	095º	095º	095º	095º	095º	096º	096º	096º	097º	097º	098º	099º	100º	102º	105º	110º	120º	ZP	ZP
10º	100º	100º	100º	100º	101º	101º	102º	102º	103º	104º	106º	108º	110º	114º	121º	132º	ZP	ZP	ZP
15º	105º	105º	105º	106º	106º	107º	107º	108º	110º	111º	114º	117º	121º	128º	139º	ZP	ZP	ZP	ZP
20º	110º	110º	110º	111º	111º	112º	113º	115º	117º	119º	122º	127º	133º	144º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
25º	115º	115º	115º	116º	117º	118º	119º	121º	123º	127º	131º	137º	148º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
30º	120º	120º	121º	121º	122º	123º	125º	128º	131º	135º	141º	151º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
35º	125º	125º	126º	126º	128º	129º	131º	134º	138º	144º	153º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
40º	130º	130º	131º	132º	133º	135º	138º	142º	147º	155º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
45º	135º	135º	136º	137º	139º	141º	145º	150º	157º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
50º	140º	140º	141º	142º	145º	148º	152º	159º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
55º	145º	145º	146º	148º	151º	155º	161º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
60º	150º	150º	152º	154º	157º	163º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
65º	155º	155º	157º	160º	165º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
70º	160º	161º	163º	167º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
75º	165º	166º	169º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
80º	170º	171º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
85º	175º	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP
90º	--	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP	ZP

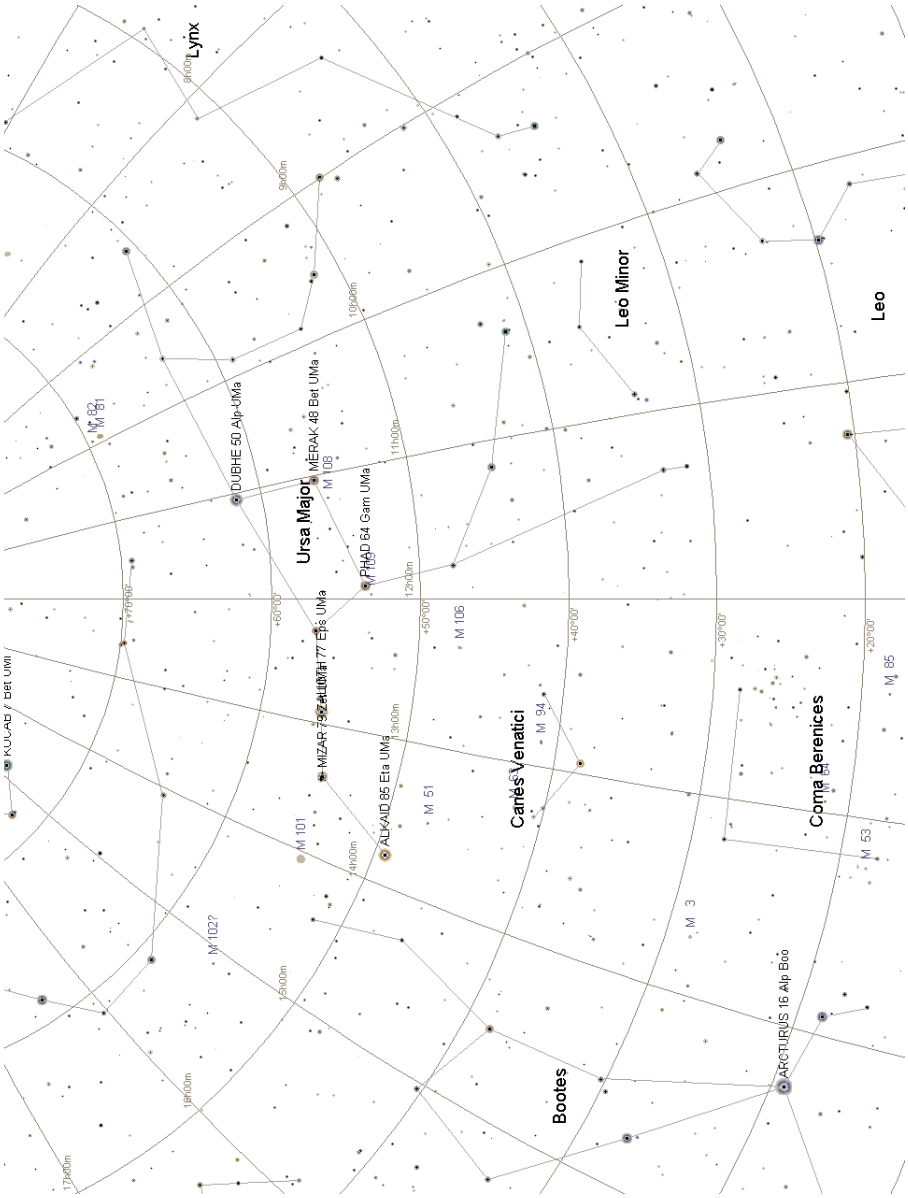
17.5. ZERUKO ESFERA 20 MAPATAN BANATUA



Zeruko esferaren 1. mapa: Ipar poloa, urte osoan.
Igoera zuzena = 0 h-tik 24 h-ra; Deklinazioa = +60°-tik +90°-ra.



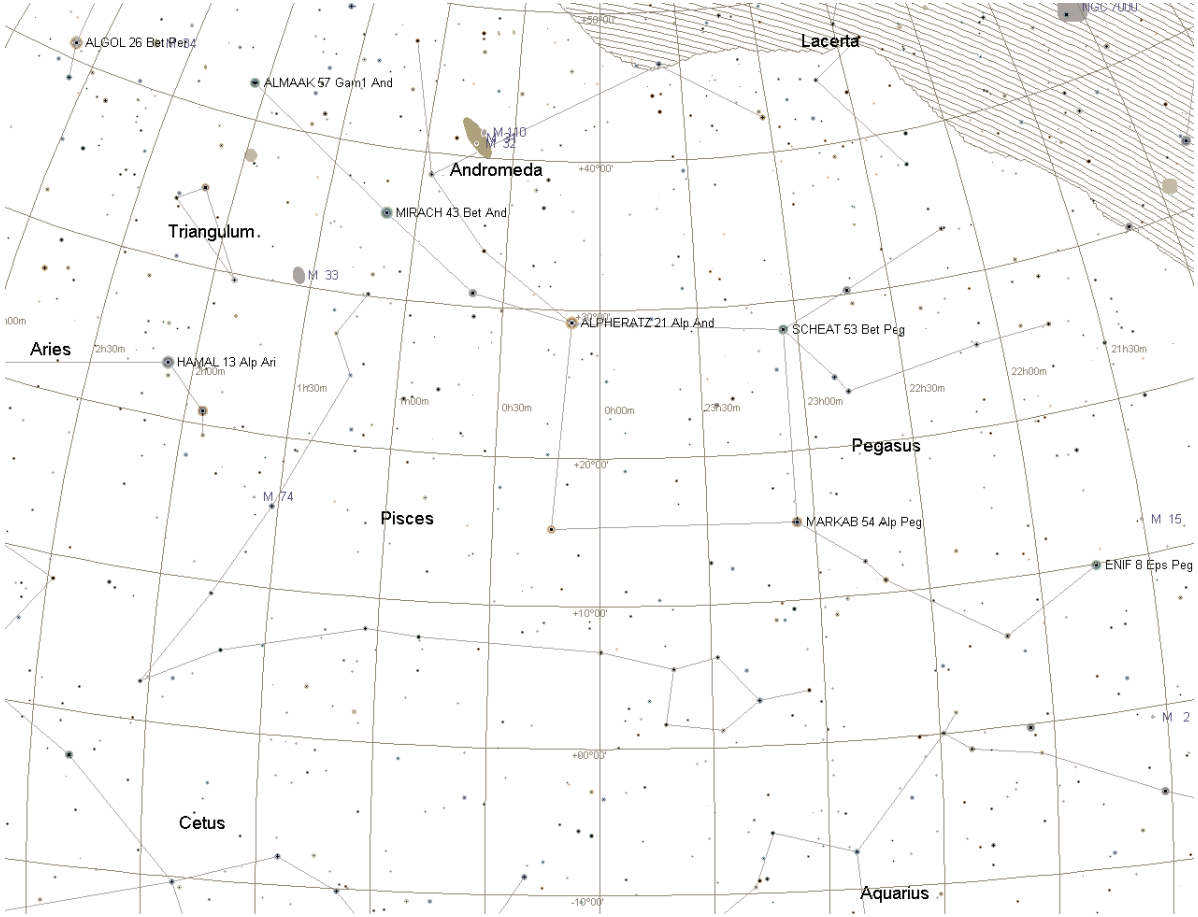
Zeruko esfera 2. mapa: Iparraldea, udazkenean.
Igoera zuzena = 0 h-tik 8 h-ra; Deklinazioa = +40º-tik +70º-ra.



