

POPULAARTEADUSLIK
SARI

PROF. A. A. MIHHAILOV

PÄIKESE- JA
KUUVARJUTUSED



ALPHABETICAL
EDITION

2/21516

A-16558 IV

Prof. A. A. MIHHAILOV

PÄIKESE- JA KUUVARJUTUSED



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1953

Originaali tiitel:
А. А. Михайлов
Солнечные и лунные затмения
Государственное издательство
Технико-теоретической литературы
Москва 1951 Ленинград

2
Tõlkinud L. Utter

Artu Riikliku Olikoõli
Raamatukogu

21516

SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Kuidas toimub päikesevarjutus	4
2. Päikesevarjutuste põhjus	6
3. Kuu faasid	8
4. Kuu ja Päikese nähtavad liikumised	10
5. Kui sageli toimuvad päikesevarjutused	13
6. Päikesevarjutuse kolm tüüpi	14
7. Varjutuste kordumine	17
8. Varjutuste ennustamine	18
9. Täielike päikesevarjutuste vaatlemine	22
10. Mis on Päikese ümber näha täieliku päikesevarjutuse ajal	25
11. Päikesel toimuvate nähtuste mõju Maale	28
12. Valguskiirte kõrvalekaldumine	30
13. Kuidas teadlased vaatlevad päikesevarjutusi	31
14. Kuuvarjutused	33
Lisad:	
1. Täielikud päikesevarjutused aastail 1950—2000	37
2. Täielikud kuuvarjutused aastail 1950—2000	39

Toimetaja R. Mägi.

Kaane kujundus M. Laarmann.

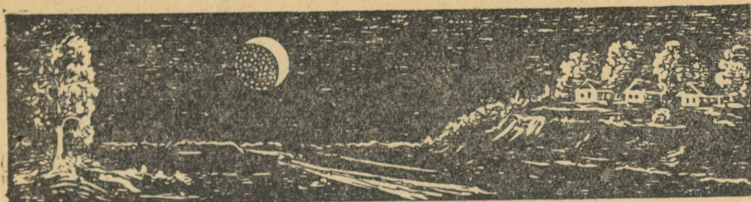
Tehniline toimetaja E. Plaks.

Korrektorid H. Sinilaid ja H. Tillemann.

Ladumisele antud 27. VIII 1953. Trükkimisele antud 24. IX 1953. Paber 54×84 sm, 1/16. Trükkiarv 8000. Trükipoognaid 2,5. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 2,05. Arvutuspoognaid 2,06. Tellimise nr. 1557. MB-12031. Trükkkoda «Punane Täht», Tallinn, Pikk tn. 54/58.

На эстонском языке.

Hind 60 kop.



SISSEJUHATUS

Vanasti tekitasid päikese- ja kuuvarjutused hirmu ja segadust, kuna enamikule inimestest jäid teadmatuks nende ebatavaliste loodusnähtuste põhjused ja saabumise aeg. Mitte osates selgitada varjutuste põhjust, pidasid paljud inimesed neid mingiteks imedeks, arusaamatuiks ja seletamatuiks märkideks. Tegelikult aga ei ole varjutustes mingit imet ja saladuslikkust. Teadlased tegid juba ammu kindlaks, et varjutus on niisama loomulik nähtus kui päeva ja öö vaheldumine. Nad õppisid küllaltki täpselt ette teatama varjutuse algust.

Praegusel ajal ei toimu ühtki päikese- ega kuuvarjutust, mille saabumisest elanikkonnale ajalehtede ja radio kaudu õigeaegselt ei teatataks. Päikesevarjutuse algus ja lõpp arvutatakse mitu aastat enne selle toimumist välja 3—4-sekundilise täpsusega.

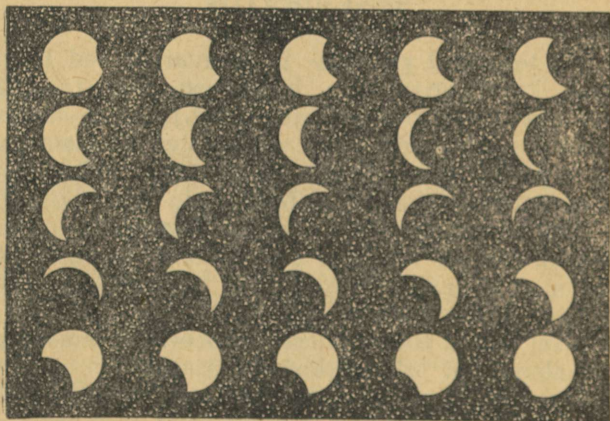
Teadlased-astronoomid, kes uurivad taevanähtusi, koostavad paljudeks aastateks ette varjutuste tabelid. Selle raamatu lõppu on paigutatud kaks tabelit, milledest lugeja näeb, millised täielikud päikese- ja kuuvarjutused toimuvad aastail 1950—2000, millistes maades need on nähtavad ja kui kaua nad kestavad.

Selleks, et koostada selliseid tabeleid, pidid teadlased täpselt tundma õppima looduseadusi, millede järgi toimub taevakehade liikumine. Oli tarvis paljude sajandite vältel vaadelda varjutusi, need täpselt üles märkida ja nende vaatluste tulemused läbi töötada. Ainult õigesti mõistetud looduseaduste ja varjutuste vaatlustest tehtud õigete järelduste alusel õppisid astronoomid ennustama varjutuse saabumist. See on silmapaistev näide teaduse

võimsusest; see on tõend selle kohta, et inimesed mõistavad õigesti taevakehade liikumise seadusi ja et nende jaoks ei ole selliseid taevanähtusi, mida nad ei võiks õigesti mõista ja seletada.

1. KUIDAS TOIMUB PÄIKESEVARJUTUS

On selge päev. Päike särab pilvitus taevas ja miski ei ennusta peatselt saabuvat loodusnähtust. Äkki hakkab Päikese sära nõrgenema ja ta ei soojenda enam nii tuge-



Joon. 1. Osalise päikesevarjutuse kulg. Joonisel (vasakult paremale) on kujutatud 25 fotot osalisest päikesevarjutusest, tehtud 5-minutiliste vaheaegadega.

vasti, ka valgus muutub tuhmiks. Päikese kuju taevas muutub: tavalise pimestava ringi asemel on ta omandanud sirbi kuju, nagu see on Kuul enne noorkuud. On alanud osaline päikesevarjutus (joon. 1).

Muutusi on märgata ka ümbritsevas looduses. Ümberringi on tekkinud mingi vaikus. Linnud ja loomad on rahutud.

Pimenemine muutub märgatavamaks, Päike ei soojenda enam, tema valgus on omandanud mingi kurjaennustava pruunika varjundi. Kõik värvid on tuhmunud. Päike on muutunud kitsaks sirbikeseks, mis jaguneb äkki mitmeks

heledaks kiiresti kaduvaks punktiks. Tume vari laskub üle maa, korraga läheb pimedaks otsekui hilisõhtul. Taevas võtab öise ilme, seal hakkavad helkima heledad tähed. Kohal, kus oli Päike, on nüüd taevas hõbedasest särast piiratud must ketas. Kogu loodus tardub: on alanud täielik varjutus.

Selline ebatavaline pimedus kestab kaks või kolm, mõnikord viis minutit. Lõpuks ilmub Päikese asupaigas oleva musta ketta parempoolselt küljelt nähtavale helepunane ribake, seejärel hakkavad loitma päikesevalguse pimestavalt heledad kiired. Nagu kergendusohe kandub üle looduse. Öine pimedus on kadunud, muutub jälle valgeks. Täielik varjutus on lõppenud. Päike on nähtavale ilmunud, esialgu küll veel kitsa sirbina, mis nüüd on teistpidi pööratud, nagu varase noorkuu sirp. Päikesesirbi laius kasvab vähehaaval ja umbes tund aega pärast täielikku varjutust omandab Päike oma tavalise ümmarguse kuju; seega on lõppenud ka osaline varjutus. Kuid juba ammu enne seda on looduses kadunud varjutuse tundemärgid: päikesekiired on hakanud jälle soojendama, loomad ja linnud on toibunud hirmust, kõik värvid on jälle eredaks muutunud. Paistab, et mitte miski ei meenuta enam äsjatoimunud ebaharilikku loodusnähtust.

Mitte ainult loomad ja linnud ei väljenda rahutust ja hirmu täielike päikesevarjutuste ajal. Ka ebateadlikes inimestes, kes ei tunne varjutuse põhjust ja kellele sellest pole ette teatatud, kutsub see esile hirmutunde. Vanasti oli päikesevarjutuste poolt tekitatud hämmeldus niivõrd suur, et muistsed ajaloolased ja kroonikakirjutajad pidasid vajalikuks mainida tähelepandud varjutusi kroonikates. See tõi suurt kasu astronoomiale ja ajaloo-teadusele; sellest aga räägime tagapool üksikasjalisemalt.

Hiina kroonikates on palju viiteid mitmesuguste päikesevarjutuste kohta. Neist kõige vanem seni teadaolev varjutus oli 2136. a. enne meie ajaarvamist. Imperaator Tšung Kangi valitsuse ajal toimus siis päikesevarjutus, mida aga ei olnud ette teatanud keisrikoja astronoomid Hi ja Ho, kes isegi ei jälginud seda. Osutus, et nad olid varjutuse ajal purjus.

Savist tahvlikestelt, mis leiti Babüloni ja Ninive (vanad linnad Väike-Aasias) väljakaevamistel, õnnestus lugeda kuuest varjutusest, milledest vanim oli 911. aastal enne meie ajaarvamist. 585. aastal enne meie ajaarvamist toi-

mus Väike-Aasias lahing lüüdi alaste ja meedialaste vahel, mille ajal keskpäeval saabus järsku ööpimedus. Hirmunud sõjamehed viskasid relvad maha ja jooksid laiali; see põhjustas kauakestva rahu sõlmimise sõdivate rahvaste vahel.

Kuigi keskajal päikesevarjutuste põhjust juba tunti, oli nende poolt esilekutsutud hirm ikka veel väga suur. Võib lugeda inimestest, kes peitsid end keldritesse päikesevarjutuse ajal, ja naistest, kes langesid minestusse. Baieri kuningas Ludwig isegi suri, kuna teda hirmutas 840. a. täielik päikesevarjutus, mis kestis pisut rohkem kui viis minutit.

2. PÄIKESEVARJUTUSTE PÕHJUS

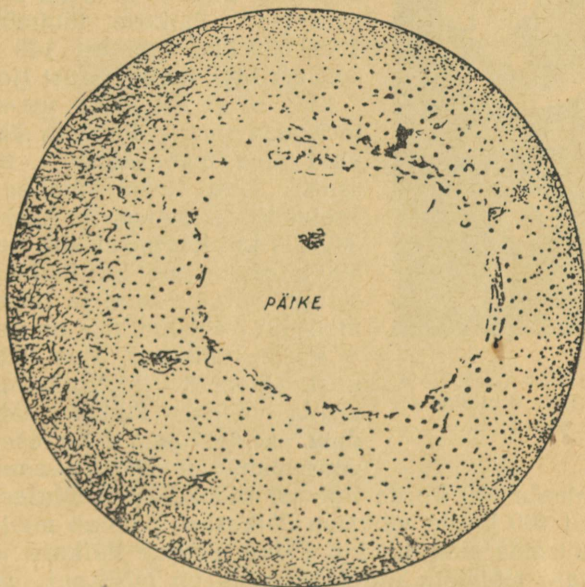
Mis siis põhjustab päikesevarjutusi? Sellele küsimusele ei ole raske vastata. Selleks on tarvis pöörata tähelepanu esiteks sellele, et päikesevarjutused toimuvad ainult Kuu loomise ajal, s. o. siis, kui Kuud ei ole öösel taevast näha. Teiseks on Päikesel osaliste varjutuste ajal niisugune väljumine, nagu oleks osa temast kaetud mingi ümmarguse kehaga, millel on peaaegu niisama suured nähtavad mõõdetud kui Päikesel. Teadlased taipasid juba ammu, et Kuu katab Päikese nagu varjuga ja seetõttu toimubki varjutus. Selleks, et niisugust oletust põhjendada ja aru saada kõigist varjutuse puhul esinevatest nähtustest, tutvume lähemalt sellega, mida kujutavad enesest Maa, Kuu ja Päike ning kuidas nad liiguvad.

