

B. VORONTSOV-VELJAMINOV

ASTRONOOMIA



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-21226

B. VORONTSOV-VELJAMINOV

ASTRONOOMIA

ÕPIK KESKKOOLI XI KLASSILE

RAAMATUKOGU
TARTU ÜLISKOOL

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1956

Originaali tiitel:

Проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов **Астрономия.**
Учебник для X класса средней школы.
Издание 10-ое, переработанное и сокращённое,
Утверждён Министерством просвещения РСФСР
Учпедгиз, 1956,

Tõlge kinnitatud Eesti NSV Haridusministeeriumi poolt 26. VII 1956. a.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

SISSEJUHATUS

1. Astronoomia aine. Astronoomia on teadus taevakehadest. Astronoomia uurib täevakehade ja nende süsteemide liikumist, ehitust ja arenemist ning rakendab avastatud seaduspärasusi vastavalt inimkonna praktilistele vajadustele. Astronoomia on vanim kõikidest teadustest, tema alged olid olemas Hiinas, Babüloonias ja Egiptuses juba mitu tuhat aastat tagasi.

Juba esimesed taeva vaatlejad panid tähele, et Päikese ja tähtede asendi järgi võib määrata aega. Näiteks keskpäeval on Päike antud päeval taevas kõige kõrgemas asendis. Kuu kuju muutumise (sirp, täisketas jne.) ning Päikese ja teiste taevakehade asendi järgi taevavõlvil võib mõõta suuri ajavahemikke, s. t. võib koostada kalendri. Nomaadid ja meresõitjad õppisid tähtede järgi määrata neile vajalikku suunda.

Neid eesmäärke teenindab astronoomia ka tänapäeval. Tähtede abil määratakse laevade asukohad ja liikumissuunad merel ning lennukite asukohad ja liikumissuunad õhus. Raadio kaudu edasiantava õige aja määravad astronoomid taevakehade vaatlemise alusel. Ilma taevakehade vaatlemiseta ei oleks saanud koostada ka täpseid geograafilisi kaarte. Seega, astronoomia tekkis ja arenes inimese praktiliste vajaduste alusel.

Igapäevast Päikese tõusu ja loojangut ning tähtede näivat liikumist vaadeldes mõtlesid inimesed varem, et kogu tähistaevas liigub ümber paigalseisva Maa. Mõisted maisest ja taevasest maailmast vastandati teineteisele. Selle vigase ettekujutuse, mille püsitas ja mida kaitses religioon, lükkas ümber materialistlik teadus.

Tehti kindlaks, et Maa on samuti taevakeha, et ta ei paista mitte millegi poolest silma teiste taevakehade hulgas. Jõuti selgusele, et Maa ja temaga sarnased taevakehad, mida nimetatakse planeetideks, liiguvad ümber Päikese, et tähed kujutavad endast meie Päikesega sarnaseid taevakehi, s. o. nad koosnevad hõõguvatest gaasidest, nende mõõtmed on hoopis suuremad Maa mõõtmetest ja isegi (paljudel juhtudel) ületavad tunduvalt meie määratu suure Päikese mõõtmeid.

Kauge mineviku inimeste eksiarvamustel põhinevad naiivsed kujutlused maailmast kajastuvad religioossetes õpetustes. Nendes õpetustes räägitakse, et maailm on loodud jumala või jumalate poolt ning ei muutu. Maailma tõelise ehituse avastamine näitas inimestele, et maailm ei ole hoopiski niisugune, nagu teda kujutatakse «pühades» raamatutes.

Loodusseaduste tundmaõppimine andis inimesele võimaluse looduse alistamiseks. Inimene sai võimaluse sundida loodust ennast teenima. Niisuguste taevanähtuste, nagu päikesevarjutus, komeetide ilmumine jne., tundmaõppimine tegi lõpu ebausklikule hirmutundele nende nähtuste ees. Ebausk, mis põhineb maailma tõelise ehituse mittetundmisel, võib tänapäeval säilida ainult mahajäänud inimeste juures, kes ei tunne maailma ehitust.

Teadus taevakehadeest räägib, et on olemas taevakehi, mis täiesti erinevad meie maakerast, et elavorganismid ei esine mitte ainult Maal, et kõik maailmas (universumis) muutub looduse seaduste järgi, et maailm on igavene, mida pole kunagi loodud ning mis samuti kunagi ei lakka olemast. Seepärast ei saa ilma astronoomia aluseid tundmata omada eesrindlikku teaduslikku maailmavaadet.

Astronoomia andmed on vajalikud teiste teaduste, näiteks füüsika, keemia, geoloogia, arenguks. Nii avastasid astronoomid Päikesel heeliumi olemasolu enne, kui see avastati Maal. Kuid aidates teisi teadusi, kasutab astronoomia omakorda nende teeneid. Füüsikud aitavad astronoomidel leida uusi meetodeid taevakehade uurimiseks, matemaatikud annavad uusi, paremaid meetodeid mitmesugusteks arvutusteks, milleta astronoomid ei saa läbi jne.

Astronoomid aitavad mõnikord ajaloolastel kindlaks määrata mõningate kauges minevikus toimunud sündmuste aega. Näiteks Väike-Aasias toimus ühe lahingu (meedlaste ja lüüdi laste vahel) ajal ebaharilik nähtus — täielik päikesevarjutus. Astronoomid arvutasid välja, et see varjutus võis antud maakohas nähtav olla 28. mail 585. a. enne meie ajaarvamist. Nii tehti kindlaks ajaloolise sündmuse aeg.

Astronoomia põhineb taevanähtuste vaatlustel. Ilma vaatlusteta ei ole võimalik astronoomiat tundma õppida.

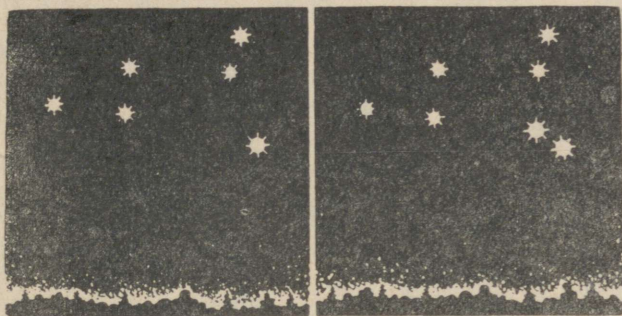
Paljusid taevanähtusi ei saa korraga tähele panna, nad selguvad alles erinevatel aegadel tehtud vaatluste üksteisega võrdlemise tulemusena. Astronoomia õpib loodust tundma tema kõige suuremates avaldustes, ilma taevanähtustega tutvumata osutub see tundmaõppimine raamatulikuks ja surnuks, kujutlused aga ebaselgeteks ja ebakindlateks.

Üldisi andmeid universumist. Päike loojus, jättes enda järel taevasse purpurpunase eha, mis asendub hämarikuga. Eha — see on päikese kiirgus horisondi alt, mis valgustab Maa atmosfääri ülemisi kihte.

Kui öö on pime ning taevas pilvitu, siis võib taevas näha hulgaliselt tähti. Ei ole raske märgata, et tähistaevas pöörleb aeglaselt

tervikuna, kusjuures osa tähti tõusevad horisondi tagant ja loojuvad horisondi taha, samuti nagu Päike ja Kuu. Tähtede tõusmine ja loojumine ning tähistaeva näiv pöörlemine on Maa ümber oma telje pöörlemise tulemus, mille periood on 24 tundi. Meie ainult seda pöörlemist ei tunne, ning meile näib, et meie ümber pöörleb kogu universum, meie ise aga oleme liikumatud.

Minevikus tundsid inimesed taevakehade mõningaid näivaid liikumisi, näiteks taevakehade tõusmist ja loojumist. Ainult taevakehade näiva liikumise tundmaõppimine lubas inimestel kindlaks määrata Maa tõelist asendit universumis, lubas kindlaks määrata taevakehade tõelist liikumist ja selle iseloomu. Taevas nähtavate taevakehade asendi ja liikumise (näiva) tundmaõppimisel, seoses vaatlaja asukohaga maapinnal ja tema liikumisega koos Maaga, on



Joon. 1. Lõvi tähtkuju (vasakul).
Paremal — sama tähtkuju ajal, mil temas asub hele planeet.

tähtis praktiline otstarve. Nende nähtuste tundmine annab võimaluse kellade õigsuse kontrollimiseks, s. o. mõõta aega, lubab koostada kalendrit. Nende nähtuste tundmine on vajalik geograafiliste kaartide koostamisel, pikkadel merereisidel ja lennuliinidel. Sellepärast on just tarvis alustada astronoomia tundmaõppimist vaadeldavate taevanähtuste tundmaõppimisega, nende seletamisega ja praktilise kasutamisega.

Asudes alguses taeva ja taevakehade vaatlemise juurde (vt. lisa VIII), hiljem aga nende taevakehade detailsemale tutvumisele tundides, on kasulik neist teada järgmist.

Peale tähtede, mis ei muuda oma vastastikust asendit taevas ning moodustavad juhuslikud kogumikud — tähtkogud, on palja silmaga näha viis heledat taevakeha, mis päev-päevalt muudavad aeglaselt oma asukohti tähtede keskel, nagu rändaksid nende vahel (joon. 1). Vanad kreeklased nimetasid neid seepärast planeetideks (sõnast *planetes* — rändav). Teed, mida mööda planeetid tähtede keskel liiguvad, on silmuselised.

Nähtavate planeetide teede niisugune iseloom tuleb sellest, et

planeedid ja Maa liiguvad ümber Päikese, kuid erinevate kiirustega ja perioodidega.

Planeedid — määratu suured kerajad kehad, sarnanevad Maaga oma mõõtmete ja selle poolest, et nad ise ei kiirga valgust. Me näeme neid ainult seepärast, et nad peegeldavad neile langevat Päikese valgust. Teleskoobis on planeedid nähtavad väikeste ketastena, erinevalt tähtedest, mis paistavad teleskoobis valguspunktidena. Maaga kokku tuntakse üheksat planeeti, kuid kolm neist on nähtavad ainult teleskoobis. Rida planeete on ümbritsetud atmosfääriga nagu Maagi ja võib olla, et mõnel nendest on olemas ka



Joon. 2. 1843. a. suur sabaga komeet.

elu. Palja silmaga vaadates on võimatu planeete tähtedest eraldada, kui ei pöörata tähelepanu nende nihkumisele tähistaeva foonil.

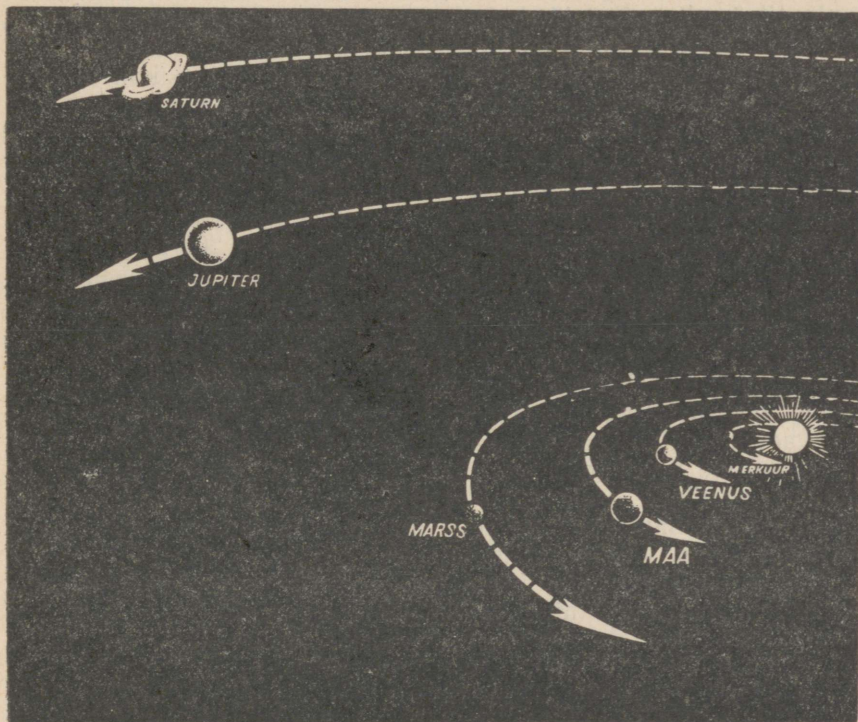
Maa oleks maailmaruumist nähtav samuti tähekesena, nagu meile on nähtavad planeedid.

Ümber Maa tiirleb tema kaaslane — Kuu. Kuu teeb ringi ümber Maa ühe kuuga ja seepärast on tema Päikese poolt valgustatud külg pööratud meie poole mitmet moodi, seetõttu kuu muudabki oma kuju, ehk nagu öeldakse, muudab faasi: mõnikord on ta nähtav sirbina, mõnikord poolringina või täisringina (täiskuu). Mõnel planeedil on mitu kaaslast (kuud).

Peale planeetide ja nende kaaslaste tiirleb ümber Päikese veel suur hulk komeete. Komeet on tähistaeva foonil aeglaselt asendit muutev udukogutaoline taevakeha, millest mõnikord väljuvad kiired või hele riba — komeedi saba (joon. 2). Komeedid koosnevad

väikesest tahkest tuumast ja seda ümbritsevast määratu suurest pilvest, mis koosneb hõredast gaasist ja tolmust.

Päike ja tema ümber tiirlevad planeedid koos kaaslastega ning komeedid moodustavad päikesesüsteemi (joon. 3). Päikesesüsteemi suuruse all mõistetakse harilikult selle peaaegu ringjoonelise orbiidi diameetrit, mille liigub ümber Päikese kõige kaugem tuntud planeetidest — Pluuto. See diameeter on Maa orbiidi



Joon. 3. Maa ja lähemad planeedid nende liikumises ümber Päikese.

diameetrist umbes 40 korda suurem, Maa orbiidi raadius on aga umbes 150 miljonit kilomeetrit. Paljud komeedid eemalduvad aegajalt Päikesest kaugusele, mis on palju kordi suuremad kui Pluuto kaugus.

Tähed on isehelenduvad, hõõguvatest gaasidest koosnevad kerakujulised kehad, sarnanedes seega Päikesele, mille pinna temperatuur on 6000° . Päike — see on meile kõige lähem täht. Kõrvuti nende tähtedega, mis on täpselt sarnased Päikesega, esineb tähti, mis on oma mõõtmetelt kas suuremad või väiksemad, mille temperatuurid on kas kõrgemad või madalamad, mis on rohkem või vähem heledad. Seega on tähtede maailm era-

kordselt mitmekesine. Tõenäoliselt on paljud tähed ümbritsetud planeetidega ning mõnel nendest peaks esinema elu. Tähed liiguvad kiirustega, mis kündivad sädadesse kilomeetritesse sekundis, kuid seejuures nad ei põrku kokku, sest kaugused tähtede vahel on määratu suured. Näiteks on kaugus lähemate tähtedeni 3000 korda suurem päikesesüsteemi läbimõõdust. Nendelt tuleval valgusel kulub meieni jõudmiseks umbes 4 aastat, kusjuures valgus läbib sekundis 300 000 km. Samal ajal kulub valgusel Päikeselt meieni jõudmiseks 8 minutit, kuult meieni jõudmiseks aga ainult 1½ sekundit.

Paljud tähed moodustavad süsteeme, mis koosnevad kahest, kolmest või enam tähest, aga samuti ka täheparvi (kümned kuni sajad tuhanded tähed). Tähed ja täheparved kokku moodustavad hiiglasliku tähesüsteemi, mida nimetatakse Galaktikaks. Valguskiir kulutab Galaktika ühest äärest teiseni jõudmiseks umbes 100 000 aastat. Meie Päike on üks 150 miljonist tähest, mis moodustavad Galaktika. Päike tiirleb ümber Galaktika keskpunkti perioodiga umbes 200 milj. aastat. Määratu suur hulk tähti, mis kuuluvad Galaktika koosseisu, kuid pole palja silmaga eraldatavad, paistavad meile nõrgalt helenudvõ ning kogu taevast ümbritseva vöödina, mida nimetatakse Linnuteeks.

Väljaspool Galaktikat näeme me umbes miljardit temale sarnast tähesüsteemi, mis suurest kaugusest on näha, nagu väikesed, vaevalt eraldatavad heledad laigukesed.

Planeetide ja tähtede vaheline ruum, mida me nimetame õhutihjaks, tegelikult ei ole seda; ta on täidetud gaasi molekulide ja aatomitega, tolmuosakestega ning läbi selle liigub kogu aeg tähtede kiirgus (soojus, valgus, raadiolained).

Universum on lõputu, loendamatu universumi kehadega toimuvad pidevad muutumised, mida õpibki tundma astronoomia.

I PEATÜKK

MAA JA TAEVASKERA

TÄHISTAEVAS JA MAA PÖÖRLEMINE

2. Taevavõlv ja tähtkujud. 1. Taevavõlv. Kui me seisame lagedal kohal (kas põllul, merel või mujal) siis paistab taevas, nii selgel päeval kui ka pilves ilmaga, meie kohale kummuli keeratud kuplina. See taevakuppel ehk taevavõlv on selgetel päevadel helesinine, pilves ilmaga aga hall, selgetel öödel on ta tähtedega nagu üle puistatud.

Maa paistab meile siis ringina, mille keskel me ise seisame, ning mille ääred mööda horisonti nagu ühtiksid taevavõlviga. Me teame aga, et taevas Maaga tõeliselt kokku ei puutu, horisondijoon aga on vaadeldava maapinna nähtava osa piir. Täpselt samuti pole tegelikult olemas ka taevavõlvi. Taevakehad, s. o. Päike, Kuu ja tähed ainult paistavad asetsevat taevavõlvil, kõik nagu ühel ja samal kaugusel meist. Tegelikult aga asuvad kõik need taevakehad meist väga erinevates ning väga suurtes kaugustes.

Päevase taeva helesinine värv seletub sellega, et Maad ümbritsev atmosfäär hajutab teda läbivat valgust igas suunas. Valge valgus koosneb tegelikult vikerkaarevärvide (spektrivärvide) segust, õhkkond hajutab aga helesiniseid kiiri tugevamini kui teisi spektrivärvusi. Selle tulemusena ongi õhk nagu helesiniseks «värvitud».

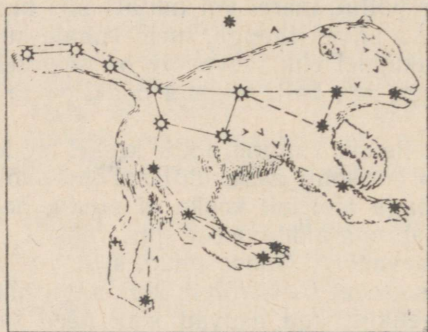
Mida kõrgemal maapinnast, seda õhem õhukiht jääb vaatleja kohale ning seda nõrgemini õhk hajutab valgust. Väga kõrgetelt mägedelt ning lennukitelt paistab taevas märgatavalt tumedamana, ning temal võib isegi päeval märgata heledamaid tähti. Teleskoobis paistab taevas samuti tumedamana kui palja silmaga vaadates. Seepärast võib heledaid tähti näha teleskoobi abil isegi päeval. Järelikult, kui me päeval taevavõlvil tähti ei näe, siis ainult seepärast, et meid segab Maa atmosfääris hajunud valgus. Täieliku päikesevarjutuse ajal taevas tumeneb ning heledaid tähti on võimalik vaadelda ilma teleskoobi abita (palja silmaga).

Kõige soodsamate vaatlustingimuste korral on palja silmaga võimalik näha korraga horisondi kohal mitte rohkem kui 3000 tähte.

2. Tähtkujud. Taevas orienteerumise lihtsustamiseks jaotatakse vaatlejad juba vanal ajal tähed mitmesugusteks kujunditeks, mida nimetatakse tähtkujudeks. Nendele tähtkujudele anti fantastilised nimed, mis on püsinud tänapäevani. Enamik nendest nimedest (näiteks Suur Karu) tunduvad meile nüüd veidratena,

kuna tähtkujud kannavad esemete ja olendite nimetusi, millega tähtede paigutusel ei ole sageli midagi ühist (vt. joon. 4). Real juhtudel olid need nimetused seotud mitmesuguste vanade legendidega. Paljude rahvaste juures said enamtuntud tähtkujud omad, rahvuslikud nimetused, mis erinevad praegu teaduses kasutusele võetud nimetustest. Tänapäeval mõistetakse tähtkuju all kindlaksmääratud taeva piirkonda. Kõik tähed, mis paistavad tähtkujude piiride sees, kuuluvad sellesse tähtkujusse.

Taevavõlvil eraldatakse üldse 88 tähtkuju. On küllalt, kui me teame ja oskame taevas leida mõne, heledamaid tähti sisaldava tähtkuju. Tähtkujude leidmise kergendamiseks ühendatakse nende heledamad tähed mõtteliselt sirgjoontega nii, et saadakse lihtsad



Joon. 4. Suure Vankri (Suure Karu)
tähtkuju joonis vanaaegsel tähe-
kaardil.

geomeetrilised kujundid või skemaatilised joonised.

3. Tähesuurused. Tähtede nimetused. Oma heleduse poolest on tähed väga erinevad. Kõige heledamaid tähti nimetatakse esimese suurusjärgu tähtedeks. 2,512 korda esimese suurusjärgu tähtedest nõrgema heledusega tähti nimetatakse teise suurusjärgu tähtedeks jne. Kõige nõrgema heledusega tähti, mis on terava silmaga nähtavad kuuvalguseta ööl, nimetatakse kuuenda suurusjärgu tähtedeks.

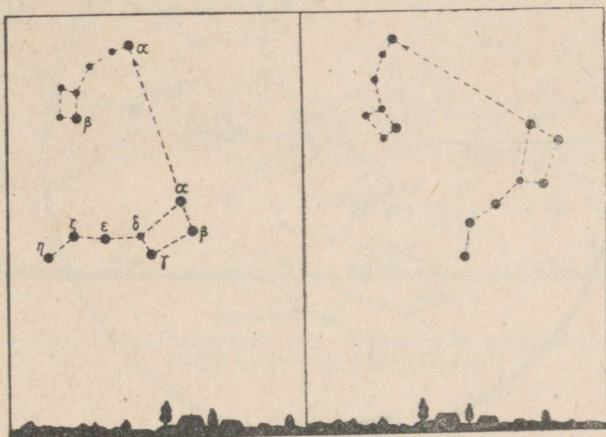
Nimetusel «tähesuurus» ei ole midagi ühist tähe tegelike mõõtmetega. Mõiste «tähesuurus» iseloomustab tähtede heledust. Mida nõrgem on tähe heledus, seda suurem on tema tähesuurus; väiksemad tähesuuruste arvulised väärtused iseloomustavad suurema heledusega tähti.

Tähtede heleduse täpsemad mõõtmised nõudsid murdarvuliste tähesuuruste, näiteks 1,2, 5,8 jne. kasutuselevõtmist. Taevakehade jaoks, mille heledus on suurem, kui esimese suurusjärgu tähtedel, võeti kasutusele null tähesuurus, -1 , -2 tähesuurus jne. (vt. lisa IV).

Teleskoobis on näha kuuenda suurusjärgu tähtedest nõrgema heledusega seitsmenda, kaheksanda jne. suurusjärgu tähti.

Esimese suurusjärgu tähed said juba kauges minevikus iseseisvad nimed, näiteks Siirius, Veega, Altair. Peale selle märgitakse eraldi igas tähtkujus heledamaid tähti kreeka tähtedega α , β , γ jne. nende heleduse vähenemise järjekorras. Näiteks on Siirius ühtlasi α Suures Penis, Põhjanael α Väikeses Vankris, Rigel β Orionis jne. (vt. lisad II ja III). Tähekataloogides märgitakse tähtede asukohade koordinaadid taevas ja tähesuurused. Nende andmete järgi võib leida iga kataloogis märgitud tähe.

4. Tähtkujude asetus taevas. Igaüks peab oskama taevas leida Suure Vankri tähtkuju. Teda iseloomustab seitse heledat tähte. Neid tähti võib mõttes ühendada sirglõikudega nii, et



Joon. 5. Suure Vankri ja Väikese Vankri tähtkujud mitmesuguses asendis horisondi suhtes.

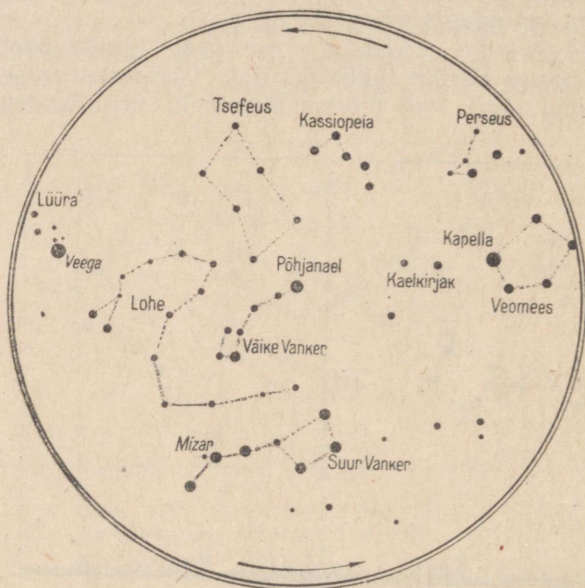
saadakse kopa või varrega kastruli joonis (joon. 5). Tuleb ainult meele pidada, et mõnikord on «kastruli vars» suunatud vasakule, mõnikord üles või alla, kui aga «kastrul» on nähtav meie pea kohal, siis on ta pööratud «põhjaga üles».

Lähtudes Suure Vankri tähtkujust leidke Väikese Vankri tähtkuju. Tema 7 peatähte (väiksema heledusega kui Suures Vankris), kui need mõttes ühendada sirglõikudega nii, nagu on näidatud joonisel 5, moodustavad samuti kopa, ainult väiksemate mõõtmetega. Kõige heledamaks täheks selles tähtkujus on kopa varre otsas asuv Põhjanael.

Põhjanael (Väikeses Vankris) leitakse järgmiselt: läbi Suure Vankri kahe viimase tähe («tagumiste rataste», β ja α Suures Vankris) tõmmatakse mõttes sirge ning kantakse sellele ülalnimetatud tähtede vahekaugus viis korda. Saadud lõigu otsas me näeme Põhjanaela.

Teisel pool Põhjanaela (Suure Vankri poolt vaadatuna), umbes sama kaugel kui Suur Vanker, asub Kassiopeia tähtkuju. Teda iseloomustab viis küllalt heledat tähte, mis on paigutatud tähe W kujuliselt või alt väljavenitatud tähe M kujuliselt.

Kassiopeia taga (kui vaadata Põhjanaela poolt) asuvad Andromeda ja Pegasuse tähtkujud. Mõlemal pool Suurt Vankrit ja Kassiopeiat ühendavat joont asuvad Luige, Lüüra ning Kotka tähtkujud (ühel pool) ja Veomehe, Kaksikute, Sõnni, Orioni ning Suure Peni



Joon. 6. Tähtkujud Põhjanaela ümbruses.

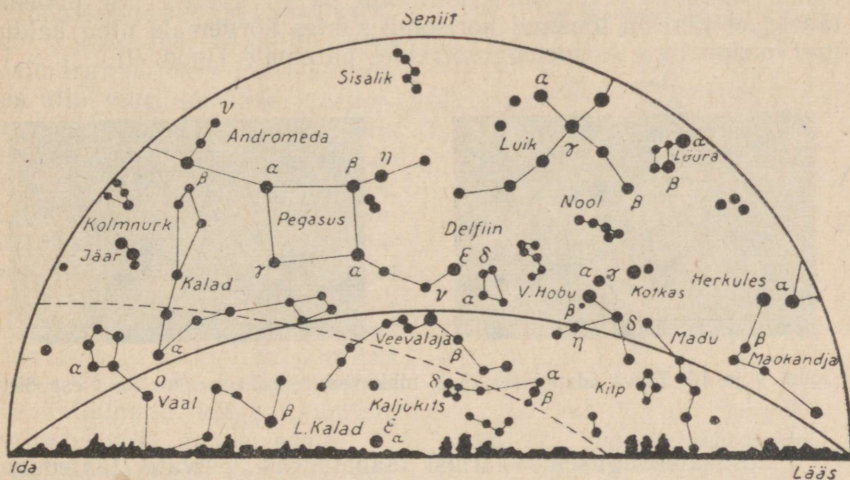
tähtkujud (teisel pool). On tarvis osata leida taevast heledatest tähtedest koosnevaid tähtkogusid, meelde jätta nende iseloomulikke asendeid. Rida tähtkujusid on kujutatud joonistel 6—8 ning raamatu lõppu paigutatud tähekaardil.

Tähtkujusid on taevast parem leida säärestel õhtutel, kus ei sega kuu hele valgus. Tuleb silmas pidada, et mõlemad Vankrid, Kassiopeia ja mõned teised tähtkujud on alati horisondi kohal. Ülejäänud tähtkujud on kord nähtavad, kord aga asuvad allpool horisonti. Erinevatel aastaaegadel ja ööpäeva erinevatel aegadel on tähtkujud horisondi suhtes erinevates asendites. Tähtkujude kergemaks leidmiseks on mugav kasutada pööratavat taevakaarti, sest see näitab tähtkujude asendi horisondi suhtes aasta mistahes päeval ja kellajal (vt. lisa IX).

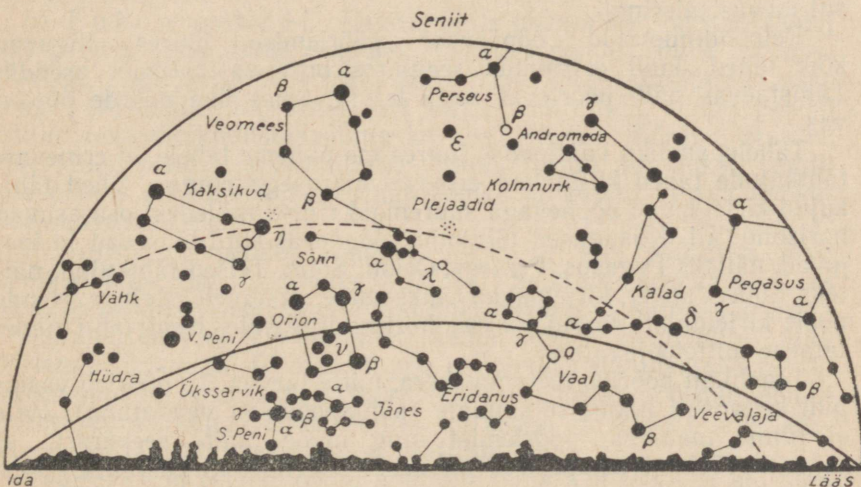
Tähtkujude ülesleidmiseks on kasulik järjest üle minna juba tuttavatelt tähtkujudele teistele, seni tundmatutele tähtkujudele. See-

juures tuleb kindlaks määrata, kuspool tuntud tähtkujust asub meie otsitav tähtkuju. Tuleb pöörata tähelepanu tähtede suurusjärkudele; kaardil on need märgitud erinevate suurustega ringide abil. Kuigi see on kokkuleppeline, on kaardil näidatud, kuidas on kasulik tähti omavahel joontega ühendada.