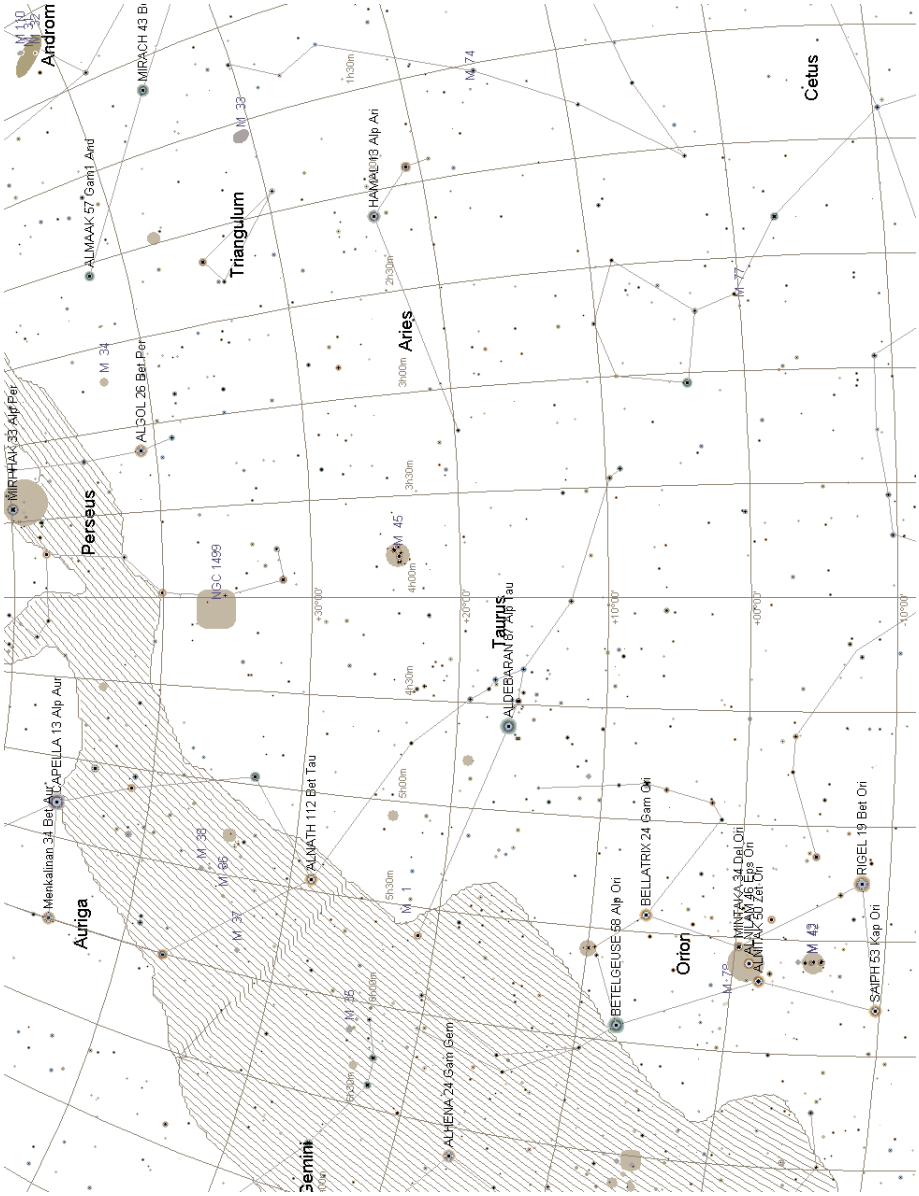
Zeruko esferaren 3. mapa: Iparraldea, negu-udaberrian.
Igoera zuzena = 8 h-tik 16 h-ra; Deklinazioa = +40º-tik +70º-ra.



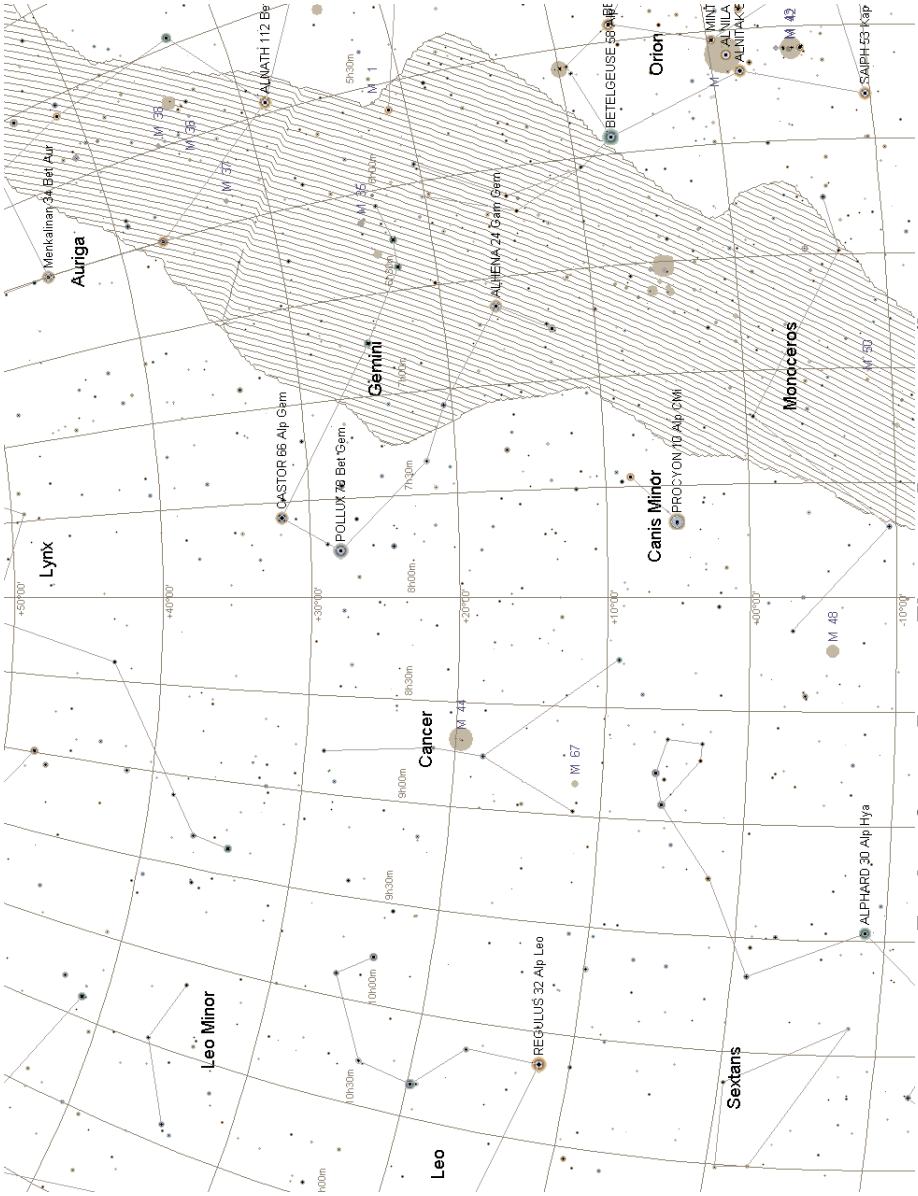
Zeruko esferaren 4. mapa: Iparraldea, udan.
Igoera zuzena = 16 h-tik 24 h-ra; Deklinazioa = +40º-tik +70º-ra.