Et Maa on kerakujuline, seda teadsid inimesed juba rohkem kui 2000 aastat tagasi.

Vastavalt uutele täpsetele mõõtmistele me teame, et maakera läbimõõt on 12 740 km ja ümbermõõt 40 000 km. Kilomeetri pikkus ise valiti poolteistsada aastat tagasi sellise arvestusega, et $\frac{1}{4}$ maakera ümbermõõtu oleks täpselt 10 000 kilomeetrit.

Maakera pöörleb ümber kujuteldava joone — telje, mis läbib ta tsentri ja poolused. Täispöörde ümber telje teeb Maa ööpäeva jooksul, mis põhjustabki päeva ja öö vaheldumise. Maakera liigub pööreldes piki kergelt väljavenitatud ringjoont, mille tsentri lähedal asetseb Päike. Oma teekonna ümber Päikese sooritab Maa ühe aasta jooksul, millega on seotud aastaegade vaheldumine. Päikese ja Maa vaheline kaugus on väga suur: see moodustab keskmiselt 150 miljonit kilomeetrit. Kuna Maa

tee ümber Päikese, ehk, nagu öeldakse, Maa orbiit, ei ole täpselt ringikujuline ja Päike ei asetse täpselt selle tsentris, siis on Maa kaugus Päikesest igal aastaajal erinev. Suvel on Päike 2 500 000 km kaugemal ja talvel nii sama palju ligemal mainitud keskmisest kaugusest.



• MAA

Joon. 2. Päikese ja Maa suhteline suurus.

Võib näida imelikuna ja arusaamatuna, et Päike asetseb meile talvel lähemal, kuid see on vastuvaidlematu fakt, mida võib kergesti kontrollida fotograafia abil. Kui pildistada Päikest fotoaparaadiga suuremõduliselt, siis on erinevaid ülesvõtteid omavahel võrreldes kerge veenduda, et jaanuaris on Päikese läbimõõt $\frac{1}{30}$ võrra suurem kui juulis.

Aastaajad kutsub esile mitte Maa ja Päikese vahelise kauguse muutus, vaid maakera telje kalle. Telje kalde tõttu pöörab maakera Päikese poole ja laseb kiiritada kord rohkem oma põhja-, kord lõunapoolkera. Seetõttu,



Joon. 3. Maa (üleval) ja Kuu (all) suhteline suurus.

kui detsembris põhjapoolkeral on talv, siis lõunapoolkeral on samal ajal suvi, talv aga saabub seal juunis.

Nagu Maa, nii on ka Päike kerakujuline, kuid ta mõõted on palju suuremad. Päikese läbimõõt on 1 390 000 km, mis on 109 korda suurem Maa läbimõõdust (joon. 2).

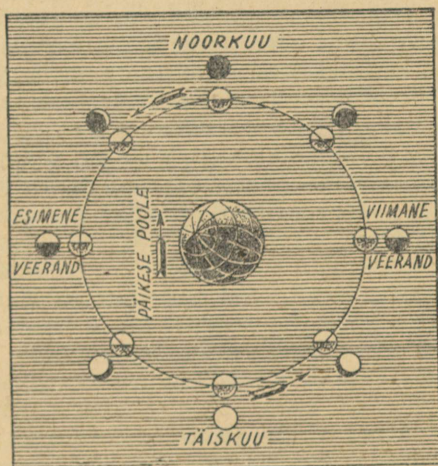
Maa ei soorita oma iga-aastast teekonda ümber Päikese üksinda, vaid oma teekaaslase — Kuu — saatel. Kuu tiirleb ümber Maa, asetsedes sellest keskmiselt 380 000 km kaugusel ehk peaaegu 400 korda ligemal kui Päike. Ta on samuti kerakujuline ja tema läbimõõt on 3 480 km, mis on peaaegu 4 korda väiksem Maa läbimõõdust (joon. 3) ja ligikaudu 400 korda väiksem Päikese läbimõõdust. Mida ligemal on ese, seda suuremana me seda näeme. Kuu,

olles Maale 400 korda ligemal kui Päike ja ühtlasi läbimõõdult 400 korda väiksem Päikesest, paistab meile peaaegu niisama suurena kui Päike. Selline Päikese ja Kuu nähtavate mõõdete ühtelangemine on mõistagi juhuslik. Selle tagajärjel, et kaugus Maast Päikeseni ja Maast Kuuni vähe muutub, võib Kuu paista meile mõnikord Päikesest veidi suuremana, vahel aga veidi väiksemana. Missugust mõju see avaldab varjutusele, seda näeme edaspidi üksikasjalisemalt.

3. KUU FAASID

Kuu juures on kõige silmatorkavamaks nähtuseks tema faasid. Nii nimetatakse mitmesuguseid vorme, mida ta näiliselt omandab. Esineb mõne päeva pikkusi ajavahe-
mikke, mil Kuud ei ole üldse näha — seda nimetatakse noorkuuks (joon. 4). Kaks kuni kolm päeva pärast Kuu loomist ilmub Kuu kitsa sirbina Päikese loojumisel õhtutaevasse ja loojub varsti Päikese järel. Iga päevaga kasvab kuusirbi laius. Seitse päeva pärast noorkuud

omandab ta heleda poolringi kuju, mille kumer osa on pööratud Päikese poole, s. o. paremale ja alla. See on Kuu esimene veerand. Muutudes üha suuremaks ja ümmargusemaks, võtab Kuu 14 päeva pärast noorkuud ehk 7 päeva pärast esimest veerandit korrapärase heleda ringi kuju ja tõuseb idataevasse pärast Päikese loojumist,



Joon. 4. Kuu faaside vaheldust selgitav skeem. Päike asub kaugel üleval. Orbiidil on kujutatud Kuud mitmesugustes positsioonides Maa suhtes; kõikjal on valgustatud Kuu poolkera, mis on pööratud Päikese poole. Väljaspool orbiiti on kujutatud Kuu erinevad faasid sellistena, nagu me neid näeme Maalt.

asetsees Päikesele vastaspooles taevapunktis. See on täiskuu. Seejärel hakkab Kuu parem külg kahanema ja nädal pärast täiskuud omandab ta uuesti poolringi kuju, kuid seekord kumerusega vastupidises suunas — vasakule; see on viimane veerand. Sel ajal tõuseb Kuu öösel ja jääb taevasse hommikuni, olles isegi hommikul nähtav Päikesest paremal pool. Pärast seda muutub Kuu poolring sirbiks, mis üha ahenedes tõuseb hommikuti ikka hiljem. Lõpuks kaob kitsas sirp hommikutaeva foonil ja uuesti saabuvad ööd, kus Kuud pole näha — on noorkuu (vt. joon. 4).

Kahe üksteisele järgneva noorkuu (või täiskuu) vahe on keskmiselt 29 ööpäeva ja 13 tundi; seda ajavahemikku nimetatakse s ü n o o d i l i s e k s k u u k s.

Kuu faasid on seletatavad sellega, et Kuu on mittehelandav, tume kera. Seepärast me näeme ainult seda osa Kuu pinnast, mida valgustab Päike ja mis on pööratud meie poole. Olenevalt Kuu asendist Päikese suhtes, me näeme tema valgustatud pinnast suuremat või väiksemat osa. Päike valgustab alati poolt kogu Kuu pinnast, kuid poolkera, mis on pööratud Maa poole, ei lange alati ühte valgustatud poolkeraga. Noorkuu ajal asetseb Kuu Päikese ja Maa vahel. On arusaadav, et sel ajal on pööratud Maa poole Kuu valgustamata poolkera, nagu see selgub joonisel 4 ülalt. Mõne päeva jooksul liigub Kuu edasi ja Maalt on näha servake valgustatud poolkerast — Kuu paistab meile kitsa sirbina.

Peatumata vahepealsetel faasidel, siirdume kohe täiskuu juurde (joon. 4 all). Sel ajal asetseb Kuu Päikesega võrreldes vastupidises suunas; Päikese poolt valgustatud Kuu poolkera on tervikuna pööratud Maa poole, seepärast on Kuu nähtav korrapärase ühtlaselt valgustatud ringina.

Rääkides päikesevarjutustest, on tarvis märkida, et noorkuu ajal läheb Kuu läbi Päikese ja Maa vahelt. Järelikult võib Kuu just sel ajal katta Päikese maise vaatleja eest ja sellega põhjustada päikesevarjutuse. Seetõttu võib päikesevarjutus toimuda ainult noorkuu a ja l. Kuid päikesevarjutus ei kaasne kaugeltki mitte iga noorkuuga. Selle põhjust on tarvis selgitada.

4. KUU JA PÄIKESE NÄHTAVAD LIIKUMISED

Kuu tee ümber Maa, mida nimetatakse Kuu orbiidiks, erineb väga vähe ringjoonest, ei asetse aga selles tasapinnas, milles liigub Maa ümber Päikese. Kuu orbiit on pisut kallutatud Maa orbiidi suhtes. Nende vastastikune kalle ei ole küll suur, kõigest 5° , kuid sellest piisab, et enamiku noorkuude ajal ei toimu päikesevarjutust.

Alates suure poola õpetlase Koperniku (1473—1543) ajast me teame, et vana kujutus, nagu seisaks Maa liikumatuna maailmaruumi keskpunktis ning tema ümber tiirleksid kõik taevakehad, sealhulgas ka Päike, on eba-

õige. Taevas paistab meile Maad ümbritseva kerana; näib nagu asuks Maa selle keskpunktis. Meile näib, et taevaskera on ühtlases pöörlevas liikumises, mistõttu me näemegi tõusmas ja loojumas tähti, mis nagu oleksid kinnitatud taevaskera sisepinnale ja pöörleksid koos sellega ümber Maa. Peale nende „taevale kinnitatud“ tähtede, mida nimetatakse seetõttu kinnistähedeks ja mis moodustavad taeval muutumatud tähtkujud, on veel mitu liikuvat taevakeha, mis aeglaselt liiguvad ühest tähtkujust teise. Neid taevakehi nimetatakse planeetideks, mis kreeka keeles tähendab „rändav“. Vanasti arvati nende hulka ka Päike ja Kuu.

Kuu liikumist tähistaevas on õige kerge jälgida. Kui jätta meelde mõni hele täht Kuu kõrval, siis võib juba mõne tunni pärast näha, et Kuu on selle tähe suhtes liikunud paremalt vasakule. Jälgides päevast-päeva Kuu asendit tähtede keskel, märkame, et kuu aja jooksul teeb ta täistiiru taevas, liikudes kogu aeg paremalt vasakule.

Päikese liikumist tähistaevas on palju raskem jälgida, sest päeval ei ole tähed näha ja Päikese lähedal ei ole taeval selliseid märke, millede abil oleks võimalik Päikese asendit iga päev jälgida. Seda õnnestus siiski teha. Juba vanas Egiptuses oli teada, et ka Päike liigub mööda ringi, tehes aasta jooksul ringi ümber kogu taeva; see ring sai nimetuse ekliptika.

Rääkides Päikese ja Kuu liikumisest taevas, mõtleme sellega nende ümberasetumist kinnistähedega suhtes ühest tähtkujust teise, mitte aga ööpäevast liikumist tõusude ja loojangutega, millest võtavad osa kõik taevakehad.