Eelpooltoodud tähtkujustest on Lüüra (heleda tähega, mida



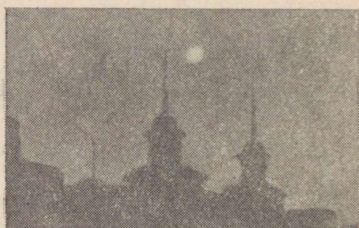
Joon. 7. Taevavõlvi lõunapoolse osa tähtkujud 23. septembril kl. 22 paiku (NSV Liidu keskmistel laiuistel).



Joon. 8. Taevavõlvi lõunapoolse osa tähtkujud 22. detsembril kl. 22 paiku (NSV Liidu keskmistel laiuistel).

nimetatakse Veegaks), Luik ja Kotkas (tähega Altair) kogu öö nähtavad suvel ja sügisel, Karjus (heleda tähega Arktuur) kevadel ja suvel, Veomees, Sõnn, Orion ja Suur Peni (heleda tähega Siirius) aga talvel.

3. Tähistäeva ööpäevane pöörlemine. Maa pöörlemine. 1. Tähistäeva pöörlemine. Läheme õhtul lagedale kohale ning märgime mingi idataevas horisondi lähedal oleva heleda tähe asukoha. Vaatleme seda tähte tunni aja pärast uuesti. Me paneme tähele, et täht on tõusnud horisondi suhtes kõrgemale ning kaldunud maapealsete esemetega võrreldes paremale (joon. 9).



Joon. 9 ja 10. Taeva idapoolses osas nihkuvad tähed paremale ja ülespoole.

Tehes samasuguseid vaatlusi läänetaevas asuvate tähtedega, veendume, et tähed tõusevad analoogiliselt Päikese ja Kuuga horisondi idaosast, saavutavad oma kõrgeima asendi horisondi suhtes lõunataevas ning loojuvad siis horisondi lääneosas. Järgmisel päeval nad liiguvad samuti, nähtavasti teevad nad seega ööpäeva jooksul taevas täisringi.

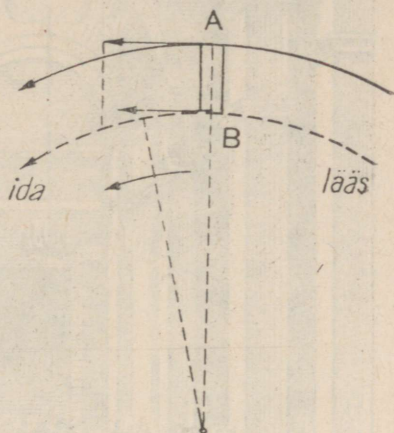
Eelpoolnimetatud ööpäevase pöörlemise juures liiguvad kõik tähed, kuid ei muuda seejuures oma vastastikust asendit. Tähistäevas näib pöörlevat nagu tervik, tehes ühe pöörde ööpäevas.

Tähelepaneliku vaatlemise juures me paneme tähele, et erinevate tähtkujude tähed kujutavad erineva suurusega ringe. Ühed tähtkujud kirjeldavad ööpäevaga suuremaid ringe, milledest osa asuvad horisondi all. Niisugused tähtkujud ööpäevas kord tõusevad ja loojuvad, näiteks Pegasus, Perseus, Orion, Sõnn. Teised tähtkujud, näiteks Suur Vanker, kirjeldavad väiksemate mõõtmetega ringe. Nende poolt kirjeldatud ringid jäävad horisondi kohale. Neid tähti nimeatakse mitteloojuvateks.

Tegelikult pöörleb meie maakera, mitte taevas. Ta pöörleb vastupidi kellaosuti liikumise suunale (põhjapooluselt vaadatuna). Meie ei tunne maakera pöörlemist ning meile näib seepärast, et taevas pöörleb vastupidises suunas — kellaosuti liikumise suunas.

2. Maa ööpäevase pöörlemise tõestus. Toome kaks kõige näitlikumat Maa ööpäevase pöörlemise tõestust.

a) Langevate kehade kaldumine ida poole. Kujutleme endale maapinda kaevatud sügavat vertikaalset šahti AB (joon. 11). On arusaadav, et šaht pöörleb koos Maaga. Pöörlemisel on šahti sissekäigul A suurem joonkiirus kui põhjal B , sest sissekäik on pöörlemispunktist kaugemal. Pöörlemiskeskpunktis on antud juhul punkt Maa ööpäevase pöörlemise teljel. Šahti sissekäigu juures oleval kuulikesel on sama joonkiirus, mis sissekäigul endal. Mööda šahti alla kukkudes säilitab kuulike inertsil mõjul oma ülalmärgitud joonkiiruse. Langevatesse alla ning säilitades seejuures šahti põhjaga võrreldes suuremat idasse pöörlemise (Maa pöörleb läänest itta) kiirust, jõuab kuulike šahti põhjast tema itta liikumises ette. Seepärast ei lange kuulike mitte Maa keskpunkti poole, vaid kaldub itta, mida ei tohiks juhtuda, kui Maa seisaks paigal (ei pöörleks ümber telje). Maa ekvaatoril on see kaldumine kõige suurem, poolustel seda aga ei esine.



Joon. 11. Langevate kehade ida poole langemise skeem.

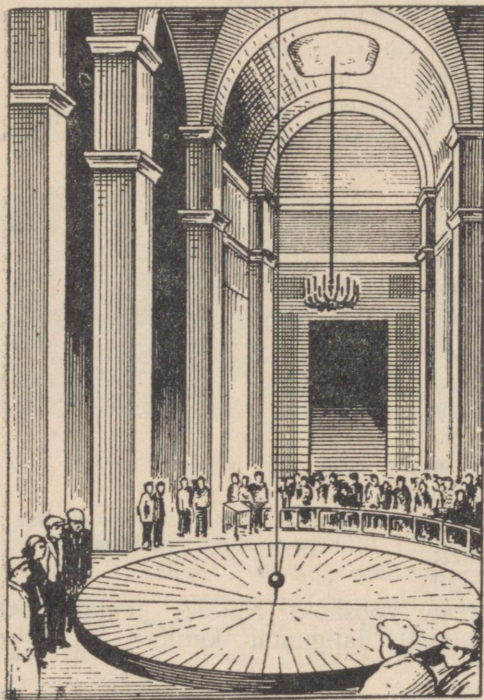
Paljud sellised, väga täpselt korraldatud katsed kinnitavad täielikult vaatluste ja arvutuste kooskõla. Näiteks kaldub keskmistel laiustel 85 m sügavusse langenud kuulike $10,5\text{ mm}$ itta.

b) F u k o o p e n d e l. Katses, mille esimesena sooritas aastal 1851 prantsuse teadlane Foucault, kasutati pendlit, mille moodustas väga pikk ja peenike traat koos tema külge kinnitatud raske keraga. On teada ning katseliselt kerge kontrollida, et iga pendel säilitab oma võnkumistasapinna ka siis, kui me pöörame statiivi, mille külge pendel on kinnitatud. Ülalmärgitud, nn. fukoo pendli suur pikkus oli vajalik suure näitlikkuse ja küllalt kestva võnkumise saavutamiseks.

Kui niisugune pendel võnguks poolusel, siis pöörduks Maa pendli all kiirusega 15° tunnis ($360^\circ:24$). Selle tulemusena paistaks meile, et pendli võnketasapind pöörduks maapinna suhtes kiirusega 15° tunnis, kusjuures pöördumise suund oleks vastupidine Maa pöörlemise suunaga. Ekvaatoril aga ei toimuks mingisugust pendli võnketasapinna muutumist. Vahepealsetel laiustel pöörduv pendli võnketasapind, nagu näitab teooria, kiirusega $15^\circ \sin \alpha$ tunnis, kusjuures α on antud maakoha geograafiline laius.

Vaatlustel on eelpooltoodud võimalik näha. On selge, et kui Maa ei pöörleks, siis pendli võnketasapinna muutumist ei esineks mitte üheski maapinna punktis.

Leningradis, endises Iisaku katedraalis demonstreeritakse 98 m pikkust pendlit. Selle pendli võnketasapind pöörduv kiirusega 13° tunnis — täpselt niisuguse kiirusega, nagu nõuab Maa pöörlemise teooria.



Joon. 12. Leningradis demonstreeritav Foucault' pendel.

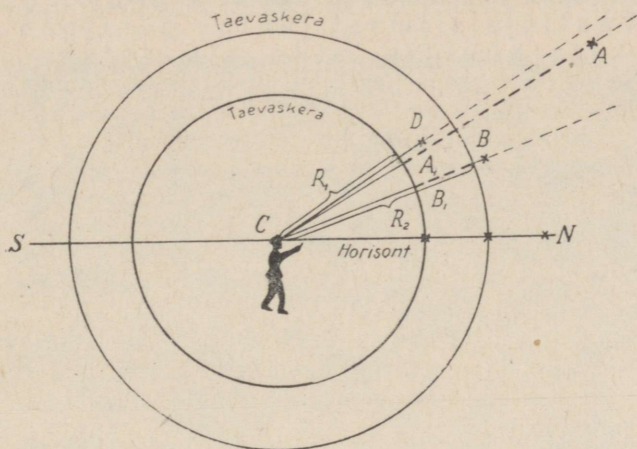
4. Taevaskera ja tema praktiline tähtsus. Vaatamata sellele, et taevakehade tõelised kaugused meist on väga erinevad, paistavad nad kõik asuvat meist ühesugusel kaugusel. Taevakehade kauguste erinevusi ei ole võimalik silmaga eraldada. Seepärast on otstarbekohane tingimisi vaadelda tähti, nagu asetseksid nad meelevaldselt valitud raadiusega kera sisepinnal. Selle kera keskpunktiks on vaatleja silm. Taevaskeraks nimetatakse meelevaldse raadiusega ettekujutatavat kera pinda, millele me projekteerime taevakehade asukohad. Taevaskera mõistet kasutatakse nurkade mõõtmisel lihtsamate nähtavate taeva-

nähtuste vaatlemise kergendamiseks, mitmesugusteks arvestusteks, näiteks taevakehade tõusu ja loojangu aegade väljaarvutamiseks. Seega on taevaskera mõistel praktiline tähtsus.

Arutledes tõusu, loojangu ja teisi taevanähtuste küsimusi, me arvestame ainult suunda, milles taevakehad paistavad (näiteks horisondi lähedal, pea kohal jne.), seepärast on ükskõik, millise raadiusega me taevaskera võtame. Joonisel 13 on näidatud, et vaatleja poolt mingis suunas nähtav mistahes taevakeha on nähtav sellesamas suunas, ükskõik, missuguse raadiusega taevaskeral me teda kujutleme asuvat, kas näiteks taevaskeral raadiusega R_1 või taevaskeral raadiusega R_2 jne. Seepärast räägitakse, et taevaskera raadius on meelevaldne.

Lugedes tingimisi kõiki taevakehi taevaskeral asetsevaiks (õigmini nad projekteeritakse sellele), võime mõõta ainult nurki

suundade vahel, milles taevakehad meile paistavad. Nendele nurkadele vastavad taevaskeral suurringide kaared (kera suurringiks nimetatakse kõiki ringe, millede keskpunktid ühtivad kera keskpunktiga). Näiteks me räägime, et taevakehad A ja B (joon. 13)



Joon. 13. Taevakehade projekteerimine taevaskerale.

on taevaskeral üksteisest 23° kaugusel, kui nurk suundade CA ja CB vahel on 23° . Taevaskeral vastab sellele nurgale 23° suurune kaar A_1B_1 . Täht A võib maailmaruumis tõeliselt olla meist tunduvalt kaugemal, kui täht D , kuid kui nad mõlemad on meile nähtavad peaaegu ühes suunas, siis me räägime, et taevaskeral on täht D tähele A tunduvalt lähemal kui tähele B , vaatamata sellele, et joonkaugus maailmaruumis tähtede D ja A vahel võib olla tunduvalt suurem kui tähtede D ja B vahel.

Samal põhjusel on Päikese ja Kuu nähtavad nurkdiaameetrid peaaegu võrdsed (umbes pool kraadi), vaatamata sellele, et Kuu tõeline diameeter on peaaegu 400 korda väiksem Päikese tõelisest diameetrist. See-eest on Kuu aga meile sama palju kordi lähemal kui Päike, ning seepärast näivadki nende nurkdiaameetrid peaaegu võrdsetena. Naiivne on võrrelda Kuu näivat suurust kopika või taldriku suurusega, kui neid pole paigutatud mingisugusele kaugusele (vaatlejast). Samuti täiesti mõttetu on väljendid: «Kuu tõsis pool meetrit horisondist kõrgemale», «Ühest tähest teiseni on 2 m» jne.

Seega — taevaskeral võib mõõta ainult nurki.

Kui sirutada käsi välja ja põial ning esimene sõrm (nimetis-sõrm) laiali ajada, siis näeb inimene ise sõrmede otsi umbes 16° nurga all. Niisuguse «nurgamõõtjaga» võib, muidugi väga ligikaudselt, mõõta nurkkaugusi taevaskeral. Nurkkaugus Suure Vankri tähtede α ja β vahel on 5° .

Spetsiaalsete astronoomiliste mõõteriistade abil võib mõõta nurkkaugusi täpsusega kuni $0'',01$. Võrdluseks märgime, et nurga $0'',01$ all paistab 1 mm diameetriga traadi jämedus 20 km kauguselt.

5. Taevaskera põhipunktid ja jooned. 1. Seniit ja horisont. Vaatleja silmast lähtuv püstjoon lõikab taevaskera punktis, mida nimetatakse seniidiks. Seniit on vaatleja pea kohal olev kõrgeim punkt. Püstihi määrab lood — niit tema otsa riputatud raskusega. Püstjoonega risti asetsevat tasapinda nimetatakse horisontaaltasapinnaks.

Matemaatiliseks horisondiks nimetatakse taevaskera ja taevaskera keskpunkti läbiva horisontaaltasapinna lõikejoont. Erinevalt matemaatilisest horisondist moodustab nn. nähtava horisondi joon, mida mööda taevaskera näib «ühtivat» maapinnaga. Horisondi tasapinda saab määrata vesiloe abil.

2. Maailma poolused ja telg. Öist taevast erinevatel kellaaegadel vaadeldes paneme tähele, et ööpäeva jooksul kirjeldavad tähed taevaskeral seda suuremad ringid, mida kaugemal nad asuvad Põhjanaelast.

Põhjanael kirjeldab ööpäevaga väga väikese ringi ning on alati peaaegu ühesugusel kõrgusel horisondist. Põhjanael asub põhjataevas.

Joonisel 5 on näidatud Suure Vankri asendi muutumist horisondi suhtes ööpäeva jooksul, samuti aga Põhjanaela liikumatust (ligikaudset). On tarvis, et vaatleja ise veenduks, et see tõesti on nii.

Joonis 14 näitab kujukalt taevaskera ööpäevast pöörlemist. Joonis on saadud järgmiselt. Kuuvalguseta ööl teravustatakse fotoaparaat lõpmatusse, suunatakse Põhjanaelale, avatakse katik ning kinnitatakse aparaat kindlalt ülalmärgitud asendisse. Hoidnud fotoaparaati avatud katikuga tund aega, suletakse katik, ning ilmatakse võte. Fotoplaadil (negatiivil) tulevad nähtavale tumedad tähtede jäljed (positiivil saadakse need heledatena, vt. joon. 14). Kõik need jäljed kujutavad endist kontsentrilisi kaari. Nende kaarte joonpikkused on mitmesugused, nurkpikkused aga võrdsed (meie võtte korral on nad võrdsed $\frac{1}{24}$ tervest kaarest!). Kaarte keskpunktis asub pöörlemiskeskpunkt.

Samasuguse pöörlemiskeskpunkti võib leida ka lõunapoolkera taevas. Ta asub taevaskera selles punktis, mis on diametraalselt vastupidine põhjapoolkera pöörlemiskeskpunktiga (nad on taevaskera diameetri otspunktid). Taevaskera keskpunktis asub aga meie silm. Seega, vaadeldes taevast, paistab meile, et taevaskera pöörleb nagu tervik ümber mingi telje, mis läbib meie silma. Taevaskera ööpäevase pöörlemise telge nimetatakse maailma teljeks.

Taevaskera ja maailma telje lõikepunkte nimetatakse maailma poolusteks. Põhjanael asub

maailma põhjapooluse lähedal (nurkkaugus umbes 1°). Maailma lõunapoolus on nähtav ainult Maa lõunapoolkeral, tema läheduses ei ole ühtegi heledat tähte.

3. Taevaekvaator. Tasapinda, mis on risti maailma teljega, ja läbib taevaskera keskpunkti, nimetatakse taevaekvaatoriks.



Joon. 14. Taeva polaarpiirkonna foto, mis on tehtud liikumatu aparaadiga ühe tunni vältel.

tori tasapinnaks. Taevaekvaatori tasapinna ja taevaskera lõikejoont nimetatakse taevaekvaatoriks. Seega, taevaekvaator on taevaskera suurring, mille tasapind on risti maailma teljega.

Taevaekvaator jagab taevaskera kaheks osaks, põhja- ja lõunapoolkeraks. Me näeme, et maailma telg, maailma poolused ja taeva-

ekvaator on analoogilised Maa teljega, poolustega ja ekvaatoriga. See on arusaadav, sest eelpoolnimetatud nimetused on seotud taevaskera näiva pöörlemisega, see on aga maakera tõelise pöörlemise tulemus.

4. Taevameridiaan ja keskpäevajoon. Taevameridiaani tasapinnaks nimetatakse tasapinda, mis läbib seniiti, taevaskera keskpunkti ja maailma poolust. Lõikumisel taevaskeraga annab see tasapind taevameridiaani. Vertikaaltasapind, mis läbib vaatleja silma ja Põhjanaela, on ligikaudseks taevameridiaani tasapinnaks.

Maa mistahes kohas langeb taevameridiaani tasapind ühte sama maakoha geograafilise meridiaani tasapinnaga.

Keskpäevajooneks nimetatakse meridiaani tasapinna ja horisondi tasapinna lõikejoont. Seda joont nimetatakse keskpäevajooneks seepärast, et keskpäeval langevad esemete varjud selle joone sihis.

Praktiliselt võib keskpäevajoont saada maapinnal või horisontaalsel pinnal, kui märkida keskpäeval vertikaalse varda varju suund.

5. Horisondi punktid. Horisont lõikub taevameridiaaniga põhja- (*N*) ja lõunapunktis (*S*), taevaekvaatoriga aga lääne- (*W*) ja idapunktis (*E*). Kui me seisame näoga maailma pooluse poole (Põhjanaela poole), siis otse meie ees horisondil asub põhjapunkt, selja taga aga lõunapunkt, paremal idapunkt, vasakul läänepunkt. Seda teades saab alati orienteeruda maastikul.

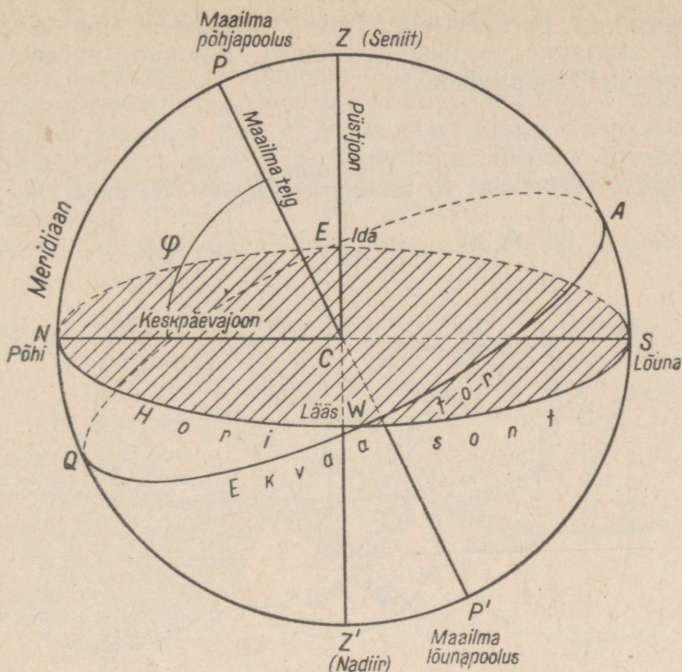
Ülaltoodud mõisted ja definitsioonid on vajalikud astronoomia praktiliseks rakendamiseks.

Selleks, et paremini ette kujutada eelpoolöeldut, valmistame taevaskera joonise (joon. 15). Sellel joonisel on *C* taevaskera keskpunkt, kus asub vaatleja silm; *ZCZ'* — vertikaaljoon, kusjuures *Z* — seniit, *Z'* — nadiir (taevaskeral seniidi vastaspunkt), *PP'* — maailma telg, *P* — maailma põhjapoolus, *P'* — maailma lõunapoolus, *EAWQ* — taevaekvaator, mille tasapind on risti maailma teljega, *ESWN* — horisont, *S* — lõunapunkt, *N* — põhjapunkt, *E* — idapunkt, *W* — läänepunkt. On kerge mõista, et horisondi kohal on näha pool taevaskerast ja pool taevaekvaatorist, samuti ka seda, et punktides *E* ja *W* (mis on vastavalt punktidest *N* ja *S* 90° kaugusel) lõikuvad horisont ja ekvaator jagavad teineteise pooleks.

Joon *NS* on keskpäevajoon, suuring *NPZASP'* aga taevameridiaan.

Tuleb osata joonistada taevaskera. Nurka *PCN* maailma telje ja horisondi tasapinna vahel võib joonestuspraktikas võtta kuidas tahes. Nagu me hiljem näeme, oleneb see nurk vaatleja asukohast maakera pinnal.

6. Seos Maa ja taevaskera vahel. Vaatlejale, kes asub Maa mingis punktis *C* (joon. 16), paistab, et kogu tähistaevas



Joon. 15. Taevaskera põhilised punktid ja jooned.

taevaskera näol pöörleb ümber telje, mis läbib vaatlajat ennast ning on paralleelne Maa teljega. Taevaskera pöörlemistelge CP me nimetasime maailma teljeks, nüüd näeme, et see telg on iga vaatleja seisukohalt paralleelne Maa pöörlemisteljega.

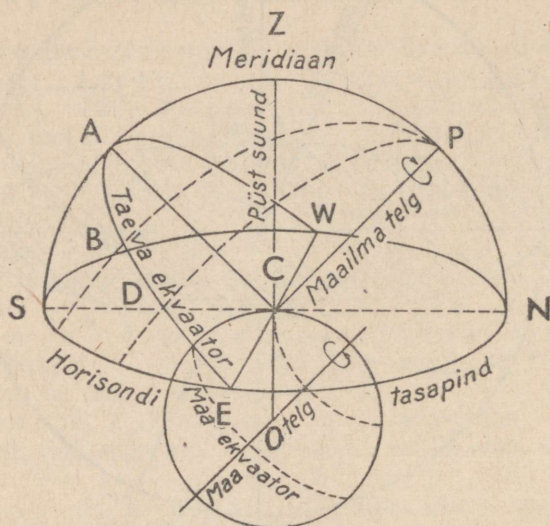
Maailma telg ja temaga paralleelne Maa telg on mõlemad suunatud Põhjanaelale seepärast, et Põhjanael on meist väga kaugel. Nendele vaatlejatele, kes asuvad Maa poolustel, ühtivad Maa telg ja maailma telg üksteisega.

Taevaekvaatori tasapind $CEAW$, mis on risti maailma teljega, on paralleelne Maa ekvaatori tasapinnaga. Maa ekvaatoril asetsevale vaatlejale need tasapinnad ühtivad.

Kui lugeda Maad kerakujuliseks, siis osutub vertikaaljoon CZ Maa keskpunkstist vaatleja asukohta C tõmmatud raadiuse OC pikenduseks. Seepärast horisondi tasapind, läbides taevaskera keskpunkti (punkti C), osutub maakera puutujatasapinnaks punktis C . Taevameridiaani ja geograafilise meridiaani tasapinnad ühtivad.

Koos Maa pöörlemisega pöörleb ka vaatleja, temaga koos aga ka tema taevaskera. Seepärast läheb horisont, mis eraldab nähtava ruumiosa nähtamatust, ööpäeva erinevatel aegadel läbi tähistaeva erinevate osade. Erinevate taevakehade poole on suunatud ka seniit Z . Taevaekvaator libiseb omaenda tasapinnas, maailma telg jääb

aga iseendaga paralleelseks. Tähed, säilitades oma muutumatu asendit ekvaatori ja üksteise suhtes, liiguvad taevakvaatoriga paralleelsetel tasapindadel.



Joon. 16. Seos Maa ja taevaskera vahel.

6. Taevakehade kulminatsioon. Kindlaks määranud taevameridiaani asendi, jälgime tähistaeva pöörlemist. Me paneme tähele, et oma ööpäeval pöörlemisel ümber maailma telje iga taevakeha läbib kaks korda meridiaani. Lähiminekut meridiaanist nimetatakse kulminatsiooniks. Seejuures saavutab taevakeha ühel korral oma kõige kõrgema asendi horisondi peal, see on ülemine kulminatsioon, teine kord aga kõige madalama asendi (horisondi all) — see on alumine kulminatsioon. Ülemise ja alumise kulminatsiooni vaheline aeg on võrdne poole ööpäevaga. Üks kulminatsioonidest (tõusvatel ja lojuvatel taevakehadel) või ka mõlemad (mittetõusvatel taevakehadel) toimuvad horisondi all ning ei ole seepärast nähtavad. Mittelojuvatel taevakehadel on mõlemad kulminatsioonid nähtavad.

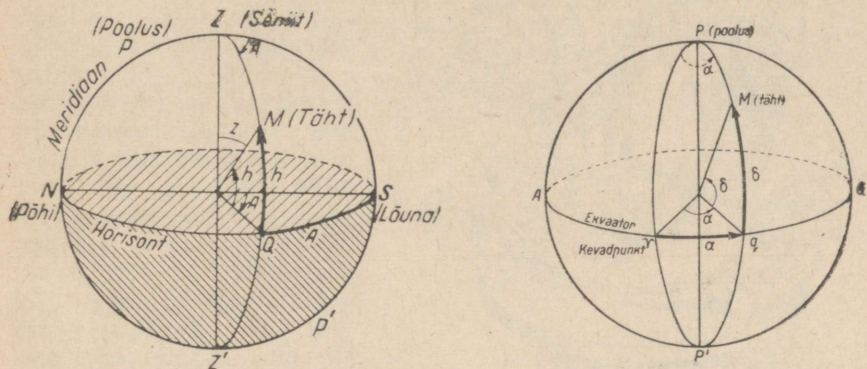
Päikese ülemise kulminatsiooni momenti nimetatakse tõeliseks keskpäevaks. Päikese alumise kulminatsiooni momenti nimetatakse tõeliseks keskööks.

Ülalmainituist esimesel juhul on Päike nähtav, teisel juhul mitte. Polaarmaadel toimuvad vahel mõlemad Päikese kulminatsioonid horisondi kohal (Päike ei looju üldse, on polaarpäev). Mõnikord toimuvad aga mõlemad kulminatsioonid horisondi all (Päike ei tõuse, on polaaröö). Teiste taevakehade kulminatsioonimomendid

olenevad nende taevakehade asukohtadest taevaskeral ja samuti aastaajast.

Vaadeldes taevakehi me paneme tähele, et nad asetsevad horisondi suhtes erinevalt. Nurka horisondi tasapinna ja taevakeha suuna vahel nimetatakse taevakeha kõrguseks h (vt. joon. 17). Taevakeha kõrgust mõõdetakse nurgaga, mis asub läbi taevakeha, seniidi ja taevaskera keskpunkti pandud tasapinnal.

Taevakeha kõrgust määratakse riista abil, mida nimetatakse



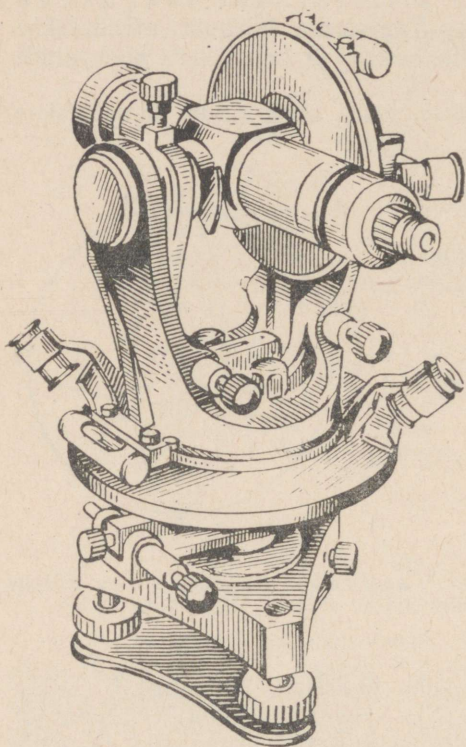
Joon. 17 ja 18. Koordinaatide süsteem: Vasakul — horisondi suhtes: kõrgus ja asimuut; paremal — taevaequaatori suhtes: otsetõus ja kään.

teodoliidiks (joon. 19). Ta koosneb väikesest pikksilmast (vaatekorust), mis pöörduv horisontaal- ja vertikaaltelje ümber. Need teljed on varustatud ringidega, mis on jaotatud kraadideks ja nende osadeks, nende ringide abil saab määrata kõrgust ja asimuuti — nurka horisondi põhipunktide suhtes. Riistu, mille abil saab mõõta kõrgust kuni seniidini ($h = 90^\circ$), nimetatakse universaalseteks mõõduriistadeks. Taeva pöörlemise tulemusena muutub kõikide taevakehade kõrgus ööpäeva jooksul pidevalt. Näiteks 21. märtsil on Päikese kõrgus horisondist keskpäeval küllalt suur, päikeseloojangul aga 0° . Peale selle on ühe ja sama taevakeha kõrgused erinevates maakohtades erinevad. Näiteks on Päike ühel ja samal päeval ning kellaajal Odessas ja Leningradis lõunataevas, kuid Odessas kõrgel, Leningradis aga madalal. Sel ajal, kui Päike Minskis tõuseb, võib ta Vladivostokis juba loojuda.

Vaadeldes mingit tähte igal õhtul, paneme tähele, et antud maakohas kulmineerib iga täht alati ühel ja samal kõrgusel horisondist. Kõrgus horisondist sõltub tähe asukohast taevaskeral ja maakoha geograafilisest laiusest.

Päikese kõrgus horisondist tema ülemise kulminatsiooni momendil pole aga erinev mitte ainult erinevates maakohtades (näit.

Leningradis ja Odessas), vaid ka erinevatel aastaegadel (talvel on ta madalamal, suvel kõrgemal). Kuu ja planeetide kõrguse muutumine on aga keerukam.



Joon. 19. Teodoliit.

7. Taevakehade koordinaadid ja tähekaart. Tähtede leidmiseks tähistavas, tähekaartide koostamiseks, aja määramiseks ning samuti geograafiliste koordinaatide määramiseks on tarvis teada tähtede koordinaate.