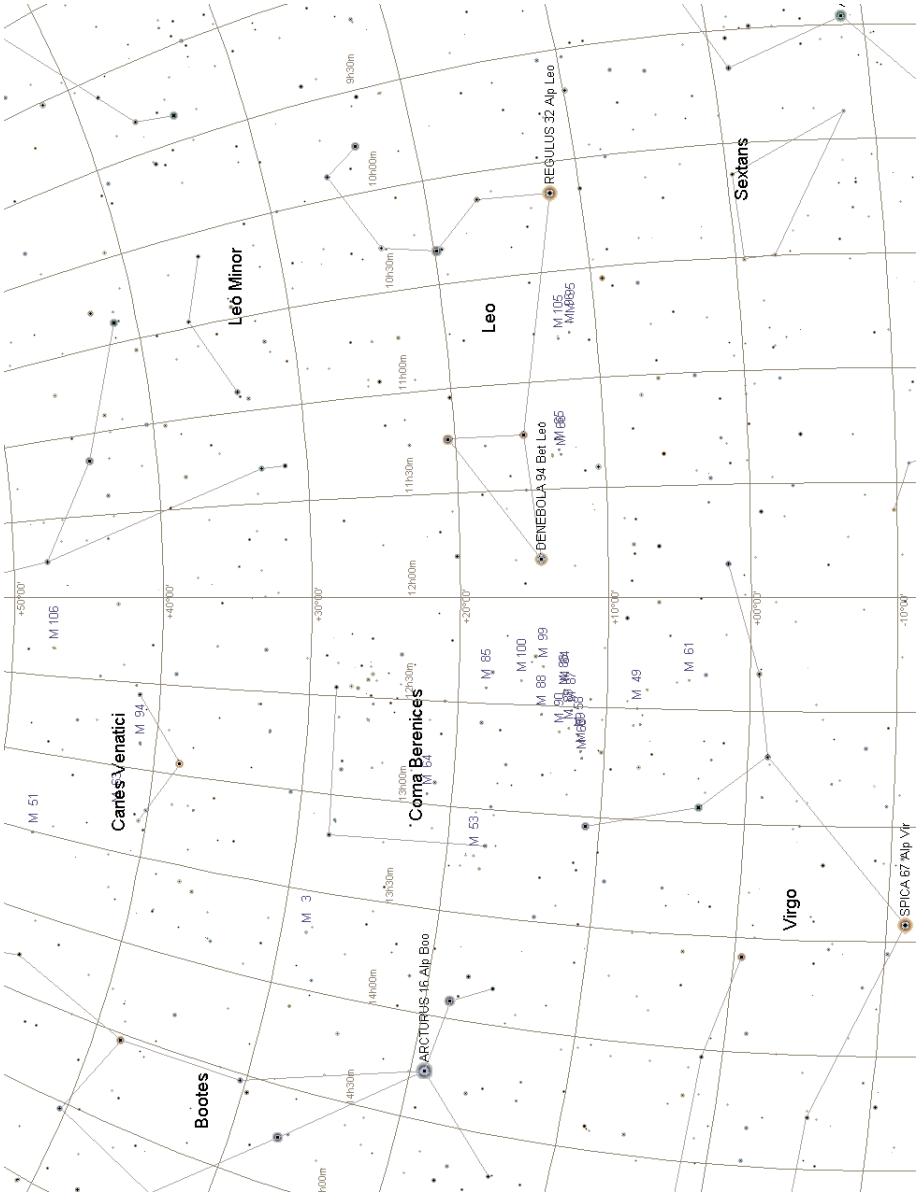
Zeruko esferaren 5. mapa: Ekuatorea-Iparra, irailean.
Igoera zuzena = 22 h-tik 2 h-ra; Deklinazioa = –10º-tik +45º-ra.



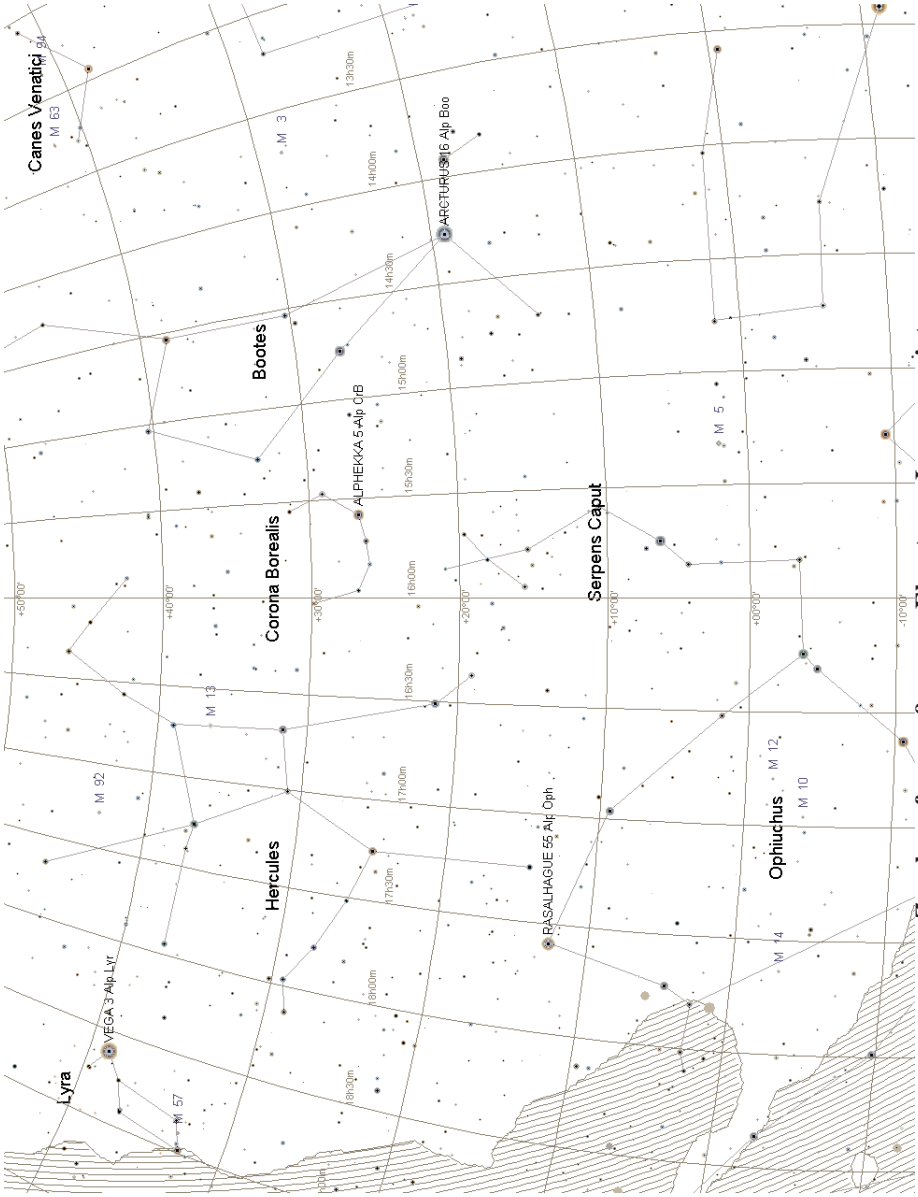
Zeruko esferaren 6. mapa: Ekuatorea-Iparra, azaroan.
Igoera zuzena = 2 h-tik 6 h-ra; Deklinazioa = –10º-tik +45º-ra



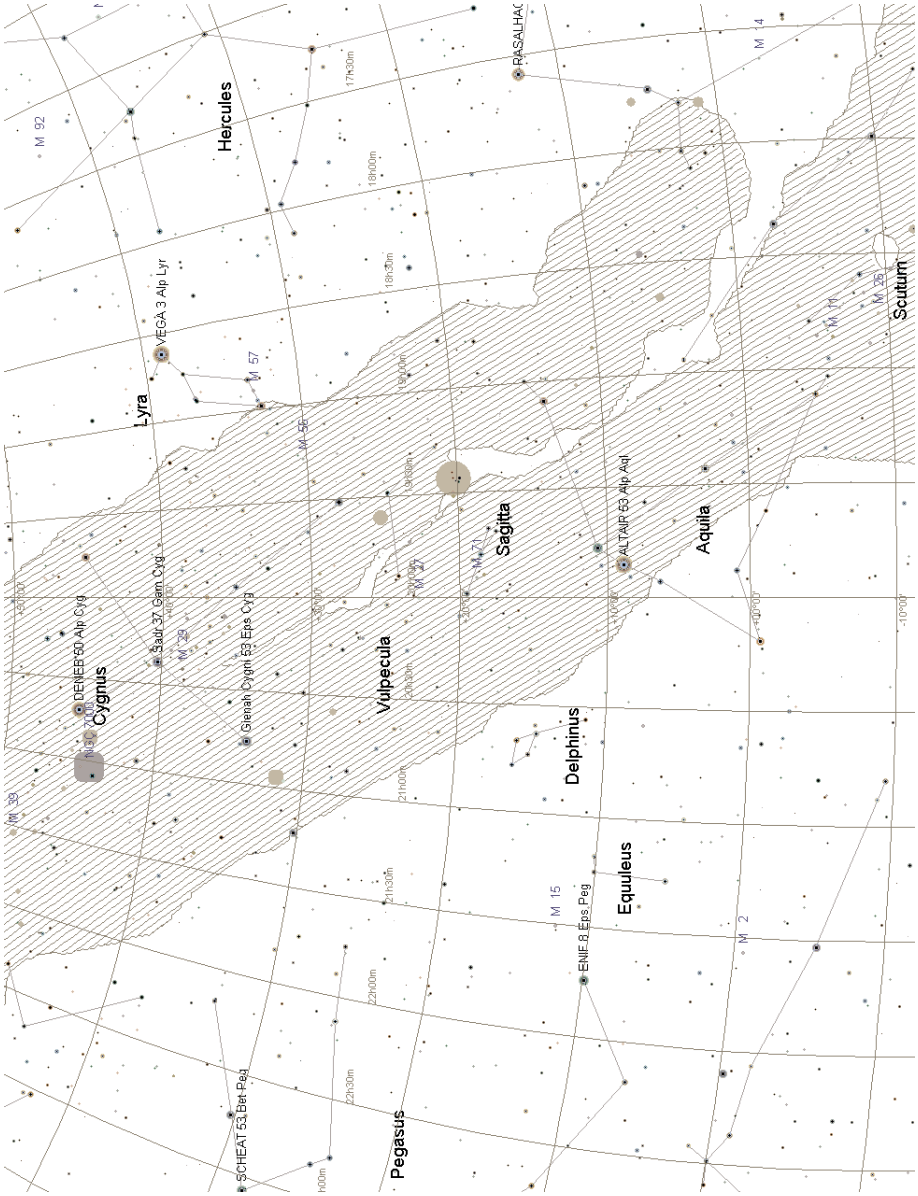
Zeruko esferaren 7. mapa: Ekuatorea-Iparra, urtarrilean.
Igoera zuzena = 6 h-tik 10 h-ra; Deklinazioa = –10º-tik +45º-ra