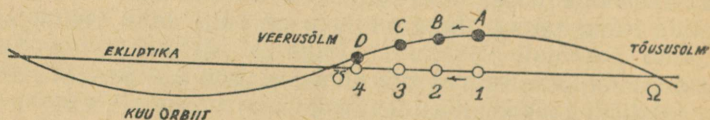
Kopernik näitas, et tegelikult ei pöörle taevaskera, vaid Maa, ja mitte Päike ei liigu ümber Maa, vaid Maa ümber Päikese. Ka kumerat taevavõlvi ei ole üldse olemas, on ainult lõputu maailmaruum, mis ümbritseb Maad igast küljest. Asetsedes Maal, ei märka me tema liikumist. Me näeme ainult, kuidas Päike ja tähed muudavad oma asukohta Maa suhtes, ja arvame, et need liikumised kuuluvad neile, aga mitte meile endile koos Maaga.

Koperniku õpetus sattus kiriku ägedate rünnakute alla. Suure õpetlase järelkäijaid jälitati kiriku poolt; üks neist, itaalia teadlane Giordano Bruno, põletati 1600. aastal kirikukohtu otsuse järgi tuleriidal.

Mitmesuguste nähtuste seletamiseks, mis on seotud varjutustega, on otstarbekohasem rääkida sellest, mida

me näeme taevast, s. o. rääkida Päikese ja Kuu näivast liikumisest, aga mitte sellest, kuidas tegelikult liigub Maa. Taevakehade nähtav liikumine taevast oli hästi tuntud juba vanadele kreeklastele, kuna Maa ja teiste planeetide tegelikku liikumist maailmaruumis ümber Päikese õpiti tundma alles XVI ja XVII sajandil.

Niisiis, Päike sooritab oma nähtaval ehk näival liikumisel mööda tähistaevast ühe täistiiru aasta jooksul, läbides mööda ekliptikat 12 tähtkuju ja viibides igapäev kuu aega. Kuu tee ehk orbiit on samuti ring, mis võtab kogu taevast, kuid mis ei lange ühte ekliptikaga, vaid on kaldu, nagu juba öeldud, viimase suhtes 5° . Kuu orbiit lõikub



Joon. 5. Kuu orbiit ja ekliptika.

ekliptika tasapinnaga kahes vastakuti asetsevas punktis, mida nimetatakse Kuu orbiidi sõlmedeks ehk lihtsalt Kuu sõlmedeks. Päikese ja Kuu teed lõikuvad sõlmedes, seejärel lähevad nad lahku ja asuvad teineteisest kõige kaugemal kahe sõlme vahemaa keskel, kus nende vastastikune kaugenemine ulatub 5° -ni. Kui kujutada ekliptikat sirgjoonena (nagu Maa ekvaatorit mõningail maakaartidel), siis Kuu orbiit võtab joonisel 5 näidatud kuju.

Olgu Päike asendis 1. Kui Kuu, liikudes oma orbiidil, läbib punkti A, saabub noorkuu. Kuid siin on kaugus Päikese tsentri ja Kuu tsentri vahel 5° , nii Kuu kui ka Päikese raadius aga on ainult $1/4^\circ$. Seepärast jääb Kuu ja Päikese servade vahele nende nähtavas asendis taevast suur vahe. Kuu ei suuda katta Päikest ja varjutust ei toimu. Seega võib öelda, et antud noorkuu ajal Kuu möödub Päikesest kõrgemalt.

Kuu aja pärast on Päike asendis 2, olles läbinud ligikaudu $1/12$ ekliptikast ehk $1/6$ kaugusest lähimate sõlmede vahel. Kuu jõuab selle ajaga teha terve ringi oma orbiidil ja, jõudes Päikesele järele, läbib uuesti punkti A liikudes

punkti B poole. Kui Kuu läbib Päikesele lähima punkti B, saabub jälle noorkuu, kuid ka sel korral ei toimu varjutust. Veel kuu aega hiljem leiab noorkuu Päikese punktis 3 ja Kuu punktis C. Kaugus nende vahel on nüüd vähenenud, kuid varjutuse toimumiseks siiski liig suur. Alles järgmise noorkuu ajal, kui Päike asub punktis 4 ja Kuu punktis D, osutub varjutus vältimatuks, kuid on ainult osaline, mille puhul Kuu katab Päikese ülemise serva. Kui aga Päike asub noorkuu ajal sõlmele veel ligemal, siis toimub täielik päikesevarjutus.

Niisiis, varjutus toimub ainult niisuguse noorkuu ajal, millal Päike asetseb sõlmele küllalt ligidal. Muistsed hiinlased ei tundnud varjutuste tegelikku põhjust ja nad mõtlesid, et Päike kustub tigeada draakoni kallaletungi tõttu, kes hakkab Päikest alla neelama. Draakoni hirmutamiseks, Päikese juurest eemale ajamiseks tegid nad kõrvulukustavat kära ja tagusid trumme. Kuid nad teadsid siiski juba, et varjutus võib toimuda ainult Kuu orbiidi sõlme ligiduses, ja arvasid seepärast, et siin on draakoni eluase. Selle ebausustavastukaja on senini säilinud selles, et sõlme tähistatakse astronoomias erilise märgiga (vt. joon. 5), mis kujutab endast hüppeks valmistuva draakoni lihtsusstatud joonist; ajavahemikku, mis lahutab Kuu kaht järjestikust antud sõlmeni jõudmise momenti, nimetatakse drakooniliseks kuuks.

5. KUI SAGELI TOIMUVAD PÄIKESEVARJUTUSED

Päike ei saa mööduda sõlmest, ilma et toimuks varjutus. Võib juhtuda isegi seda, et varjutust saab vaadelda kaks noorkuud järjest, kuid siis on mõlemad varjutused osalised, millede ajal Kuu katab ainult väikese osa Päikesest. Esimene neist peab toimuma siis, kui Päike on vaevalt jõudnud varjutuse alasse, teine aga pisut aega enne Päikese lahkumist sellest alast.

Kui on toimunud üks täielik või järgemööda kaks osalist varjutust, siis järgneval noorkuul ei saa varjutust olla ja tuleb oodata ligikaudu pool aastat, kuni Päike jõuab järgmise sõlmeni. Siis kordub jälle seesama, mida me vaatlesime esimese sõlme juures. Seega peab igal aastal olema kaks liigikaudu pooleaastase vahega eraldatud ajavahemikku, millal toimub üks või kaks varjutust.

Asi muutub seetõttu keerukamaks, et Kuu orbiidi sõlmed ei püsi muutumatult ühel kohal ekliptikal, vaid liiguvad aeglaselt vasakult paremale, Päikesele vastu, sooritades 19 aasta jooksul ekliptikal täistiiru. Seepärast liigub Päike ühest sõlmest teise mitte täpselt poole aastaga, s. o. mitte 183 ööpäevaga, vaid $\frac{1}{19}$ võrra kiiremini, s. o. 174 ööpäevaga. See ongi keskmine ajavahemik toimuvate varjutuste vahel. Aasta jooksul toimub vähemalt kaks varjutust, üks kummagi sõlme juures. Nii toimus 1945. a. kaks varjutust: 14. jaanuaril (osaline) ja 9. juulil (täielik). Kõige suurem varjutuste arv aastas on viis. Selleks on tarvis, et esimene varjutus toimuks päris aasta alguses, jaanuari esimestel päevadel, Päikese jõudmisel osalise varjutuse alasse ühe sõlme juures. Teine varjutus toimub kuu aega hiljem sama sõlme juures. Seejärel esineb viiekuune vaheaeg, mille jooksul Päike liigub teise sõlme juurde, kus toimub jälle kaks varjutust järjest. Viimaks üsna aasta lõpul, detsembris, võib toimuda veel üks varjutus uuesti esimese sõlme juures. Nii toimub aasta jooksul kokku viis varjutust, kuid kõik, eriti esimesed neli, on osalised, väikese faasiga. Niisugune juhtum oli 1935. a., millal toimus viis varjutust: 5. jaanuaril, 3. veebruaril, 30. juunil, 30. juulil ja 25. detsembril.

Igal aastal on vähemalt kaks päikesevarjutust. Lugeja võib kahtlevalt küsida: miks me siis neid nii harva näeme? Selle selgitamisele me asumegi.

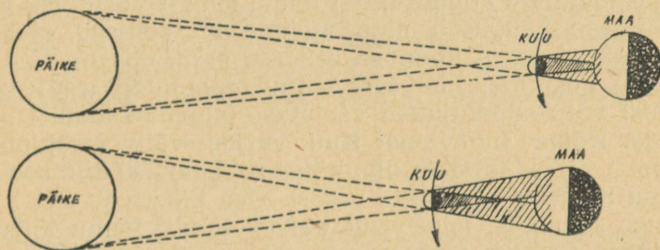
6. PÄIKESEVARJUTUSE KOLM TUUPI

Kujutleme, et on saanud noorkuu, mille ajal toimub varjutus. See tähendab, et Päike, Kuu ja Maa asuvad ühel sirgel, nii et Maalt vaatlemisel Kuu katab Päikese. Teame juba, et Kuu oma läheduse tõttu paistab Maale peaaegu niisama suurena kui Päike.

Maa ja Päikese ning Maa ja Kuu vahelise kauguse väikese muutumise tagajärjel muutuvad aga pisut ka nende taevakehade nähtavad mõõded. Kui Kuu on meile kõige ligemas ja Päike kõige kaugemas punktis (viimane olukord leiab aset suvel), siis osutub Kuu oma nähtavate mõõdede poolest Päikesest suuremaks ja võib selle varjutuse ajal täielikult katta; sel juhul toimub täielik varjutus. Kui aga Kuu ja Päike on keskmistel kaugustel või,

veel enam, kui Kuu asub kõige kaugemas ja Päike lähimas punktis (talvel), siis paistab Kuu meile Päikesest väiksemana ja täielikku varjutust ei saa kuidagi toimuda. Kõige paremal juhul, kui Päikese ja Kuu tsentrid langevad vaatleja suhtes ühte, jääb Päikesest nähtavaks kitsas hele rõngakujuline ääreke. Sellist varjutust nimetatakse rõngakujuliseks.

Kui Kuu möödub Päikesest niivõrd küljelt, et katab ainult osa temast, kusjuures Päike muutub sirbikujuliseks (vt. joon. 1), siis toimub osaline varjutus.



Joon. 6. Päikesevarjutuste skeemid: ülal — täielik varjutus (Maa asub Päikesest kaugemal, Kuu aga Maale lähemal); all — rõngakujuline varjutus (Maa asub Päikesele lähemal, Kuu aga Maast kaugemal).

Enne täieliku või rõngakujulise varjutuse algust, kui Kuu alles liigub Päikese kettale, on varjutus samuti osaline; sama on lugu ka pärast täieliku või rõngakujulise varjutuse lõppemist.

Neid varjutuse kolme tüüpi võib selgitada veel teisiti. Kuu nagu iga läbipaistmatu ese heidab Päikesest valgustatuna enda taha varju. Seal, kuhu langeb Kuu vari, toimub täielik päikesevarjutus. Kui Päike oleks helendav punkt, siis oleks Kuu vari täiesti terav. Kuid Päike on küllalt suurte mõõdetega hele ring ehk ketas. Teatavasti ei anna suure mati kattega või piimklaasist kupliga lamp teravaid varje: kui sellise lambi ette asetada läbipaistmatu ese, siis eraldab täisvarju, kus lampi pole sugugi näha, ja täiesti valgustatud ala niisugune piirkond, millest matt lamp on näha ainult osaliselt. Seda ala nimetatakse poolvarjupiirkonnaks. Kui varju heitev ese on väiksem, tekib tema taha aheneva koonuse kujuline vari. Kõik see sarnaneb Kuu varjuga, nagu selgitab joonis 6,

kus on kujutatud Päike ja Kuu koos tema varju ja poolvarjuga Maal.