Selleks kasutatakse koordinaatide süsteeme, mis sarnanevad geograafilise koordinaatide süsteemiga maakeral (vt. joon. 17 ja 18). Taevaskeral võib tähe asukohta määrata taevakvaatori suhtes (kraadides) samuti, nagu me määrame globusel või kaardil asulate nurkkaugusi Maa ekvaatorist (seda kaugust nimetatakse teatavasti geograafiliseks laiuks). Taevakehade nurkkaugust taevakvaatorist nimetatakse deklinatsiooniks. Deklinatsiooni märgitakse tähega δ . Lõunapoolkeral loetakse deklinatsiooni negatiivseks.

Teiseks geograafiliseks koordinaadiks maakeral on pikkus. Pikkuseks nimetatakse nurka antud maakoha meridiaanitasapinna ja nullmeridiaani tasapinna vahel. Taevaskeral on teiseks koordinaadiks otsetõus. Otsetõusuks nimetatakse nurka maailma poolust ning taevakeha läbiva poolringi (deklinatsiooniringi) tasapinna ja maailma poolust ning ekvaatoril asetsevat kevadpunkti läbiva poolringi (algdeklinatsiooniringi tasapinna) vahel. Ekvaatoril asetsevat punkti, mida läbib algdeklinatsiooniring, nimetatakse kevadpunktiks seepärast, et Päike asub taevaskeral selles punktis kevadel — 21. märtsil, siis kui öö ja päeva pikkused on võrdsed. Otsetõusu, mida märgitakse tähega γ , loetakse kevadpunktist vastupidi kellaosuti liikumise suunale, s. o. vastupidi taeva ööpäevasele pöörlemisele. Nagu geograafilist pikkust, nii on ka otsetõusu otsarbekohane avaldada mitte kraadides vaid ajaühikutes, arvestades

sealjuures, et taevaskera ja Maa näivad tegevat ühe täispöörde 24 tunniga. Siit saadakse järgmine seos ajamöödu ja kraadimöödu vahel:

360°	vastab	24 tundi
15°	"	1 " "
1°	"	4 ajaminutile
15'	"	1 " "
15"	"	1 ajasekundile.

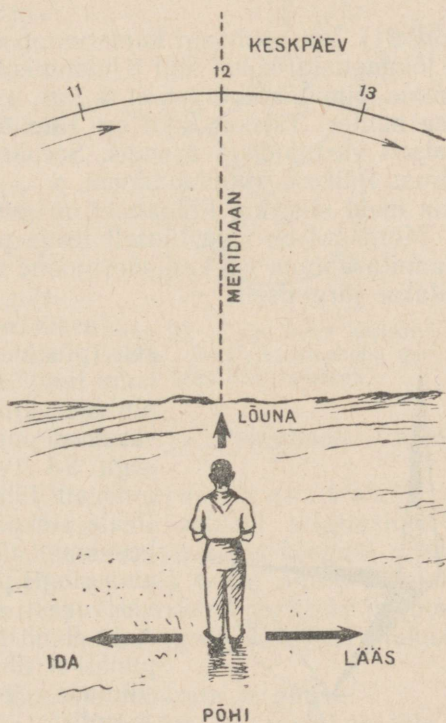
Näiteks vastab geograafiline pikkus või otsetõus 3 t. 10 min. 20 sek. nurgale $47^{\circ}35'00''$.

Deklinatsiooni ja otsetõusu (δ ja γ) nimetatakse ekvaatorilisteks koordinaatideks. Tähtede jaoks muutuvad need koordinaadid nii aeglaselt, et me võime neid lugeda konstantseteks juhul, kui neid pole vaja eriti täpselt teada. Taeva ööpäeval näival pöörlemisel pöörleb koos tähistaevaga ka kevadpunkt. Seepärast tähtede asendid taevaekvaatori ja kevadpunkti suhtes ei olene kellaajast ega vaatleja asukohast maakeral. Lisas IV on antud mõne tähe ekvaatorilised koordinaadid. Sama koordinaatide võrk on kujutatud ka tähekaardil.

Päike, kuu ja planeedid liiguvad kogu aeg tähistaeva taustal. Seepärast neid tähekaardile ei märgita. Nende koordinaadid aasta iga päeva kohta trükitakse spetsiaalsetes astronoomilistes kalendrites.

Taevakehade ekvaatorilised koordinaadid määratakse astronoomiaobservatooriumides spetsiaalsete riistadega tehtavate vaatluste abil.

8. Ligikaudne orienteerumine maapinnal taevakehade järgi. Orienteerumine maapinnal seisneb põhja-, lõuna-, läänesuuna jne. kindlaksmääramises. Me juba veendusime, et keskpäevajoon määrab ära põhja-lõuna suuna, ning et Põhjanaan elab alati horisondil oleva põhjapunkti kohal (horisondist kõrgemal). Seepärast, leidnud Põhjanaan, võime alati



Joon. 20. Päikese ülemine kulminatsioon ja selle järgi orienteerumine.

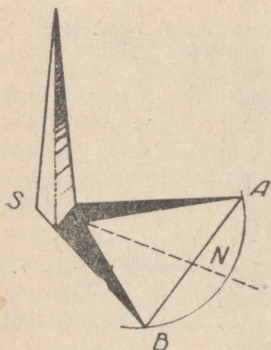
orienteeruda horisondi põhipunktide suhtes. Keskpäeval näitab lõunapunkti asukohta meie Päike, sest Päikese kulminatsioon toimub täpselt lõunapunkti kohal (joon. 20). Täiskuu on keskööl lõunapunkti kohal. Kui Kuu on nähtav poolringina, mille kumerus on pööratud paremale, siis on ta lõunapunkti kohal kell 6 õhtul (vt.



Joon. 21. Kuu asend horisondi suhtes mitmesugustes faasides Päikese loojumise korral läänepunktis.

joon. 21); kui poolringi kumerus on aga pööratud vasakule, siis on ta lõunapunkti kohal kell 6 hommikul. Kuu kulminatsioonaja muutumine toimub seepärast, et ta kuu kestel muudab oma asendit Päikese suhtes. Täiskuu ajal on Kuu taevaskeral Päikesega diametraalselt vastupidises asendis. Seepärast kulmineerib Kuu 12 tundi pärast Päikese kulminatsiooni, s. o. keskööl. Orienteerumisel aitab Kuu meid siis, kui Põhjanael on pilvedega või uduga kaetud.

Mõnikord on vaja täpselt teada põhja-lõuna suunda, s. o. meridiaanitasapinna või keskpäevajoone suunda maapinnal. Selleks toimetakse järgmiselt.



Joon. 22. Keskpäevajoone asendi määramine.

Tasasele pinnale kinnitatakse vertikaalselt (püstloee abil) varras (joon. 22). Kaks-kolm tundi enne keskpäeva märgime sellele pinnale varda varju otsa A asukoha ning varda algpunktist S tõmbame kaare raadiusega SA (varju pikkusega). Varda vari pidevalt lüheneb ja pöörduv põhja poole. Peale keskpäeva hakkab varju pikkus uuesti kasvama, jätkates pöördumist. Märgime oma ringil punkti B , kus pärast keskpäeva vari uuesti ringjooneni küündib. Punktid A ja B ühendame sirglõiguga, selle keskpunkti N ühendame varda alguspunktiga S , viimane joon annabki keskpäevajoone asendi.

Teoreetiliselt võiks keskpäevajoone määrata, kui märkida varju suund sel momen-

dil, kui ta on kõige lühem. Tegelikult on see meetod siiski liialt ebatäpne, sest keskpäeva paiku, kui vari on kõige lühem, muutub tema pikkus väga aeglaselt, peaaegu märkamatuks, suund aga muutub kiiresti.

9. Seos pooluse kõrguse ning taeva välisilme ja koha geograafilise laius vahel.

1. Pooluse kõrgus ja geograafiline laius. Liikudes mööda maapinda põhjast lõunasse, paneme tähele, et Põhjannael läheneb üha rohkem horisondile. Me märkame, et maailma pooluse kõrgus horisondist, ehk lühemalt — pooluse kõrgus on võrdne vaatluskoha geograafilise laiusega.

Joonisel 23 on kujutatud maakera lõige mööda vaatluskoha meridiaani. Vaatleja punktis M näeb maailma poolust maailma telje MP' suunas, maailma telg on aga paralleelne Maa teljega TP . Maad puudutav horisonditasapind on meie joonisel märgitud sirgjoonega SMN , mis on Maad kujutava ringjoone puutujaks punktis M . AQ on Maa ekvaator, TZ püstjoon punktist M , seepärast möödab nurk ATM punkti M laiust φ .

Nurk $P'MN$ maailma telje ja horisondi tasapinna vahel moodab pooluse kõrgust.

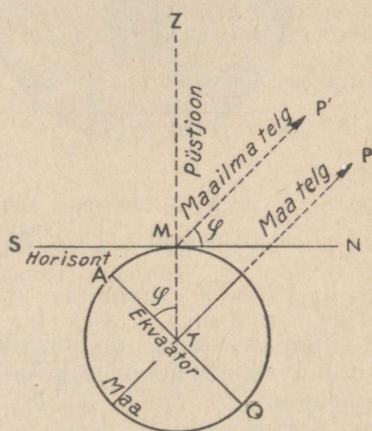
Nurgad $P'MN$ ja ATM (s. o. geograafiline laius) on võrdsed kui ristiseisvate haaradega teravnurgad.

Näeme, et praktiliselt võib määrata koha geograafilist laiust, mõõtes vaatluste abil maailma pooluse kõrguse. Selleks võib mõõta Põhjannaela kõrguse ning lisada sellele parandus, mis näitab maailma pooluse ja Põhjannaela vahelist kaugust.

2. Tähistäeva välisilme olenevus vaatleja asukohast maapinnal. Nagu me eelpool selgitasime on maailma telje ja horisondi vaheline nurk (pooluse kõrgus) võrdne koha geograafilise laiusega. Seda on vaja teada antud maakoha taevaskera joonistamisel (joon. 15); taevaskera punktide ja joonte asukohad horisondi suhtes olenevad geograafilisest laiusest (joon. 24).

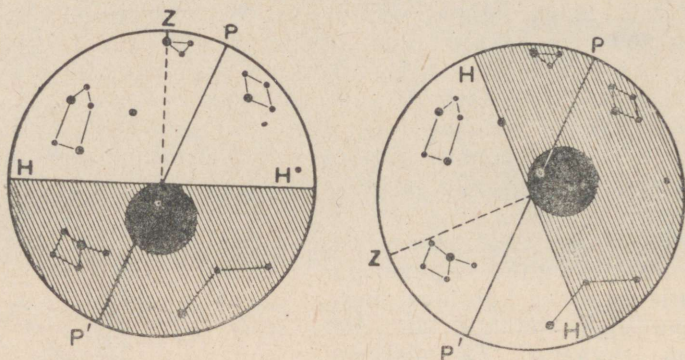
Ülalöeldu alusel on kerge kindlaks määrata järgmist.

Keskmistel laiustel, näiteks NSV Liidus, on maailma telg ja taevaequaator kaldu horisondi suhtes. Seepärast on ka tähtede ööpäevased teed kaldu horisondi suhtes (joon. 25, a). Tähed, mis



Joon. 23. Telje kalle horisondi suhtes võrdub vaatluskoha geograafilise laiusega.

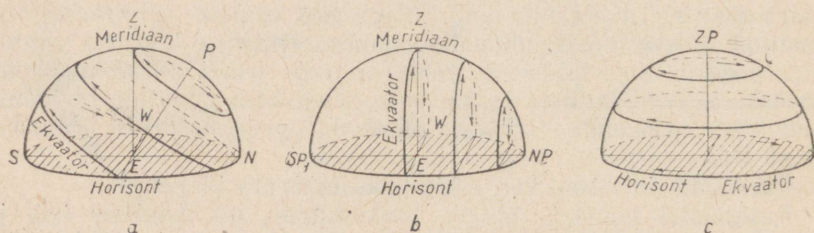
asuvad maailma poolusest mitte kaugemal kui φ kraadi (siin φ on geograafiline laius), s. o. mille deklinatsioon on suurem kui $90^\circ - \varphi$, osutuvad mitteloojuvateks. Tähed, mis asuvad poolusest kaugemal kui φ kraadi, osutuvad tõusvateks ja loojuvateks. Lõunapoolkera tähed, mis on lõuna pool (allpool) paralleeli, mis läbib punkti S (joon. 25, a), ei tõuse kunagi, nad on laiusel φ nähtamatud.



Joon. 24. Horisondi kohal nähtavad piirkonnad sõltuvalt vaatleja asukohast:
vasakul — mingis Maa põhjapoolkera punktis, paremal — mingis lõunapoolkera punktis.

Maa ekvaatoril on maailma telg horisondi tasapinnas ning ühtib keskpäevajoonega. Maailma poolused ühtivad siin põhja- ja lõunapunktiga (joon. 25, b). Taevaekvaator on risti horisondiga ning läbib seniiti Z. Kõikide tähtede ööpäevased teed on risti horisondiga, iga täht on poole ööpäevast horisondi all ja poole horisondi kohal. Mitteloojuvaid tähti ekvaatoril ei ole, samuti ka mittetõusvaid. Näiteks osutub seal isegi meile tuntud Suur Van-ker tõusvaks ja lojuvaks tähtkujuks.

Maa poolustel langeb taevaekvaator ühte horisondiga, maailma telg aga vertikaaljoonega (vt. joon. 25, c). Ida- ja läänepunktid kui horisondi ja taevaekvaatori lõikepunktid osutuvad määratu-



Joon. 25. Tähtede ööpäevased teed horisondi suhtes vaatlejale, kes asub:
a — keskmisel laiusel, b — ekvaatoril, c — poolusel.

teks. Meridiaan, mis läbib maailma telge ja vertikaaljoont, muutub samuti määramatuks, koos sellega kaotavad mõtte mõisted lõunapunkt, põhjapunkt, idapunkt, läänepunkt.

Maa põhjapoolusel kõik suunad viivad lõunasse. Põhjanaan paistab seal seniidi lähedal. Tähtede ööpäevased teed on seal paralleelsed horisondiga, mitte ükski täht ei tõuse ega looju. Kõik põhjapoolkera tähed paistavad mitteloojuvatena. Kunagi ei ole näha lõunapoolkera tähti.

Harjutus 1.

1. Kui kaugele silmast tuleb paigutada 15-kopikane raha (tema diameeter on 2 cm), et ta oleks näha sama nurga all nagu kuu?

2. Ühe tähe otsetõus on 3 tundi, teise 5 t. 18 min. Mitu tundi ja minutit pärast ühe tähe kulminatsiooni toimub teise tähe kulminatsioon?

3. Maakoha geograafiline laius on 35° . Mitu kraadi on poolus seal allpool seniiti?

4. Maakoha geograafiline laius on 57° . Kui kaugel seniidist lõikub meridiaan ekvaatoriga? Kui suur on ekvaatori kõrgeima punkti kaugus horisondist?

5. Murmanski geograafiline laius on 69° . Kas on seal horisondi peal näha Siirius (kõige heledam täht taevas), kui ta deklinatsioon $\delta = -10^\circ$?

6. Leningradi geograafiline laius on 60° . Kas võib seal näha Veega mõlemat kulminatsiooni, kui tema deklinatsioon on $+39^\circ$?

PÄIKESE AASTANE RINGKÄIK JA MAA TIIRLEMINE

10. Päikese näiv liikumine mööda ekliptikat. 1. Päikese keskpäevase kõrguse ja tähistäeva välisilme aastased muutused. Igaühele on hästi teada, et Päikese kõrgus horisondi suhtes keskpäeval, s. o. tema kõrgus ülemise kulminatsiooni momendil aasta jooksul muutub. Suvel tõuseb Päike keskpäeval väga kõrgele; kõige kõrgem asend on tal 22. juunil. Seda päeva nimetatakse suviseks pööripäevaks. Igäl järgmisel päeval kulmineerib Päike ikka madalamal ja madalamal. Tema kõige madalam kulminatsioon toimub 22. detsembril, see on talvisel pööripäeval. Vastavalt sellele on 22. detsembril päev kõige lühem, sest sel päeval on Päikese tee horisondi kohal kõige lühem; ta tõuseb hilja ja loojub vara.

21. märtsi ja 23. septembri paiku on Päikese ülemise kulminatsiooni kõrgus suvise ja talvise pööripäeva kõrguste vahepealne ning päev on ööga võrdne,¹ Seepärast nimetatakse 21. märtsi kevadiseks pööripäevaks ehk kevadiseks võrdpäevsuseks, 23. septembrit aga — sügiseseks pööripäevaks ehk sügiseseks võrdpäevsuseks.

Kui Päikese kulminatsiooni kõrgus muutub, muutub järelikult ka tema asend taevaskeral maailma pooluse ja taevaekvaatori suh-

¹ Maa atmosfääris Päikese kiired murduvad ning seetõttu on Päike näha natuke enne tõusu ja natuke pärast loojangut, nagu järgneb puht geomeetrilisest konstruktsioonist. Seepärast on kevadisel ja sügisel pööripäeval päev faktiliselt veidi pikem kui öö.

tes. Tõepoolest, tähed, mille asendid maailma pooluse ja taevaekvaatori suhtes on muutumatud, kulmineerivad igaüks alati ühel ning samal kindlal kõrgusel horisondist. Samal põhjusel iga täht tõuseb ja loojub kindlas, alati ühes ja samas horisondi punktis. Seejuures loojub aga Päike näiteks suvel loodes, talvel edelas, võrdpäevsuse ajal aga läänes.

Võrdpäevsuse ajal asub Päike taevaekvaatoril. See nähtub ka sellest, et neil päevadel Päike tõuseb idapunktis ja loojub läänepunktis, neis punktides aga taevaekvaator lõikub horisondiga.

Kuna suvel Päikese kõrgus keskpäeval on suurem kui $90^\circ - \varphi$, s. o. ületab taevaekvaatori kõrguse horisondi suhtes, siis tähendab see, et Päike on sel ajal ekvaatorist kõrgemal (taeva põhjapoolkeral). Just samal viisil võib veenduda selles, et talvel asub Päike taeva lõunapoolkeral (ekvaatori all). Nurgamõõtmise riistaga Päikese keskpäevaseid kõrgusi mõõtes näeme, et Päikese suurim kaugus ekvaatorist põhja poole on $23^\circ 27'$ (22. juunil). Niisama suur on tema suurim kaugus ekvaatorist lõuna poole (22. detsembril). Mõnikord räägitakse, et Päikese deklinatsioon muutub vahemikus $+23^\circ 27'$ kuni $-23^\circ 27'$.

Kuid Päike liigub taevaskeral aasta jooksul mitte üksi taevaekvaatori suhtes, vaid ka taevaskera ööpäevasele pöörlemisele vastassuunas. Seda tema aastast aeglast liikumist ei tohi ära segada tema ööpäevase, võrdlemisi kiire liikumisega kellaosuti liikumise suunas. Päikese aastane liikumine on tema ööpäevase liikumisega suunalt vastupidine.

Selles võib veenduda, kui märkida ära, milliste tähtede ülemine kulminatsioon on keskööl, s. t. millised tähtkujud asuvad taevaskeral Päikesele vastasküljel. Need tähtkujud aasta jooksul kogu aeg vahelduvad. Talvel kulmineerivad keskööl ühtede tähtkujude tähed, suvel aga teiste tähtkujude tähed.

Peale selle võib tähele panna, et kui mõni tähtkuju loojub näiteks 4 tundi pärast Päikest, siis kuu aja pärast ta loojub juba 2 tundi pärast Päikest, aga veelgi hiljem muutub üldse nähtamatuks, peitudes Päikese kiirtes. Tähendab, selle aja kestel Päike nihkus taevaskeral läänest itta, vastu sellele tähtkujule. Mõni aeg hiljem tuleb nimetatud tähtkuju nähtavale horisondi tagant ikka varem ja varem enne Päikese tõusu.

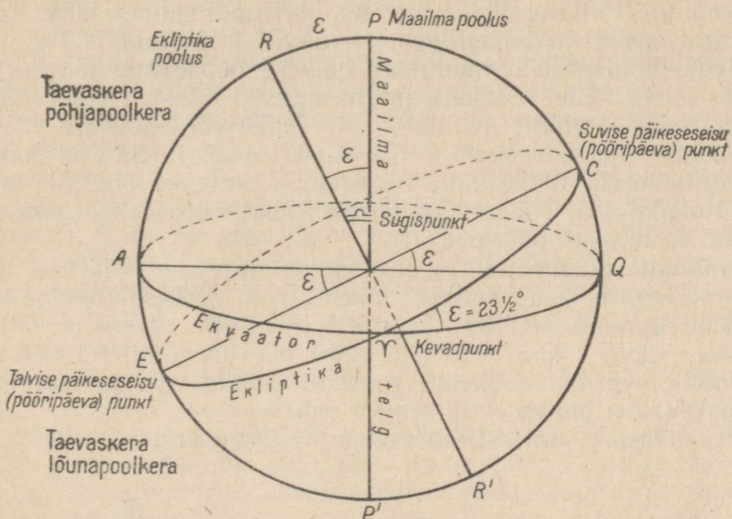
2. Ekliptika ja zodiaak. Võttes kokku kõik eespool kirjeldatud vaatlused; tuleme järeldusele, et aasta jooksul liigub Päike taevaskeral mööda suurt ringi, mille tasapind on taevaekvaatori tasapinnaga nurga all $23^\circ 27'$.

Ekliptikaks nimetatakse suurringi taevaskeral, mida mööda aasta jooksul liigub Päike keskpunkt (joon. 26). Aastaga teeb Päike täisringi mööda ekliptikat, liikudes mööda seda vastupidi kellaosuti liikumise suunale. Ööpäevaga nihkub Päike mööda ekliptikat ida poole $360^\circ : 365$, s. o. ligikaudu 1° võrra.

Ekliptika lõikepunkte taevaekvaatoriga nimetatakse kevad- ja sügispunktideks, vastavalt sellele, millal neis asub Päike.

Kevadpunkti tähistatakse märgiga γ , sügispunkti aga märgiga ϖ . Suvise ja talvise pööripäeva punktid ekliptikal on 90° kaugusel kevad- ja sügispunktidest ja kõige kaugemal ekvaatorist.

Päikese aastane liikumine mööda ekliptikat on näiv liikumine. Ta on tingitud Maa aastasest tiirlemisest ümber Päikese.



Joon. 26. Ekliptika ja ekvaator.

Taevaskera pöörlemisel ekliptika asend horisondi suhtes kogu aeg muutub ja seepärast taevaskera joonisel koos horisondi ja meridiaaniga ekliptikat ei kujutata.

Praegusajal on kevadpunkt Kalade tähtkujus, sügispunkt — Neitsi tähtkujus.

Kaksteistkümmend tähtkuju, mida läbib ekliptika, moodustavad zodiaagi vöö, neid tähtkujusid nimetatakse zodiaagi tähtkujudeks. Zodiaak on kreekakeelne sõna ja tähendab «loomaring». Enamik nende tähtkujude nimedest on loomade nimed. Need tähtkujud on: Jäär, Sõnn, Kaksikud, Vähk, Lõvi, Neitsi, Kaalud, Skorpion, Ambur, Kaljukits, Veevalaja, Kalad. Neid tähtkujusid võib leida raamatu lõppu paigutatud tähekaardilt.

Kesköö paiku asub taeva lõunaosas alati see zodiaagi tähtkuju, mis antud kuul on Päikesele vastasasendis. Näiteks novembris on Päike Skorpioni tähtkujus ja kesköö paiku kulmineerivad novembris temale vastakuti asetseva Sõnni tähtkuju tähed. Keskpäeva paiku kulmineerib see zodiaagi tähtkuju, kus sel ajal asub Päike (seda on võimalik näha aga ainult täieliku päikesevarjutuse ajal).

1. Kui suur on Päikese kõrgus keskpäeval horisondist teie asukohas 22. juunil? 23. septembril? 22. detsembril?

2. Leningradi geograafilise laius on 60° , Erevanil 40° . Leidke graafiliselt Päikese keskpäevased kõrgused horisondist nendes linnades suvisel ja talvisel pöörpäeval ning võrrelge neid.

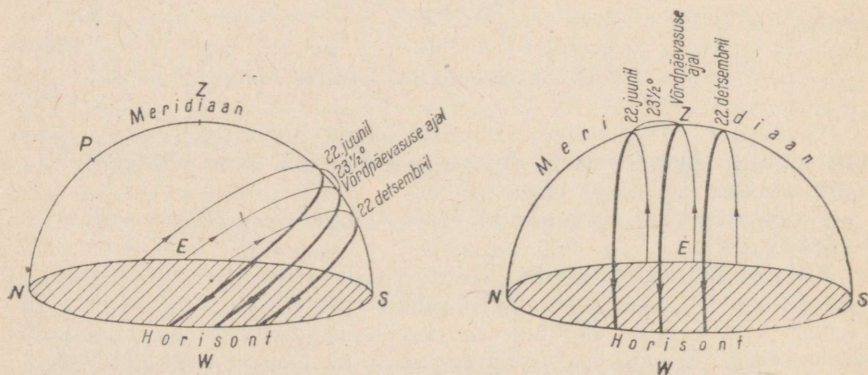
3. Kuidas muutuks aastaegade vahetus teie asulas, kui Maa telje kaldenurk saaks võrdseks 45° -ga $66\frac{1}{2}^\circ$ asemel?

11. Päikese ööpäevase tee muutumine erinevatel laiustel. Kuidas muutub Päikese ööpäevane tee horisondi suhtes meie laiustel kevadest suveni ja talveni, sellest räägiti juba punktis 10.

Seda, kuidas näib muutuvat Päikese ööpäevane tee horisondi suhtes aasta vältel maakera mitmesugustel laiustel, võib selgitada joon. 15 abil. Punktis *A* kulmineerib Päike võrdpäevsuse päevadel, sest nendel päevadel asub Päike taevaekvaatoril. Suvisel pöörpäeval kulmineerib Päike $23\frac{1}{2}^\circ$ kõrgemal, talvisel pöörpäeval aga $23\frac{1}{2}^\circ$ madalamal (täiendage joonist Päikese ööpäevase teekonnaga suvisel ja talvisel pöörpäeval).

Määrame nüüd kindlaks, missuguse nurga φ väärtuse korral, s. o. missugusel geograafilisel laiusel, võib Päikese ülemine kulminatsioon toimuda seniidis. Jooniselt 15 selgub, et see on võimalik laiustel $+23\frac{1}{2}^\circ$ kuni $-23\frac{1}{2}^\circ$ nendel päevadel, mil Päikese deklinatsioon on võrdne maakoha geograafilise laiusena (nurkkaugusega taevaekvaatori punkti *A* ja seniidi vahel).

Peale täpset vaatlust me veendume järgmises.



Joon. 27. Päikese liikumine horisondi kohal mitmesugustel aastaagadel: vaatleja puhul, kes asub keskmistel laiustel (vasakul) ja ekvaatoril (paremal).

Maa ekvaatoril tõuseb ja loojub Päike, nagu kõik teised taevakehad, risti horisondiga (joon. 27). Seepärast on seal aasta ringi päev ja öö ühepikkused (horisont jagab seal Päikese ööpäevase tee pooleks), hämarik on aga väga lühike. Päike kaob kiiresti horisondi

taha. Keskpäeval on Päike seniidis kaks korda aastas, võrdpäevsuse päevadel (kevadisel ja sügisel pööripäeval), mil Päikese deklinatsioon on 0° .

Maapinnal on kohti, kus Päike on keskpäeval seniidis ainult üks kord aastas. See toimub 22. juunil geograafilisel laiusel $23^\circ 27'$. Seda paralleeli nimetatakse Vähja pöörijooneks. 22. detsembri keskpäeval on Päike seniidis neis kohtades, mis asuvad lõunalaiusel — $23^\circ 27'$. Seda paralleeli nimetatakse Kaljukitse pöörijooneks.

Oma nimetused said need geograafilised paralleelid kauges minevikus seoses sellega, et Päikese kulminatsioon seniidis toimus pöörijoontel ajal, mil Päike asus Vähja ja Kaljukitse tähtkujus, nendes tähtkujudes asusid sel ajal suvise ja talvise pööripäeva (päikeseseisu) punktid. Sellest ajast möödunud mitme tuhande aasta jooksul need punktid nihkusid Kaksikute ja Amburi tähtkujusse.

Maa poolustel kirjeldab Päike iga päev horisondiga paralleelseid ringe seni, kuni ta asetseb horisondi kohal, mis siin ühtib taevaekvaatoriga. Nagu me juba teame, kestab Päikese ülalnimetatud liikumine pool aastat, põhjapoolusel 21. märtsist 23. septembrini. Kuna 21. märtsist 22. juunini Päikese kõrgus taevaekvaatorist pidevalt kasvab Päikese liikudes taevaskera lõunapoolkeralt põhjapoolkerale, siis tuleme järgmisele järeldusele.

Maa põhjapoolusel tõuseb Päike ühe korra aastas — 21. märtsil, ning mitte loojudes poole aasta kestel, teeb iga päev täisringi horisondi kohal, ning jõuab kõige suuremale kõrgusele 22. juunil. Mõnikord räägitakse, et Päike kirjeldab taevas spiraali keerde. 22. juunist kuni 23. septembrini langeb Päike mööda samasugust spiraali ikka lähemale horisondile ja 23. septembril vajub horisondi taha. Oo kestab poolusel pool aastat, samuti päev (polaaröö ja -päev).

Kaugenemisel põhjapoolusest on aastas ikka rohkem ja rohkem päevi, mil Päike tõuseb ja loojub, suvel aga esineb siiski periood, kus Päike mitu päeva järjest ei looju, talvel aga paljude päevade jooksul üldse ei tõuse. Niisugust nähtust, eriti Päikese alumist kulminatsiooni keskööl, võib vaadelda NSV Liidus Murmanskis ning teistes kohtades, mis asuvad põhja polaarjoonest põhja pool.

On kerge veenduda, et Maa pinnal on niisuguseid kohti, kus Päike ainult üks kord aastas ei looju, ja nimelt 22. juunil. Päike ainult puudutab horisonti põhjapunktis oma alumise kulminatsiooni momendil (keskööl). 22. detsembril (ainult sel päeval) Päike neis maakohtades ei tõuse, keskpäeval ta ainult puudutab horisonti lõunapunktis, jäädes ise horisondi alla. Need maakohad asuvad maakeral geograafilisel laiusel $66^\circ 33'$. Seda paralleeli nimetatakse põhjapolaarjooneks.

Maa lõunapoolusel on vaadeldavad täpselt samasugused nähtused nagu põhjapooluselgi, ainult polaarpäev kestab seal 23. septembrist 21. märtsini ning polaaröö 21. märtsist 23. septembrini. Lõunapolaarjoonel (lõunalaiusel $66^\circ 33'$) ei tõuse Päike 22. juunil, ei looju aga 22. detsembril.

Maakohtades, mis asuvad veidi lõuna pool põhja polaarjoont, näiteks Leningradis, langeb Päike 22. juuni paiku horisondi alla, kuid mitte kauaks ja mitte sügavale. Seepärast valgustavad tema horisondi alt tulevad kiired tugevasti õhku («valged ööd»).

Kõigest eelpoolöeldust on selge (ja seda tuleb kindlalt mees pidada), et Päikese tõusu ja loojangu aeg sõltub mitte ainult kuupäevast, vaid ka vaatleja asukoha geograafilisest laiusest. Seepärast võib tavalistes kalendrites antud Päikese tõusu ja loojumise aeg õige olla ainult ühel geograafilisel laiusel, mitte aga kogu NSV Liidus.