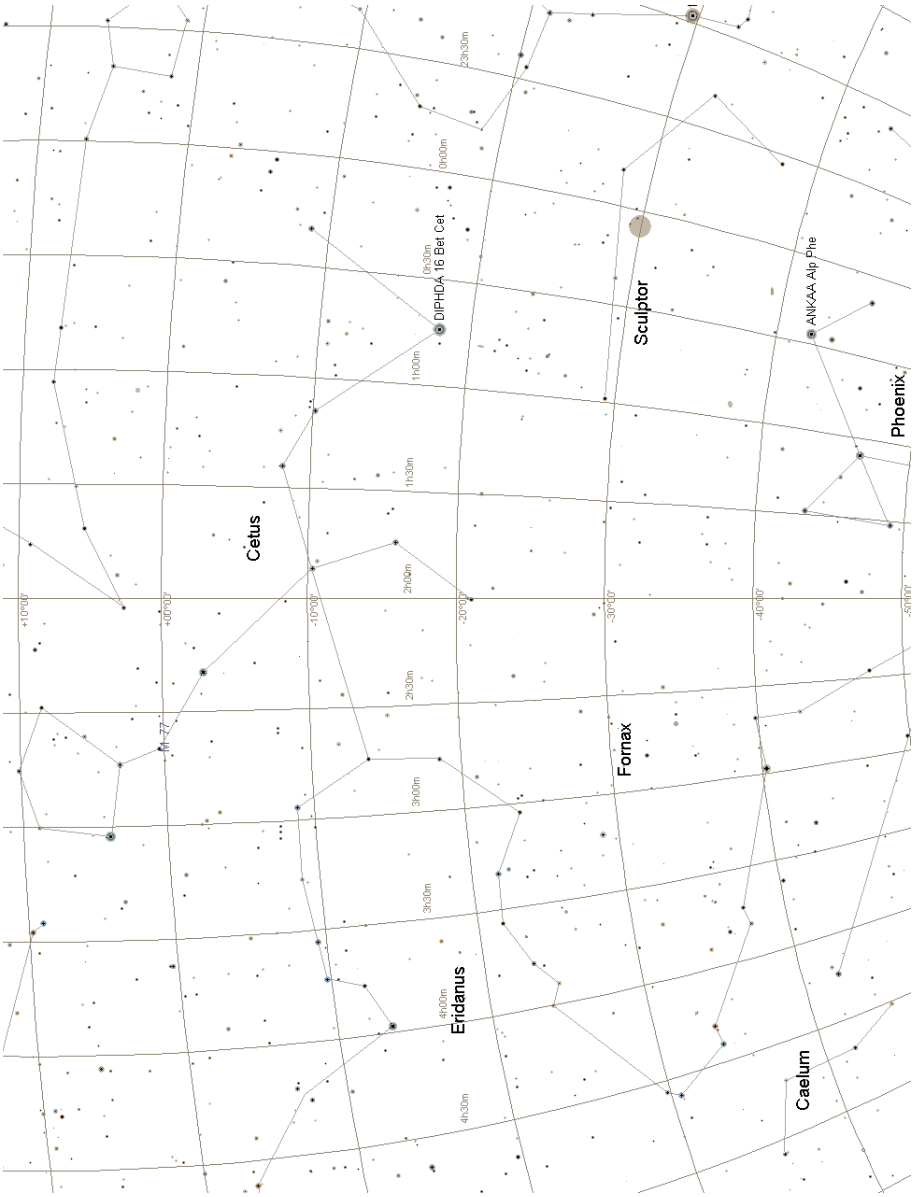
Zeruko esferaren 8. mapa: Ekuatorea-Iparra, martxoan.
Igoera zuzena = 10 h-tik 14 h-ra; Deklinazioa = –10º-tik +45º-ra



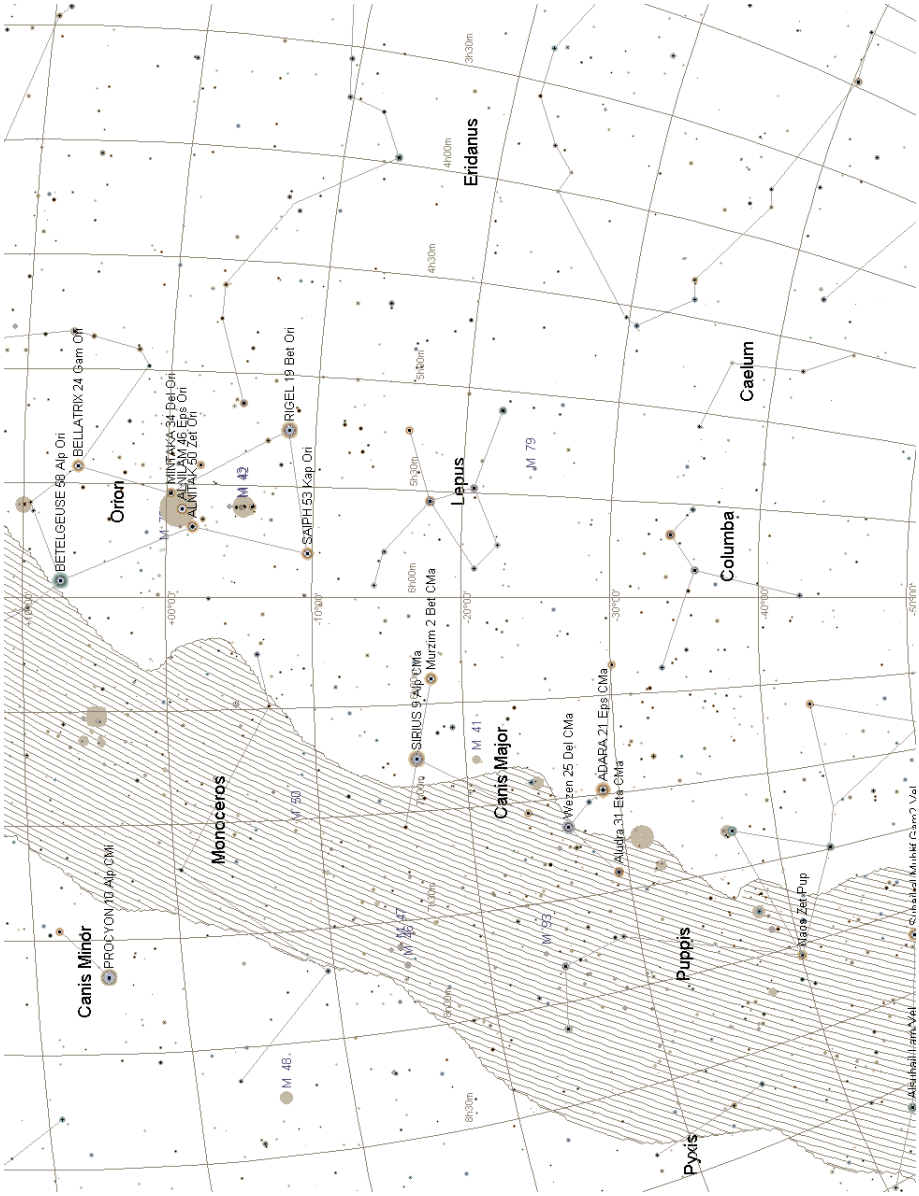
Zeruko esferaren 9. mapa: Ekuatorea-Iparra, maiatzan.
Igoera zuzena = 14 h-tik 18 h-ra; Deklinazioa = –10º-tik +45º-ra