Kuu heidab aheneva koonuse kujulise varju. Selle varju koonuse sees on varjutus täielik (mõlemal joonisel tihedalt kriipsutatud). Koonuse tipust kaugemal algab koonuse laienev osa (alumine joonis), kus varjutus on rõngakujuline, kuna siin Päike paistab suuremana kui Kuu. Lai poolvarju koonus (mõlemal joonisel hõredamalt kriipsutatud) eraldab ala, kus varjutus on osaline ja faasilt seda väiksem, mida ligemale koonuse välisele äärele. Väljaspool neid koonuseid ei toimu mingit varjutust. Kuu ja Päikese kaugused ning mõõted on sellised, et Maa võib minna varju koonuse sisse ossa, mis on ta tipu lähedal, kusjuures Maa võib sattuda kas täieliku (ülemine joonis) või rõngakujulise varjutuse (alumine joonis) piirkonda. Kõige sügavamal Kuu varjus võib maapinnale langeva varju läbimõõt olla kõige rohkem 270 kilomeetrit.

Kuu liigub oma orbiidil ümber Maa kiirusega üks kilomeeter sekundis, mis pisut ületab kuuli lennu kiiruse. Maakera pöörleb ümber oma telje, pöörates seejuures Kuu varju ette oma erinevaid osasid. Seetõttu libiseb Kuu vari kiiresti üle maapinna. Kui vari jõuab mingile kohale Maal, toimub seal täielik varjutus, kui vari eemaldub, siis varjutus lõpeb. Varju väikesed mõõted ja suur liikumiskiirus põhjustavad seda, et vari ei kata kauemat aega Maa ühte kohta ja täielik varjutus ei kesta kunagi kauem kui 8 minutit, tavaliselt aga tunduvalt vähem. Liikudes mööda Maad, läbib Kuu vari kitsa kuid pika vöö, milles täielik päikesevarjutus on järgemööda näha, alguses riba lääneosas, seejärel aga idaosas, sest nimelt selles suunas liigub Kuu ja kandub ka ta vari.

Samuti toimub ka rõngakujuline varjutus Maa jõudmisel vastavasse varju ossa. Rõngakujuline varjutus on samuti vaadeldav kitsal ja pikal ribal, mille laius võib mõnikord harva ulatuda kuni 450 kilomeetrini.

Kuu poolvarju koonus läheb laiemaks ja seal, kus ta võib langeda Maale, on ta läbimõõt ligi 7000 kilomeetrit; nii võib poolvari katta tunduva osa maapinnast. Kuid ainult poolvarju sügavuses, ta keskkohta lähedal on osaline varjutus suurefaasiline; poolvarju äärtel katab Kuu ainult tähtsusetu osakese Päikesest ja selline varjutus võib jääda märkamatuks, kui tema toimumist ei ole ette teada.

Järgnevalt selgitame, miks päikesevarjutusi nii harva näeb, vaatamata sellele, et iga aasta toimub neid vähe-malt kaks. Kõigepealt ei ole kõik varjutused täielikud: ligikaudu üks kolmandik kõigist varjutusist on täielikud, üks kolmandik rõngakujulised ja üks kolmandik osalised. Peale selle ei saa iga varjutust vaadelda kogu Maal, vaid ainult ta pinna väikesel osal, kusjuures täieliku varju-tuse piirkond kujutab endast ehkki pikka (mõnikord roh-kem kui 10 000 km), kuid kitsast (vähem kui 270 km) vöön-dit. Täisvarjutuse vöönd läbib ühe ja sama koha keskmiselt üks kord 400 aasta jooksul. Kui aga mitte oodata täieliku varjutuse toimumist seal, kus elab vaatleja, vaid varem reisida täieliku varjutuse nähtavuse piirkonda, siis võib näha seda keskmiselt üks kord poolteise aasta jook-sul.

7. VARJUTUSTE KORDUMINE

Nüüdisaegne teadus võib varjutusi ennustada palju-deks aastateks ette. Usna kerge on ligikaudselt ennustada varjutuse päeva, kuid mitte täpset aega ja kohta, kus varjutus on nähtav. Me teame, et varjutuse toimumiseks on tarvis kahe asjaolu kokkusattumist: peab olema noor-kuu ja Kuu (ning muidugi ka Päike) peab asetsema oma orbiidi sõlme lähedal. Paljude sajandite jooksul teostatud Kuu liikumise vaatluste abil on kindlaks telitud, et aja-vahemik noorkuust noorkuuni, s. o. sünoodiline kuu, võr-dub keskmiselt 29 ööpäeva 12 tunni 44 minuti 5 sekun-diga, aga ühe ja sama sõlme juurde tuleb Kuu tagasi drakoonilise kuu möödudes, mis sisaldab 27 ööpäeva 5 tundi 5 minutit ja 36 sekundit.

Kui leida selline ajavahemik, mis sisaldab täisarvulise hulga nii sünoodilisi kui ka drakoonilisi kuid, siis selle ajavahemiku möödumisel Kuu, Päike ja sõlmed jõuavad uuesti esialgsesse asendisse ja kõik varjutused, mis toi-musid selle ajavahemiku jooksul, hakkavad uuesti kor-duma endises järjekorras. Sellise ajavahemiku kindlaks-tegemine sarnaneb sellega, mida aritmeetikas nimetatakse väikseima ühiskordse leidmiseks. Selgub, et 223 sünoo-dilist kuud võrdub 6585 ööpäeva 7 tunni 43 minutiga, kuid 242 drakoonilises kuus on 6585 ööpäeva 8 tundi ja 34 minutit, s. o. ainult 51 minutit rohkem. See ajavahemik sisaldab 18 aastat $11\frac{1}{3}$ päeva ning on tuntud egiptuse

päritoluga nimetuse „saaros“ all, mis tähendab „kordumine“. Juba kaks ja pool tuhat aastat tagasi teadsid kreeka ja egiptuse teadlased ja preestrid saarose olemasolust ja kasutasid seda varjutuste ennustamiseks. Piisab kõigi saarose jooksul toimunud varjutuste nimekirja koostamisest, et omada võimalust ennustada eelseisvaid varjutusi reaks järgnevateks saarosteks. Selgub, et ühe saarose jooksul toimub 43 päikesevarjutust, neist 15 osalist, 15 täielikku ja 13 rõngakujulist.

Kuid täpsemaks varjutuse aja ja nähtavuse piirkonna ennustamiseks ei piisa saarose tundmisest.

8. VARJUTUSTE ENNUSTAMINE

Saarose abil võib ainult ligikaudu kindlaks teha eelseisvat varjutust, s. o. näidata ära aeg ja ainult väga umbkaudselt nähtavuskoht. Saarose abil ei saa määrata kindlaks Kuu varju teed maapinnal. Varjutuste täpsemaks ennustamiseks oli tarvis astronoomide ja matemaatikute määratu suurt tööd paljude sajandite jooksul. Selleks oli tarvis tundma õppida seadusi, millede järgi toimub Maa liikumine ümber Päikese ja Kuu liikumine ümber Maa. Toome ära mõned tähtsamad sammud, mida teadus selles suunas on teinud. Kopernik näitas XVI sajandi esimesel poolel, et Maa liigub ümber Päikese, aga mitte vastupidi. Kepler püstitas XVII sajandi alguses kolm põhilist seadust, millede järgi liiguvad planeedid, nende hulgas ka Maa. Newton avastas XVII sajandi lõpul kogumaailmse külgetõmbejõu, mille toimele liiguvad kõik taevakehad, ja formuleeris selle jõu seaduse. XVIII ja XIX sajandi matemaatikud arendasid Newtoni teooriat ja rakendasid seda, et kogumaailmse külgetõmbejõu seaduse alusel välja arvutada planeetide ja Kuu tegelikku liikumist. Kuid teooria üksi on jõuetu: ta vajab Kuu ja Päikese vaatlusi, et anda üldistele liikumisseadustele kindel sisu ja täpsustada erinevaid arvulisi andmeid, mis käivad planeetide liikumise kohta. Siin on osutanud suuri teeneid varjutused, milliseid vaadeldi vanast ajast peale.

Kui Assüüria kroonik kirjutab, et „Hozani valitsusajal toimus Sivani kuul pealinnas (Ninives) ülestõus ja Päike muutus pimedaks,“ siis järelikult liikus Kuu kauges minevikus selliselt, et mainitud varjutuse ajal ta vari läks

läbi Ninive. Õnnestus määrata kindlaks, et see varjutus oli 15. juunil 763. aastal e. m. a.

Vanad varjutused osutusid tähtsaks mitte ainult astronoomias, Kuu ja Päikese liikumise täpseks määramiseks mõni aastatuhat tagasi, vaid ka ajaloos ja ajaarvestuse määramisel. Asi seisab selles, et paljud rahvad alustasid oma ajaarvamist mitmesugustest, nende elus tähtsatest sündmustest. Nii arvati näiteks Hiinas aega imperaatorite dünastia järgi, vanas Roomas — Rooma linna asutamisest, vanas Kreekas — olümpiaadide (võistlused jooksus, maadluses jne.) järgi. Ka kuid ja päevi loeti erinevalt ning teisiti kui meie kalendris. Selles virvarris orienteeruda ja kõik kroonikates näidatud sündmused meie praegusesse ajaarvamisse sobitada oleks olnud võimatu, kui poleks aidanud märkmed muistsetest varjutustest. Nii näiteks on teada vana-ajast, et võimu pärast Kreekas Sparta ja Ateena vahel peetud Peleponnesose sõja esimesel aastal toimus rõngakujuline päikesevarjutus. Astronoomid tegid kindlaks, et sel ajal oli Kreekas näha ainult üks rõngakujuline varjutus, nimelt 3. augustil 431. aastal e. m. a. Siit võib järeldada, et Peloponnesose sõda algas 432. aastal e. m. a.

Silmas pidades sellist varjutuste tähtsust astronoomiale ja ajaloole, arvutati möödunud sajandi lõpul välja kõik päikese- ja kuuvarjutused alates aastast 1207 e. m. a. kuni aastani 2161 m. a. j., kokku 8000 päikese- ja 5200 kuuvarjutust. Täielike ja rõngakujuliste varjutuste nähtavuse vööndid on kantud kaartidele, milledeelt näeme, kust läheb läbi selle või teise varjutuse vöönd.

Vene kroonikates mainitud varjutuste jaoks on teinud üksikasjalised arvutused ja koostanud kaardid vene teadlane M. A. Viljev. Näiteks võime lugeda Ipatjevi kroonikas varjutustest, mida on mainitud „Loos Igori sõjaretkest“: „Igor Svjatoslavitš, Olegi pojapoeg, lahkus Novgorodist aprillikuu 23. päeval, teisipäeval, ümbritsetuna oma družiinast. Nende jõudes Donetsi jõe ääres öhtusel tunnil vaatas Igor taevasse ja nägi päikest seismas nagu kuud ja ütles oma bojaaridele ja družiinale: „Kas te näete, mis märk see on?“ Viljevi kaardi järgi võib kohe kindlaks teha, et siin on juttu 1185. a. 1. mai varjutusest, mida tõepoolest võidi vaadelda „öhtusel tunnil“. See oli täielik Novgorodis, Vologdas ja Jaroslavlis. Igor oli sel ajal Donetsil, kus varjutus oli osaline, kuid suure faasiga.