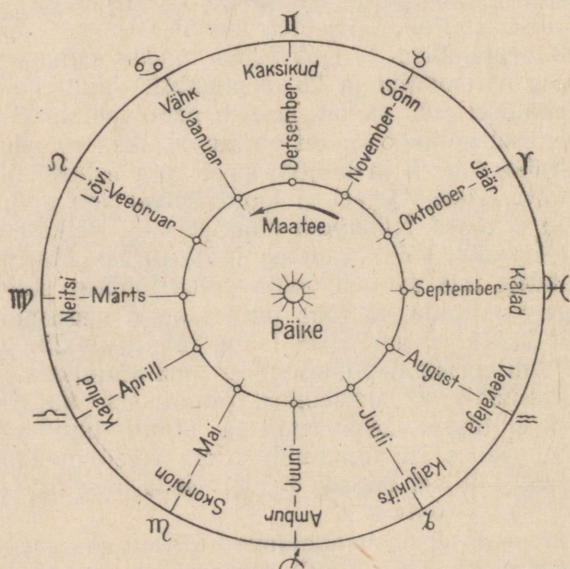
12. Maa tiirlemine ümber Päikese ja sellest tulenevad nähtused.

Päikese näiv aastane liikumine mööda ekliptikat ja kõik sellega seotud nähtused, mida on kirjeldatud selle peatüki eelmistes osades, on tegelikult selle tulemus, et Maa liigub ümber Päikese. Täisringi teeb Maa ühe aastaga.

Maa liikumise teed ümber Päikese nimetatakse tema orbiidiks.

Maa ööpäevase pöörlemise telg on ekliptika tasapinnaga nurga all $66\frac{1}{2}^{\circ}$, Maa ekvaatori tasapinna ja ekliptika tasapinna vaheline nurk on aga $90^{\circ} - 66\frac{1}{2}^{\circ} = 23\frac{1}{2}^{\circ}$, täpsemalt $23^{\circ}27'$. Maa ööpäevase pöörlemise telg jääb seejuures endaga rööpseks ja ei muuda oma kallakut Maa orbiidi tasapinna suhtes.

Kuna meie ei taju oma liikumist koos Maaga, näib meile, et



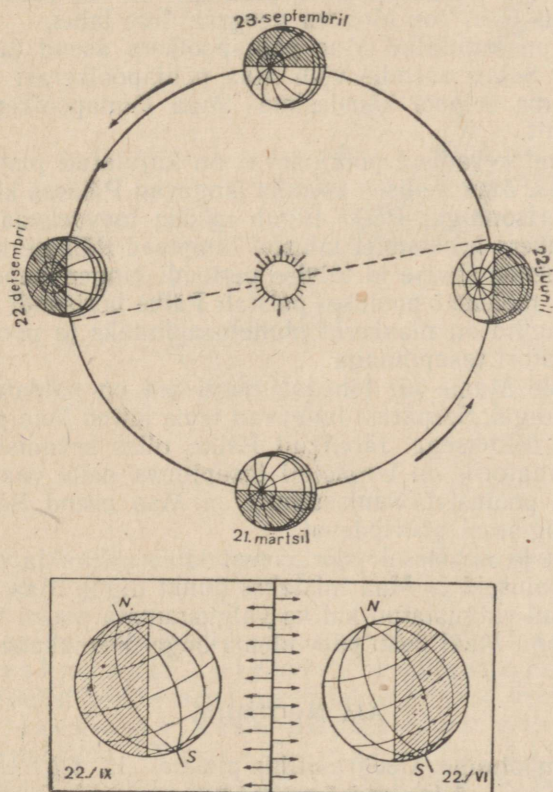
Joon. 28. Päikese liikumine mööda ekliptikat läbi zodiagi tähtkujude on Maa liikumise vastupeegeldus.

meie koos Maaga püsime paigal, Päike aga liigub mööda ekliptikat. Nii siis Päikese liikumine mööda ekliptikat on Maa liikumise vastupeegeldus. Seda võime endile selgitada vaadeldes joonist 28, millel on skemaatiliselt kujutatud Maa liikumine.

On teada, et Päikese kõrgusest horisondi suhtes sõltub soojuste hulk, mis langeb antud pinnale, nimelt mida kõrgemale horisondi kohale Päike tõuseb, seda tugevamini ta soojendab. Päikese mitmesuguse kõrgusega maakera erinevais kohtades seletubki erinevate soojusvööndite (palav-, paras- ja polaarvööndid) olemasolu maakeral.

Ühenduses sellega on igal aastal külmad ja soojad aastaajad, järjest vaheldudes üksteisega. Seda loodusnähtust nimetatakse aastaaegade vahelduseks.

Nende muutuste põhjus seisab selles, et Maa telg on Maa orbiidi tasapinna suhtes kaldu, kuid ei muuda oma sihti Maa tiirlemisel ümber Päikese.



Joon. 29. Aastaaegade vahelduse skeem.

Vaatame joonist 29. Joonise paremal pool on Maa telje põhjapoolne ots suunatud Päikese poole. See Maa asend vastab kesk-suvele Maa põhjapoolkeral ja talvele lõunapoolkeral. Päikese kiired langevad põhjapoolkerale väiksema langemisnurga all ja seetõttu soojendavad Maad tugevamini, samuti nagu päeval nad soojendavad maapinda tugevamini kui hommikul, mil Päikese kiired langevad suurema nurga all.

Sellises asendis on põhjapolaarpiirkonnad palju päevi järjest valgustatud loojumatu Päikese poolt. Lõuna-polaarpiirkonnad jäävad samal ajal paljude ööpäevade jooksul ilma Päikese valguseta. Seal on pikk polaaröö.

Keskmiitel põhjalaiustel käib Maa pinna iga punkt ööpäeval pöörlemisel suurema osa oma teest Päikese kiirte all, s. o. päev on pikem ööst. Maa lõunapoolkeral aga on pilt vastupidine: Päikese kiired langevad temale viltu, suure langemisnurga all; seal on päevad lühikesed, ööd aga pikad (talv).

Suvel on nurk Päikese vaatesuuna ja ekvaatori tasapinna vahel kõige suurem ($23\frac{1}{2}^{\circ}$). Päikese keskpäevane kõrgus on suvel suurim, näiteks Moskvast ulatub ta peaaegu 58° -ni ($23\frac{1}{2}^{\circ} + 90^{\circ} - 55\frac{3}{4}^{\circ}$), kus $55\frac{3}{4}^{\circ}$ on Moskva geograafiline laius.

Vasakul on kujutatud Maa põhjapoolkera asend talvise pöörpäeva ajal. Selles asendis võib Maa põhjapoolkerast öelda kõike seda, mida me eelpool kõnelesime Maa lõunapoolkera kohta ja ümberpöörduvalt.

Maa asend kevadisel pöörpäeval on kujutatud joonisel orbiidi alumises osas. Maa sellises asendis langevad Päikese kiired ekvaatoril risti horisondiga; Päike liigub mööda taevaekvaatorit. Maa mõlema poolkera keskmistel laiustel langevad Päikese kiired nurga all, mis on nende suvise ja talvise perioodi langemisnurkade vahepealne. Maa mõlemal poolt paistab Päike horisondi tasapinnas, sest see tasapind on maakeral puutetasapinnaks ja pooluste puhul rööpne ekvaatori tasapinnaga.

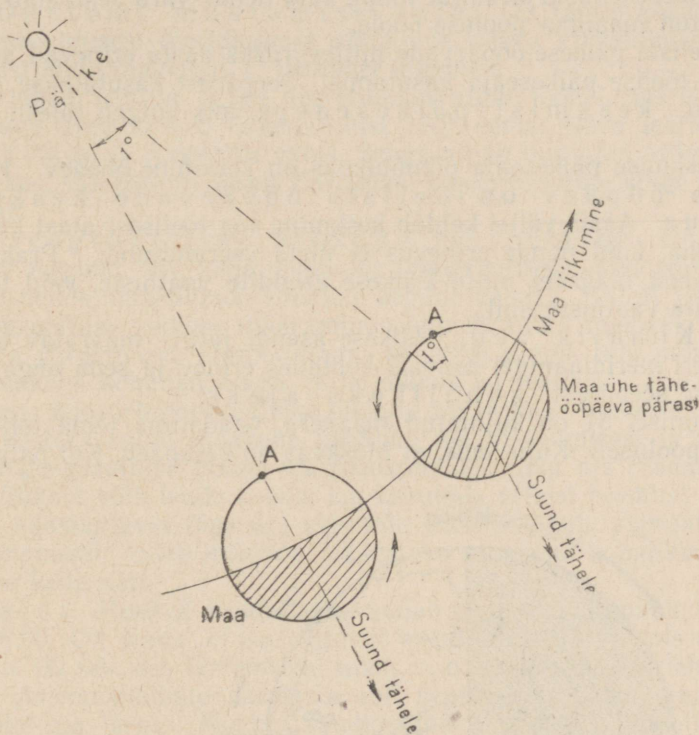
Päike pole Maale nii lähedal, nagu see on näidatud joonisel, vaid väga kaugel. Seepärast langevad tema kiired Maa pinnale peaaegu rööbiti üksteisega. Järelikult Päike, olles kevadisel pöörpäeval taevaekvaatoril, on horisondi tasapinnas neile vaatlejaile, kes asuvad Maa poolustel. Samasugune on Maa asend Päikese kiirte suhtes ka sügisel pöörpäeval.

Kevadisel ja sügisel pöörpäeval läbib päeva ja öö piir Maa mõlemaid pooluseid ja Maa mistahes punkt liigub Maa pöörlemisel ümber telje nii valgustatud kui ka valgustamata poolel ühepikkused teed, s. o. kogu Maal peab päev olema ööga ühepikkune.

AJA MÕÖTMINE

13. Aja mõõtmine. Geograafiline pikkus. 1. Tähe- ja päikeseööpäev. Aja määramine vaatluste alusel. Tõeliseks aja mõõduühikuks on meile Maa ümber telje

pöörlemise periood ehk ööpäev. Tähtede suhtes toimub Maa pöörlemine täiesti ühtlaselt ning pöörlemisperiood, mida nimetatakse tähe-ööpäevaks, on konstantse väärtusega. Inimeste tööaja jaotamine on aga seotud päeva ja öö vaheldusega ning seepärast määratakse aega harilikult Päikese asukoha järgi taevas, s. o. kasutatakse Maa pöörlemise perioodi Päikese suhtes. Maa tiirleb ümber Päikese samas suunas, milles ta pöörleb ümber oma telje, seepärast on päikese-ööpäev (ehk Maa ümber telje pöörlemise periood Päikese suhtes) pikem kui tähe-ööpäev (umbes 4 min., vt. joon. 30).



Joon. 30. Päikese-ööpäevad on tähe-ööpäevadest pikemad.

Tõeliseks keskpäevaks nimetatakse Päikese ketta keskpunkti ülemise kulminatsioonimomenti. Tõelist päikeseaega määratakse Päikese asendi järgi taevas. Tõeliseks päikese-ööpäevaks nimetatakse ajavahemikku Päikese nähtava ketta keskpunkti kahe üksteisele järgneva alumise kulminatsiooni vahel.

Maa ebaühtlase liikumise tõttu mööda orbiiti ja Maa ekvaatori kalde tõttu oma orbiidi suhtes muutub tõeliste päikese-ööpäevade kestus aasta jooksul.

See muutumine on väga keeruka iseloomuga. Ükski mehhaaniline kell ei saa käia täpselt Päikese järgi.

Tõelist päikeseaega võib näidata ainult päikese kell. Ta näitab aega Päikese asendi järgi taevas. Kell kujutab endast varba või kolmnurka, mille vari, mis täidab kella osuti ülesannet, nihkub mööda lauda, mis on numbrilauaks. Lauale on joonestatud sirged, mida mööda varva vari langeb teatud kellaaegadel. Sirgete kõrvale on kirjutatud vastavad kellaajad (vt. lisa VII ja joon. 101, 102).

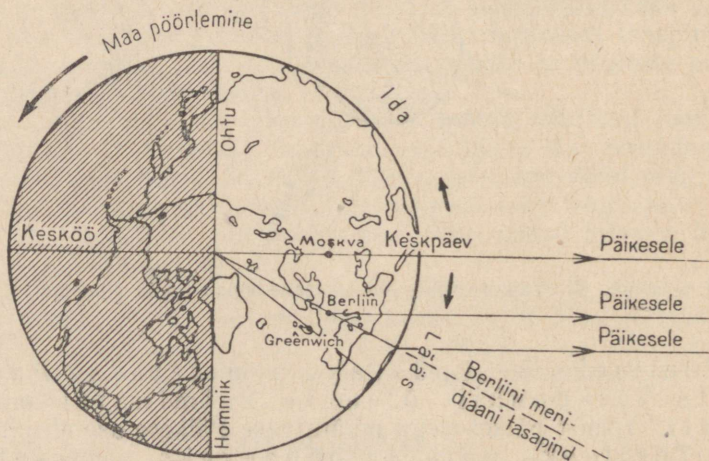
Päikesekellasid on mitut tüüpi, kuid nende varb peab alati olema suunatud maailma pooluse poole.

Tõeliste päikese-ööpäevade mittevõrdsus aasta erinevail aegadel segab tõelise päikeseaja kasutamist. Seepärast kasutatakse praktikas nn. keskmist päikeseaega, mis kulgeb täiesti ühtlaselt.

Keskmise päikeseaja põhiühikuks on keskmine ööpäev. Keskmine ööpäev on tõeliste ööpäevade keskmine vältus. Aasta vältel kaldub keskmine aeg tõelisest ajast kas ette või taha, kuid nende erinevus ei ületa veerandtundi. Praktiliselt võib aega määrata mitte Päikese asendite vaatluste, vaid tähtede asendite vaatluste abil.

2. Kohalik aeg. Päikese asendi järgi määratav aeg on Maa eri meridiaanidel asuvas kohtades erinev ja seda aega nimetatakse seepärast kohalikuks ajaks.

Joonisel 31 on kujutatud maakera, vaadatuna tema telje sihis põhjapooluselt. Kujutleme, et Moskvas on keskpäev. Kui palju aega



Joon. 31. Kohalik aeg eri meridiaanidel erineb samavõrra kui nende pikkusedki.

pärast seda jõuab kätte keskpäev Berliinis, kui Moskva kaugus Greenwichist $\lambda_M = 2$ t. 30 min. idapikkust, Berliini kaugus aga $\lambda_B = 0$ t. 54 min. idapikkust. On silmanähtav, et keskpäev saabub Berliinis siis, kui Maa on pöördunud nurga võrra, mis on võrdne Moskva ja Berliini meridiaanide vahelise nurgaga (geograafiliste pikkuste vahega), s. o. nurga $\lambda_M - \lambda_B = 1$ t. 36 min. võrra. Kui Berliinis saabub keskpäev, on Moskvast kell juba 13.36. Järelikult kahe maakoha kohalikud ajad erinevad teineteisest niisama palju, kui palju erinevad teineteisest nende maakohtade geograafilised pikkused.

3. Daatumi muutumise raja. On tarvis kokku leppida, missugusest meridiaanist alata uue päeva arvestamist, näiteks kust alata maakeral 1. jaanuari lugemist.

On kokku lepitud, et iga uus kuupäev algab joonel, mis ei lõika maismaad ning kulgeb Greenwichist 180° eemal oleva meridiaani lähedal, Aasia ja Ameerika vahel. Seega algab uus päev kõigepealt Tšukotkas, siis Siberis, edasi Euroopas, Ameerikas ning kõige hiljem Alaskas.

4. Geograafilise pikkuse määramine. Nagu me eelpool nägime, on kahe maakoha geograafiliste pikkuste vahe võrdne nende maakohtade kohalike aegade vahega. Sellest järeneb, et geograafilise pikkuse määramine põhineb antud maakoha kohaliku aja võrdlemisel algmeridiaani kohaliku ajaga (või mõne sellelise maakoha kohaliku ajaga, mille pikkus on teada).

Seega koosneb geograafilise pikkuse määramise ülesanne kahest osast, esiteks antud maakoha kohaliku aja määramisest ja teiseks tuntud geograafilise pikkusega maakoha kohaliku aja teadasaamisest. Viimast võib teada saada, kui kasutada sellest punktist raadio kaudu edasiantavat õige aja signaali. Raadio kaudu signaali andmise momendil tuleb märkida määratava maakoha kohalikku aega näitava kella näit.

Näide. Moskva raadiojaam annab õige aja signaali täpselt kell 19.00. On teada, et see signaal antakse aja järgi, mis on 3 t. 00 min. 00 sek. ees Greenwichi ajast, s. o. vastab Greenwichi ajale 16.00. Astronoomiliste vaatluste abil seadis astronoom oma kella kohaliku aja järgi. Moskva raadiosignaali ta kuulis kohaliku aja järgi kell 23.49. Sellest ta järeldab, et tema maakoha pikkus on 23 t. 49 min. — 16 t. 00 min. = 7 t. 49 min. idapikkust.

Geograafilise pikkuse ja laiuse määramine, mida kasutatakse geograafiliste kaartide koostamisel, on astronoomia tähtsaks praktiliseks rakenduseks. Need mõõtmised lubavad kindlaks määrata Maa kuju ja mõõtmeid. Maa täpse kuju ja mõõtmete kindlaksmääramine on geodeesia ülesanne. Geodeetiliste mõõtmistega on kindlaks tehtud, et Maa ei ole kera, vaid on poolustelt veidi kokku surutud; tema raadius a ekvaatoril on 21 km pikem raadiusest b poolusel. Maa lapikus $\frac{a-b}{a} = \frac{1}{298}$.

Geodeesia ülesannetesse kuulub ka suurte kõverjooneliste pikkuste mõõtmine Maa pinnal, see on samuti vajalik geograafiliste kaartide koostamiseks.

14. Kohalik, vööndi- ja dekreediaeg. Kui kasutada eespool kirjeldatud kohalikku ajaarvestust, siis kohtades, mis pisutki erinevad pikkuselt, tuleb aega lugeda juba erinevaks. See tekitab palju ebamugavusi.

Peaaegu kõigis maades on võetud tarvitusele nn. vööndiaeg, mis seisab järgmises.

Kogu maakera pind on meridiaanidega jaotatud 24 vööndiks (joon. 32), nii et meridiaanid — iga vööndi piirid — on üksteisest eemal 15° , s. o. 1 tunni võrra. Järelikult vööndi äärtel erineb kohalik aeg vööndi keskkoha kohalikust ajast poole tunni võrra. Algvööndi keskmeridiaaniks, mida nimetatakse nullmeridiaaniks, on Greenwichi meridiaan. Järgmist, idapoolset vööndit nimetatakse esimeseks jne.

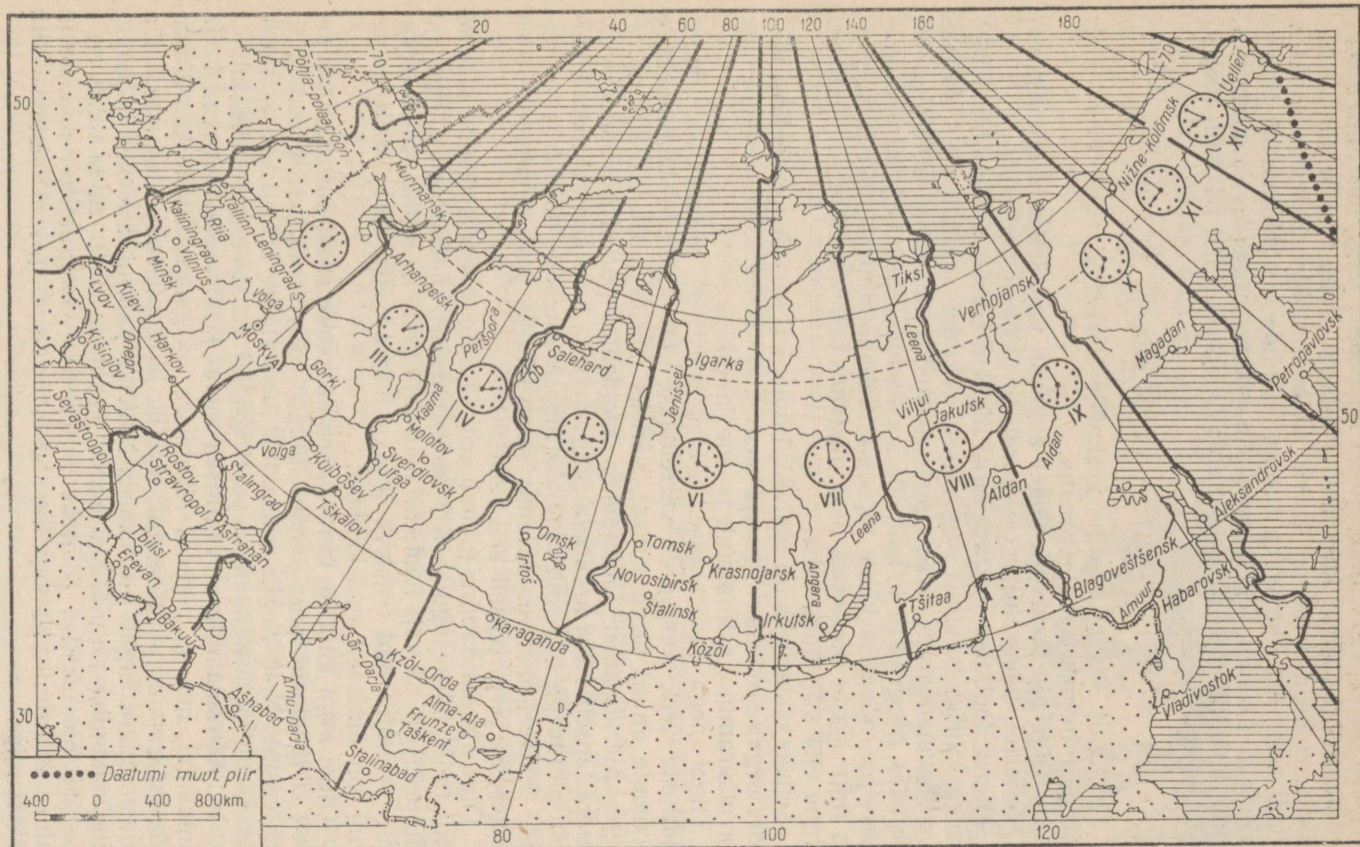
On kokku lepitud seada kellad igas vööndis selle vööndi keskmeridiaani kohaliku aja järgi, mitte aga oma kohaliku aja järgi. Näiteks Ufaas ja Samarkandis, mis asuvad IV vööndis, on kell 12, kui Sverdlovskis, mis asub peaaegu neljanda vööndi keskel, näitab kohalik aeg kl. 12 päeval. Et Ufaa geograafiline pikkus on 3 tundi 44 min., Samarkandi pikkus aga 4 tundi 2. min., siis on Ufaas vööndiaeg kohalikust ajast ees 4 tundi — 3 tundi 44 min., s. o. 16 min. võrra, Samarkandis aga on vööndiaeg 4 tundi 28 min. — 4 tundi = 28 min. kohalikust ajast taga. Teades koha pikkust ja vööndi numbrit (vt. lisa V), milles koht asub, on kerge kindlaks määrata kohaliku ja vööndiaja vahet.

Idapoolses naabervööndis loetakse igal pool samal momendil aega täpselt tunni võrra rohkem. Kellaaja-vööndi piirist ülesõitmisel tuleb kella seada täpselt ühe tunni võrra. Minutiosutite asend ühel ja samal momendil ühtib kõigis maades, mis elavad vööndiaja järgi; vastavalt vööndile erinevad ainult tunniosutite asendid.

Mitmesugustel põhjustel on kokku lepitud tõmmata ajavööndite piirid mitte alati täpselt mööda meridiaani, vaid mööda riiklikke ja administratiivseid piire või mööda looduslikke piire, näiteks piki jõgesid, oblastite piire jne. Näiteks II ja III ajavööndi piir, kui teda tõmmata mööda meridiaani pikkusega 2 tundi 30 min., läheks just läbi Moskva. Seepärast see piir taandub pisut ida poole, haarates II vööndisse Moskva oblasti idarajoonid.

Elektrienergia ja selle tootmiseks ning valgustuse otstarbeks kulutatava kütte ratsionaalsemaks kasutamiseks lükati NSV Liidus RKN-i dekreediga 16. juunist 1930 kogu maal kella tunniosutid ühe tunni võrra ette (et inimesed ei tarvitseks muuta oma harjumuseks saanud päevast töökorda). Sel teel saadud aega nimetatakse dekreediajaks.

Niisiis dekreediaeg on vööndiaeg pluss üks tund. Raudteetranspordis koostatakse rongide sõiduplaanid kogu NSV Liidus Moskva aja järgi (II vööndi aeg + 1 t.).



Joon. 32. Kellaaja-vööndid NSV Liidus.

Vahel on vaja arvutada, millal meie kella järgi, mis näitab dekreediaega, on tõeline keskpäev. Näitame, kuidas seda saab teha. Selleks, et seda teha, on tarvis kella tundide näidust lahutada vööndi numbrist ühe võrra suurem tundide arv. Nii saame Greenwichi aja. Lisades sellele maakoha pikkuse tundides ja minutites, saame kohaliku aja. Näiteks Saraatovi jaoks (3 t. 04 min. idapikkust, III ajavöönd):

$$12 \text{ t.} - (3 \text{ t.} + 1 \text{ t.}) + 3 \text{ t. } 04 \text{ min.} = 11 \text{ t. } 04 \text{ min.}$$

Järelikult saabub tõeline keskpäev Saraatovis keli 11.04 ning jääb 56 min. dekreediajast maha.

15. Õige aja teenistus. Õiget aega on vaja teada kõigil asutustel, tehastel, telegraafil, transpordil ja üksikuil kodanikel.

Mõned tootmise ja transpordi liigid nõuavad aja teadmist täpsusega kuni sekundini, sageli isegi sekundi sajandikeni. Näiteks kasulike maavarade avastamine raskusjõu mõõtmise abil Maa eri kohtades, geograafiliste kaartide koostamine, laevade juhtimine avamerel jne. nõuavad kõige täpsemat kellade kontrollimist ja seejuures mitu korda ööpäevas, sest mistahes kell võib kas või natukegi minna ette või jääda taha.

Selleks otstarbeks on nii NSV Liidus kui ka rahvusvahelises ulatuses organiseeritud «õige aja teenistus». Tema ülesandeks on õige aja määramine, säilitamine ja edasiandmine.

Õiget aega määratakse astronoomilistes observatooriumides vaatluste teel, kusjuures võrreldakse taevakehade läbiminemise momente antud taeva kohast, näiteks meridiaanist, kellade näitudega. Meridiaanist läbimineku momente (kulminatsioone) võib varem täpselt välja arvutada ning võrrelda neid kontrollitavate kellade näitudega, nii võib kindlaks määrata kellade näitude parandused. Päikese ülemine kulminatsioon näiteks peab toimuma tõelise päikeseaja järgi täpselt kell 12.00.00.

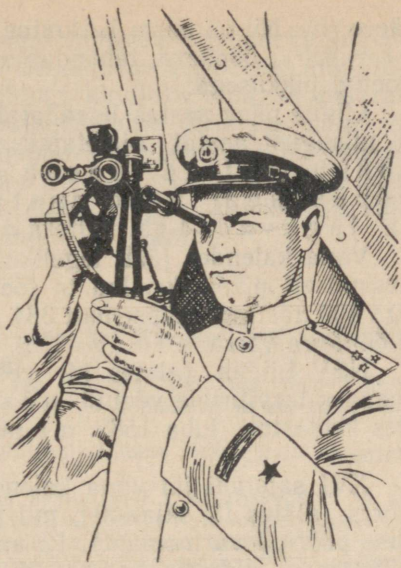
Õige aja säilitamine toimub eriti täpsete observatooriumi kellade abil, mille näite regulaarselt kontrollitakse vaatlustega. Õige aja säilitamiseks on vaja hoolikalt neid kelli tundma õppida, tuleb teada, mitu sekundit nad ööpäeva jooksul käivad ette või jäävad maha, ning kui ühtlaselt nad käivad.

Õiget aega antakse raadiojaamade kaudu edasi automaatselt sel teel, et tähetorni kella pendel lülitab elektrivoolu helisignaali andvas riistas. Neid raadio ajasaateid teostatakse NSV Liidu ja teiste maade mitme raadiojaama poolt kindlal kokkulepitud kellaajal.

16. Astronoomilised vaatlused mere- ja õhuväes. Laevadel ja lennukitel, mis on pidevas liikumises, on geograafiliste koordinaatide määramine paratamatult tarvilik ja igapäevane ülesanne, mida lahendatakse sageli mitu korda ööpäeva jooksul. Laevade ja lennukite kõikumise tõttu ei saa nendel kasutada riistu, mida tuleb vesiloe abil üles seada (näiteks teodoliiti). Geograafilise pikkuse ja laiususe määramiseks vajalike taevakehade kõrgus mõõdetakse siin sekstandiga.

Sekstandiks nimetakse käeshoitavat riista, mille abil määratakse taevakeha nurkkaugus horisondist (joon. 33). Ta koosneb ringi sektorist nurgaga 60° . Sektori külge on kinnitatud horisontaalne toru ja kaks peeglit, millest üks on kindlalt kinnitatud, teine aga pööratav.

Horisontaalse toruga näeb vaatleja horisonti. Pöörates peegli lauda, tuleb see asetada nii, et kiir taevakehelt, mis langeb pööratavale peeglile, peegelduks sealt teisele peeglile ja sealt vaatleja silma. Sellisel juhul näeb vaatleja taevakeha kujutist horisondil. Joonlaua-osuti näit sektori kaarel annabki taevakeha kõrguse horisondist vaatlusmomendil.



Joon. 33. Vaatlemine sekstandiga.

Laevade ja lennukite juhtimise hõlbustamiseks kirjatakse NSV Liidus spetsiaalseid teatmikke, mis sisaldavad antud aasta kohta mitmesuguseid vajalikke andmeid taevakehade kohta.

17. Kalender. 1. Vana ja uus kalender. Kalendriks nimetatakse suurte ajavahemike arvutamise süsteemi. Tänapäeval kasutavad peaaegu kõik maad päikesekalendrit, s. o. kalendrit, mis põhineb Päikese aastasel ringkäigul mööda ekliptikat ja mis seetõttu on seotud aastaaegade perioodilise vaheldusega.

Igas päikesekalendis võetakse aluseks troopiline aasta. Troopiliseks aastaks nimetatakse ajavahemikku Päikese tsentri kahe teineteisele järgneva kevadpunkti läbimise vahel.

Troopilise aasta pikkus on 365 p. 5 t. 48 min. 46,1 sek. See troopiline aasta ja ööpäeva ühismöödutus tekitab raskusi kalendri koostamisel, sest praktilistel kaalutlustel peab iga kalendriaasta sisaldama täisarvu ööpäevi. Sõltuvalt sellest, kuidas kalender kooskõlastatakse troopilise aastaga ja kuidas ta seda kooskõla teostab, esineb mitmesuguseid kalendreid.