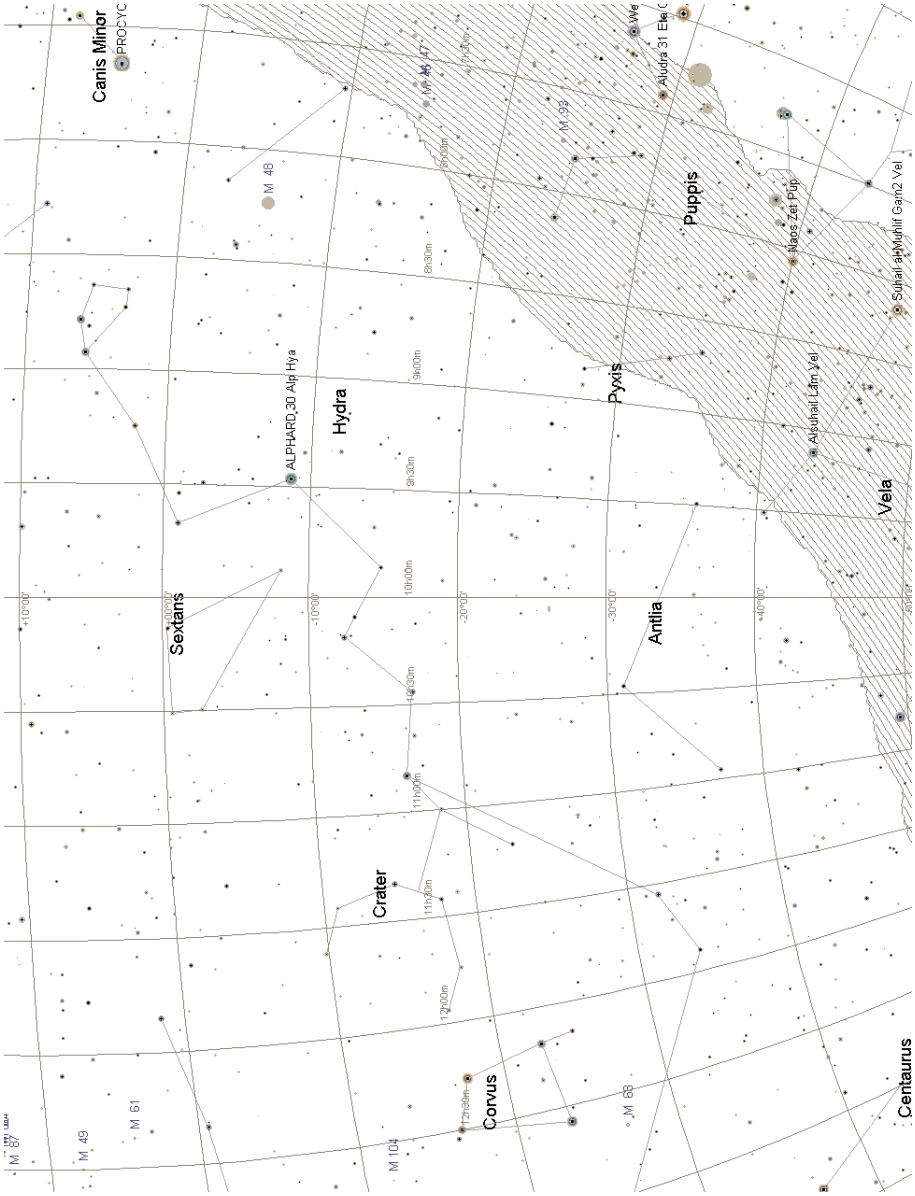
Zeruko esferaren 10. mapa: Ekuatorea-Iparra, uztailean.
Igoera zuzena = 18 h-tik 22 h-ra; Deklinazioa = –10º-tik +45º-ra



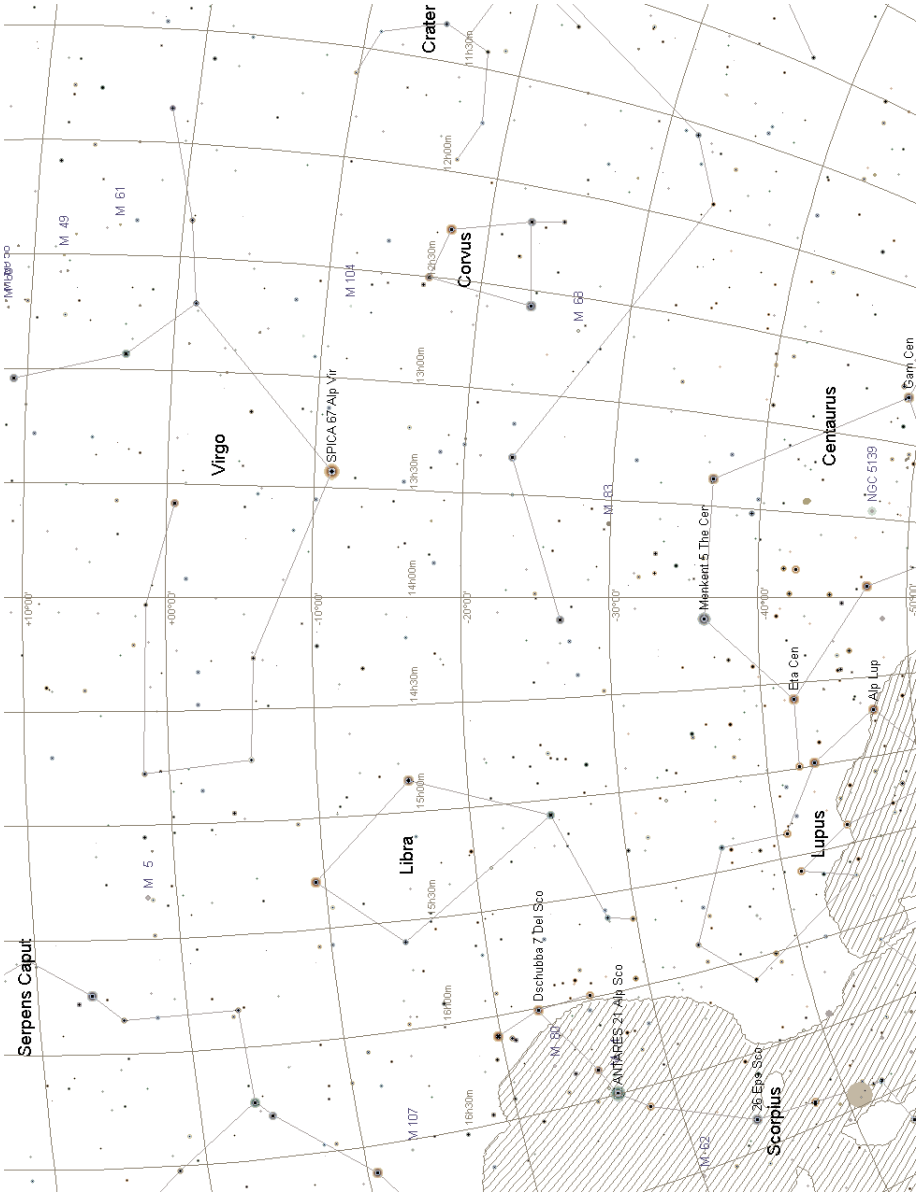
Zeruko esferaren 11. mapa: Ekuatorea-Hegoa, urrian.
Igoera zuzena = 0 h-tik 4 h-ra; Deklinazioa = –45º-tik +10º-ra



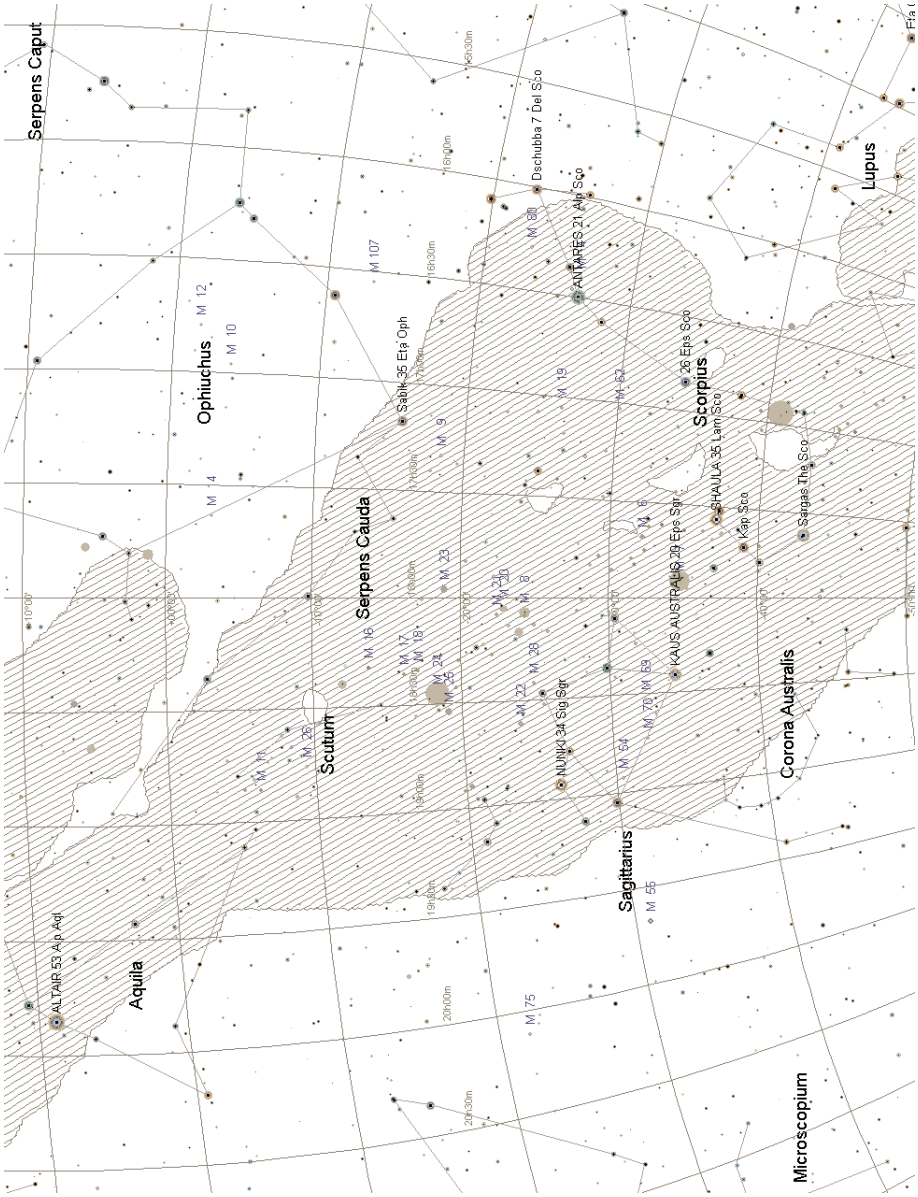
Zeruko esferaren 12. mapa: Ekuatorea-Hegoa, abenduan.
Igoera zuzena = 4 h-tik 8 h-ra; Deklinazioa = –45º-tik +10º-ra