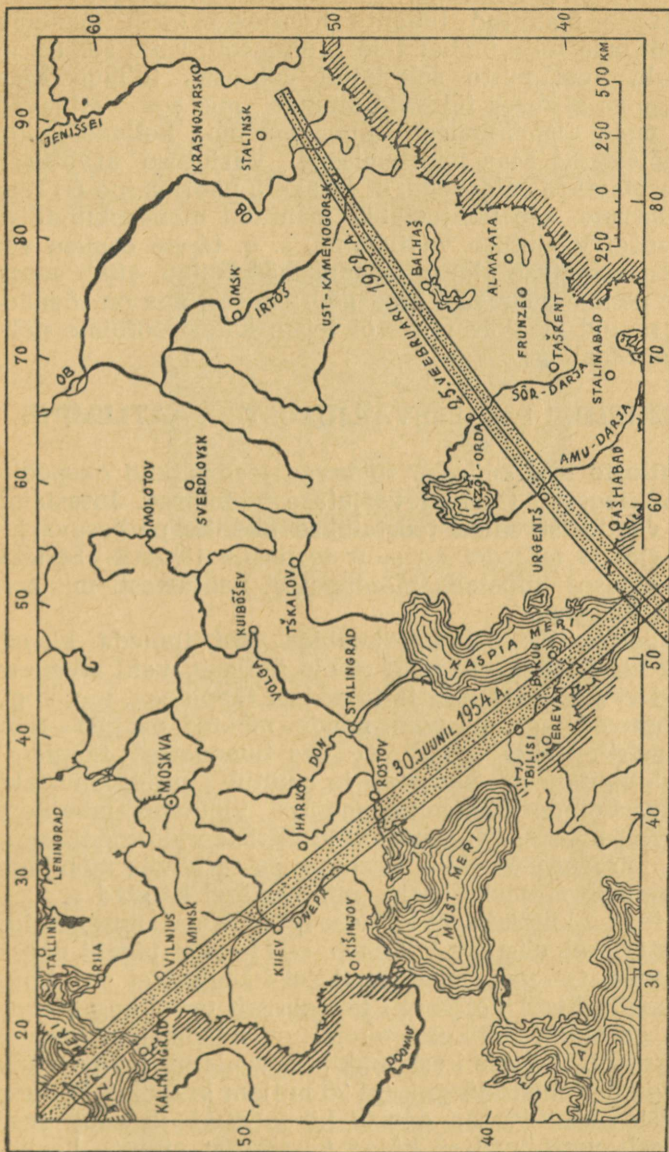
Krooniku sõnad „nägi Päikest seismas nagu Kuud“, s. o. sirbikujulisena, kirjeldavad seda nähtust täpselt.

Nende kaartide abil võib näiteks konstateerida, et Moskvas olid viimase tuhande aasta jooksul täielikud varjutused 11. augustil 1124. a. ja 20. märtsil 1140. a., kui kroonikates sõna „Moskva“ veel puudus; seejärel 7. juunil 1415. a. ja 25. veebruaril 1476. a. Lähim täielik varjutus on Moskvas nähtav 16. oktoobril 2126. a., kuid 1476. ja 2126. aasta vahel liikusid või liiguvad paljud täielikud varjutused Moskva lähedalt mööda. Nii oli näiteks 1887. a. 19. augusti varjutus täielik Moskva põhjapoolseis eeslinnades.

Kuid me pole veel selgitanud, kuidas siis toimub varjutuste üksikasjaline ennustamine. Pärast seda, kui saarose abil on leitud noorkuu, mille ajal toimub varjutus, arvutatakse iga nelja tunni jaoks enne noorkuud ja nelja järgneva tunni jaoks, millises suunas ja millises kauguses Maast asetsevad Päike ja Kuu. Seda tehakse eriliste tabelite abil, mis on koostatud läbitöötatud matemaatilise teooria ning rohkem kui kahesaja aasta jooksul sooritatud Päikese ja Kuu vaatluste põhjal, kasutades ühtlasi andmeid iidsete varjutuste kohta. Kui need suunad ja kaugused on leitud, arvutatakse välja, missugune on Kuu vari, millisesse kohta see vari langeb maakera pinnale ja kuidas ta liigub mööda maapinda. Matemaatilise arvutuse abil jälgitakse samm-sammult varju ja poolvarju liikumist ning kantakse see maakaardile. Kui valida Maal teatav linn või koht, siis võib välja arvutada momendi, millal Kuu vari jõuab sinna ja algab varjutus, kui sügaval see koht asub varjus ja kui kaua varjutus kestab.

Need arvutused nõuavad väga palju tööd. Piisab, kui öelda, et 1945. a. 9. juuli varjutuse täpseks ennustamiseks ainult NSV Liidu territooriumil tuli peene käekirjaga täis kirjutada ligi 200 lehekülge arve, millede hulk ületas 300 000. Alles seejärel saime teada, kus, millal ja kuidas see varjutus on nähtav. Peaaegu niisama suurt tööd nõudsid 1952. a. ja 1954. a. varjutused (joon. 7).

Täpsus, millega ennustatakse täieliku või osalise varjutuse alguse ja lõpu moment antud koha jaoks, on tõesti tähelepanuväärne: viga ajas ei ületa 3 kuni 4 sekundit, kuna viga Kuu varju asukoha määramisel Maal ületab harva ühe kilomeetri. Suur osa neist vigadest seletub



Joon. 7. 1952. aasta 25. veebruari ja 1954. aasta 30. juuni täielike päikesevarjutuste kaart.

mitte ebaõige arvutusega, vaid eriliste põhjustega. Nimelt eeldatakse mainitud tabelite koostamisel, et maakera pöörleb oma telje ümber täiesti ühtlaselt. Kuid selgus, et aegajalt, veel mitte selgitatud põhjusel, toimub Maa pöörlemise kiiruses tühiseid muutusi, mis aga avaldavad mõju meie ajamõõtmisele, kuna me oma kellade käigu kooskõlastame Maa pöörlemisega. Varjutuse arvutused aga teostatakse eeldusega, et maakera pöörlemine on rangelt ühtlane; see põhjustabki mainitud mõnesekundilise erinevuse. Varjutuse vaatlemine, s. o. täpne osalise või täieliku varjutuse algusmomendi määramine, aitab seega tähele panna iseärasusi Maa pöörlemises, mis on tõenäoliselt seotud maavärinate või teiste katastroofiliste nähtustega Maal.

9. TÄIELIKE PÄIKESEVARJUTUSTE VAATLEMINE

Vaatluste teostamiseks sõidavad teaduslikud ekspeditsioonid aegsasti täieliku varjutuse vööndisse. Jutustame neist vaatlusist, mida teostatakse täielike päikesevarjutuste ajal ja millel on suur teaduslik tähtsus. Selleks tuleb alguses jutustada mõningatest nähtustest, mis toimuvad Päikesel.

Vaadeldes Päikest teleskoobiga läbi tumeda klaasi, võime näha, et ta ere pind ei ole ühtlane, vaid on üleni kaetud väikeste tähnide ja tumedate täppidega, mis kogu aeg liiguvad ja muutuvad; nende mõõted on 500—1000 kilomeetrit. Vahel juhtub, et üks tumedatest täppidest hakkab suurenema, kasvama ja muutub suureks mustaks laiguks. Selline laik, mille mõõted ületavad mõnikord tunduvalt maakera suuruse, võib eksisteerida mõni päev, nädal, harvem mõni kuu. Pärast seda ta hävib, mõnikord aga jaguneb mitmeks osaks, mis seejärel kaovad.

On tehtud kindlaks, et Päikese laikude arv suureneb iga 11 aasta järel, siis aga väheneb, et 11 aasta pärast uuesti suureneda. On välja selgitatud, et Päikesel ei ole kõva pinda nagu Maal või Kuul; ta koosneb tervikuna hõõguvatest gaasidest. Päikese pinnal on nende temperatuur 6000 kraadi, Päikese keskpunktis aga ulatub temperatuur mõningate oletuste järgi kuni 20 miljoni kraadini. Päikese välimistes kihtides on gaasid hõrendatud ja koosnevad peamiselt vesinikust — kõige kergemast ainest, heeliumist, millest me räägime edaspidi lähemalt, hõõguvatest

kaltsiumiaurudest jt. Mõnikord tekivad neis gaasides keerised (joon. 8), mis sarnanevad maiste vesipüksidega. Neisse keeristesse tõmmatakse aine kõige kõrgematest, aga järelikult ka Päikese atmosfääri kõige külmematest kihtidest, mille tagajärjel toimub kohalik jahtumine, kus temperatuur langeb 6000 kraadilt 4500 kraadile. Selline koht näib meile tumedamana võrreldes ümbritseva hõõguva gaasiga — see ongi Päikese laik.



Joon. 8. Hõõguva vesiniku keerised Päikese laikude ümber.

Päikese atmosfääri gaasid ei ole omavahel täiel määral segatud nagu näiteks Maal lämmastik ja hapnik; Päikese atmosfääris ujuvad gaasid üksikute pilvedena. Nende pilvede mõõted on hiiglaslikud mitte ainult maiste pilvedega, vaid sageli isegi kogu Maaga võrreldes. Mõnda kohta Päikesel kuhjuvad pilved, mis võtavad enda alla hiiglasliku ruumala ja tõusevad väga kõrgele. On nähtud pilvi, mis on võimsate plahvatuste poolt paisatud sügavamatest Päikese kihtidest kümnete ja isegi sadade tuhandete kilomeetrite kõrgusele (joon. 9). Kui purse toimub Päikese ääre ligidal, siis võib seda näha tulifontäänina, millel on mõnikord väga kummaline kuju ja mis kerkib esile Päikese äärelt. Sääraseid eendeid nimetatakse protuberantsideks.

Me ütlesime praegu: „võib näha“. Kuid kui vaadelda Päikest kõige võimsama ja parema teleskoobiga (mõistagi läbi tumeda klaasi, et mitte kahjustada silmi) või foto grafeerida Päikest kõige täiuslikuma fotoaparaadiga, siis ei ole sellel peale tumedate laikude ja peente täppide

midagi näha. Me ei märka mitmesugustest gaasidest pilvi, ei protuberantse ega purskeid. Nende uurimine sai võimalikuks tänu täielike päikesevarjutuste vaatlustele.

Hõõguvate gaaside pilved ja protuberantsid Päikesel omavad madalama temperatuuri kui nende all olevad sügavamad, seetõttu aga ka kuumemad kihid. Ka Päikesel esineb sama nähtus, mis Maal, olgugi et teisel põhjusel: mida kõrgemale, seda külmem. Me teame, et hõõguva keha kiirgamisvõime sõltub ta temperatuurist. Nii näiteks paistab tükk rauda meile 600—700-kraadise temperatuuri



Joon. 9. Päikese protuberantsid.

juures tumepunasena, 800 kraadi juures muutub see kollaseks, 1000 kraadi juures algab valge hõõgumine. Vastavalt avastatud ja kontrollitud füüsikaseadusele võib kiiratud valguse järgi kindlaks teha temperatuuri ja vastupidi, temperatuurist järeldada hõõguva aine heledust ja värvust.

Päikese hõõguv pind, mida nimetatakse fotosfääriks, omab ligikaudu 6000°-se temperatuuri ja on seetõttu pimestavalt hele. Pinnast kõrgemal asuvate gaasipilvede ja protuberantside temperatuur on 4500—5000°; nad helendavad hulga nõrgemalt ning on fotosfääri säreval foonil või päeval taevale Päikese ääres juures täiesti märkamatud.

Me teame, et päeval on selge taevast värvilt helesinine ja tähti pole märgata, öösel on aga taevast must ja üle külvatud loendamatu tähtedega. Seda põhjustab asjaolu, et maakera on ümbritsetud õhuga. Päeval valgustab seda õhku Päike; õhk hajutab päikesekiiri, hajutab neid igas suunas ja seetõttu näib meile taevast heledana. Päikesevalgus sisaldab kõiki vikerkaarevärve. Õhk hajutab tugevamini siniseid ja violetseid kiiri, punaseid ja kollaseid aga nõrgemini, lastes neid suuremal määral oma kihidest läbi. Seetõttu ongi valgustatud õhul sinine värvus,

Päike aga näib meile kollasena või isegi punasena, kui me vaatleme teda õhtul horisondi lähedal läbi paksu õhukihi.

Ka päeval on tähed taevas, kuid nad ei ole nähtavad, sest heledasti valgustatud õhk katab nende nõrga valguse. Muide, võimsate teleskoopide abil, mis tugevdavad tähtede valgust, võib tähti näha ka päeval. Öösel muutub õhk tumedaks ja me näeme peaaegu takistamatult temast läbi nõrku tähti. Kui protuberantse saaks vaadelda öösel, siis oleksid nad tumeda taeva foonil väga kergesti nähtavad. Kuid päeval, kõrvuti Päikesega, matab nende nõrga valguse heleda taeva valgus, s. o. Päikese poolt valgustatava õhu valgus.