Kuni Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsioonini oli Venemaal tarvitusel kalender, mida nimetatakse vanaks kalendriks.

Vanase kalendris on arvutuste lihtsustamise otstarbel võetud troopilise aasta pikkuseks 365 päeva 6 tundi, s. o. $365\frac{1}{4}$ ööpäeva. Et kalendriaastas oleks alati täisarv ööpäevi, otsustati lugeda 3 aastat järjest igaühes 365 ööpäeva, järgmises (neljandas) aga 366 öö-

päeva jne. Nii on aasta keskmine pikkus $(360 + 365 + 365 + 366) : 4 = 365\frac{1}{4}$ ööpäeva, tähendab on võrdne troopilise aasta kestuseks võetud pikkusega.

Liigne päev aastast lisandatakse veebruari lõppu (29. veebruar) ja niisugust aastat nimetatakse lisapäeva-aastaks. On kokku lepitud lugeda lisapäeva-aastateks (366 ööpäevaga) need aastad, millede arvud jäägita jaguvad 4-ga, näiteks aastad 1952, 1956, 1960.

Vana kalender jääb tegelikult ajast maha, sest ta võtab aasta keskmiselt pikemaks, kui ta tõeliselt on (11 min. 14 sek. võrra). Iga 400 aastaga (täpsemalt 384 aastaga) jääb vana kalender maha 3 ööpäeva võrra.

NSV Liidus (alates 14. veebr. 1918. a.) ja enamikus teistes maades tarvitusele võetud uus kalender (mis mõnedes maades kehtestati juba 1582. a.) on eelmainitud puudusest peaaegu vaba.

XVI sajandil jäi vana kalender loodusest maha juba 10 päeva võrra (alates IV sajandist, mil fikseeriti vana kalendri järgi kevadise pööripäeva moment). Et annulleerida seda mahajäämist, loeti 1582. a. 5. oktoobri asemel 15. oktoober. Et aga viga uuesti ei tekiks, kõrvaldatakse kolm liigset päeva, mis kogunevad vanas kalendris umbes iga 400 aasta kohta, sel viisil, et iga 400-aastase perioodi kohta loetakse kolm lisapäeva-aastat lihtaastateks. Lepiti kokku, et lihtaastateks loetakse need vana kalendri täissajalised lisapäeva-aastad, millede sadade arv jäägita ei jagu 4-ga. Nii oli 1600. a. mõlema kalendri järgi lisapäeva-aastaks ja XVII sajandil jäi vaheks uue ja vana kalendri vahel 10 päeva. 1700. a. oli uue kalendri järgi lihtaasta, mitte aga lisapäeva-aasta, ja seetõttu vahe nende kalendrite vahel ulatus 11 päevani. Pärast 1800. a. ulatus vahe 12 päevani, pärast 1900. a. 13 päevani, kuid pärast 2000. a. (kuni 2100 a.-ni) on ta ikkagi veel 13 päeva.

Uus kalender pole ka päris täpne, kuid viga terve ööpäev tekib alles 3000 aasta jooksul. Praktilist tähtsust niisugusel veal loomulikult ei ole.

2. Kuu ja nädala tekkimine. Kauges minevikus oli nendes maades, kus jahi ja karjandusega tegeldi enam kui põllundusega, kasutusel kalender, mis põhines Kuu faaside vaheldumisel (perioodiga $29\frac{1}{2}$ päeva). Meie päikesekalendris on kuu aasta ühe kaheteistkümnendiku nimetusena säilinud, kuid mingit seost Kuuga tal enam ei ole, meie erineva pikkusega (28 päevast kuni 31 päevani) kalendrikuudel ei ole Kuu faaside vaheldumisega midagi ühist.

Seitsmepäevane nädal tekkis aastatuhandeid tagasi seoses usuga planeetide mõjust inimeste saatusele. Igale tol ajal tuntud viiele planeedile, samuti aga ka Päikesele ja Kuule pühendati kindlas järjekorras eri päev nädalas.

3. Ajaarvamise algus. Ajaarvamise alguseks nimetatakse aastate arvestamise algmomenti. Roomlased lugesid kaua aega aastaid oma pealinna Rooma asutamisest.

Poolteist tuhat aastat tagasi tegid mungad ettepaneku lugeda ajaarvamise alguseks nn. «Kristuse sündimise» aeg. Selle müütilise sündmuse daatumit ei saadud muidugi kindlaks teha, ta määrati meelevaldselt. Pikkamööda levis «ajaarvamine Kristuse sündimisest» paljudes maades ning on tänapäeval peaaegu üldkasutatav. Meie nimetame teda meie ajaarvamiseks. NSV Liidus säilitati see ajaarvamine seepärast, et on mugav, kui kõikide rahvaste juures on kasutusel üks ja sama ajaarvamine.

Harjutus 3.

1. Kumb kohalik aeg on ees ja kui palju, kas Kuibõševi või Sverdlovski aeg (vt. lisa V)? Tomski või Irkutski aeg?

2. Kasutades lisa V andmeid leida iga eelmises ülesandes toodud linna kohta, kumb aeg on seal ees, kas kohalik aeg või vööndiaeg ja kui palju; kas dekreediaeg või kohalik aeg ja kui palju?

3. Leida kohalik aeg Riias momendil, mil Tšitaas dekreediaja järgi on keskpäev.

4. Harkovis näitab kohaliku aja järgi seatud kell 7.19. Missugune on sel momendil dekreediaeg? Sama ülesanne Lvovi, Gorki ja Krasnojarski kohta.

5. Kas ühtiksid kahe ränduri ajaarvestused, kui nad üheaegselt väljuvad Moskvast 1. mail, üks läände, teine itta, ning läbivad õõpäevas 15° geograafilise pikkusega võrdse maa? Mida nad teevad, kui ületavad daatumi muutumise raja?

6. Kohaliku aja järgi seatud kell näitas 23 t. 13 min. momendil, mil raadio kaudu anti signaal, mis märkis, et Greenwichis on keskpäev. Missugune on maakoha geograafiline pikkus?

7. Kohaliku aja järgi seatud kell näitas 13 t. 43 min momendil, kui raadio andis signaali, mis märkis, et Moskvas on kell 19.00 (dekreediaja järgi). Missugune on selle maakoha geograafiline pikkus?

UNIVERSUMI UURIMISE PÕHILISED MEETODID

TAEVAKEHADE KAUGUSE JA SUURUSE MÄÄRAMINE

18. Parallaktiline nihkumine ja taevakehade kauguse määramine. Taevakehade kauguse määramiseks kasutatakse parallaktilise nihkumise nähtust. Parallaktiline nihkumine on eseme näiv nihkumine, mille põhjuseks on vaatleja asukohta muutus.

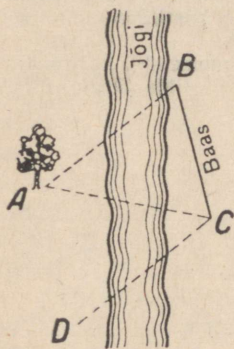
Selgitame seda näitega. Kui vaadelda lae all rippuvat lampi, siis näeme teda lae tagapõhjal kindlas suunas. Kui nüüd läheme teise kohta ja uuesti heidame pilgu lambile, siis näeme teda juba teises suunas; ta paistab lae tagapõhjal teises kohas.

Nende kahe punkti vahelist kaugust, milledest vaatleja eseme asukohta määrab, nimetatakse baasiks. On kerge veenduda selles, et parallaktiline nihe suureneb baasi suurenemisega ja vaadeldava eseme kauguse vähenemisega.

Teades baasi pikkust ja mõõtes nurgad baasi ja selle otsest võetud eseme vaatesuundade vahel, võib määrata eseme kauguse arvutamise teel, ilma et tarvitseks seda kaugust otseselt mõõta. Seda meetodit kasutatakse laialt maamõõtmisel, sõjaasjanduses ning astronoomias, nimelt taevakehade kauguse määramiseks.

Olgu näiteks vaja määrata kaugus AB puuni A (joon. 34), mis kasvab jõe teisel kaldal. Selleks valime meiepoolsel kaldal punkti C nõnda, et joon BC oleks baasiks, mille pikkust on võimalik hõlpsasti ja täpselt mõõta. Seejärel, asudes ise punktis B , mõõdame nurgamõõtmise riistaga nurga ABC , milleks suuname riista algul esemele, seejärel aga punktile C (kuhu harilikult lüüakse vai).

Seejärel viime riista punkti C ja samal viisil mõõdame nurga ACB . Saame kolmnurga, milles on teada üks külg (baasi BC pikkus) ja selle kaks lähisnurka. Sel juhul võib trigonomeetria või konstruktsiooni abil leida kahe teise külje pikkuse — BA ja CA , s. o. eseme kauguse.



Joon. 34. Juurde-
pääsmatu eseme
kauguse mõõtmine.

Märgime veel, et joonisel 34 on parallaktiline nihkumine kujutatud nurgaga DAC , mis võrdub nurgaga CA (suund esemele A punktist C) ja BA vahel.

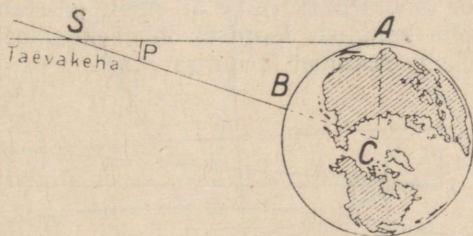
Parallaksiks nimetatakse nurka, mille all paistab vaatlaja baas esemelt vaadatuna. Joonisel 34 on parallaksiks nurk BAC .

Parallaks ja parallaktiline nihkumine on võrdsed. Antud kauguse juures baasi suurendamine suurendab parallaksi mõõtmise täpsust ning tõstab järelilikult selle kauguse määramise täpsust.

Taevakehade kauguse määramise põhiliseks meetodiks on nende parallaksi määramine. Seejuures tuleb aga võtta erinev baas päikesesüsteemi kehade ja selle piiridest kaugel väljaspool asuvate kehade jaoks.

Päikesesüsteemi kehade jaoks, mis on meile võrdlemisi lähedal, näiteks Päikese, Kuu ja planeetide puhul, osutub küllaldaseks baasiks Maa raadius.

Horisondiliseks parallaksiks nimetatakse nurka, mille all paistaks Maa raadius taevakehast vaadatuna, kui vaatesuunad on risti raadiusega (joonisel 35 nurk ASB).



Joon. 35. Taevakeha horisondiline parallaks.

Kui kaks vaatlejat, kelledest üks näeb taevakeha horisondil, teine aga seniidis, vaatlevad seda taevakeha üheaegselt, siis nurk nende vaatesuundade vahel (s. o. parallaktiline nihkumine) ongi antud taevakeha horisondiline parallaks.

Kuu, Päikese või planeedi horisondilise parallaksi määramisel on vaja, et kaks vaatlejat üheaegselt vaatleksid seda taevakeha punktidest A ja B (joon. 35). Tegelikult aga tuleb vaatlejatel asetuda tavaliselt teisiti ja siis on parallaksi arvutamine vaatluste põhjal juba pisut keerulisem.

Hiljuti rakendati Kuu kauguse määramiseks nõukogude teadlaste poolt väljatöötatud uut meetodit. See meetod seisis selles, et määrati aeg, mille jooksul Kuule suunatud raadiolaine jõuab Kuuni ning peegeldub sellelt tagasi. Tulemus oli täielikus kooskõlas kaugusega, mis on tuletatud Kuu parallaksi astronoomilisest määramisest.

Joonisest 35 nähtub, et $D = \frac{R}{\sin p}$, kus R on kasutatud baas (AC), p aga horisondiline parallaks ($< ASC$). Võttes R (Maa raadius) ühikuks, me saame taevakeha kauguse D väljendatuna Maa raadiustes.

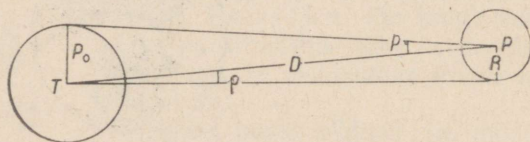
Tähtsaimad parallaksid ja neile vastavad kaugused on järgmised. Kuu horisondiline parallaks on $57'$, keskmine kaugus Maast $384\,000\text{ km}$ (ümmarguselt $400\,000\text{ km}$); Päikese horisondiline parallaks on $8''80$, kaugus Maast $149\,500\,000\text{ km}$ (ümmarguselt 150 miljonit kilomeetrit).

Maa ja Päikese vahelist kaugust nimetatakse astronoomiliseks kaugusühikuks.

Taevakehade puhul, mis on kaugel väljaspool päikesesüsteemi piire, s. o. kinnistähedde puhul, osutuvad Maa raadius ja diameeter baasiks liiga väikesteks. Tähtede puhul võetakse baasiks Maa orbiidi suur pooltelg, kuid paljude eriti kaugete tähtede jaoks on seegi baas liiga väike.

Aastaparallaksiks nimetatakse nurka, mille all taevakehast paistaks Maa orbiidi suur pooltelg, kui ta on risti vaatesihiga.

19. Taevakehade suuruse määramine. Et määrata taevakeha joonsuurst, tuleb mõõta nurk, mille all meile paistab tema raadius, ja teada taevakeha kaugust. Joonisel 36 näeks vaatleja Maa keskpunkti T taevakeha raadiust R nurga ϱ all.



Joon. 36. Taevakehade suuruse määramine.

Tähistame Maa keskpunkti kauguse taevakeha keskpunktist tähega D , siis

$$R = D \sin \varrho.$$

R saadakse samades ühikutes, milledes on väljendatud D . Kui väljendada D Maa raadiustes, siis ka R -i me saame Maa raadiustes. Kui D väljendada kilomeetrites, siis ka R saadakse kilomeetrites.

Näiteks Kuu kaugus $D = 60$ Maa raadiust. Kuu raadiust aga me näeme $16'$ nurga all. Kuu jaoks

$$R = 60 \cdot \sin 16' = 0,27 \text{ Maa raadiust.}$$

20. Tähtede aastaparallaks kui Maa ümber Päikese tiirlemise tõestus. Tänapäeval on olemas rida Maa ümber Päikese tiirlemise tõestusi. Üheks selliseks tõestuseks on tähtede aastaparallaksi olemasolu. Kui Maa püsiks paigal, siis vaatleja näeks Maalt iga tähte alati ühes ning samas suunas, alati ühes ning samas taevaskera

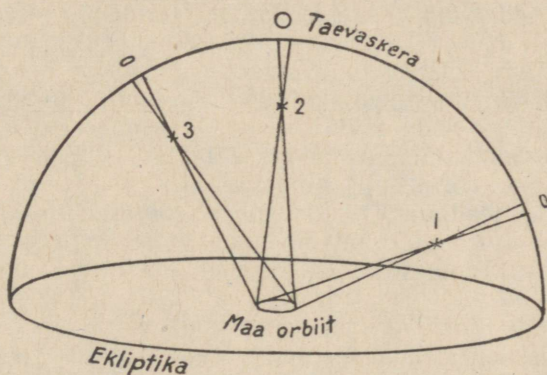
punktis. Kuid Maa liigub ja ühes temaga muutub vaateleja asend maailmaruumis. Kuivõrd vaateleja muudab oma asukohta, peavad tähtede juures esinema parallaktilised nihkumised. Kui vaateleja koos Maaga nihkuks mööda sirget, siis parallaktiline nihkumine mõjuks pidevalt ikka ühes ning samas suunas ja mõni täht kuust kuusse ja aastast aastasse nihkuks taevavõlvil ikka ühele poole.

Et vaateleja koos Maaga aasta jooksul liigub ümber Päikese peaaegu mööda ringjoont ja aasta pärast kordab sama teed uuesti, siis peavad tähtede parallaktilised nihkumised olema perioodiga üks aasta. See näiv tähtede nihkumine peab olema perioodiline.

Tähtede aastast parallaktilist nihkumist on kerge endale selgeks teha järgmise katse abil.

Jälgime, kuidas muutub lambi asend lae tagapõhjal vaateleja liikudes ümber laua, mis seisab lambi all. Meile näib, et lamp, nihkudes lae taustal, kujutab mingi suletud tee.

Joonisel 37 on skemaatiliselt näidatud tähtede parallaktiline nihkumine Maa liikumisel ümber Päikese mitmesugusel kaugusel neist tähtedest ja mitmes suunas, milles nad paistavad.



Joon. 37. Tähtede aastane parallaktiline nihkumine sõltuvalt nende kaugusest ja asendist ekliptika suhtes.

Aastaparallaksi nähtus seisab selles, et iga täht kujutab taevavõlvil aasta jooksul suletud kõvera, mille kuju sõltub tähe suunast Maa orbiidi tasapinna suhtes, nurksuurus aga tähe kaugusest.

Kopernik arvas õigesti, et tähtedel peab olema aastaparallaks. Sageli on tähtede kaugused Maast sedavõrd suured, et nende parallaktilised nihkumised kujunevad äärmiselt väikesteks. Seepärast ei võinud XVII ja XVIII saj. astronoomid märgata tähtede parallaktilist nihkumist, sest neil polnud veel vajaliku täpsusega mõõteriistu.

Alles umbes 120 aastat tagasi läks vene teadlasel V. Struvel esimesena korda kõige täpsemate riistade abil avastada ja mõõta ühe lähima tähe parallaks.

Kõige suurem parallaks on meile lähimal tähel, nimega Proxima Kentauris¹ (ladina keeles, *proxima* tähendab «lähim»; NSV Liidus Kentauri tähtkuju ei ole nähtav). Vahe tema äärmiste, suurimate nihete vahel taevaskeral (ajamomentidel, mis on lahutatud pooleaastase vahemikuga) on ainult $1\frac{1}{2}''$. Niisuguse nurga all paistab 1 mm diameetriga traadi jämedus 140 m kauguselt.

Märgime, et taevakehade kohta, mis nagu Maagi tiirlevad ümber Päikese, näiteks planeetide ja komeetide kohta, pole aastaparallaksi mõiste rakendatav.

Harjutus 4.

1. Päikese parallaks on $8''80$, tema raadius paistab meile $16'$ nurga all. Mitu korda on Päikese diameeter Maa diameetrist suurem?

2. Missuguses kõige suuremas nurkkauguses tähest α Kentauris peaks olema Maalt nähtav planeet, mis tiirleks selle tähe ümber, temast 150 000 000 km kaugusel?

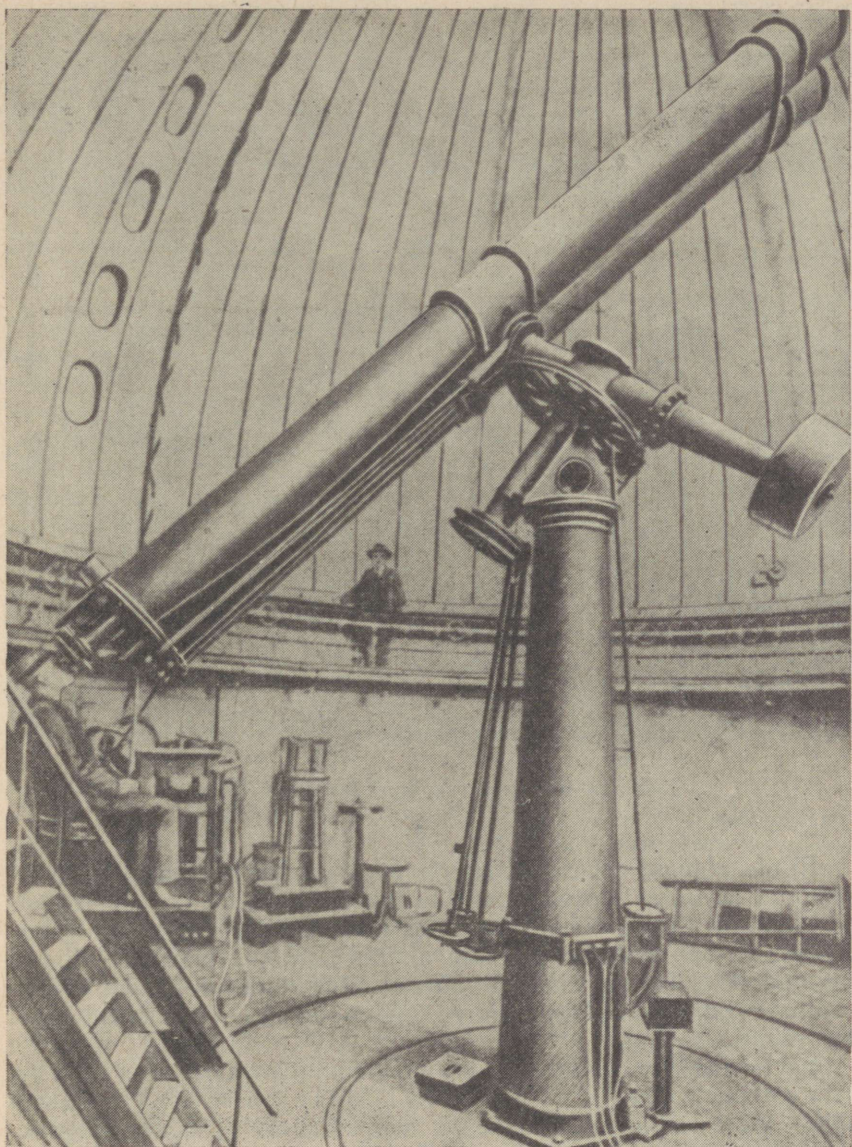
21. Teleskoopide tähtsus. Fotograafia ja spektraalanalüüs astronoomias. 1. Teleskoobid ja fotograafia. Teleskoope kasutatakse selleks, et saada taevakehadest heledamaid, suurendatud kujutisi, mida võib vaadelda, fotograferida või mõnel muul viisil uurida. Teleskoop-refraktoris (joon. 38) saadakse kumerate läätsede (objektiivi) süsteemi, teleskoop-reflektoris (joon. 39) aga nõgusa peegli abil taevakeha kujutis tasapinnal, mida nimetatakse fokaaltasapinnaks. Seda kujutist vaadeldakse okulaari (kui luubi) abil. Valguse hulk, mis koondatakse läätse (või peegli) abil, on võrdeline läätse (või peegli) pindalaga.

Nõukogude teadlane D. Maksutov konstrueeris 1941. a. nn. *meniskteleskoobi*, mis ühendab endas refraktorite ja reflektorite paremusi. Tema süsteemi järgi on ehitatud ka kooliteleskoobid.

Taevakehade füüsilise loomuse uurimiseks rakendatakse mitmesuguseid teleskoope. Ühtedes neist vaadeldakse taevakehi otseselt silmaga, teiste abil aga fotografeeritakse neid. Kõik suured teleskoobid pannakse pärast valitud tähele suunamist kellamehhanismi abil liikuma ümber telje, mis on suunatud maailma poolusele. Seetõttu vaatleja, hoolimata taeva ööpäevasest pöörlemisest, näeb taevakeha muutumatult oma teleskoobi vaateväljas, samuti langevad tähtede kujutised sel korral kogu aeg fotoplaadi ühtedele ning samadele kohtadele.

Tänapäeval tõrjub fotograafia ikka enam ja enam välja otsesed vaatlused silmaga. Pikkade valgustusaegade kasutamine võimaldab saada fotosid palju nõrgematest tähtedest kui seda on sama teleskoobiga nähtavad tähed. Saadud taevakehade ülesvõtted dokumentaalselt fikseerivad nende olukorra ülesvõtte-momendil. Ülesvõtteid, milledega järjest täiendatakse taevakehafotode kogusid, uuritakse hiljem laboratooriumides, kus kõiki fotodel tehtud mõõtmisi võib

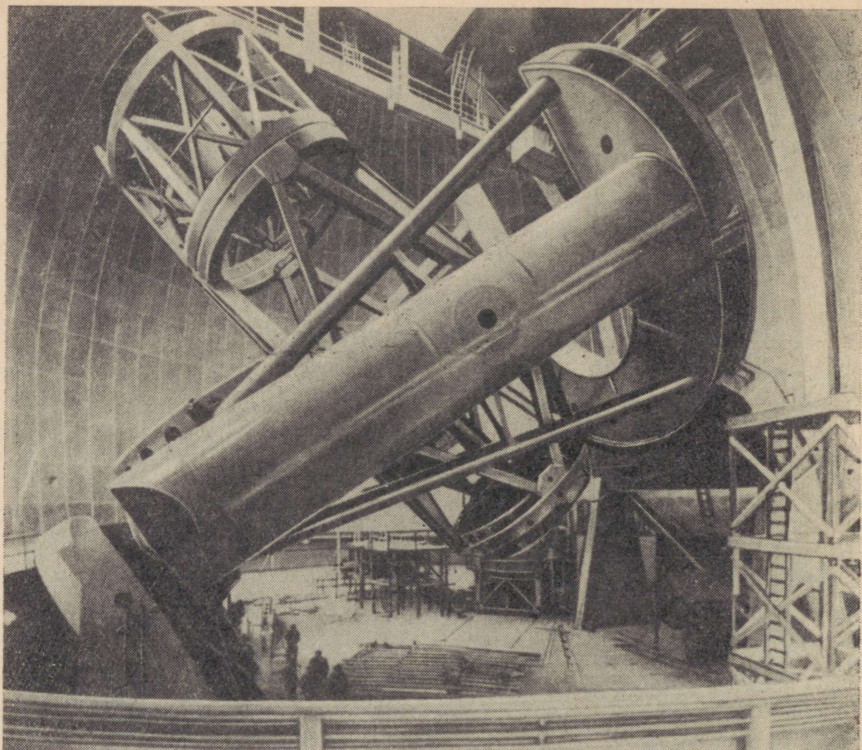
¹ Proxima Kentauris ei ole palja silmaga nähtav. Temale läheduselt järgmiseks täheks meile on tema naaber, esimese suurusjärgu täht α Kentauris.



Joon. 38. Kaksik-refraktor taevakehade vaatlemiseks ja pildistamiseks.

kontrollida ja igal ajal korrata. Mõõtmised fotodel, nendega seotud arvutused ja saadud tulemuste uurimine võtab astronoomidel rohkem aega kui vaatlused ise.

Paljud teleskoobid varustatakse abiriistadega, mida kasutatakse taevakehade heleduse ja valguse omaduste uurimiseks.



Joon. 39. Reflektor peegliga läbimõõdus 5 m.

Ei ole põhjust arvata, et suurte teleskoopide ehitamise püüe on tekkinud ainult soovist vaadelda taevakehi võimalikult tugevasti suurendatult. Teleskoobis muutuvad kõik õhu liikumised märgatavamaks ja seepärast paneb õhu alaline lainetus piiri praktilisele suurendusele. Teleskoobilistel vaatlustel kasutatakse harva üle 500-kordseid suurendusi, kuigi suured teleskoobid võivad anda tuhandekordseid suurendusi.

Suured teleskoobid võimaldavad aga näha nõrgema heledusega, järelilikult ka meist kaugemal asuvaid taevakehi, võimaldavad tungida sügavemale maailmaruumi põhjatusse. Selliste teleskoopidega saadakse taevakehade fotod kiiremini ja suurema täpsusega.

2. Spektraalanalüüs. Möödunud sajandi keskpaiku avastati spektraalanalüüs. See põhineb nähtusel, et erivärvilised kiired, millest koosneb ühe või teise valgusallika valgus, üleminekul ühest keskkonnast teise, näiteks üleminekul õhust klaasi, murduvad erinevalt. Erinevatel helenduvatel kehal on valguse koosseis erinev. Sellest ajast peale on seda meetodit täiendatud ja ta

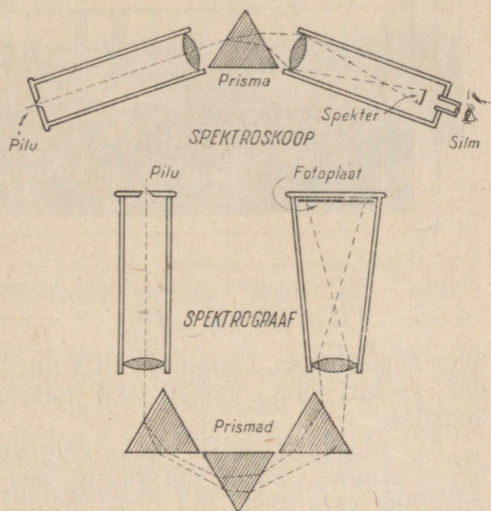
on leidnud kõige mitmekesisemaid rakendusi. Temale me võlg-neme tänu enamiku meie teadmiste eest taevakehade füüsilisest loo-musest ja keemilisest koostisest.

Spektraalanalüüsi toimetatakse riista abil, mida nimetatakse spektroskoobiks (joon. 40). Spektroskoop koosneb ühest või mit-mest klaasprismast ja kahest torust. Ühel neist (joonisel vasakul), mida nimetatakse kollimaatoriks, on eespoolses otsas kitsas pilu, mida läbib uuritava taevakeha valgus. Teises otsas on objektiiv, mille fookusesse ongi ase-tatud pilu. Seepärast pilust tulevad valguskiired, kus-juures pilu osutub nagu spektroskoobi valgusalli-kaks, väljuvad objektiivist paralleelse kimbuna ja lan-gevad kõik prismale ühe-suguse langemisnurga all. Selles seisnebki kollimaaa-tori ülesanne.

Liitvalgus, mis koosneb mitmevärvilistest kiirtest, lahutub prisma oma koostisosadeks. Erivärvilised kiired lähevad laiali, sest prisma murrab neid erine-valt. Laialiläinud kiired satuvad vaatetorusse. Kui fookusesse asetada okulaa-ri asemele fotoplaat, siis saame uuritava valguse koostisosade foto, mida ni-metatakse spektro-graamiks. Sel juhul nimetatakse riista spektrograafiks.

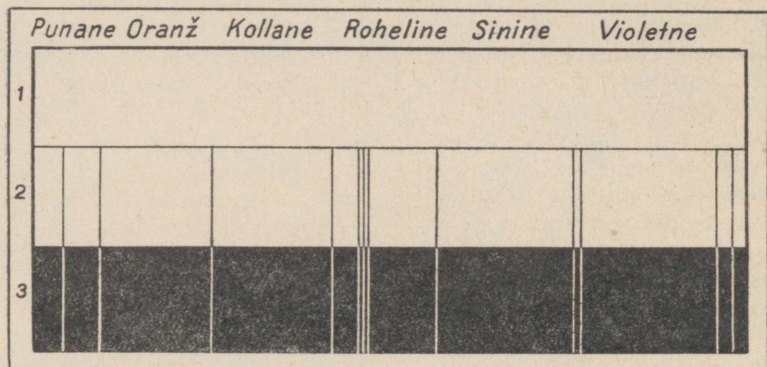
On avastatud, et hõõguvad tahked ja vedelad kehad, samuti hõõguvad, vähe läbipaistvad elektriseeritud või tugevasti kokkusuru-tud gaasid annavad nn. pideva spektri vikerkaarevärvilise riba näol (joon. 41 ja spektrite tabel raamatu lõpus). Sellises spek-tris lähevad värvused punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, sinine ja violetne järkjärgult üksteiseks üle. Valge päikesevalgus koosneb kõigi vikerkaarevärvide segust. Nagu teada, levib valgus lainetena ja igal spektri värvusel on oma lainepikkus. Täpsemalt öeldes, igale spektri punktile vastab oma lainepikkus (lainepikkus on ühine ainult nendel punktidel, mis asuvad spektri pikkusega risti oleval joonel). Näiteks spektri kaks kollast naaberriba, mis pole värvuselt silmaga üksteisest eraldatavad, on erineva lainepikku-sega (ühe riba punktidel on aga lainepikkus sama).