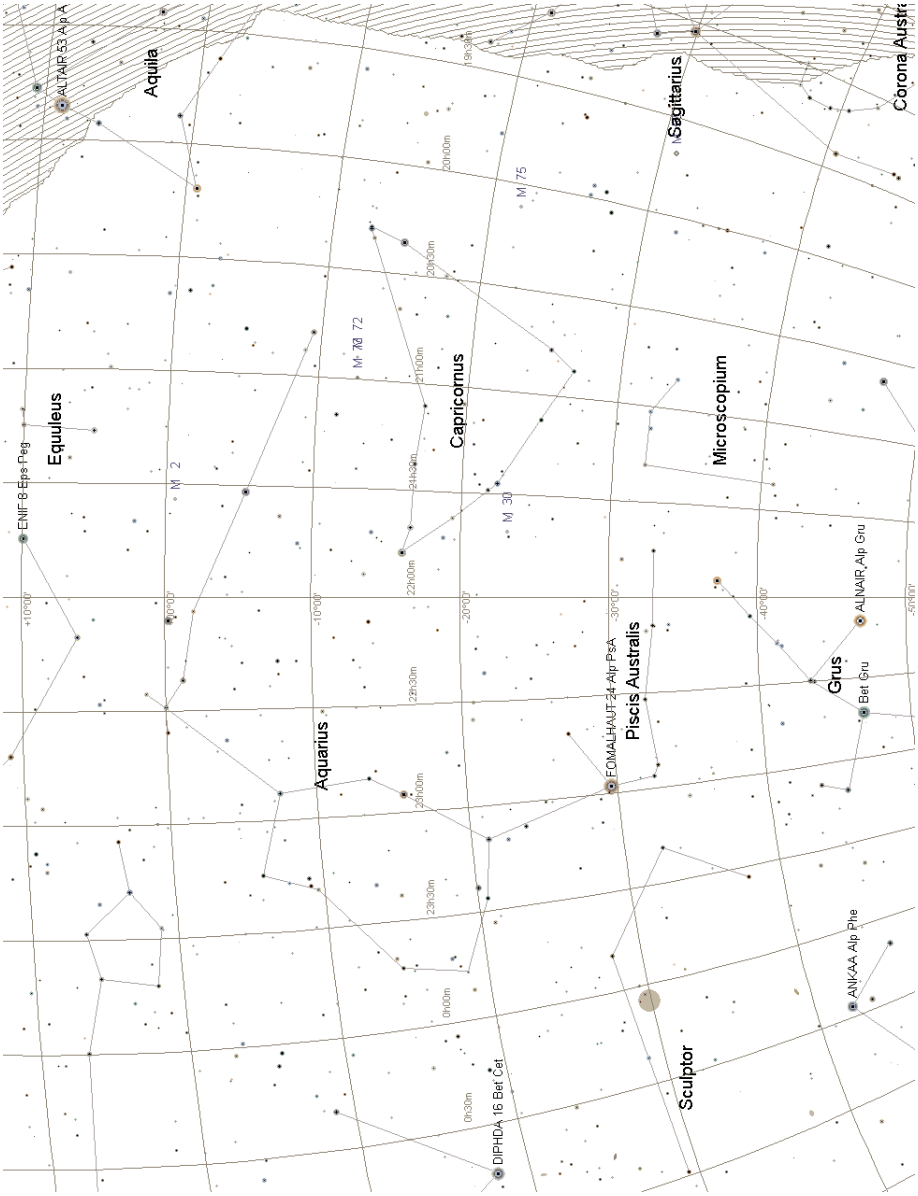
Zeruko esferaren 13. mapa: Ekuatorea-Hegoa, otsailean.
Igoera zuzena = 8 h-tik 12 h-ra; Deklinazioa = –45º-tik +10º-ra



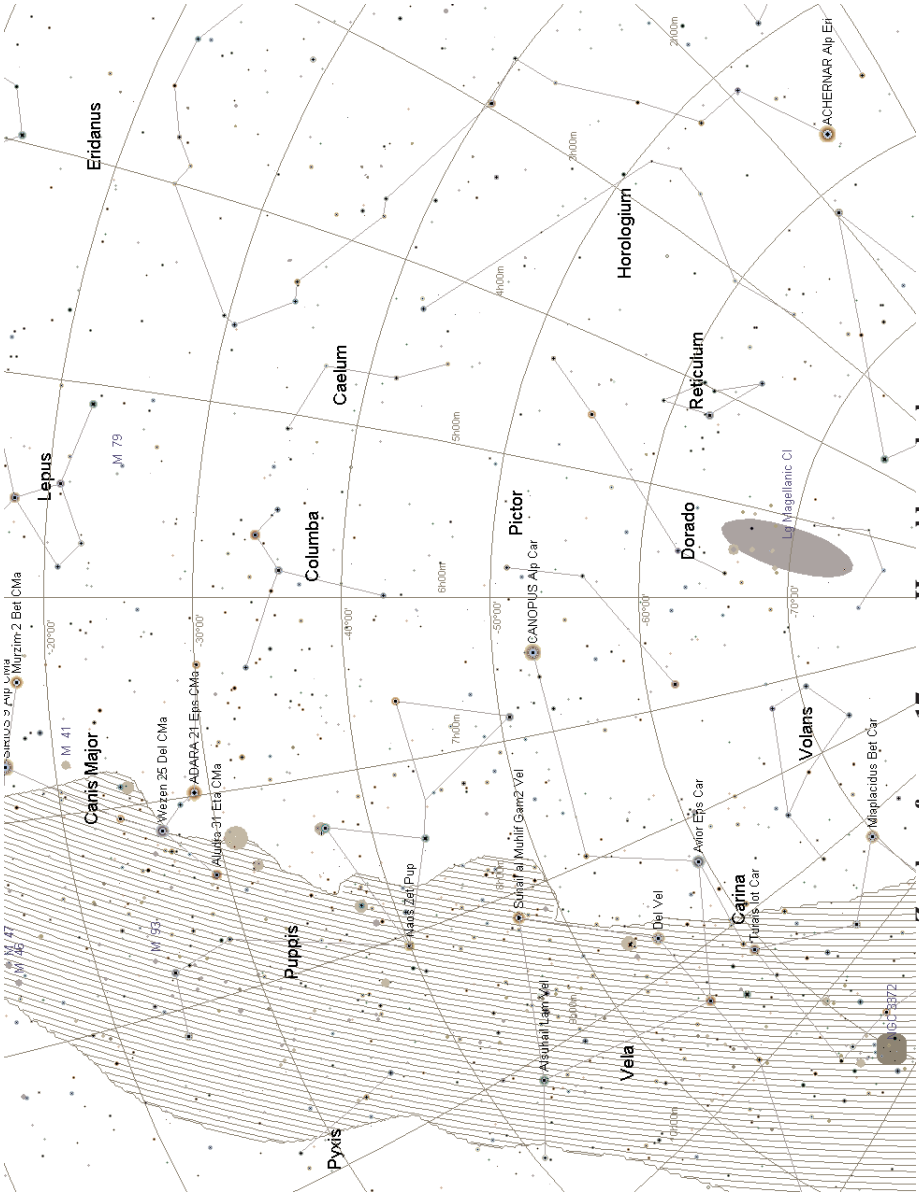
Zeruko esferaren 14. mapa: Ekuatorea-Hegoa, apirilean.
Igoera zuzena = 12 h-tik 16 h-ra; Deklinazioa = –45º-tik +10º-ra