Võiks arvata, et kui katta hele Päike läbipaistmatu kettaga, et ta ei pimestaks silma, siis võib näha ka protuberantse. Nii see aga ei ole, sest kuigi me kaitseme oma silma päikesekiirte otsese mõju eest, ei suuda me nende eest kaitsta õhku, mis, jäädes valgustatuks, ei võimalda näha nõrku protuberantse Päikese äärel. Selleks, et neid näha, on tarvis paigutada Päikest kattev ketas mitte silma juurde, vaid väljapoole Maa atmosfääri piire, et kaitsta päikesevalguse eest mitte ainult meie silma, vaid ka õhku. Siis tumeneb taevas peaaegu nagu öösel või hilisõhtul ja alles siis on tõepoolest võimalik näha Päikese lähemat ümbrust. Selliseks katteks ongi Kuu täielike päikesevarjutuste ajal. Kuu on parajasti suuteline katma Päikest, kuid ei varja tema ümbrust ja jätab nii vaateväljale kõige selle, mis Päikest ümbritseb. Kahjuks liigub see kate kiiresti ega võimalda meil kaua vaadelda Päikese ümber toimuvat. Me teame, et Kuu liikumise tõttu ei saa täielik varjutus kesta kauem kui kaheksa minutit, sageli aga kestab see ainult 2—3 minutit või veelgi vähem. Seetõttu tuleb kaua ja hoolikalt valmistuda täielike päikesevarjutuste vaatlemiseks, et neid väheseid minuteid kasutada võimalikult täielikult ja mitmekülgselt.

10. Mis on Päikese ümber näha täieliku päikesevarjutuse ajal

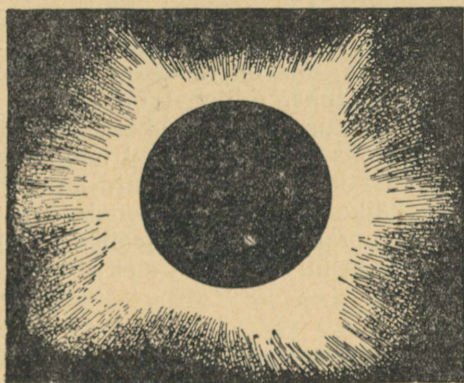
Täieliku päikesevarjutuse tähelepanelikul vaatlemisel, eriti binokli või teleskoobi abil, võib märgata hämmastavaid nähtusi, mida on hästi kirjeldanud üks astronoom, kes vaatles aknast 8. juuli 1842. a. varjutust.

„Täieliku varjutuse saabumise momendil,“ kirjutas astronoom, „üllatas mind vali vaimustusavaldu, mis kostis tänavalt, ja samal hetkel nägin ma üht kõige tähelepanuväärsemaid ja suurepärasemaid nähtusid, mida ainult võib kujutleda. Nimelt tekkis sel hetkel Kuu tumeda ketta ümber äkki heledalt särav kroon. Ma ootasin tõepoolest helendava ringi ilmumist Kuu ümber täieliku varjutuse ajal, kuid ei oletanud, et saan sellise suurepärase vaatamängu tunnistajaks. Krooni laius Kuu äärest näis mulle peaaegu võrdsena Kuu poole läbimõõduga. Tal oli hiilgavate kiirte kuju, ta oli täiesti valge värvusega... See tähelepanuväärne nähtus oli suurepärane ja hämmastav ning ei saanud jätta välja kutsumata vaimustust ja imetlust kõigis vaatlejais... Kuid kõige tähelepanuväärsem oli kolme suure purske olemasolu, mis näisid väljuvat Kuu pinnast, kuid nähtavasti moodustasid osa kroonist. Need pursked olid roosaka varjundiga ja erinesid järsult krooni enda puhtast valgest valgusest. Kõik kolm purset olid nähtavad täieliku varjutuse viimase momendini, vähemalt ma ei kaotanud neid vaateväljalt, vaadates nende poole. Kui aga ilmus esimene valguskiir Päikeselt, nad kadusid korraga koos krooniga ja hetkeliselt saabus uuesti päevavalgus.“

Päikese kroon ja protuberantsid olid sellest ajast peale teadlaste peamiseks vaatlus- ja uurimisobjektiks. Mõõdunud sajandi teisel poolel leiutati tähelepanuväärne vaatlusviis, mis rajaneb valguse lahutamisele tema koostisosadeks. Läbi lihvitud klaasprisma suunatud valge valgus laguneb seitsmeks vikerkaarevärviks. Saadud vikerkaarevärvilist riba, mida nimetatakse *spektriks*, võib näha projekteerides selle valgele pinnale või vaadeldes seda läbi kumera klaasi. Selgub, et vikerkaarevärvide jaotus spektris, nende heledus ja selles olevate üksikute tumedate või heledate ribakeste asend sõltub mitmesugustest tingimustest: sellest, milline keha või aine kiirgab valgust, milline on valgusallika temperatuur, millised ained on valgusallikas hõõguvas olukorras ja milliseid aineid läbib valguskiir oma teel.

Vaadeldes 18. aug. 1868. a. täielikku päikesevarjutust, tehti kindlaks, et protuberantsid kiirgavad mitte valget valgust, mis sisaldab kõik vikerkaarevärvid, vaid ainult täiesti kindla varjundiga kiiri, nimelt selliseid, mida saadab välja hõõguv vesinik ja hõõguvtuline kaltsiumiaur.

Sellega oli kindlaks tehtud protuberantside keemiline koosseis. Kuid vesiniku ja kaltsiumi kiirte kõrval avastati veel heledad kollased kiired, milliseid ei kiirgunud ühestki Maal tuntud ainst. Sellest järeldati, et Päikesel eksisteerib mingi meile tundmatu uus aine, mis nimetati heeliumiks (tuletatud kreekakeelsest sõnast „helios“, mis tähendab „päike“). Palju aastaid hiljem, 1894. a. avastati heelium Maal. Ta osutus mittepõlevaks ja väga kergeks gaasiks, mis jääb kerguse poolest maha ainult vesinikust.



Joon. 10. Päikese kroon.

Kiired, mis lähtuvad protuberantsidest, osutusid niivõrd heledateks, et tekkis lootus neid näha ka ilma varjutuseta. Kuid selleks tuli neid otsida mitte lihtsalt silmaga, olgugi see varustatud tugeva teleskoobiga, vaid vaadata, lisaks teleskoobile, läbi klaasprisma. Selle mõte on järgmine. Päikese protuberants kiirgab ainult mõningaid temas olevatele gaasidele omaseid kiiri. Nii näiteks saadab neis olev vesinik välja heledaid punaseid kiiri. Taeva hele foon saadab välja igavärvilisi kiiri ja nende rohkuse tõttu lähevad kaotsi punased protuberantside kiired. Klaasprisma võimaldab eraldada kõigist võimalikest värvidest ainult ühe vastavalt meie valikule. Kui me valime punased kiired, mida kiirgab vesinik, siis seda värvi protuberantsi valgus langeb meie silma nõrgenemata. Taeva valgus aga nõrgeneb niipalju kordi kuipalju tema poolt kiiratud, kuid mitte silmani jõudnud kiiri on rohkem prisma poolt eraldatud punastest kiirtest.

Sellisel viisil muutus võimalikuks näha ja isegi fotograferida mitte ainult protuberantse Päikese äärel, vaid vaadelda ka mitmesuguste ainete hõõguvate pilvede jaotust Päikesel endal. Järk-järgult õpiti valima pilvi, mis liiguvad Päikese atmosfääris erinevates kõrgustes, ja määrama mitte ainult ainete koosseisu, vaid isegi kindlaks tegema, missugune hulk neid aineid moodustab ühe või teise pilve.

Kõrgemal neist Päikese atmosfääri kihtidest, kus vaadeldakse kirjeldatud nähtusi, on Päikese kroon. See on väline, kõige hõredam osa Päikese atmosfäärist, mis ümbritseb Päikest valge kiirtepärjana (joon. 10). Krooni sisemine osa, mis on heledam ja pidevam, läheb üle lainelisteks kiirteks, millel on mõnikord õielehe kuju ja millede pikkus ulatub rohkem kui miljoni kilomeetrini. Pulkovo observatooriumi astronoom A. P. Ganski avastas, et Päikese krooni üldine kuju muutub olenevalt laikude arvust Päikesel. Kroon koosneb gaasidest, sealhulgas kõrge temperatuuri tõttu gaasilises olekus rauast, samuti ka tolmust ja üliväikestest elektriliselt laetud osakestest.

11. Päikesel toimuvate nähtuste mõju Maale

Meteoroloogid on teadlased, kes õpivad tundma ilmastikku, selleks et osata ilma ennustada. Sel eesmärgil vaatlevad nad Maa atmosfääris toimuvaid nähtusi, milledest ilmastik oleneb: temperatuuri, tuult, pilvitust, sademeid. Astronoomid uurivad varjutuse ajal nähtusi, mis toimuvad Päikese atmosfääris. Võiks öelda, et nad õpivad tundma Päikese ilmastikku, mis on tublisti keerukam, kuna seal on atmosfääri koostis mitmekesisem ja selle paksus tunduvalt suurem Maa atmosfääri paksusest. Kuid milleks tegelda Päikese ilmastiku uurimisega? Osutub, et Päikese ilmal, s. o. nähtustel, mis toimuvad Päikese atmosfääris, on tohtu mõju mitte ainult Maa ilmale, vaid ka paljudele teistele Maal esinevatele nähtustele.

On avastatud, et Päikesel toimuvad aegajalt tugevad plahvatused ja pursked, millal tema kuumast sisemusest paiskuvad välja suured hulgad eriti kuumi gaase. Sel ajal võib ka Maal tähele panna tugevaid muutusi maakera magnetilistes ja elektrilistes omadustes. Kompassinõel hakkab võnkuma; halveneb ja mõnikord katkeb täiesti

telegraafi ja telefoni-kaugejaamade töö; raadiosaateis on suuri häireid. Need pursked kajastuvad ka õhu liikumises Maa atmosfääris; ilm teeb läbi järske muutusi. Päikesel toimuvate nähtustega on seotud ka virmalised, mida võib vaadelda öösiti kaugel põhjas ja kaugel lõunas ning mis on tingitud elektrilahendustest Maa atmosfääri kõrgemates kihtides.

Päike saadab Maale mitte ainult valgust ja soojust. Temast lähtuvad ka üliväikeste osakeste voolud, mis tungivad Maa atmosfääri ja kutsuvad selles esile rea elektrilisi nähtusi. Päikese krooni kiired ongi nende voolude lähtekohaks. On tehtud kindlaks, et Päikesest välja paisatud osakesed vajavad Maani lendamiseks ligikaudu ööpäeva. Siit võib leida ka nende kiiruse: selgus, et nad lendavad ligikaudu 1600 kilomeetrit sekundis. Kiirus on suur, kuid see on siiski palju väiksem kui kõige suurem looduses tuntud kiirus — valguse kiirus, mis on 300 000 kilomeetrit sekundis. Niisuguse kiirusega lennates jõuab valguskiir Päikeselt Maale 8 minuti ja 20 sekundiga.

Päikesest välja paisatud osakesed, mida nimetatakse korpuskliiteks, püüab Kuu varjutuse ajal samuti kinni, ja nende voolus moodustub otsekui vari, mis kiiruse erinevuse tõttu langeb Maale teises kohas kui valguse vari. Seetõttu selline „korpuskulaarne“ varjutus toimub teises kohas ja teisel ajal kui tavaline, valguse varjutus. Mida aeglasemalt lendab korpuskliite vool, seda tugevamini erineb korpuskulaarne varjutus valguse varjutusest aja ja koha poolest.