Läbipaistvad gaasid ja aaurud, kui nad on hõrendatud ja helen-davad kas kuumutamise või elektrilahenduse mõjul (nagu näiteks



Joon. 40. Spektroskoobi ja spektrograafi konstruksiooni skeemid.

elektrisädemes), annavad joonspektri, mis koosneb heledatest värvilistest joontest tumedal foonil. Joonte asetus sellises spektris vastavalt lainepikkustele oleneb antud gaasi keemilisest koostisest. Üks ning sama gaas, kui ta on enam-vähem ühesugustes helenda-



Joon. 41. Spektrite mitmesugused liigid.

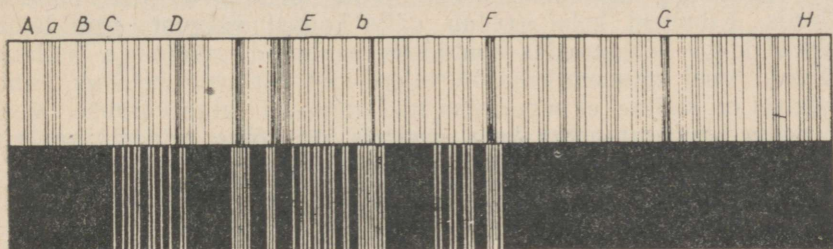
mise tingimustes, annab spektris ühed ning samad jooned. Tähen-dab, spektri joonte põhjal võib määrata helendava gaasi keemilise koostise.

Kui pidevat spektrit andva valgusallika ette asetada madalama temperatuuriga aurud või gaasid, siis neelavad need ära osa valgusallika valgusest. Sel juhul on spektroskoobis näha neeldu-misspekter, pidev spekter, mis on läbi lõigatud tumedate joon-tega. Tumedad jooned asuvad spektri neissamades kohtades, millis-tes need aurud ja gaasid ise annavad spektri heledad jooned, kui nad on helendamise olekus.

3. Taevakehade keemilise koostise, kiiruse ja temperatuuri määramine. Spektraalanalüüsi abil saab keemilist koostist määrata ainult siis, kui gaasid on kas ise-helendavad või kui nad neelavad pidevat spektrit andva valgus-allika valgust ning tekitavad sellega pidevas spektris tumedate joonte esinemise. See kehtib atmosfääride kohta, mis ümbritsevad selliseid taevakehi nagu Päike ja tähed. Tähtede ja Päikese spektrid on pidevad, läbi lõigatud tumedate joontega. Kõrvutades neid jooni meile tuntud keemiliste elementide spektrite joontega (joon. 42), saame teada Päikese ja tähtede väliste, vähem kuumade kihtide keemilise koostise. Neil taevakehadel on leitud ainult neid keemilisi elemente, mis esinevad ka Maal, see aga kinnitab maailma materiaalsust ja lükkab ümber valeõpetused loo-duse tunnetamatuses.

Kuu ja planeedid peegeldavad Päikese valgust ja seepärast ei saa spektraalanalüüsi abil määrata kindlaks nende endi keemilist

koostist. Kuid enne, kui päikesevalgus peegeldub planeedi pinnalt, ta läbib tema atmosfääri; pärast peegeldumist, teel meie poole, ta läbib seda veel kord. Seejuures päikesevalgus neeldub planeedi atmosfääris ja seetõttu planeetide spektrites ilmnevad tumedad lisa-jooned (võrreldes Päikese spektriga). See võimaldab määrata planeedi atmosfääri koostist.



Joon. 42. Päikese spektri (üleväl) võrdlus raua spektriga.

Taevakehade liikumiskiirused Maa suhtes vaatesihis (meie poole või meist eemale) määratakse spektraalanalüüsi abil nn. Doppler-Fizeau' printsiibi põhjal. Doppler-Fizeau' printsiip seisab selles, et valgusallika ja vaatleja lähenemisel kõik spektrijooned nihkuvad tema violetse otsa poole, vaatleja ja valgusallika vastastikuse eemaldumise puhul aga nihkuvad tema spektrijooned punase otsa poole. Joone nihke suurus oleneb liikumiskiirusest ja seda võib mõõta. Kõige selle tõelisust tõestas katseliselt esimesena akadeemik A. Belopolski (1854—1934) Pulkovo observatooriumis (joon. 44).



Joon. 43. Pulkovo observatoorium.

Vaatesuunaga risti toimuva liikumise tõelise kiiruse määramiseks on vaja teada taevakeha nihkumise näivat nurkkiirust taevaskeral ja tema kaugust meist.

Isehelendavate taevakehade, (näiteks Päike ja tähed) temperatuure määratakse heleduse jaotumise uurimise abil piki spektrit. Madalama temperatuuriga isehelendaval kehal on punane värvus, sest kõige heledamaks kohaks tema spektris on just punane värvus. Kuumem keha saadab välja kollast valgust, sest tema spektri kõige heledamaiks kohtadeks osutuvad punane ja kollane värvus. Veel kuumem keha on valge, sest värvuste heledus tema spektris on selline, et segunedes nad annavad valge värvuse. Veel kõrgema temperatuuriga keha spektris on kõige heledam spektri sinine ja violetne osa, mistõttu keha värvus paistab sinakana. Valguse kiirgamistooria, mis on katseliselt kontrollitud, näitab, kuidas heleduse jaotus spektri eri värvuste vahel sõltub keha temperatuurist. Uurinud heleduse jaotusi Päikese ja tähtede spektrites, võime kindlaks määrata, missugune on taevakeha temperatuur.

Päikesevalgust peegeldavate planeetide ja Kuu temperatuure määratakse termoelemendi abil. Astronoomias kasutatakse koos teleskoopidega niivõrd tundlikke termoelemente, et need on võimelised kinni püüdma küünla soojust, mis põleb paljude kilomeetrite kaugusel. Selline termoelement paigutatakse teleskoobi objektiivi fookusesse sinna kohta, kus saadakse planeedi kujutis. Planeedi tühine soojuskiirgus ikkagi soojendab termoelementi ja selles tekib nõrk elektrivool, mida mõõdetakse tundliku galvanomeetriga. Teades voolu tugevust võib määrata soojushulga, mis on tulnud sellelt planeedilt Maani, teades aga planeedi kaugust Maast võib nende andmete põhjal arvutada planeedi temperatuuri.

Viimasel ajal on tänu raadioteleskoopidele (mis kujutavad endast eritüübilisi antenne), saanud võimalikuks taevakehadelt lähtuvate raadiolainete vastuvõtt. Vaatlused raadioteleskoopidega kujutavad endast uut meetodit taevakehade tundmaõppimiseks.

Me näeme, et kaasaegsel teadusel on rida võimsaid meetodeid universumi täpsemaks uurimiseks. Need meetodid võimaldavad täiesti kindlasti uurida taevakehade füüsilist loomust, nende liikumist, keemilist koostist ja temperatuuri. Seega kaasaegsed andmed taevakehadest ei ole lihtsad oletused, vaid on mõõtmiste ja katseliselt paljukordselt kontrollitud seaduste rakendamise usaldatavaks tulemuseks.

4. Nõukogude observatooriumid. NSV Liidu suurimad astronoomiaobservatooriumid asuvad Pulkovos, Krimmis, Moskvas, Taškendis, Kaasanis, Abastumanis, Bjurakanis, Alma-Atas ja samuti ka teistes meie maa linnades. NSV Liidu suurimad observatooriumid — Pulkovo ja Simeizi observatoorium, mis purustati hitlerlaste poolt 1941—42. a. on praegu täielikult taastatud. 1839. a. V. Struve poolt asutatud Pulkovo observatooriumi nimetati

XIX sajandil «maailma astronoomiliseks pealinnaks», kuna observatoorium oli hästi varustatud ning oli kuulus oma läbimõeldud ja erakordselt täpsete tööde poolest. Observatooriumi sõitsid end täiendama paljude maade teadlased.

Peale teleskoopide kasutatakse observatooriumides taevakehade loomuse tundmaõppimiseks täpseid riistu nende täpse asukoha ja liikumise (näiva) kindlaksmääramiseks ja õige aja määramiseks (kellade kontrollimiseks).

III PEATÜKK

PÄIKESESÜSTEEM

MINEVIKU EBAÕIGED KUJUTLUSED MAAILMAST

22. Astronoomia vanal ajal. Religioossed ettekujutused. Kui inime-
mene veel ei tundnud looduseadusi, siis tundis ta igal sammul
oma abitust ja sõltuvust ümbritsevast maailmast. Ta kummardas
pimesi loodusjõudude ees ja pidas neid jumalaiks. Jumalaiks peeti
välku, müristamist, tuult ja taevakehi, esijoones Päikest ja Kuud.
Kõige enam oli arenenud Päikese kummardamine (Päikese kultus).

Loodusseaduste mittetundmisest ja inimese jõuetusest loodus-
jõudude ees tekkis usk üliloomulikesse jõududesse, kujunes nende
kummardamine. Päikesemüüdid peegeldusid usundeis, nende hul-
gas ka ristiusus. Näiteks «Kristuse sündimise» püha, mis on vii-
dud talvise pööripäeva ajale, osutub üheks vanimaks igandiks —
päikesejumala sündimise pühaks. Lihavõttepühad («Kristuse üles-
tõusmine») tähistavad looduse taassündi pärast talveperioodi
(kevadise pööripäeva ajal).

Kuu kummardamine on säilitanud oma jäljed muhamedi usus,
milles Kuu sirp («poolkuu») on usuliseks sümboliks.

Usuliste väärarvamuste, taevakehade austamise ja ühiskondlike
nähtuste põhjustest mitteamusaamise põhjal kujunesid fantastilised
kujutlused sellest, et taevakehad mõjutavad maisi sündmusi. Vale-
õpetust sellest mõjust ja võimalusest ennustada sündmusi taeva-
kehade asetuse põhjal nimetati astroloogiaks. Inimesi, kes
tegelesid selliste ennustamistega, nimetati astroloogideks.

Soodsa pinna astroloogia arenguks lõi planeetide keeruliste
silmuetaoliste liikumiste põhjuste mittemõistmine. Usk taevaelani-
kesse, kes nagu valitseksid kogu maailma, põhjustas nende taeva-
kehade jumaldamise. Seepärast nimetati ka neid jumalate nime-
dega, kellede käskjalgadeks arvati planeedid olevat. Inimesed
uskusid astrolooge, sest nad ei teadnud, et kõik loodusnähtused ja
ühiskondlikud sündmused on tingitud täiesti seaduspäraseist loo-
mulikest põhjustest ega olene mõnesuguste vaimude või jumaluste
tahtest. Sel alusel tekkis ka usk «õnnelikkusesse tähtedesse» ja
«õnnetusttoovatesse planeetidesse».

Oigete teaduslike kujutluste areng piiras ebaususe valdkonda ikka
enam ja enam. Kuid veel tänapäevani püsib selliseid rumalaid eel-

arvamusi arenemata inimeste juures (nõidumised, usk saatusesse, ended jms.).

Et hoida rahvahulki sõnakuulmises ja karistamatult eksploateerida töörahvast, levitavad rõhujad klassid igati pimedust ja mitmesugust ebausku. Nad edendavad ka astroloogiat kui üht viisi mitteteadlike inimeste uimastamiseks muinasjuttudega möödapääsematust saladuslikust saatusest.

Babüloonlaste ja egiptlaste juures kasutasid preestrid — usukultuse teenrid — teadust oma kasti huvides. Preestrid hoidsid oma teadmisi ranges saladuses, et säilitada oma autoriteeti ja võimu. Kalendriliste tähtaegade kindlaksmääramine, mis olid seotud taevakehade liikumisega, virgutas preestreid neid nähtusi tundma õppima. Preestrid kogusid taevanähtustest hulga faktilisi andmeid, kuid ei osanud neid õigesti seletada. Taevakehade loomuse tundmaõppimise asemel arendasid preestrid astroloogiat ja sellega hoidsid ebausuhirmus mitte üksi rahvast, vaid ka tema valitsejaid.

Vana-babüloonia legendi järgi, mille juudid oma orjastajailt babüloonlastelt üle võtsid ja mis sattus «pühasse» piiblisse, kujutab taevas endast kindlat kuplit («taevalaotus»), mis toetub tasapinnalise Maa äärtele. Taevas on maailma loonud «taevaelanike» eluase. Selliste vaadete alusel arenes kujutlus sügavast erinevusest maapealse ja taevase, «siinse» ja «teispoolse», loomuliku ja üleloomuliku, materiaalse ja vaimse, tunnetatava ja tunnetamatuks peetava vahel. Siit on pärit ka meie päevini säilinud kõnekäänd suurte erinevuste kohta — «erineb nagu taevas maast».

Astronoomilised teadmised rändrahvaste juures tekkisid vajadusest määrata taevakehade järgi aega ning leida õiget suunda steps või kõrbes.

Inimese üleminekuga põlluharimisele kasvas vajadus astronoomia järele. Põlluharijale oli vaja kalendrit, et reguleerida põllutöid vastavalt aastaaegadele.

Meresõitjail tuli pidevalt orienteeruda tähtede järgi.

Rändavad tähed, planeedid ja nende nähtavad silmuselised teed olid tuntud juba vanadele egiptlastele ja babüloonlastele.

Pärast seda, kui poliitilise ja kultuuri-elu keskpunkt nihkus Babülooniast ja Egiptusest Vana-Kreekasse, said kogutud astronoomilised teadmised kreeka mõtteteadlaste omaks. Astronoomia arenes nende juures edasi, sest kreeklased kui julged meresõitjad vajasisid eriti seda teadust ja rakendasid selles edukalt oma matemaatilisi teadmisi.

23. Planeetide näiv liikumine ja selle seletus enne Kopernikut. Palja silmaga võib näha viit planeeti, need on Merkuur, Veenus, Marss, Jupiter ja Saturn. Nad paistavad kui väga heledad tähed. Seetõttu võib planeedi üles leida «liigse» heleda tähena mõnes tähtkujus (joon. 1). Selle juures võib abiks olla ka tähistaeva võrdlemine tähekaardiga, millel planeedid kui taevaskeral pidevalt oma asendit muutvad taevakehad ei ole märgitud.

Vaatlused näitavad, et iga planeet viibib teatud osa aastast

Päikese läheduses ja siis ta kaob selle kiirtes. Järelikult ei saa oletada, et igal õhtul võib näha kõiki planeete korraga. Vähe sellest, võib koguni juhtuda, et mõni planeet tõuseb ainult vastu hommikut või loojub üsna õhtu alguses. Võib seepärast juhtuda, et antud momendil pole näha ühtegi planeeti.

Vaadeldes taevakehi veendusid inimesed selles, et Marss, Jupiter ja Saturn võivad olla nähtavad öösel igal kellaaajal, Veenus, eriti aga Merkuur, ei lähe kunagi Päikesest kaugele kõrvale. Merkuuri ja Veenust võib näha ainult õhtul läänes varsti pärast Päikese loojangut, või hommikul idas mitte kaua enne Päikese tõusu. Seejuures on Merkuur vaevalt nähtav koidu või eha kiirtes, horisondi lähedal ka oma suurima näiva kauguse puhul Päikesest. Seega nii Merkuur kui ka Veenus paistavad vahel «hommikuste», vahel «õhtuste» tähtedena ja kunagi ei ole nähtavad keskööl.

Veenus paistab märksa heledamalt kui teised planeedid ja tähed ning on valget värvi. Jupiter on Veenusest nõrgem, kuid palju heledam esimese suurusjärgu tähtedest ja teistest planeetidest; ta on kollakat värvi. Marss on punakas-oranž ning vahel peaaegu niisama hele kui Jupiter, kuid tavaliselt paistab ta esimese suurusjärgu tähena. Saturn erineb vähe esimese suurusjärgu tähtedest ja on kollaka värvusega.

On väga huvitav ja kasulik jälgida planeetide liikumist tähtede suhtes, märkides vahete-vahel nende asendid tähekaardil. Palja silmaga võib kõige kiiremini tähele panna Marsi liikumist. Kõigi planeetide näivate liikumiste peamine iseärasus selgub siiski alles mõnekuise vaatluse järel. Iga planeedi liikumise iseärasus seisab selles, et ta liigub kord kiiremalt, kord aeglasemalt, kord teavaskera ööpäevase pöörlemise suunas, kord vastassuunas ja kord aastas kujutab tähistaeva foonil just nagu silmuse.

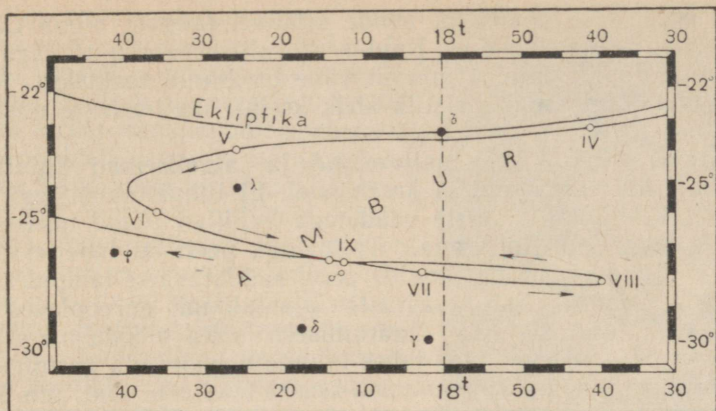
Joonisel 44 on kujutatud osa taevakaardist ja see silmusetaoline tee, millel 1954. a. liikus planeet Marss. Sellel joonisel on näidatud, millistes kohtades oma teel asus Marss teatud päevadel aastas.

Liikumise kiirus ja silmuse suurus (kraadides) on kõige suurem Marsil; Jupiteril on ta väiksem ja Saturnil veel väiksem. Teinud silmuse, jätkab iga planeet liikumist tähistaeva foonil vastassuunas selle ööpäevasele pöörlemisele.

Merkuuri ja Veenuse liikumisest me üksikasjalisemalt ei räägi, sest neid on raskem jälgida koidu ja eha heledal foonil, milles tähtede nõrk valgus kaob, kuid nemadki kujutavad samalaadseid silmuseid.

Uldistuse kõigist vana-kreeka teaduse saavutustest andis IV sajandil e. m. a. üks suurimaid vanaaja õpetlasi — Aristoteles (384—322 e. m. a.).

Aristotelese järgi olid planeedid, Päike ja Kuu kinnitatud läbi-paistvale kõvale taevasele sfäärile — iga taevakeha oma sfäärile. Kõige kaugemale sfäärile olid paigutatud kõik tähed. Kõik need sfäärid on kontsentriliselt asetatud üksteise sisse ja nende keskel

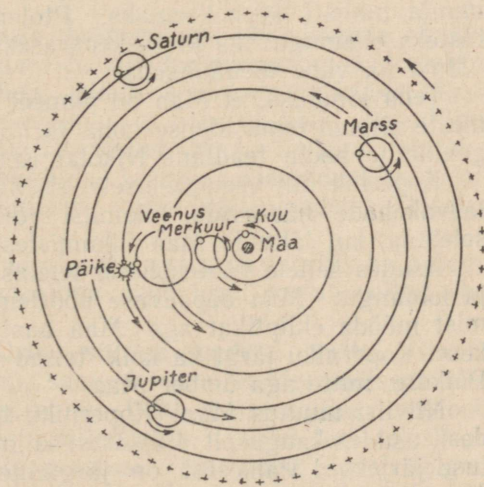


Joon. 44. Planeet Marsi näiv tee tähistaeva foonil 1954. a.

asub liikumatu maakera. Taevased sfäärid pöörlevad ümber Maa erinevate kiirustega, üksteist osaliselt kaasa tõmmates, millest Aristotelese ütluse järgi tulevadki kõik näivad taevakehade liikumised.

Maailma-süsteemi Maaga keskpunktis nimetatakse geotsentriliseks süsteemiks.

Vana-kreeka astronoomia ülimaks saavutuseks osutus maailma-süsteem, mille esitas II sajandil m. a. j. Aleksandria õpetlane Claudios Ptolemaios. Tema lähtus samuti geotsentrilistest kujutlustest. Silmuseetaoliste liikumiste seletamiseks eeldas Ptolemaios, et iga planeet liigub ühtlaselt mööda väikest ringi (mida nimetatakse epitsükliks), kuna selle ringi keskpunkt omakorda liigub mööda suurt ringjoont ümber Maa. Nende kahe eri tasapindades toimuva liikumise liitumine tekitabki Maalt vaadates planeetide silmuseetaolise liikumise — vahel päri-, vahel vastupidises suunas (joon. 45). Ptolemaiiose kujutus planeetide liikumisest oli vigane, kuid võimaldas ette välja arvutada planeetide asukohad taevaskeral, tuues seega praktilist kasu.



Joon. 45. Maailma-süsteem Ptolemaiiose järgi.

Pärast Kreeka riikide ja nende kultuuri langust algas Lääne-Euroopa riikide arenemine. Kuid seal valitses keskajal väga primitiivne majapidamisviis, mis oli vähe huvitatud teadusest. Meresõit oli vähe arenenud. Kristlik kirik keelas ära teaduste uurimise kui patuse tegevuse.

Tol ajal esinesid veel naiivsemad ja algelisemad kujutlused maailmast kui egiptlastel ja kreeklastel. Ei tunnistanud isegi Maa keraalsust. Kooskõlas usuliste vaadetega kujutleti Maad tasase ringina või koguni nelinurgana. Tähti aga peeti kuldnaelteks, mis olid löödud taevavõlvi, või inglite poolt süüdatavaiks lampideks.

Suurte geograafiliste avastuste ajastul, mil eurooplased võtsid julguse uute rikkuste haaramiseks sõita mööda meresid ja koguni mööda ookeane, tuli tahes-tahtmata pöörduda astronoomia poole. Hakati tundma õppima vana-kreeka teadlaste töid, mis keskaja araablastel päästsid paratamatust hävimisest, sest kristlik kirik kiusas fanaatiliselt taga kõike usuvastast. Araablastelt, kes arendasid edasi meresõitu ning seepärast hindasid ka astronoomiat, on astronoomiasse jäänud palju nimesid ja termineid.

Kaugetest kaubanduslike eesmärkidega merereisidest huvitatud vaimulikkond otsustas lubada uurida Ptolemaiuse teooriat mõnede kitsenduste ja täiendustega, mis olid kooskõlas religioosse õpetuse vaimuga.

REVOLUTSIOON MAAILMAVAATES

24. Koperniku revolutsiooniline avastus. Meresõitude areng nõudis astronoomilistelt arvutustelt järjest suuremat täpsust. Ptolemaiuse teooria seda ei andnud. Ptolemaiuse teooriat tuli tema kooskõlastamiseks suurema täpsusega toimetatud vaatlustega muuta tublisti keerulisemaks. Ptolemaiuse teooria muutus arvutusteks ebamugavaks ja raskepäraseks, ühes sellega aga hakkas näima ka vähe tõenäolisena.

Teha kindlaks, et Maa on planeet ning sellega koos avada inimeste silmad tema tõelise kohta ja liikumise kohta looduses suutis geniaalne poola teadlane Nikolai Kopernik (1473—1543).

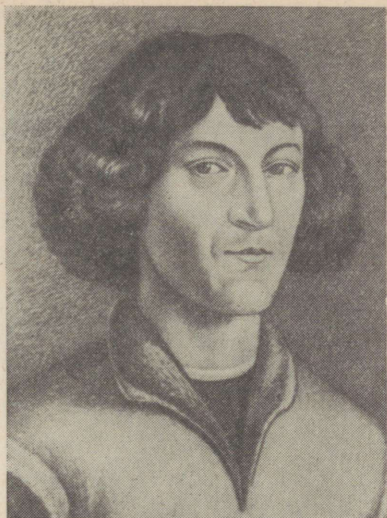
Kopernik tuli veendumusele, et Maa liigub, ning järeldusele, et taevakehade nähtavaid liikumisi võib lihtsamalt ja paremini ära seletada, kui lähtuda Maa liikumistest.

Asudes sellele vaatekohale, seletas Kopernik taevakehade tõusu ja loojangut Maa ööpäevase pöörlemisega, Päikese näivat liikumist mööda ekliptikat aga Maa aastase tiirlemisega ümber Päikese. Koperniku järgi ka kõik teised planeedid liiguvad ümber Päikese, mitte aga ümber Maa.

Niiviisi muutus Maa (Koperniku teooria järgi) üheks planeetidest, asudes kauguselt Päikesest kolmandal kohal. Planeetide asutuse järjekord Päikesest on järgmine: Merkuur, Veenus, Maa, Marss, Jupiter ja Saturn.

Koperniku süsteemi Päikesega tsentris nimetatakse heliotsentriliseks süsteemiks.

Kopernik oma õpetusega pani aluse astronoomia arengule täiesti uutel alustel ja sundis inimkonda asuma looduse uurimisele, hoolimata kiriku vananenud õpetusest, mis põhineb vana-aja harimatusel. Enne Kopernikut kiriklikud õpetused, või õpetused, milliseid kirik toetas, nagu näiteks Ptolemaiose õpetus, mis ei olnud vastuolus piibliga, pidurdasid mitte ainult astronoomia, vaid ka teiste teaduste arenemist. Koperniku avastus kutsus esile revolutsiooni inimeste maailmavaates, nende arusaamises loodusest ja selle tunnetamise viisides. Seepärast hakkasid sellest ajast peale ka teised teadused arenema kiiremini ja õigemini.



Nikolai Kopernik (1473—1543).

Fr. Engels kõneleb sellest nõnda: «Milleks usuvallas oli paavsti bulla põletamine Lutheri poolt, selleks oli loodusteaduses Koperniku suur looming, milles ta — kuigi aralt, pärast 36-aastast kõhklemist ja nii-öelda surivoodil — heitis väljakutse kiriklikule ebausule. Sellest ajast looduse uurimine põhiliselt vabanes usust, kuigi kõigi üksikasjade lõplik väljaselgitamine on kestnud kuni praeguse ajani... Kuid sellest ajast hakkas teadus arenema hiiglasammudega...» («Диалектика природы», Госполитиздат 1952, lk. 153).

Kõrvuti eesrindliku teaduse arenemisega Nõukogude Liidus luuakse välismaal jõukate klasside huvides mitmesuguseid reaktsioonilisi teooriaid. Nii näiteks leidub seal katseid ümber lükata Koperniku avastus ning kinnitada, et on ükskõik, kas liigub Maa ümber Päikese või Päike ümber Maa. Sellega püütakse maskeeritud kujul tagasi pöörduda keskaja ebateaduslike kujutluste juurde, taastada religiooni autoriteet vaadetes looduse kohta.

Järelikult võitlus usulise ideoloogia vastu on tarvilik ka praegu, sest kõduneva kapitalismi maailmavaade igati toetab sellist ebausku.

25. Galilei avastused. Kiriku võitlus teaduse vastu. Itaalia õpetlane Galilei (1564—1642), saanud teada, et Hollandis on leiutatud pikksilm ehk teleskoop, ehitas 1609. a. ise sellise teleskoobi ja kasutas seda taevakehade vaatlemiseks. Galilei tegi teleskoobi abil hulga tähelepanuväärseid avastusi. Tema poolt õigesti tõlgendatud, osutusid need Koperniku teooria tõepärasuse hiilgavaks kinnituseks.

Kõigepalt avastas Galilei mägede olemasolu Kuul. See tões-



Galileo Galilei (1564—1642).

tas, et taevakehad on Maaga sarnased ja et kujutlused maise ja taevase sügavast erinevusest on ekslikud.

Seejärel avastas Galilei, et planeet Jupiteri ümber tiirleb neli kaaslast, samuti nagu Kuu tiirleb ümber Maa. See näitas ilmselt selliste kujutluste ekslikkust, et ainult Maa on taevakehade liikumise keskpunktiks. See soodustas samuti oletust, et planeedid tiirlevad ümber Päikese, mitte aga ümber Maa.

Edasi avastas Galilei Veenuse faasid, s. o. tegi kindlaks, et Veenus muudab oma välisilmet sarnaselt Kuule. See tõestas, et Veenus on kera, mis hiilgab peegeldunud päikesevalguses ja tiirleb nimelt ümber Päikese, mitte aga ümber Maa.

Päikesel, mida usuliste kujutluste järgi loeti rüvetamatu taevase puhtuse sümboliks, nägi Galilei oma teleskoobi abil tumedaid laike. Nende näivast liikumisest Päikese kettal järeldas Galilei, et Päike pöörleb ümber oma telje. Kui aga olid veendunud taevakeha pöörlemises ümber telje, oli kergem oletada, et ka Maa samuti pöörleb ümber oma telje.

Viimaks avastas Galilei teleskoobi abil, et Linnutee — see helendav vööt tähisel taevavõlvil — on suure hulga nõrkade tähtede kogu. See tõestas, et maailm on hoopis grandioossem, kui seda arvati varem. Pärast seda osutus raskeks oletada, et selline määratu suur maailm ööpäeva jooksul teeks ringi ümber Maa.

Nende avastustega ja rea teiste teravmeelsete väidetega tõestas Galilei Koperniku avastuste tõelisust.

Ta propageeris Koperniku õpetust laiadele hulkadele arusaadavas vormis. Galilei tegevus aitas kaasa Koperniku avastuse levikule.

Koperniku ideede levikule, mis olid vastuolus «pühakirjaga», milles kõneldi Maa paigalolekust, aitas kaasa ka teine tuline koperniklane — Galilei kaasmaalane ja kaasaegne, kirjanik ning filosoof Giordano Bruno (1548—1600). Bruno läks koguni Kopernikust kaugemale. Bruno väitis, et tähed on kauged päikesed, et maailm on lõpmatu ja üksikmaailmu temas — tähti ja planeete — on tohutult palju ja et teistel planeetidel, teistes maailmades, peab samuti olema elu nagu Maal, mis on üheks planeetidest. See oli veel enam vastuolus «pühakirjaga» ja õõnestas kiriku autoriteeti. Vihaseks muutunud kirikuesindaja andis Bruno inkvisitsioonikohtu

kätte, mis oli asutatud võitluseks teišiti-mõtlejate vastu. Brunolt nõuti oma veendumustest loobumist. Et Bruno sellega ei nõustunud, määrati talle piinarikas surmanuhtlus — ta põletati elusalt tuleriidal Roomas aastal 1600. Järgmiseks kiriku ohvriks oli Galilei.

1616. a. kutsuti Galilei ühe paavsti kardinali juurde ja hoiatati, et on keelatud kaitsta ning levitada Koperniku õpetust, kuid teaduslikele tõdedele truu Galilei jätkas mehiselt võitlust Koperniku õpetuse eest. Inkvisitsiooni tribunaal mõistis Galilei 1633. a. süüdi ja määras talle karistuseks eluaegse vangistuse, mis hiljem asendati keeluga oma kodust välja sõita (seoses Galilei teeseldud «kahetusega»).



Giordano Bruno (1548—1600).