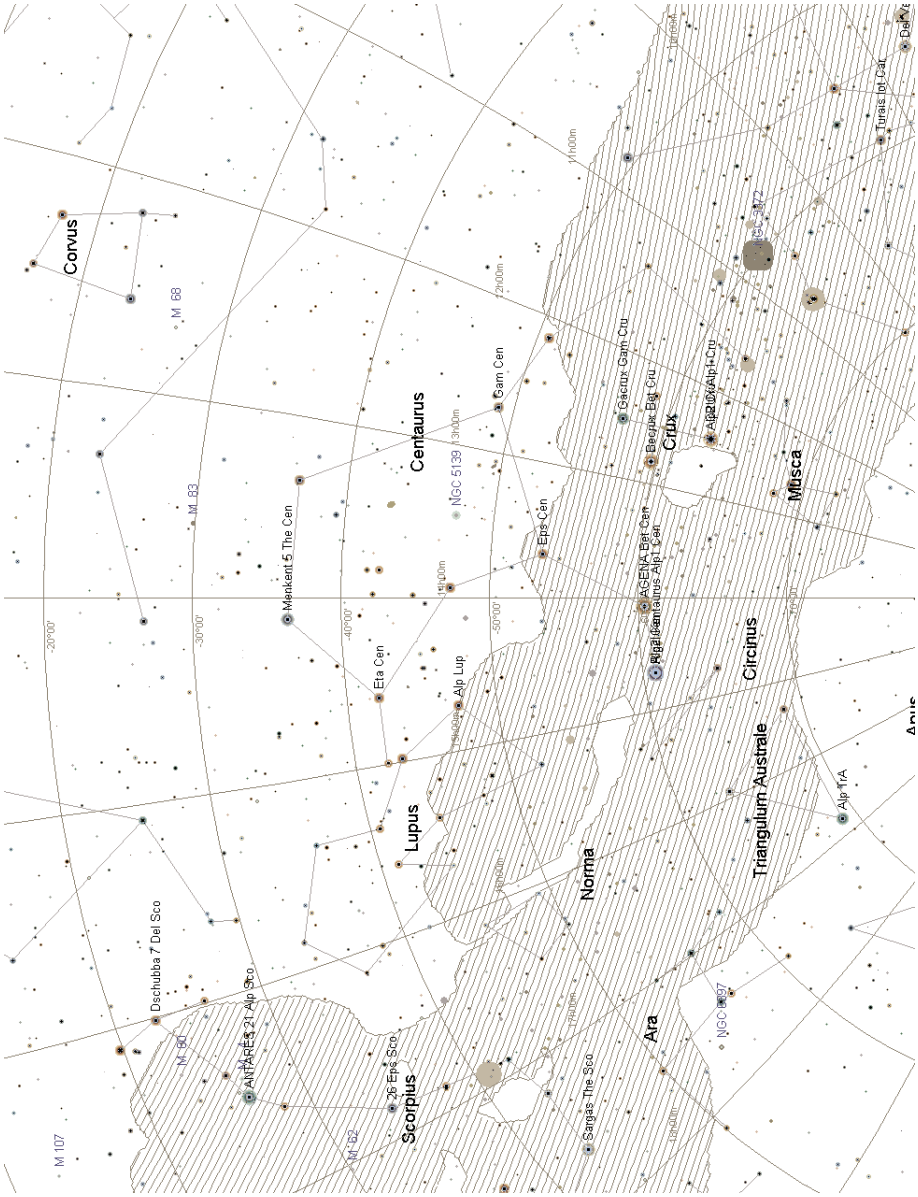
Zeruko esferaren 15. mapa: Ekuatorea-Hegoa, ekainean.
Igoera zuzena = 16 h-tik 20 h-ra; Deklinazioa = –45º-tik +10º-ra



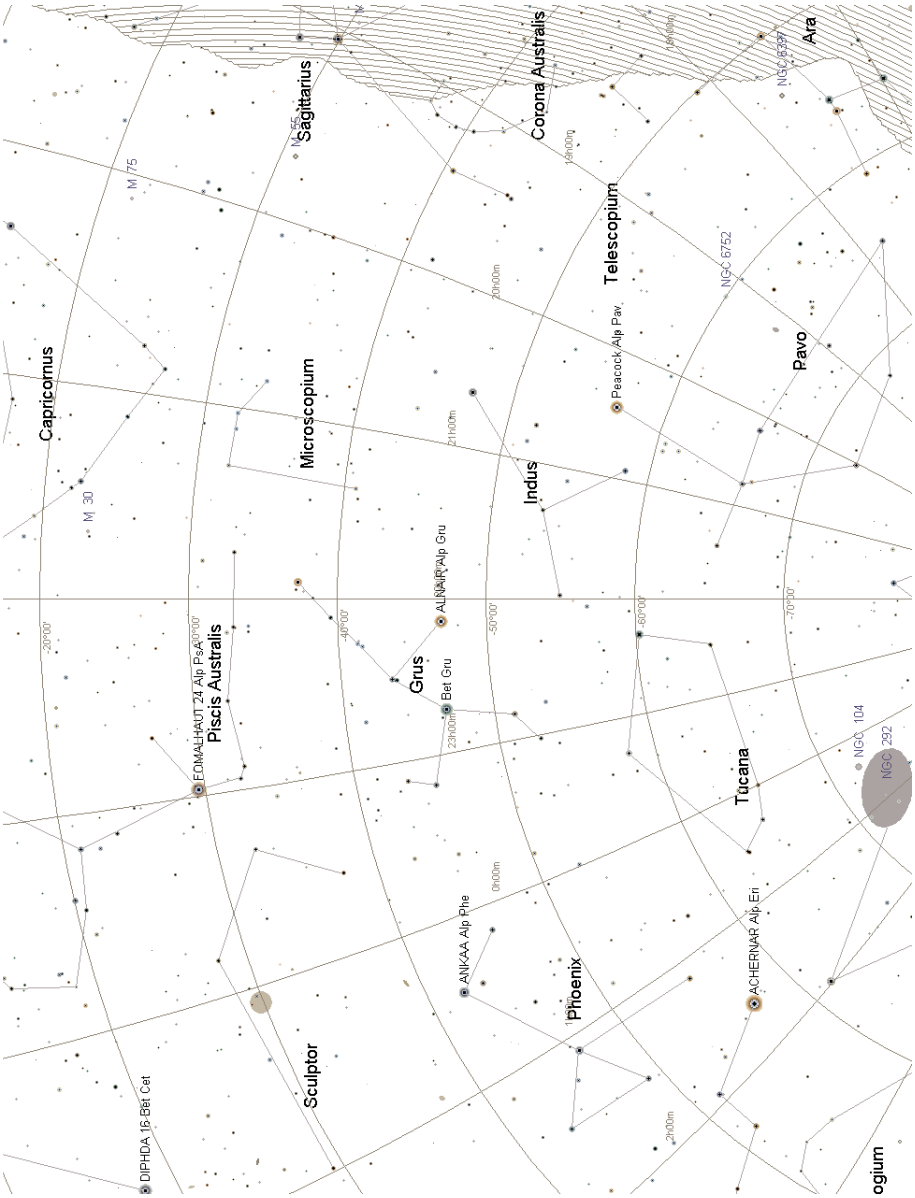
Zeruko esferaren 16. mapa: Ekuatorea-Hegoa, abuztuan.
Igoera zuzena = 20 h-tik 24 h-ra; Deklinazioa = –45º-tik +10º-ra



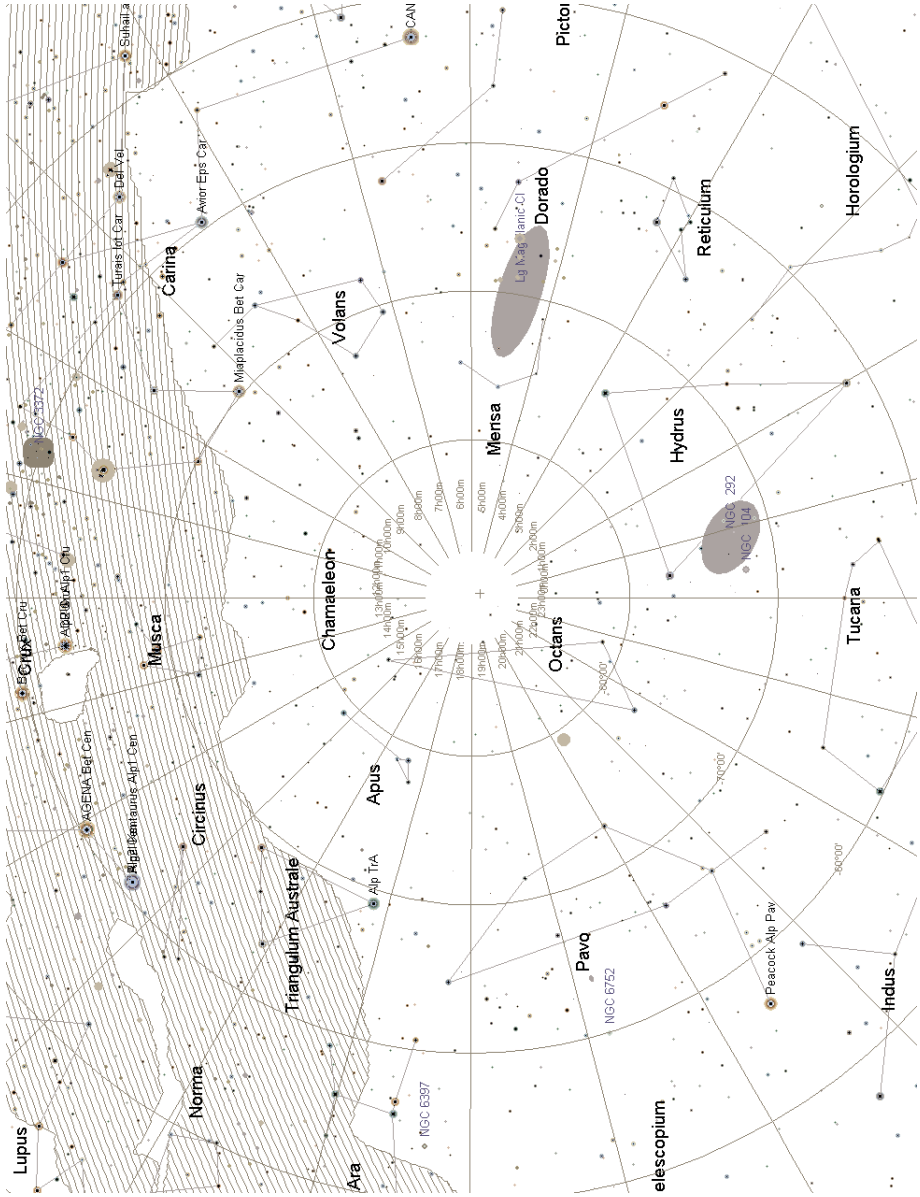
Zeruko esferaren 17. mapa: Hegoaldea, udazken-neguan.
Igoera zuzena = 2 h-tik 10 h-ra; Deklinazioa = –70º-tik –40º-ra