Jälgides korpuskulaarset varjutust, võib kindlaks teha nende osakeste kiiruse ja iseloomu. Selle vaatlemiseks aga läheb tarvis hoopis teisi abinõusid kui harilikku varjutuse vaatlemiseks, mida me võime näha lihtsalt silmaga. Korpuskulaarset varjutust silm ei näe. Seda võib avastada ainult kaudselt järgmisel viisil. Raadiosaatja saadab üles raadiolaine. See kohtab tavaliselt ligikaudu 220 kilomeetri kõrgusel maakera kohal kihti, mis on sisselendavate korpuskliite poolt elektriseeritud ja millest raadiolained peegelduvad tagasi nagu peeglit. Seda nähtust on võimalik kindlaks teha lähedusse paigutatud raadiovastuvõtja abil. Kui tekib korpuskulaarne varjutus, siis sellel kohal elektriseeritus kaob ja raadiolained lakkavad peegeldumast; nad lähevad Maalt maailmaruumi ja raadio-

vastuvõtja ei registreeri neid enam. Seda liiki uurimisi ongi teostatud viimaste varjutuste ajal; neil on suur tähtsus raadiosaate tehnika parandamisel.

12. Valguskiirte kõrvalekaldumine

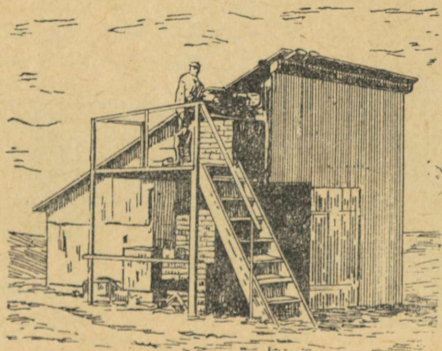
Me oleme harjunud arvama, et valgus levib sirgjooneliselt. Joonlaua sirguse kontrollimiseks vaatame me seepärast ühe silmaga piki ta serva ja teeme kergesti kindlaks, kas tal on kõverusi. Selleksamal valguse omadusel põhinevad kõik sihtimisseedised alates lihtsast vintpüssihikust ja lõpetades suurtükiväes ja allveelaevadel kasutatavate keerukate panoraamsihikutega.

Kuid 1913. a. arutas tuntud teadlane Einstein välja, et lennates mööda raskest kehast, peavad valguskiired kõverdama oma teed, nagu tõmbaks see keha neid külge.

Teooria andis sellele kõrvalekaldumisele tühise suuruse, mida niisuguste kehade puhul, milledega meil on tegemist Maal, ei ole mingit võimalust praktiliselt jälgida. Alles sel juhul kui valgus möödub niisugusest raskest kehast nagu Päike, muutub paindumine märgatavaks. Kuidas seda avastada? Juhus selleks avaneb ainult täielike päikesevarjutuste ajal. Varjutatud Päikese ümber tumenenud taeval tulevad sel ajal nähtavale tähed, mis tegelikult asuvad meist miljoneid kordi kaugemal kui Päike, kuid millede valgus enne Maani jõudmist läheb Päikese lähedalt mööda. Kui nende valguskiired painduvad Päikese mõjul, siis peavad tähed paistma meile oma tavaliselt kohalt kergelt nihkunuina. Arvutused näitasid, et kõige suurem nihkumine peab toimuma sellise tähe puhul, millelt tulev valgus peaaegu riivab Päikese pinda: sellise tähe nihkumine peab võrduma $1\frac{3}{4}$ kaaresekundiga, mis vastab 20-kopikalise mündi paksusele, vaadatuna 150 meetri kauguselt. Kuid selline täht asub päris Päikese serva juures ja seda ei saa vaadelda. Paremalt juhul võib näha läbi krooni valguse niisugust tähte, mis asetseb Päikese äärest Kuu nähtava raadiuse kaugusel; sellise tähe nihkumine on kaks korda väiksem.

Seda teooriat õnnestus esmakordselt kontrollida 1919. a. 29. mai täieliku päikesevarjutuse ajal. Nihkumine avastati seitsme Päikesele kõige lähema tähe juures ja osutus peaaegu täpselt selliseks, nagu seda ennustas Einsteini

teooria. Sellest ajast peale on vaadeldud „Einsteini efekti“ varjutuse ajal Austraalias 1922. a., Sumatra saarel 1929. a. ja nõukogude ekspeditsiooni poolt Kaug-Idas 1936. a. Onn instrumendiga, mida nõukogude ekspeditsioon 1936. a. kasutas Päikese lähedalt mööduva valguskiire kõrvalekaldumise vaatluseks, on kujutatud joonisel 11. Viimased vaatlused andsid painde märgatavalt suuremana kui see



Joon. 11. Onn koos instrumendiga valguskiire kõrvalekaldumise jälgimiseks täieliku päikesevarjutuse ajal.

järeldub Einsteini teoriast. Praegu ei ole veel teada, millest see on tingitud. Seda huvitavam on kontrollida seda ja leida täpsemalt selle suurus eelseivate varjutuste ajal.

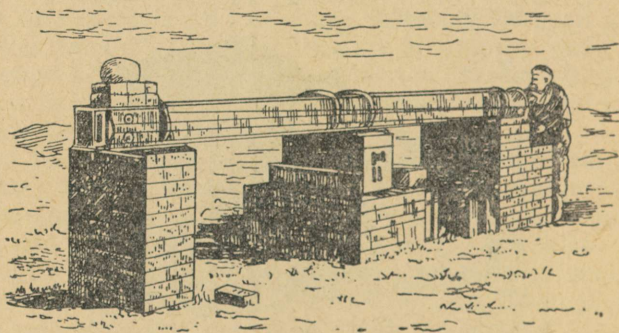
13. Kuidas teadlased vaatlevad päikesevarjutusi

Enamik vaatlusi teostatakse nüüd fotograafia abiga. See on ka arusaadav: fotograafia võimaldab jäädvustada vähete sekundite jooksul palju üksikasju. Neid üksikasju võib silmaga vaadeldes märgata ja meeles pidada alles pikemaajalisel vaatlusel, milleks vaatlejal ei ole aega. Kestab ju kogu täielik varjutus ainult mõni minut. Varjutuse ajal tehtud fotod uuritakse hiljem igakülgset ja hoolikalt läbi.

Fotoaparaadid, millega pildistatakse varjutust, on väga pikad (joon. 12), see seletub sooviga saada küllalt suurte

möödetega ülesvõtteid. Kui fotoaparaadi pikkus on näiteks 5 meetrit, siis on Päikesse läbimõõt fotol 4,5 cm. Asi muutub keeruliseks selle tõttu, et fotografeerimise ajal peab aparaat liikuma täpselt Päikesega koos; seda võimaldavad spetsiaalsed kellamehhanismid ja mootorid.

Sellised suured aparaadid nõuavad kindlat paigaldamist spetsiaalsetele kivist alustele ning kaitset halva ilma



Joon. 12. Suure fookuskaugusega fotoaparaat Päikesee krooni pildistamiseks.

vastu. Need alused püstitatakse varakult, mõnikord mitu nädalat enne varjutust. Varjutuse eel korraldatakse mitu korda kõiki toiminguid, mida vaatlajail tuleb teostada. Varjutuse ajal on juba hilja mõelda sellele, kuidas tuleb tegutseda. Iga vaatlaja peab arutlemata ja täpselt sooritama kätteõpitud tegevuse — avama ja sulgema fotoaparaatide katikuid, vahetama plaate, keerama instrumentide osi jne. Kõik peab toimuma lodusalt ettemääratud sekundite jooksul.

Enamikku vaatlustest saab läbi viia ainult selge taeva puhul. Juhuslik pilveke, mis liigub varjutatud Päikesele ette, võib rikkuda kogu asja.

Varjutust vaatlevad teadlased on niivõrd tegevuses, nende tähelepanu on nii koondunud instrumentidele, et neil sageli ei ole aega või sobivat võimalust imetleda suurepäraselt vaatepilti. Selle raamatukese autor on vaadelnud kolme täielikku varjutust. Esimese varjutuse ajal — 29. juunil 1927. a. — tuli tal istuda fotoaparaadi juures,

seljaga Päikese poole. Ta võis näha Päikese krooni ainult ta ees olevast peeglist, ja sedagi ainult 10 sekundi vältel, kuna ei tohtinud instrumendilt silmi pöörata. 1936. aasta 19. juuni ja 1941. aasta 21. septembri varjutuste ajal viibis ta pimedas majakeses, mis kujutas endast tohutut fotoaparaati, ja muidugi ei näinudki varjutust.

Asjaarmastaja-astronoom on õnnelikumas olukorras, kuna teda ei sega miski imetlemast päikesevarjutuse ebatavalist pilti. Kuid on tarvis teha tõsine hoiatus. Osalise varjutuse ajal, kui osa heledast Päikesest on veel näha, ei tohi seda vaadata palja silmaga või binokliga. Selleks, et mitte kahjustada silmi, tuleb neid heledate päikesekiirte eest kaitsta tumeda klaasiga, mida võib teha ise kas kattes tavalise klaasi tahmaga või ilmutades fotoplaadi täie valguse juures.

Oeldu käib ainult osalise varjutuse vaatlemise kohta. Kui on kadunud Päikese kitsas sirp, kustunud tema viimane kiir ning saanud täielik varjutus, siis tuleb vaadata ilma igasuguse tumeda klaasita, parem binokli abil; krooni nõrk valgus on silmadele täiesti kahjutu.

14. Kuuvarjutused

Meil jääb veel rääkida kuuvarjutustest. Need nähtused pakuvad tunduvalt vähem huvi kui päikesevarjutused ja me räägime neist seetõttu lühemalt.

Juhtub, et Kuu täiskuu ajal tumeneb. Kuu ümmargune helendav ketas hakkab vaskult äärelt tumenema. Tumenemine levib järkjärgult edasi ja hõlmab umbes tunni aja pärast kogu Kuu. Kuu varjutatud ala ei kao täiesti nagu Päikese osa varjutuse ajal, vaid jääb nõrgalt nähtavaks. Ta omandab tuhmi tumepruuni või vaskpunase varjundi, tavaliselt sinakas-musta äärisega. Isegi täieliku varjutuse ajal on Kuu nähtav, kuid ta muutub väga tumedaks ja pruunikaks.

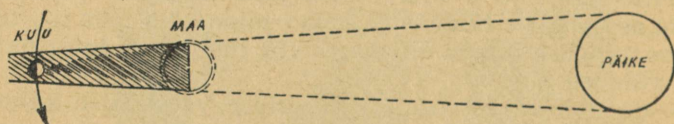


Joon. 13. Osaline kuuvarjutus.

Mõne aja pärast hakkab Kuu vasak äär valgenema. Siitpeale hakkab Kuu aegamööda omandama oma endist heledust.

Kogu nähtus kõneleb sellest, et Kuule langeb mingisugune vari, mis liigub vasakult paremale. Selle varju äär on kergelt ümar ja kui varju tema mitmesugustes asendites tähelepanelikult jälgida, siis võib konstateerida, et varjul on Kuust tunduvalt suurema ringi kuju.

Asjaolu, et kuuvarjutused esinevad ainult täiskuu ajal, ja varju ümar vorm viitavad selgelt nende nähtuste põhjusele. Täiskuu ajal on Kuu ja Päikese vahel Maa, mis



Joon. 14. Kuuvarjutuse skeem.

mõistagi samuti heidab varju ja sealjuures Kuu poole. See vari võib langeda Kuule ehk, õigemini, Kuu oma liikumisel ümber Maa võib minna läbi Maa varju. Maa peab päikesekiired seejuures kinni ja nad ei jõua Kuuni. Kuul ei ole oma valgust ja ta on nähtav ainult seetõttu, et Päike teda valgustab. Seepärast, kui Kuule langeb Maa vari, Kuu tumeneb ja toimub kuuvarjutus.