Koperniku, Bruno ja Galilei tegevus kutsus esile täieliku revolutsiooni maailmavaates ja näitas, kui ebateaduslik oli usuline väide, nagu oleks Maal ja inimestel maailmas eriline seisukoht. Materialistlik teadus tõestas nende teadlaste vaadete õigsuse.

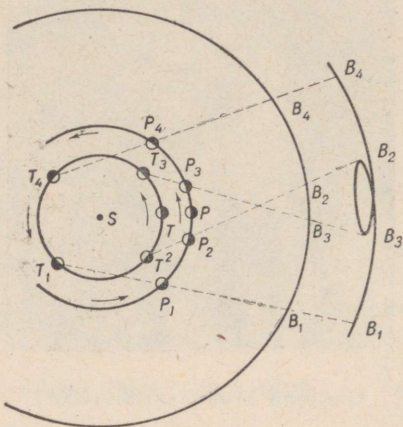
26. Planeetide tõeline liikumine. Kepleri seadused. Planeetide silmusekujulist liikumist seletas Kopernik Maa ja teiste planeetide liikumisega ümber Päikese. Kuna Maa ja teiste planeetide tiirlemisperioodid ei ole võrdsed, siis võib juhtuda näiteks, et Maa jõuab mõnest planeedist ette, sel juhul näib selline planeet liikuvat tähtede suhtes läände. Mõnel teisel ajal võivad Maa ja planeedi liikumised olla sellised, et planeet näib tähistaeva foonil liikuvat itta. Seda küsimust selgitavad joonised 46 ja 47, kus nooltega on näidatud Maa ja Maaga võrreldes Päikesest kaugemal asuva ning Maast suurema tiirlemisperioodiga planeedi liikumise suund. Sirgjoontega (punktiirjoontega) on ühendatud Maa ja planeedi üheaegsed asendid, jooned näitavad samuti suunda, milles paistab planeet Maalt vaadatuna tema orbiidi mistahes punktis. Noolled planeedi nähtava tee juures näitavad, kuidas tema nähtava tee suund muutub.

Kopernik määras kindlaks planeetide tiirlemise perioodid ja nende kaugused Päikesest Maa ja Päikese vahelise kaugusega võrreldes.

Tänapäeva andmete alusel koostatud päikesesüsteemi plaan on antud joonisel 65.

Oma liikumise tõttu muutuvad pidevalt Maa ja planeetide vastastikused asendid. Näiteks võib Päikesest kaugemal kui Maa aset-

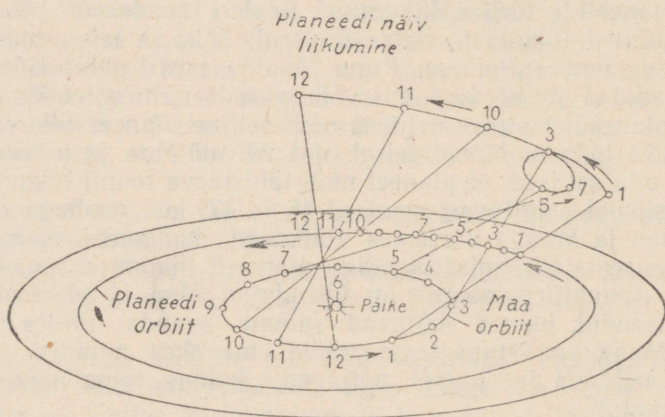
sev planeet Maa suhtes olla Päikese taga (vt. joon. 48), Päikesest lähemal kui Maa asetsev planeet aga Maa ja Päikese vahel või samuti Päikese taga. Nendes asendites ei ole planeedid meile nähtavad, nad kaovad Päikese kiirtes. Päikesest kaugemal kui Maa



Joon. 46. Planeetide näivate silmuse-
taoliste liikumiste tekkimine planeetide
ja vaatleja koos Maaga ühise liikumise
tulemusena.

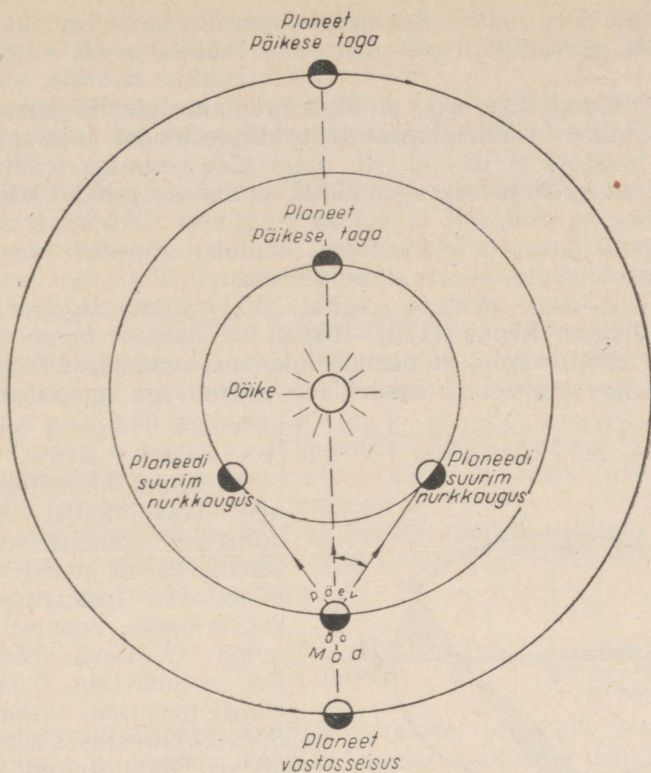
asetseva planeedi kõige paremaks vaatlemise ajaks on aeg, mil ta on näha Päikesele diametraalselt vastupidises taevaskera punktis. Siis on see planeet Maale kõige lähemal ning teda võib teleskoobiga kõige paremini vaadelda. Sel korral planeet kulmineerib keskööl ning on pikka aega näha kogu öö. Maa suhtes Päikesega diametraalselt vastupidises asendis oleva planeedi asendit nimetatakse vastasseisuks.

Päikesele lähemal kui Maa asuvate planeetide nurkkaugus Päikesest muutub, kuid ei ületa Merkuuri juures 29° ja Veenuse juures 48° . Kõige parem on neid planeete vaadelda nende suurima nurkkauguse puhul Päikesest. Nad tõusevad sellise

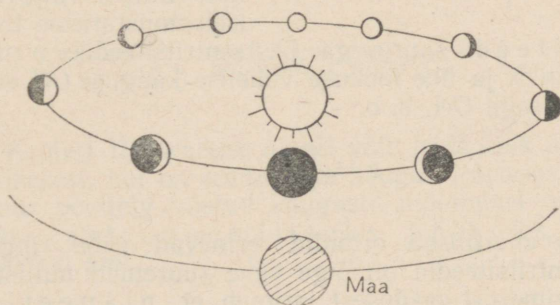


Joon. 47.

asendi juures kas hommikul kõige varem enne Päikest (oma teiste tõusuaegadega võrreldes) või lojuvad pärast Päikest kõige hiljem, vastavalt sellele, kummal pool Päikest nad parajasti on nähtavad. Nagu selgub jooniselt 49, muutub Merkuuri ja Veenuse vaade



Joon. 48. Planeetide vastasseisus ja suurimad nurkkaugused Päikesest.



Joon. 49. Merkuuri ja Veenuse faasi ja näiva diameetri muutused sõltuvalt tema asendist Maa ja Päikese suhtes.

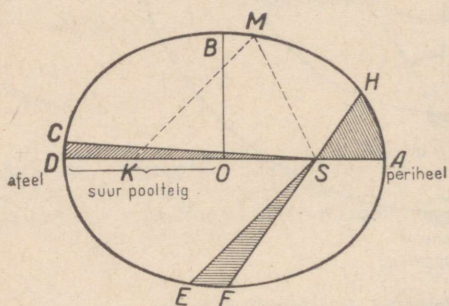
samuti nagu Kuu faasid. See muutumine oleneb sellest, kuidas on meie poole pööratud nende planeetide Päikese poolt valgustatud külg.

Kopernik tegi kindlaks, et Maa ja planeetide liikumise tsentriks on Päike. Kuid planeetide orbiitide tõelist kuju ta täpselt kindlaks määrata ei võinud. Nii nagu kõik vana-aja teadlased ja filosoofid oli ka Kopernik veendunud, et taevast peavad kõik liikumised toimuma ühtlaselt ja mööda ringjooni. Seepärast ei vastanud Koperniku teooria planeetide liikumise täpsetele vaatlustele sugugi paremini kui Ptolemaiose teooria.

Selle ebatäpsuse põhjuse selgitas XVII sajandi alguses austria teadlane Johann Kepler (1751—1630).

Kepler tõestas kolm planeetide liikumise seadust, mis on täielikus kooskõlas planeetide vaadeldava liikumisega taevaskeral.

Esimene seadus. Iga planeet liigub mööda ellipsit, mille ühes fookuses asub Päike.



Joon. 50. Pindalade seadus (Kepleri teine seadus).

Ellipsiks nimetatakse kinist tasapinnalist kõverat, millel iga punkti kauguste summa kahest punktist, mida nimetatakse fookusteks, jääb konstantseks. Joonisel 50 on punkt O ellipsi keskpunkt, DA, — suur telg, K ja S — ellipsi fookused, seega $KM + SM = DA =$ ellipsi suure telje pikkus. Mida suurem on fookustevaheline kaugus, seda väljavenitatum on ellips oma suure telje antud suuruse puhul. Ellipsi väljavenitusastet iseloomustatakse tema eks-

tsentritsiteedi suurusega. Ekstsentritsiteediks e nimetatakse ellipsi keskpunkti ja ühe fookuse vahelise kauguse OS suhet suure pooltelje pikkusega OA, s. o.

$$e = \frac{OS}{OA}.$$

Planeetide elliptilised orbiidid erinevad vähe ringjoonest ja nende ekstsentritsiteedid on õige vähe suuremad nullist.

Kepleri esimesest seadusest järgneb, et planeetide kaugus Päikesest nende orbiitidel muutub. Päikesele lähimat orbiidi punkti nimetatakse periheeliks, kõige kaugemat aga afeeliks.

Maa orbiit on samuti ellips. Maa on periheelis jaanuari alguses, afeelis juuli alguses. Kuigi Maa põhjapoolkera on talvel Päikesele kõige lähemal, mõjuvad erinevused Päikese kiirte lange-

misnurgas ja päeva pikkuses tugevamini kui väikesed kauguse muutused Päikesest, mis on seotud Maa tiirlemisega mööda ringist vähe erinevat ellipsit.

Teine seadus (pindalade seadus.) Planeedi raadiusvektor kujutab võrdsetes ajavahemikkudes võrdsed pindalad.

Planeedi raadiusvektoriks nimetatakse sirglõiku, mis ühendab planeeti Päikesega. Planeedi kiirus tema liikumisel muutub nõnda, et mõnesugusel ajavahemikul raadiusvektori poolt kujutatud pindala on üks ning sama, millises oma orbiidi osas planeet ka viibiks. Joonisel 50 on *SDC*, *ESF* ja *ASH* pindalad võrdsed, kui kaared *DC*, *EF* ja *AH* on kujutatud planeedi poolt võrdsetes ajavahemikkudes. Seega periheeli läheduses on planeedi kiirus kõige suurem, afeeli läheduses kõige väiksem.

Kolmas seadus. Planeetide tiirlemisperioodide ruudud suhtuvad nagu nende orbiitide suurte pooltelgede kuubid.

Kui ühe planeedi periood ja orbiidi suurem pooltelg tähistada T_1 ja a_1 , teise planeedi puhul aga T_2 ja a_2 abil, siis kolmas Kepleri seadus väljendub valemiga:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Teades vaatlustest planeetide perioode, võib selle seaduse põhjal määrata planeetide orbiitide suured poolteljed võrreldes Maa orbiidi suure poolteljega, võttes viimase ühikuks. Peame silmas, et planeedi orbiidi suur pooltelg on tema keskmiseks kauguseks Päikesest. Päikese ja planeedi vaheliste kauguste poolsumma afeelis ja periheelis on võrdne planeedi orbiidi suure poolteljega, jooniselt 50

$$\frac{DS + AS}{2} = OD.$$

Kuna Kepleri III seaduse alusel võib leida kõik planeetide kaugused Päikesest, kui on teada Maa kaugus Päikesest, siis on Maa orbiidi suur pooltelg võetud kauguste mõõtmisel ühikuks. Teda nimetatakse astronoomiliseks ühikuks, tema pikkus on 149 500 000 km.

Harjutus 5.

1. Marss on Päikesest 1,5 korda kaugemal kui Maa. Kui pikk on Marsi «aasta»?

2. Pluuto tiirlemisperiood on 250 aastat. Kui pikk on tema orbiidi suur pooltelg?

27. Kogumaailmne gravitatsiooniseadus ja järeldused sellest.

1. Gravitatsiooniseadus. Planeetide liikumiste põhjus jäi tundmatuks kuni XVII sajandi lõpuni, mil inglise teadlane Newton (1643—1727) avastas kogumaailmse tõmbejõu ehk gravitatsiooni seaduse. See seadus seisab selles, et kõik kohad maailmas (nagu kõik mateeria osakesed üldse) tõmbuvad üksteise poole jõuga, mis on võrdeline nende masside korrutisega ja pöördvõrdeline nendevahelise kauguse ruuduga. Algebraliselt avaldub see järgmiselt:

$$F = f \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

kus m_1 ja m_2 on kahe vaadeldava keha massid, r — nendevaheline kaugus, f — koefitsient, mille arvuline suurus oleneb ühikutest, milledes on väljendatud massid ja kaugused. Seda suurust nimetatakse gravitatsiooni konstandiks. Kätsest on teada, et kaks massi kumbki 1 g tõmbuvad 1 cm kaugusel teineteise poole jõuga $\frac{1}{15\,000\,000}$ düüni. Seepärast, väljendades massid grammides, kauguse aga sentimeetrites, peame (et saada F düünides) võtma

$$f = \frac{1}{15\,000\,000}.$$

2. Kuu liikumine ja Maa raskus. Newton tõestas, et Maa külgetõmme, mille mõjul kõik esemed langevad Maa peale, levib kaugemalegi, ulatudes Kuuni ja nõrgenedes võrdeliselt kauguse ruuduga Maa keskpunktist. See tähendab, et tõmbejõu ehk Maa raskusjõu mõju ulatub lõpmatusse. Maa raskusjõud hoiab ka Kuud tema orbiidil, muidu Kuu rebiks end Maast lahti ja liiguks eemale oma orbiidile tõmmatud puutuja suunas.

See Kuu tõmbumine Maa poole osutubki selleks kesktõmbejõuks, mida iseloomustab Kuu liikumisel esinev kesktõmbe kiirendus.

Kuu, liikudes punktist L (vt. joon. 51) mööda puutujat, satuks mingi ajavahemiku pärast punkti L_1' . Kuid sama aja jooksul ta langeb Maa poole lõigu $L_1'L_2$ võrra ning satub tegelikult punkti L_2 jne. Niisuguse liikumise tulemusena tiirleb Kuu kogu aeg ümber Maa.

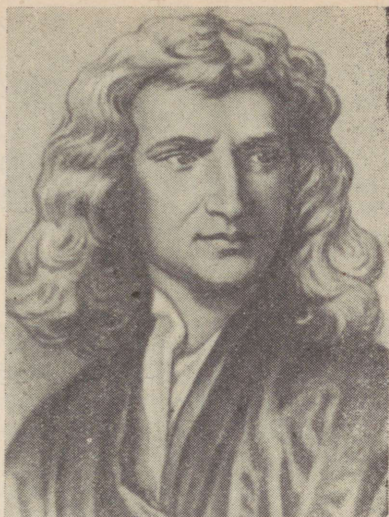
Newtoni suurimaks teeneks osutus ka see, et ta tõestas tema poolt avastatud taevakehade-vahelise gravitatsioonijõu ja inimestele kogemustest ammu tuntud maise raskusjõu samasuse. Newton tõestas, et mõlemad ülalnimetatud jõud muutuvad pöördvõrdeliselt kauguse ruuduga ja eriti, et kiirendus, millega Kuu langeb

Maa poole, on täpselt võrdne kiirendusega, millega langeks kivi, kui me viiksime ta Kuu kaugusele Maast (s. o. kiirendusega $0,27 \frac{cm}{sek^2}$).

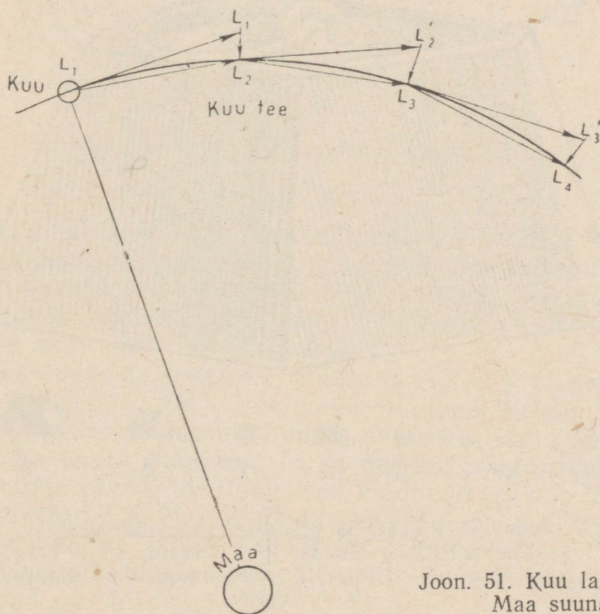
3. Taevakehade liikumine ja nende massi määramine. Päikese külgetõmme kõverdab pidevalt Maa ja teiste planeetide teed. Täpselt öeldes, kõik planeedid ja Päike liiguvad oma ühise raskuskeskme ümber.

Planeetide kaaslased tiirlevad gravitatsiooni mõjul ümber oma planeedi täpselt samuti, nagu Kuu tiirleb ümber Maa viimase gravitatsiooni mõjul.

Päikesesüsteemist väljaspool esineb kahest tähest koosnevaid süsteeme, kus mõlemad tähed samuti liiguvad oma ühise raskuskeskme ümber gravitatsioonijõu mõjul. Seepärast nimetatakse ka Newtoni poolt avastatud seadust ülemaailmse gravitatsiooni seaduseks.

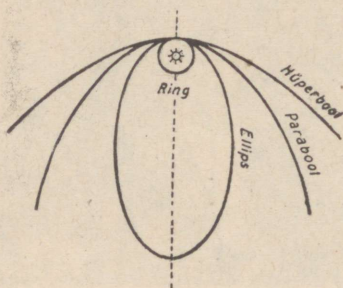


Isaac Newton (1643—1727).



Joon. 51. Kuu langemine Maa suunas.

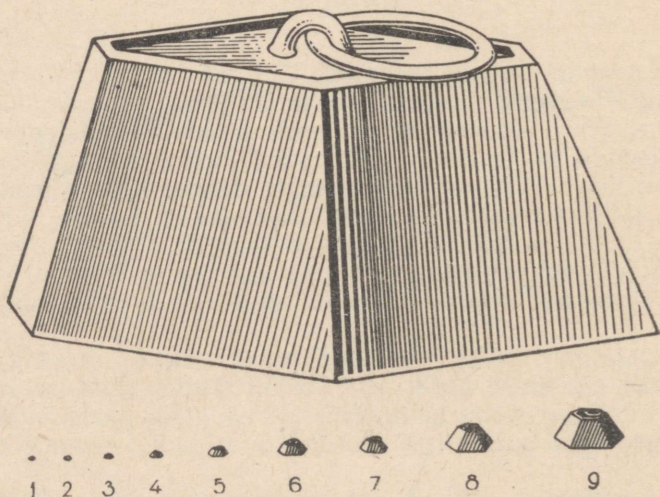
Newton tõestas, et gravitatsiooni tõttu peavadki planeedid liikuma Kepleri seaduste kohaselt. Newton fikseeris need seadused täpsemalt kui Kepler. Newton tõestas, et teatud tingimuste juures võib üks keha gravitatsiooni mõjul liikuda mitte ainult mööda ellipsit, vaid ka mööda ringi, mööda parabooli ja mööda hüperbooli (joon. 52).



Joon 52. Orbiitide kujud.

Edasi tõestas Newton, et Kepleri kolmas seadus ei ole täiesti täpne, vaid et kahe teineteisest teatud kaugusel asuva keha vastastikuse tiirlemise periood oleneb veel nende massidest. See sõltuvus annab võimaluse taevakehade masside kindlaksmääramiseks, kui üks tiirleb ümber teise ning nendevaheline kaugus on teada.

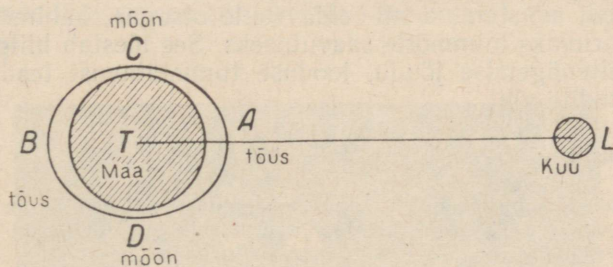
Päikese mass ei ole mitte ainult mistahes planeedi massist määratu palju suurem, vaid ka 750 korda suurem kõikide planeetide masside summast (joon. 53). Seepärast kõik planeedid pöörlevadki ümber Päikese, saades temalt kesktõmbekiirenduse (gravitatsioonikiirenduse). Maa massi võib ligikaudselt määrata, kui mõõta nurk, mille võrra kaldub kõrvale püstlood vertikaalsihhist (pendel) temale mõjuva mäe külgetõmbe tõttu, kui kaugus



Joon. 53. Päikese ja planeetide masside võrdlus:
1 — Merkuur; 2 — Marss; 3 — Pluuto; 4 — Veenus;
5 — Maa; 6 — Uuran; 7 — Neptuun; 8 — Saturn;
9 — Jupiter.

mäeni ja viimase mass on teada. Loe kõrvalekaldumise nurk oleneb mäe ja Maa masside suhtest, loe ja Maa keskpunkti ning loe ja mäe keskpunkti vaheliste kauguste suhtest. Maa täpset massi saab määrata teiste meetoditega. Maa mass on $6 \cdot 10^{27}$ g, tema keskmine tihedus $5,5 \text{ g/cm}^3$.

4. Tõus ja mõõn. Avamerede ja ookeanide kallastel esineb iga päev vee taseme kõikumine. Kaks korda ööpäeva jooksul vee tase tõuseb ja vesi ujutab üle rannaäärsed madalikud — see on tõus. Samuti kaks korda ööpäeva jooksul vesi voolab rannalt ära, vee tase langeb — see on mõõn. Mõõn saabub umbes 6 tundi pärast tõusu, veel 6 tunni pärast aga algab jälle tõus, nii et ühest tõusust kuni järgmiseeni möödub 12 tundi (täpsemalt — 12 tundi 25 minutit). Seega on keskmiselt 24 tunni 50 minuti kestel kaks tõusu ja kaks mõõna. Umbes samasugune ajavahemik möödub Kuu kahe ülemise naaberkulminatsiooni vahel. Newton tõestas, et tõus ja mõõn on seotud Kuu tõmbejõuga. Kuu tõmbab enda poole Maa erinevaid punkte erineva jõuga, lähemaid tugevamini, kaugemaid nõrgemini. Niisuguse tõmbejõudude erinevuse tulemusena venib Maa veekiht välja piki joont, mis ühendab Maad ja Kuud (joon. 54). Seal, kus veekiht välja venib, on ta tase kõrge, seal



Joon. 54. Tõus ja mõõn Maa veekihtis (skeem).

on tõus. Maa ööpäevase pöörlemise tulemusena toimub tõus järgmööda Maa erinevates punktides, ühes ja samas maakohas tõusud ja mõõnad vahelduvad. Kui punktis A on tõus, siis, pööreldes C suunas, satub ta poole ööpäeva jooksul jälle tõusu piirkonda, sinna kus joonisel asub punkt B (joon. 54).

5. Häired planeetide liikumises. Planeet Neptuneuni avastamine. Kui ümber Päikese tiirleks ainult üks planeet, siis liiguks ta täpselt Kepleri seaduste järgi. Tõeliselt aga on olemas ka teised planeedid ja ka neil on vastastikune külgetõmme. Seetõttu planeetide liikumised kalduvad kõrvale liikumistest Kepleri seaduste järgi. Neid üldiselt väga väikesi kõrvalekaldumisi planeetide liikumistes, võrreldes liikumistega Kepleri seaduste järgi, nimetatakse häireteks.

Häirete tõttu liiguvad planeedid kord kiiremalt, kord aeglasmalt, kui Kepleri teise seaduse järgi; samuti ei osutu nende orbiidid korrapärasteks ellipsiteks, vaid muutuvad pidevalt. Kaasaegses teaduses arvutatakse need häired väga täpselt kogumaailmse gravitatsiooni teooria ja Päikese ning planeetide masside, samuti nendevaheliste kauguste tundmise alusel.

XVIII sajandi lõpul (1781. a.) inglise astronoom William Herschel (1738—1822), tol ajal veel tundmatu astronoom-asjaarmastaja, avastas iseenda valmistatud teleskoobi abil seni täiesti tundmatu planeedi — seitsmenda kauguse järel Päikesest. See planeet nimetati Uuraniks.

XIX sajandi algul selgus, et planeet Uurani liikumine pisut erineb liikumisest, mis oli varem ette arvutatud, arvestades tõmbejõudu nii Päikese kui ka kõigi tol ajal tuntud planeetide poolt. Olgugi et need vaatluste lahkuminekul teooriast olid õige tühised, ei võinud astronoomid nendega leppida. Oletati, et kõrvalekaldu-mised Uurani liikumises toimuvad tundmatu planeedi tõmbejõu mõjul, mis asub Päikesest veel kaugemal kui Uuran. Teadlased Leverrier ja Adams arvutasid välja selle planeedi asukoha taevas ja nende näpunäidete järgi 1846. a. see seni tundmatu planeet avastati tõepoolest. Ta nimetati Neptuuniks.

Planeedi avastamine nii-öelda «sule otsaga», kabinetis, osutub üheks suurimaks inimmõtte saavutuseks. See tõestab hiilgavalt teadusliku ettenägemise jõudu, looduse tunnetatavust teaduse võim-sate meetodite abil.

Harjutus 6.

Arvutada niisuguse punkti kaugus maapinnast, milles Maa ja Kuu külge-tõmbejõud on võrdsed, teades et Maa ja Kuu vaheline kaugus on võrdne Maa 60 raadiusega ning Maa ja Kuu massid suhtuvad nagu 81:1.

28. Kuu liikumine ja Kuu faasid. Kuu on ainuke ümber Maa tiir-lev taevakeha.

Kuu liigub pidevalt mööda tähistaevast mingisuguse teise tähe suhtes, nihkudes ööpäeva jooksul vasakule (ida poole) ligikaudu 13° võrra, $27\frac{1}{3}$ ööpäeva pärast jõuab ta aga tagasi nendesamade tähtede juurde, kujutades mööda taevaskera täisringi. Seepärast nimetatakse ajavaahemikku, mille jooksul Kuu soori-tab teiste tähtede suhtes ümber Maa täis-ringi, tähe- (ehk sideeriliseks) kuuks. Selle kes-tus on $27\frac{1}{3}$ ööpäeva.

Sageli katab Kuu oma liikumisel meie eest ajutiselt tähed või planeedid. See näitab, et Kuu asub meile lähemal kui tähed ja planeedid.

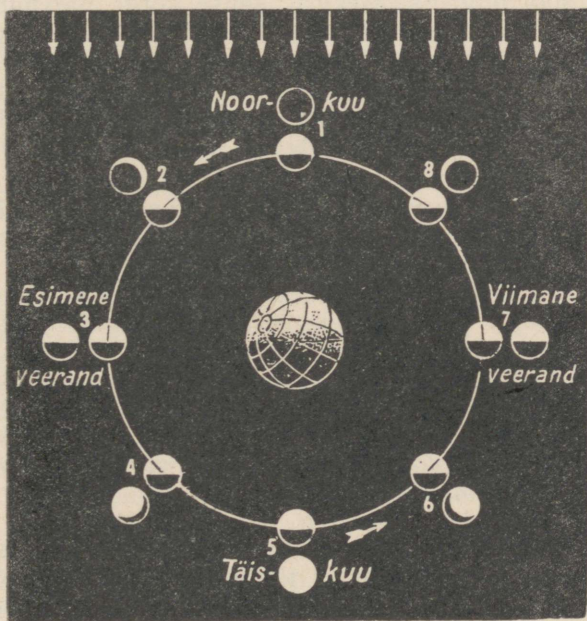
Kuu näiv liikumine mööda taevaskera toimub ekliptika lähedu-ses; Kuu orbiidi tasapind on aga veidi kaldu ekliptika tasapinna suhtes. Kuu orbiidi lõikepunkte ekliptika tasapinnaga nimetatakse Kuu orbiidi sõlmedeks.

Kuu keskmine kaugus Maast on 384 400 km ehk ligi 30 Maa diameetrit.

Kuu välisilme muutumine — tema faaside vahetumine — on tingitud sellest, et Kuul on Maa ja teda valgustava Päikese suhtes erinevad asendid.

Kuu on kerakujuline tume keha. Kui Kuu asub Maa ja Päikese vahel, siis on tema meie poole pööratud poolkera Päikesest valgustamata ja meie Kuud ei näe. Seda Kuu faasi nimetatakse noorkuuks (ehk Kuu loomiseks). Kui aga Kuu asub otse teisel pool, s. t. Maa on Päikese ja Kuu vahel, siis on kogu meie poole pööratud Kuu poolkera Päikesest heledasti valgustatud. Seda faasi nimetatakse täiskuuks. Vahepealsetes asendites me näeme neid või teisi osi tema valgustatud poolkerast külje pealt, mistõttu Kuu paistab poolkettana (esimene veerand ja viimane veerand), rohkem või vähem kitsa sirbina jne. Joonis 55 näitab Kuu faaside seost Kuu asendiga tema orbiidil; päikesekiired langevad ülevalt joonise tasapinnas.

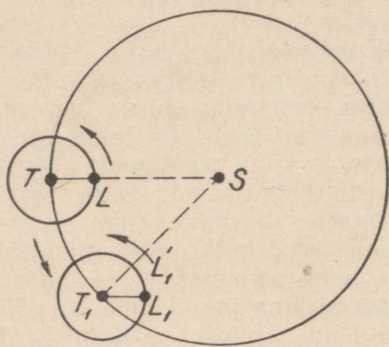
Kuu ülemine kulminatsioon toimub täiskuu puhul keskööl, esimese veerandi puhul umbes kell 18 ja viimase veerandi puhul umbes kell 6 (kohaliku aja järgi). Selle teadmine tuleb meile kasuks maastikul orienteerumisel ja öösel kellaaja umbkaudsel määramisel.



Joon. 55. Kuu faaside vaheldust selgitav skeem.

Ajavahemikku Kuu kahe üksteisele järgneva ühesuguse faasi vahel nimetatakse sünoodiliseks kuuks; see võrdub $29\frac{1}{2}$ ööpäevaga.