Zeruko esferaren 18. mapa: Hegoaldea, udaberrian.
Igoera zuzena = 10 h-tik 18 h-ra; Deklinazioa = –70º-tik –40º-ra



Zeruko esferaren 19. mapa: Hegoaldea, udan.
Igoera zuzena = 18 h-tik 2 h-ra; Deklinazioa = –70º-tik –40º-ra



Zeruko esferaren 20. mapa: Hego poloa, ikusezina.
Igoera zuzena = 0 h-tik 24 h-ra; Deklinazioa = –90º-tik –60º-ra

17.6. KONSTELAZIOEN IZENAK

Izen latinoa	Laburdura	Izen euskalduna	Mapa-zenbakia
Andromeda	And	Andromeda	2, 5, 6
Antlia	Ant	Bonba pneumatikoa	13
Apus	Aps	Paradisuko hegaztia	20
Aquarius	Aqr	Ugeta	5, 16
Aquila	Aql	Arranoa	10, 15, 16
Ara	Ara	Aldarea	18, 19, 20
Aries	Ari	Aharia	2, 5
Auriga	Aur	Gidaria	2, 6, 7
Boötes	Boo	Itzaina	3, 8, 9
Caelum	Cae	Zizelak	12, 17
Camelopardalis	Cam	Jirafa	7, 12, 13
Cancer	Cnc	Karramarroa	7
Canes Venatici	CVn	Ehiza-txakurrak	3, 8, 9
Canis Major	CMa	Txakur handia	12, 17
Canis Minor	CMi	Txakur txikia	7, 12, 13
Capricornus	Cap	Ahuntza	16, 19
Carina	Car	Ontzipea	17, 20
Cassiopeia	Cas	Kasiopea	1, 2, 4
Centaurus	Cen	Zentauroa	13, 14, 18
Cepheus	Cep	Zefeo	1, 4
Cetus	Cet	Balea	5, 6, 11
Chamaeleon	Cha	Kamaleoia	20
Circinus	Cir	Konpasak	18, 20
Columba	Col	Usoa	12, 17
Coma Berenices	Com	Berenizeren ile-adatsa	3, 8
Corona Australis	CrA	Hegoaldeko koroa	15, 16, 19
Corona Borealis	CrB	Iparraldeko koroa	9
Corvus	Crv	Belea	13, 14, 18
Crater	Crt	Kraterra	13, 14
Crux	Cru	Gurutzea	18
Cygnus	Cyg	Zisnea	1, 4, 10
Delphinus	Del	Izurdea	10
Dorado	Dor	Zamoa	17, 20
Draco	Dra	Herensugea	1, 4
Equuleus	Equ	Itsas zaldia	10, 16

Izen latinoa	Laburdura	Izen euskalduna	Mapa-zenbakia
Eridanus	Eri	Ibaia	11, 12, 17
Formax	For	Labea	11
Gemini	Gem	Bikiak	2, 6, 7
Grus	Gru	Lertxuna	16, 19
Hercules	Her	Herkules	4, 9, 10
Horologium	Hor	Erlojua	17, 19
Hydra	Hya	Hidra	13
Hydrus	Hyi	Itsas sugea	20
Indus	Ind	Indioa	19, 20
Lacerta	Lac	Muskerra	4, 5
Leo	Leo	Lehoia	3, 7, 8
Leo Minor	LMi	Lehoi txikia	3, 7, 8
Lepus	Lep	Erbia	12, 17
Libra	Lib	Balantza	14
Lupus	Lup	Otsoa	14, 15, 18
Lynx	Lyn	Katamotza	1, 2, 3, 7
Lyra	Lyr	Lira	4, 9, 10
Mensa	Men	Mahaia	20
Microscopium	Mic	Mikroskopioa	15, 16, 19
Monoceros	Mon	Adarbakarra	7, 12
Musca	Mus	Eulia	18, 20
Norma	Nor	Eskuaira	18, 20
Octans	Oct	Oktantea	20
Ophiuchus	Oph	Ofiuko	9, 15
Orion	Ori	Ehiztaria	6, 7, 12
Pavo	Pav	Indioilarra	19, 20
Pegasus	Peg	Pegaso	4, 5, 10
Perseus	Per	Perseo	1, 2, 6
Phoenix	Phe	Fenix	11, 19
Pictor	Pic	Margolaria	17, 20
Pisces	Psc	Arrainak	5
Piscis Austrinus	PsA	Hegoaldeko arraina	16, 19
Puppis	Pup	Popa	12, 13, 17
Pyxis	Pyx	Iparrorratza	12, 13, 17
Reticulum	Ret	Erretikulua	17, 20

Izen latinoa	Laburdura	Izen euskalduna	Mapa-zenbakia
Sagitta	Sge	Gezia	10
Sagittarius	Sgr	Arkularia	15, 16, 19
Scorpius	Sco	Eskorpioia	14, 15, 18
Sculptor	Scl	Eskultorea	11, 16, 19
Scutum	Sct	Ezkutua	10, 15
Serpens Caput	Ser	Sugearen burua	9, 14, 15
Serpens Cauda	Ser	Sugearen buztana	15
Sextans	Sex	Sestantea	7, 8, 13
Taurus	Tau	Zezena	2, 6
Telescopium	Tel	Teleskopioa	19
Triangulum	Tri	Triangelua	2, 5, 6
Triangulum Australe	TrA	Hegoaldeko triangelua	18, 20
Tucana	Tuc	Tukana	19, 20
Ursa Maior	UMa	Hartz Nagusia	3
Ursa Minor	UMi	Hartz Txikia	1
Vela	Vel	Bela	13, 17
Virgo	Vir	Birjina	8, 14
Volans	Vol	Arrain hegalaria	17, 20
Vulpecula	Vul	Azeria	4, 10

18. Bibliografia

18.1. LIBURUAK

Ronan, C.A. (1982): *Los amantes de la astronomía*, Blume, Bartzelona
Sagan, C. (2001): *Cosmos*, Planeta, Bartzelona

18.2. INTERNET-EKO WEB ORRIAK

18.2.1. Eklipseen iragarpenak

NASA-ko Fred Espenak-en orria:

http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/eclipse.html

18.2.2. Zeru sakoneko objektuen argazkiak

Hubble teleskopio espazialeko argazkiak:

http://www.spacetelescope.org/images

18.2.3. 17.5. eranskineko zeruko mapak sortu dituen programa

http://www.stargazing.net/astropc

18.2.4. Gaztelaniazko posizio-astronomia ikastaroa

http://www.astrored.or/iniciacion/curso/0.html

Fisika Sailean argitaratu diren beste liburu batzuk

Teoria fisikoen oinarriak
Jose Ramon Etxebarria
1994an argitaratua
ISBN: 84-86967-57-0

Fisika praktikak. (I) Mekanika eta elektrika
Jose Ramon Etxebarria eta beste
1995ean argitaratua
ISBN: 84-86967-68-6

Mekanika estatistikoa. Sarrera
David H. Trevena
Itzul. Josu Igartua eta Txema Ezpeleta
1996an argitaratua
ISBN: 84-86967-78-3

Forma eta fluxua. Arrastearen fluido-dinamika
Ascher H. Shapiro
Itzul. Jose Ramon Etxebarria eta beste
2000an argitaratua
ISBN: 84-8438-012-2

Fisika Orokorra. 2. argitalpena
Jose Ramon Etxebarria eta beste
2003an argitaratua
ISBN: 84-8438-045-9