Nagu teada, on Maa läbimõõdult Kuust peaaegu neli korda suurem. Maa vari on küll koonusekujuline nagu Kuugi vari, mis põhjustab päikesevarjutusi, kuid selles kauguses Maast, kus asub Kuu, on Maa vari ikkagi $2\frac{2}{3}$ korda Kuust suurem (joon. 14). Seetõttu võib Kuu tervikuna minna Maa varju; seejuures toimubki täielik kuuvarjutus. Selle kestus võib ulatuda 1 tunni 40 minutini. Maa varju keskpunkt liigub koos Maaga mööda ekliptikat, tehes ühe tiiru aastas. Kuni Maa vari millelegi ei lange, on ta nähtamatu. Planeetideni ta ei ulatu, sest ta pikkus on ligikaudu 1 400 000 km, Maale lähim välisplaneet Marss aga on oma meile lähimas asendis 55 miljoni kilomeetri kaugusel.

Kuna Maa vari liigub mööda ekliptikat, võivad kuuvarjutused toimuda ainult nende täiskuude ajal, millal Kuu on ekliptika lähedal, s. o. oma orbiidi ühe sõlme juures. Nii nagu päikesevarjutuseks on tarvis noorkuud

sõlme ligidal, nii on kuuvarjutuseks tarvis täiskuud sõlme ligidal. Osalise kuuvarjutuse piirkond ulatub sõlme mõlemas suunas 10° -ni, s. o. kokku 20° -ni. Täieliku varjutuse piirkond on kaks korda väiksem: see moodustab 10° , 5° kummalegi poole sõlme. Need piirid on kitsamad kui päikesevarjutusel, seetõttu toimub kuuvarjutusi harvem kui päikesevarjutusi.

Kahe noorkuu, aga järelikult ka kahe täiskuu vahe on $29\frac{1}{2}$ ööpäeva. Selle aja jooksul liigub Päike ekliptikal ligikaudu 29° võrra edasi. Niisama palju liigub edasi ka Maa vari. Kuna see on rohkem kui isegi osaliste kuuvarjutuste piirkond, siis võib juhtuda, et kaks sõlmele lähimat täiskuud möödub ilma varjutuseta: üks enne sõlme, teine pärast sõlme. On võimalik, et ka poole aasta pärast, kui Maa vari läheneb teisele sõlmele, kordub sama lugu. Seega võib olla aastaid, kus ei toimu ühtki kuuvarjutust. Selline oli näiteks 1944. aasta.

Antud sõlme juures ei või toimuda rohkem kui üks kuuvarjutus, ja seetõttu on maksimaalne varjutuste arv aastas kolm: üks — päris aasta alguses ühe sõlme juures, teine — aasta keskel teise sõlme juures ja kolmas — aasta lõpul jälle esimese sõlme juures. Selline juhus oli 1917. aastal, millal toimus kolm täielikku kuuvarjutust, nimelt 8. jaanuaril, 4. juulil ja 28. detsembril. Uuesti kordub niisugune juhtum 1982. aastal, millal toimub samuti kolm täielikku varjutust.

Kuuvarjutuste kordumiseks etendab suurt osa jälle seesama ajavahemik, mis päikesevarjutustegi puhul, nimelt saaros. Ühe saarose jooksul toimub 28 kuuvarjutust, neist 15 osalist ja 13 täielikku. Need arvud võivad siiski veidi muutuda. Leheküljel 19 mainitud arvutused varjutuste kohta 3369-aastaselt ajavahemikul sisaldavad 8000 päikesevarjutust ja ainult 5200 kuuvarjutust. Kui väikseim päikesevarjutuste hulk aastas on kaks, siis on aastaid ilma ühegi kuuvarjutuseta. Suurim päikesevarjutuste hulk aastas on viis, kuuvarjutusi aga on ainult kolm.

Kuid miks me sellest hoolimata näeme kuuvarjutusi küllalt sageli? Vastus sellele küsimusele on väga lihtne. Viibides ükskõik millises kohas, me võime näha poolt kõigist kuuvarjutustest, mis üldse toimuvad, kuna kuuvarjutus on nähtav tervel Maa poolkeral, mis on pööratud varjutuse ajal Kuu poole. Päikesevarjutused aga on nähtavad suhteliselt piiratud alal, täielik päikesevarjutus

koguni ainult kitsas vööndis ja see vöönd läbib väga harva just selle koha, kus meie viibime.

Päikese- ja kuuvarjutuste vahel on oluline erinevus: Päike ei tuhmum varjutuse ajal, Kuu ainult katab ta meie eest kinni. Päike jätkab tegelikult valguse ja soojuse kiirgamist, kuid ta kiired ei jõua meieni. Kuu aga tuhmub varjutuse ajal tõepoolest, kui talle langeb Maa vari. See tõttu algab kuuvarjutus kõikjal üheaegselt.

Kuuvarjutusi arvutatakse ette samasuguse täpsusega kui päikesevarjutusi, kuid Maa varju korrapäratute piirjoonte tõttu on varjutuse alguse ja lõpu momenti raske määrata täpsemalt kui ühe või kahe minuti piires.

Tähelepanu väärib küsimus, mispärast ei kao Kuu täieliku kuuvarjutuse ajal täiesti, ja millega seletub tema punane värvus? Selle põhjustab Maa õhkkate — atmosfäär. Teatav osa päikesekiirtest läbib Maa atmosfääri, murdub selles ja, kaldudes kõrvale, siseneb Maa varju koonusesse, sattudes nii Kuule. Me teame, et Maa õhk laseb läbi peamiselt punaseid kiiri, mis jõuavadki täieliku varjutuse ajal Kuuni, andes talle mainitud tumepruuni või vaskpunase varjundi. Kiirte hulk, mis Kuud sel viisil valgustavad, sõltub ilmast Maa neis osades, kust need kiired tungivad läbi Maa atmosfääri, s. o. Kuult vaadatuna ringi ümber Maa. Selge ilma puhul võivad kiired läbida kogu õhukihi ja Kuu on hele ja punane. Tugev pilvitus neis paikades hoiab kinni kiired, mis läbivad atmosfääri sügavaid osi; kiired lähevad läbi ainult ülemistest õhukihtidest ja nad murduvad nõrgemini, Kuu on siis tume ja vähem punane. On olnud juhtumeid, kus Kuu muutus täieliku kuuvarjutuse ajal peaaegu täiesti nähtamatuks.

Kuu värvi ja temal mitmesuguste varjundite jaotumise uurimine varjutuse ajal võimaldab kindlaks määrata läbi- paistvuse ja valguse hajumise määra Maa atmosfääri mitmesugustes kõrgustes.



LISAD

1. Täielikud päikesevarjutused aastail 1950—2000

Jrk. nr.	Täieliku varjutuse kesk-moment Moskva aja järgi			Täieliku var-jutuse suurim kestus min.	Kus täielik varjutus on nähtav
	aasta	kuu ja päev	kell		
1	2	3	4	5	6
1	1950	september 12	7	2	Arktika, Tšukotka pool-saar
2	1952	veebruar 25	12	3	Nuubia, Iraan, Siber
3	1954	juuni 30	15	2	Kanada, Skandinaavia, NSV Liit, Iraan
4	1955	juuni 20	7	7	Tseilon, Siiam, Filipiinid
5	1956	juuni 9	0	5	Vaikne ookean
6	1958	oktoober 13	0	5	Tšiili, Argentiina
7	1959	oktoober 2	16	3	Kanaari saared, Kesk-Aafrika
8	1961	veebruar 15	11	3	Prantsusmaa, Itaalia, Ungari, NSV Liit
9	1962	veebruar 5	3	4	Uus-Guinea
10	1963	juuli 21	0	1	Alaska
11	1965	mai 31	0	5	Vaikne ookean
12	1966	november 12	17	2	Boliivia, Argentiina, Bra-siilia
13	1968	september 22	14	1	Arktika, Siber, Hiina
14	1970	märts 7	21	3	Mehhiko, Florida

1	2	3	4	5	6	
15	1972	juuli	10	23	3	Kirde-Aasia, Kanada
16	1973	juuni	30	15	7	Lõuna-Ameerika, Aafrika
17	1974	juuni	20	8	5	Austraalia
18	1976	oktoober	23	8	5	Aafrika, Austraalia
19	1977	oktoober	13	0	3	Venetsueela, Vaikne ookean
20	1979	veebruari	26	20	3	Ameerika Ühendriigid, Kanada
21	1980	veebruari	16	12	4	Aafrika, India
22	1981	juuli	31	7	2	Vaikne ookean, Siber
23	1983	juuni	11	8	5	Jaava, Vaikne ookean
24	1984	november	23	2	2	Patagoonia, Vaikne ookean
25	1985	november	12	17	1	Antarktika
26	1986	oktoober	3	22	2	Gröönimaa
27	1987	märts	29	16	0	Aafrika
28	1988	märts	18	5	4	Vaikne ookean, Sumatra
29	1990	juuli	22	6	3	Soome, Põhja-Siber
30	1991	juuli	11	22	7	Vaikne ookean, Kesk-Ameerika
31	1992	juuni	30	15	5	Atlandi ookean
32	1994	november	3	17	4	Vaikne ookean, Lõuna-Ameerika
33	1995	oktoober	24	8	2	Vaikne ookean
34	1997	märts	9	4	3	Ida-Siber
35	1998	veebruari	26	20	4	Vaikne ookean, Kesk-Ameerika
36	1999	august	11	14	3	Lääne-Euroopa, Iraan, India

2. Täielikud kuuvarjutused aastail 1950—2000

Jrk. nr.	Aasta	Kuu ja päev		Täieliku varjutuse algus Moskva aja järgi	Täieliku varjutuse lõpp Moskva aja järgi	Nähtavus NSV Liidu Euroopaosas
1	2	3		4	5	6
1	1950	aprill	2/3	23.25	0.03	ja
2	1950	september	26	6.53	7.37	ei
3	1953	jaanuar	30	2.09	3.31	ja
4	1953	juuli	26	14.27	16.01	ja
5	1954	jaanuar	19	5.15	5.53	ja
6	1956	november	18	9.08	10.26	ei
7	1957	mai	14	0.52	2.12	ja
8	1957	november	7	17.12	17.44	ja
9	1960	märts	13	10.42	12.18	ei
10	1960	september	5	13.38	15.08	ei
11	1961	august	26	6.01	6.15	ei
12	1963	detsember	30	13.25	14.49	ei
13	1964	juuni	25	3.18	4.56	ei
14	1964	detsember	19	5.03	6.07	ja
15	1967	aprill	24	14.26	15.48	ei
16	1967	oktoober	18	12.48	13.44	ei
17	1968	aprill	13	7.21	8.17	ei
18	1968	oktoober	6	14.10	15.12	ei
19	1971	veebruar	10	10.03	11.21	ei
20	1971	august	6	21.53	23.35	ja
21	1972	jaanuar	30	13.32	14.14	ei

1	2	3	4	5	6	
22	1974	november	29	17.38	19.54	ja
23	1975	mai	25	8.01	9.31	ei
24	1975	november	19	1.01	1.47	ja
25	1978	märts	24	18.40	20.10	ja
26	1978	september	16	21.22	22.44	ja
27	1979	september	6	13.28	14.20	ei
28	1982	jaanuar	9	22.14	23.38	ja
29	1982	juuli	6	9.39	11.21	ei
30	1982	detsember	30	13.53	14.59	ei
31	1985	mai	4	22.22	23.32	ja
32	1985	oktoober	28	20.22	21.04	ja
33	1986	aprill	24	15.10	16.18	ei
34	1986	oktoober	17	21.42	22.56	ja
35	1989	veebruar	20	17.59	19.15	ja
36	1989	august	17	5.15	6.53	ei
37	1990	veebruar	9	21.49	22.35	ja
38	1992	detsember	10	2.06	3.20	ja
39	1993	juuni	4	15.11	16.49	ei
40	1993	november	29	9.01	9.51	ei
41	1996	aprill	4	2.27	3.51	ja
42	1996	september	27	5.17	6.29	ja
43	1997	september	16	21.14	2.20	ja

60 kop.

A-16558_{IV}

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00142985 3