Sünoodiline kuu on pikem sideerilisest kuust. See tuleb sellest,



Joon. 56. Sünoodiline kuu on pikem sideerilisest kuust.

et Kuu ühesugused faasid esinevad Kuu ühesuguste asendite puhul Päikese ja Maa suhtes. Joonisel 56 on Kuu (punktis 1) kujutatud noorkuu asendis — Maa ja Päikese vahel. Ajavahemiku jooksul, mil Kuu teeb ümber Maa täisringi, jõuab Maa koos Kuuga läbida $\frac{1}{13}$ osa oma orbiidist ümber Päikese ja ta osutub punktis T_1 olevaks. Kuu, liikudes noole suunas, on siis asendis L_1 , mis, nagu me näeme, ei vasta veel noorkuule. Noorkuu asendisse L_1' jõudmiseks tuleb Kuul pöörduda veel nurga ST_1L_1 võrra, milleks kulub umbes kaks ööpäeva.

Kuult vaadatuna peab Päikesest valgustatud Maa samuti faase muutma ning sama perioodiga.

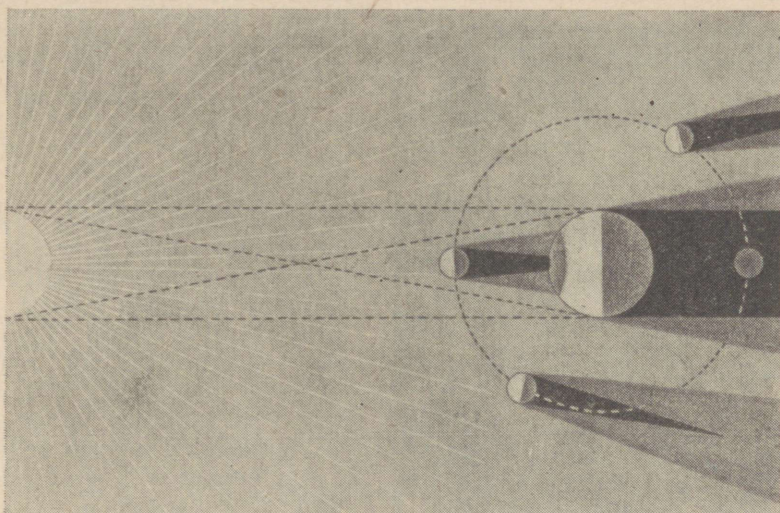
Maa pindala on Kuu pindalast 14 korda suurem. Lisaks sellele peegeldab Maa pind päikesekiiri seitse korda paremini kui Kuu pind. Seepärast valgustab noorkuu ajal Maa Kuud hoopis tugevamini, kui täiskuu ajal Kuu maad. Sellega seletub ka «tuhkvalguse» nähtus: nõndanimetatud Päikesest valgustamata kuuketta osa nõrka sinakasrohekat helendust pisut enne ja varsti pärast noorkuud, mil Kuu paistab kitsa sirbina. Sel ajal valgustab Maa heledasti Kuu pinda.

29. Päikese ja Kuu varjutused. 1. Varjutuste põhjused. Kui Kuu orbiidi tasapind ühtiks ekliptika tasapinnaga, siis toimuksid Päikese ja Kuu varjutused iga kuu. Iga noorkuu ajal asuks Kuu siis Maad ja Päikest ühendaval sirgel ning varjaks oma läbi-paistmatu kehaga viimase meie eest. Selle tagajärjel esineks iga kord nähtus, mida me nimetame päikesevarjutuseks. Täpselt samuti satuks Kuu iga täiskuu ajal varju, mida heidab endast Maa ja mille tulemusena toimuks kuuvarjutus (joon. 57). Kuu orbiidi kallakuse tõttu ekliptika suhtes liigub Kuu noor- ja täiskuu ajal enamasti ekliptikast kõrgemalt või madalamalt ning varjutusi ei teki.

Varjutused võivad tekkida ainult siis, kui noor- või täiskuu juhtub olema Kuu orbiidi ühe sõlme läheduses, s. o. Kuu orbiidi ja ekliptika tasapinna lõikepunktide läheduses (joon. 58). Teiste sõnadega, Päike ja Kuu peavad üheaegselt asetsema Kuu orbiidi sõlmede läheduses.

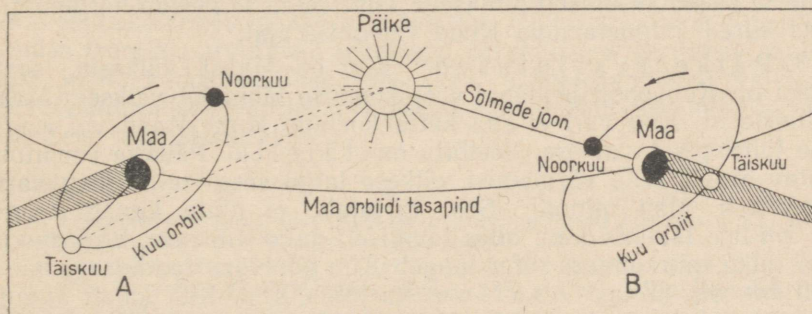
Kuna neid sõlmi on kaks, Päike aga läbib mööda ekliptikat täisringi aasta jooksul, siis esineb iga aasta kaks perioodi (mis on

lahutatud pooleaastase ajavahemikuga), millal varjutused võivad tekkida. Kuu orbiidi sõlmede asend kogu aeg muutub ja seetõttu muutuvad iga aasta ka varjutuste alguse perioodid. Täpsemad



Joon. 57. Päikese ja Kuu varjutuste skeem.

arvutused näitavad, et iga aasta peab toimuma mitte vähem kui kaks ja mitte rohkem kui viis päikesevarjutust ning mitte üle kolme kuuvarjutuse; kuuvarjutusi võib aga ka üldse mitte esineda. Kõige sagedamini esineb aastas kaks päikese- ja kaks kuuvarjutust.



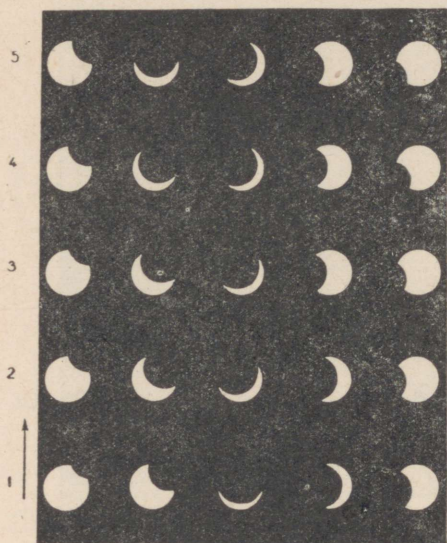
Joon. 58. Kuu orbiit ja sõlmed.

2. Kuuvarjutused. Maa heidab maailmaruumi koonusekujulise, Päikesest eemale suunduva varju. Kui täiskuu juhtub olema küllalt lähedal Kuu orbiidi sõlmele, siis sukeldub Kuu selles faasis kas osaliselt või täielikult Maa varju, ja tekibki kuuvarjutus — osaline või täielik.

Kuuvarjutus on üheaegselt nähtav kogu Maa poolkeral, mis on varjutuse ajal pööratud Kuu poole.

Et Maa varju läbimõõt Kuu kaugusel on peaaegu $2\frac{1}{2}$ korda suurem Kuu diameetrist, siis kestab täielik kuuvarjutus kuni 1 tund 40 min., kogu varjutus algusest lõpuni aga üle kolme tunni.

Varjutuste ajal Kuu harilikult ei kao täielikult, vaid jääb nähtavaks, olgugi et nõrgalt. Seejuures omandab ta punakaspruuni värvuse. Varjutuse ajal esinev Kuu punane värvus on saanud aluseks paljudele ebausust kantud ettekuulutustele, nagu kuulutaks see ette sõda või muid hirmsaid sündmusi. Põhjus, miks Kuu muutub varjutuse ajal punakaks, seisneb selles, et päikesekiired, murdudes Maad ümbritsevas atmosfääris, satuvad Maa varju koonusesse. Kuid kõigist vikerkaarevärvustest, milledest koosneb valge päikesevalgus, neelab atmosfäär tugevasti helesiniseid ja nende naaberkiiri, lastes aga läbi (selle



Joon. 59. Osalise päikesevarjutuse mitmesugused faasid (järjekord vasakult üles püstridadena).

koonuse sisse) peamiselt punaseid kiiri, mida ta neelab nõrgemini. Need kiired valgustavadki Kuud varjutuse ajal.

3. Päikesevarjutused. Kuu on Maast väiksem, seepärast on Kuu poolt heidetud varjukoonuse läbimõõt väiksem Maa läbimõõdust. Kuu vari ei saa katta korraka kogu Maad või isegi selle tähelepandavat osa. Seetõttu on täielik Päikese varjutus nähtav ainult selle võrdlemisi väikese laigu sees, mille Kuu vari moodustab Maa pinnal. See varjulaik ei ulatu kunagi isegi 300 km-lise läbimõõduni, olles tavaliselt palju väiksem. Väljaspool seda laiku, piirkonnas, kuhu langeb Kuu poolvari, raadiusega kuni 4000 km, on nähtav osaline varjutus, s. o. Kuu katab ainult osa päikesekestast (joon. 59). Maa ülejäänud kohtades, väljaspool varju ja poolvarju, Päikese varjutust ei esine.

Et Maa pöörleb ümber telje, Kuu aga tiirleb ümber Maa, siis liigub Kuu vari mööda Maa pinda ja täielik päikesevarjutus on nähtav järjestikku eri momentidel maapinna eri kohtades.

Nii Kuu kui ka Maa orbiidi elliptilisuse tõttu on Kuu näiv nurkdiameeter kord suurem, kord võrdne, kord väiksem Päikese omast. Esimesel juhul kestab täielik varjutus teatud aja (mitte üle 7 min.

40 sek.), teisel ainult ühe silmapilgu, viimasel juhul ei kata Kuu aga Päikest üldse tervikuna, ümber Kuu tumeda ketta jääb paistma hele rõngas — toimub rõngakujuline varjutus (joon 60).

Päikesevarjutuse pilt kulgeb järgmiselt. Kõige enne tekib Päikese ketta läänepoolsel (paremal) serval väike must väljalõige. See kasvab pidevalt ja Päike kattub üha enam ja enam Kuuga. Nii möödub umbes üks tund.

Kuni täieliku varjutuse alguseni nõrgeneb päikesevalgus aeglaselt ja seetõttu mitte just väga märgatavalt. Täieliku varjutuse algusega pilt järsult muutub: läheb üsna pimedaks ja taevas muutuvad nähtavaks heledamad tähed ning planeedid. Läbi teleskoobi võime ümber Päikese näha heledaid väljaulatuvaid osi (protuberantse), mis sarnanevad väikestele roosakatele keelekestele. Varjatud Päikese ümber välgatab Päikese kroon, mis kujutab endast Päikese atmosfääri välimisi osi. Täieliku varjutuse lõppedes ilmub Kuu parema serva tagant nähtavale kitsas päiksesirbik, mis otse kallab heledat valgust, ja kohe kaob kroon, protuberantsid ja tähed. Sirbik kasvab pidevalt ja Kuu nihkub Päikese kettalt ära umbes ühe tunniga.

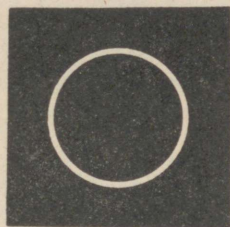
Päikese täielikke varjutusi esineb mistahes kohas keskmiselt üks kord 300 aasta jooksul. Järgmine Päikese täielik varjutus, mis on nähtav NSV Liidus, toimub 15. veebruaril 1961. a.

Varjutuste ajal õnnestub vaadelda selliseid nähtusi, mida teisel ajal pole võimalik näha. Seepärast korraldatakse nende vaatlusteks täieliku varjutuse vöötmesse eri ekspeditsioone (joon. 61).

Oli aeg, millal inimesed väga kartsid varjutusi, pidades neid halbadeks enneteks või jumala viha väljenduseks. Sageli toetusid neile ebauskumistele usukultuse teenrid. Nüüd aga, tundes Kuu liikumise teooriat, arvutavad teadlased varakult iga varjutuse saabumise kümnendiksekundilise täpsusega (tähelepandavad väikesed kõrvalekaldumised vaatlusarvutustest viivad Kuu liikumise teooria edasisele täpsustamisele).

Harjutus 7.

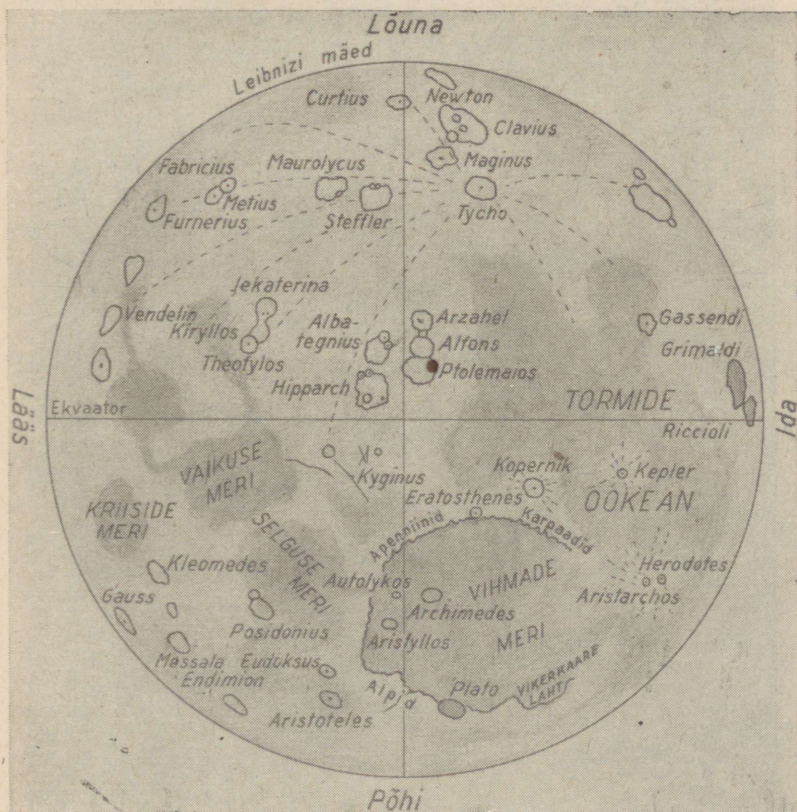
1. Esimeses veerandis olev Kuu on nähtav horisondi läheduses. Kui palju on kell (ligikaudu)? Mis ilmakaares Kuu asub?
2. Kuu tõusis täna keskööl. Millal ligikaudu tõuseb ta homme?
3. Kuu on umbes täiskuu faasis. Kuidas näeb sel ajal välja Maa, kui teda vaadelda Kuult?
4. Kuu sirp on pööratud oma kumera poolega paremale ja asub horisondi lähedal. Missuguse ilmakaare suunas te vaatate?
5. Eile oli täiskuu. Kas nädala pärast võib toimuda päikesevarjutus?
6. Ulehomme on päikesevarjutus. Kas saab täna olla «kuuvalge öö»?
7. Mispärast pole kuuvarjutused mõnikord antud kohas nähtavad?
8. Kas on võimalik vaadelda Maa põhjapooluselt päikesevarjutust 15. novembril?
9. Kas on võimalik vaadelda Maa põhjapooluselt kuuvarjutusi, mis toimuvad juunis ja novembris?



Joon. 60. Rõngakujuline Päikese varjutus.

Kuu pöörlemisperiood ümber telje võrdub tema tiirlemisperioodiga ümber Maa. Pöördudes ümber telje, pöörab Kuu Päikese poole vaheldumisi oma erinevaid pooli. Järelikult toimub Kuul päeva ja öö vaheldus, kuid Kuu ööpäevad on võrdsed sünoodilise kuuga, s. o. päev kestab peaaegu 15 maapealset ööpäeva, niisama kaua kestab seal ka öö.

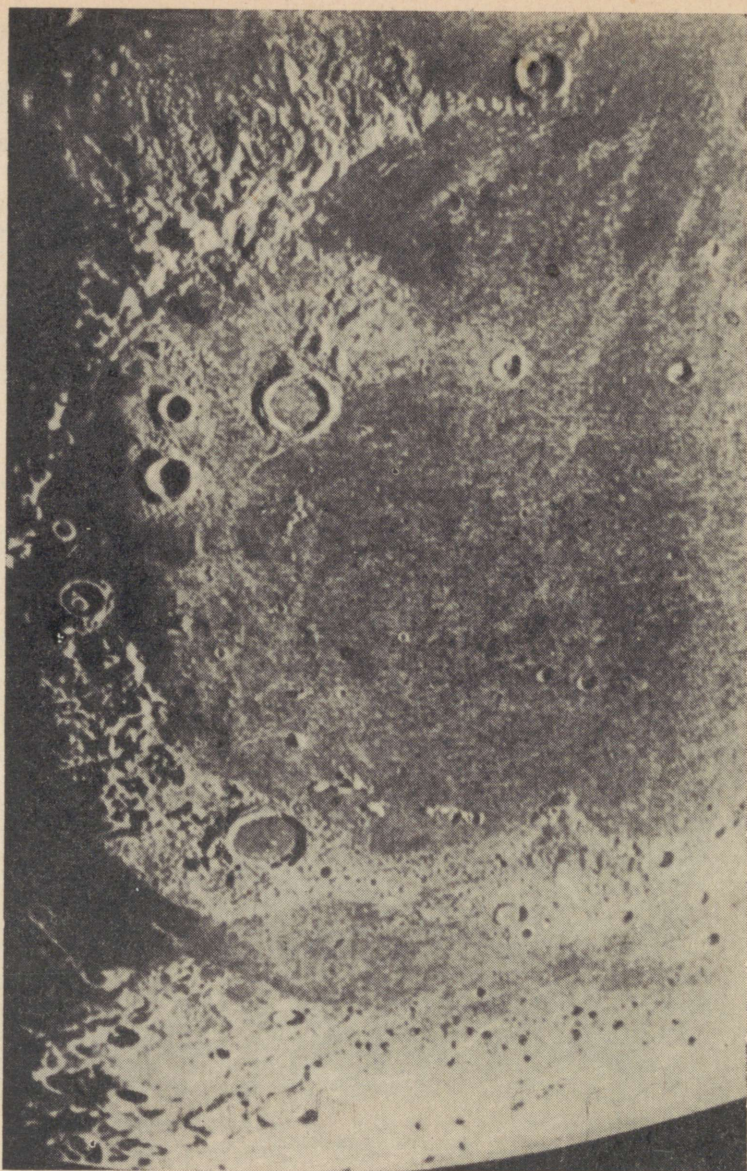
2. Kuu pinnaehitus. Juba palja silmaga on Kuu kettal nähtavad tumedad laigud, mida XVII sajandil nimetati «meredeks» (joon. 62). See nimetus on säilinud veel käesoleva ajani, kuigi



Joon. 62. Kuu kaart.

juba ammu on kindlaks tehtud, et Kuul ei ole vett. Kuu «mered» kujutavad endast tasandikulisi alasid, mis ebatasaste aladega võrreldes peegeldavad vähem valgust ja näivad tumedamadena (joon. 63).

Teleskoobis torkab silma, et Kuu pind on äärmiselt ebatasane — ta on üleni kaetud mägede ja mäeahelikega ja oleks nagu läbi kaevatud kõikvõimalikus suuruses süvenditega. Need süvendid on

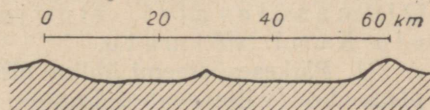


Joon. 63. Kuu pinna foto «Vihmade mere» piirkonnas.

ümmarguse kujuga. Kuu ketta äärtel näivad nad piklikena, kuid see on tingitud perspektiivist: me vaatame neile mitte otse ülevalt, vaid küljelt. Need on rõngataolised mäed. Nende teatud sarnasuse tõttu maapealsete vulkaanide kraatritega nimetati ka neid

kraatriteks. Suuremaid kraatreid nimetatakse nende ümmarguse kuju tõttu tsirkideks. Mõnede tsirkide läbimõõdud on suuremad kui 200 km. Tsirkide põhi on üsna tasane, kuid neid rõngana ümbritsevad mäevallid on väga keerulise ehitusega. Nende mäevallide kõrgus ulatub mitme kilomeetriteni.

Kuu tsirgid ja kraatrid sarnanevad tegelikult väga vähe maa-pealsetele vulkaanidele. Suhe mäe kõrguse ja kraatri süvendi enda suuruse vahel on nii ühtedel kui teistel hoopis erinev. Samal ajal kui maa-pealsete vulkaanide kraatrid kujutavad endast koonusetaolistes mägedes esinevaid läbimõõdult väikesi lehitraolisi süvendeid, on Kuu tsirkide sügavus nende läbimõõduga võrreldes õige väike ja nad meenutavad oma kujult pigem madalaid taldrikuid. Kuu tsirgid ja kraatrid on arvatavasti vulkaanilise tekkega.



Joon. 64. Kuu suure tsirgi profiil.

Päikese poolt valgustatud mäed, eriti need, mis asuvad kuuketl Kuu päevase ja öise poolkera piiril, heidavad varje, millede pikkuse järgi saab määrata mägede kõrgust. Täiskuu ajal näevad maa-pealsed vaatlejad Kuud sellelt samalt poolelt, millelt temale paistab ka Päike; seepärast puudub Kuu mägedel täiskuu ajal vari ja see võtab võimaluse lähemalt selgitada Kuu pinna reljeefi.

Mõningais kohtades Kuu pinnal on nähtavad määratu suured maa-pealsete mägedega sarnased mäeahelikud ja pikad lõhed, mis läbivad tema koort.

Kuu vaatluste puhul täiskuu ajal torkavad silma heledad kiired, mis lähtuvad radiaalselt mõnedest tsirkidest. Kõige pike-mad kiired väljuvad Tycho tsirgist (Kuu lõunapoolkeral). Oletatakse, et need on madalad vulkaanilisest tuhast kuhjatised.

3. Füüsikalised tingimused Kuul on väga omapärased ja teravalt erinevad tingimustest Maa peal. Raskusjõud on Kuu peal kuus korda väiksem kui Maa peal. See olukord oli põhjuseks, et Kuu ei suutnud kinni pidada gaaside ja veeauru osakesi, mis moodustasid kunagi tema atmosfääri. Seepärast puudub Kuul praktiliselt atmosfäär ja tema «meredes» pole tilkagi vett.

Atmosfääri puudumist Kuul tõestavad mitmed nähtused. Üks neist seisneb selles, et tähtede kattumisel Kuu poolt ei kustu nad Kuu servale lähenedes mitte järk-järgult, vaid kaovad selle taha järsku. Kui Kuud ümbritseks atmosfäär, siis kustuksid tähed järk-järgult: Kuu servale lähenedes nõrgeneks tähtede heledus valguse neeldumise tõttu Kuu atmosfääris.

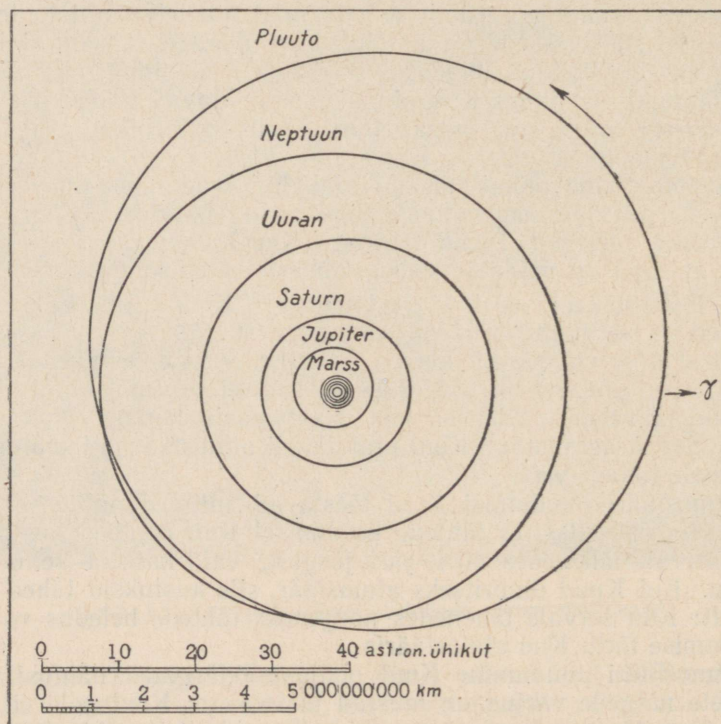
Atmosfääri puudumine Kuul põhjustab järgmisi nähtusi: kuu-pealsete mägede varjud on mustad ja teravad; Kuul pole ei koitu ega hämarikku ega mingisuguseid ilmastikulisi nähtusi; taevas paistab seal täiesti mustana ja temal võib üheaegselt näha Päi-

kest, Maad ja tähti. Kuul pole iialgi vihma ja me ei näe tema kohal iialgi pilvi ega udu.

Atmosfääri puudumine, mis tasandaks temperatuuri kõikumisi, ja päeva ning öö pikk kestus põhjustab Kuul kuumuse ja pakase terava vahe. 354-tunnise päeva jooksul kuumeneb Kuu pind kuni $+120^{\circ}$, seejärel aga jahtub 354-tunnise öö vältel kuni -160° . Pole mingisugust alust oletada, et tingimused meile nähtamatul Kuu poolel erineksid tema meie poole pööratud poolkera tingimustest. Olemasolevatel tingimustel on orgaaniline elu Kuul võimatu.

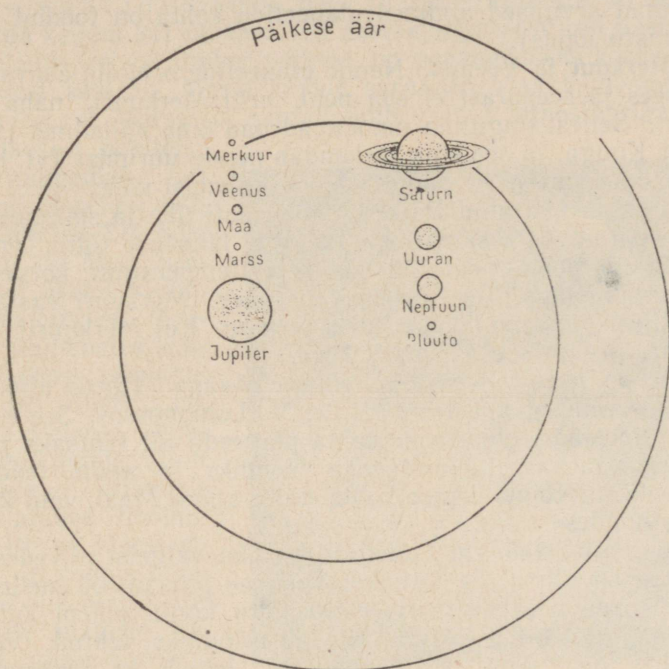
31. Päikesesüsteemi üldine ülevaade. Päikesesüsteemi kuuluvad planeedid (väljaarvatud Päike), mis koos oma kaaslastega tiirlevad ümber Päikese, komeedid ja loendamatud meteoorkehad.

Lähtudes Päikesest järjestuvad suured planeedid järgmiselt: Merkuur, Veenus, Maa, Marss, Jupiter, Saturn, Uuran, Neptuun ja Pluuto. Merkuur on Päikesele ligi kolm korda lähemal kui Maa, Pluuto aga 40 korda kaugemal kui Maa (joon. 65). Kõige väiksem nende planeetide hulgas on Merkuur ja kõige suurem Jupiter. Planeetide ja Päikese suhtelised suurused on näidatud joonisel 66.



Joon. 65. Päikesesüsteemi plaan.

Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel tiirleb ümber Päikese hulgaliselt väikesi planeete, mida nimetatakse asteroidideks. Igal aastal avastavad astronoomid uusi asteroide. Praegu tuntakse neid juba üle pooleteise tuhande.



Joon. 66. Päikese ja planeetide võrdlevad suurused.

Kõik suured planeedid ja valdav enamus väikesi tiirlevad ümber Päikese mööda orbiite, mis vähe erinevad ringjoonest. Enamik komeete ja meteorokehi tiirlevad ümber Päikese mööda väljavenitatud ellipseid. Afeelis olles ulatuvad neist paljud väljapoole Pluuto orbiiti. Seepärast tuleb lugeda Pluuto orbiidi diameetrit (80 astronoomilist ühikut) tinglikuks päikesesüsteemi suuruseks.

Suured planeedid jagatakse kahte rühma: Maa-tüüpi planeedid ja hiidplaneedid. Maa-tüüpi planeedid on Merkuur, Veenus, Maa ja Marss. Kõik nad on väiksemad kui hiidplaneedid; nende tihedus on suurem kui veel; nad on ümbritsetud suhteliselt hõredate atmosfääridega; nad on lähedal Päikesele. Kaaslasi on neil vähe või puuduvad täiesti. On võimalik, et Päikesest kaugel asuv ja veel vähe uuritud Pluuto kuulub Maa-tüüpi planeetide hulka.

Hiidplaneedid — Jupiter, Saturn, Uuran ja Neptuun — asuvad Päikesest kaugel. Nad on kõik keskmise tihedusega, mis on lähe-

dane vee omale; nad on ümbritsetud ulatuslike pilviste atmosfääridega, mis täiesti varjavad meie eest nende planeetide pinna; nad pöörlevad ümber telje ning neil on palju kaaslasi. Planeetide atmosfäär on seda tihedam, mida suurem on raskusjõud nende pinal, mis takistab gaaside lendumist maailmaruumi.

Lähemad arvulised andmed planeetide kohta on toodud tabelis VI (raamatu lõpus).

32. Merkuur ja Veenus. Nende planeetide orbiidid asuvad Maa orbiidi sees ja seepärast ei saa neid, eriti Merkuuri, näha eemal Päikesest. Sellest tingituna muudavad nad oma välisilmet (faase), sarnaselt Kuuga, ja see kõik raskendab nende uurimist (vt. lk. 67). Seetõttu teame me neist planeetidest võrdlemisi vähe.

Merkuur on pööratud Päikese poole alati ühe ja sellesama küljega. Seepärast, aga samuti ka Päikese läheduse tõttu, on Merkuuri Päikese poole pööratud poolkera temperatuur kõrgem kui seatina sulamistäpp. Seal on igavene päev. Merkuuri vastaspoolkeral valitseb igavene öö ja karm pakane. Kui Merkuuril ka on atmosfäär, siis on see äärmiselt hõre.

Veenus on suuruselt peaaegu võrdne Maaga. Tiheda atmosfääri olemasolu Veenusel avastas 1761. a. M. Lomonossov. See esimene avastus atmosfääri olemasolu kohta planeedil oli tähtsaks planeetide ja Maa sarnasust kinnitavaks tõendiks ja andis teadusliku aluse ideele elu võimalikkuse kohta mitte ainult Maal, vaid ka teistes «maailmades».

Veenuse atmosfäär on täidetud tihedaist valgeist pilvedest, mis varjavad tema pinna. Seetõttu on Veenuse pinnamood meile tundmatu. Veenuse pöörlemisperiood on mitu korda pikem kui maa-pealne ööpäev, kuid pole veel täpselt kindlaks tehtud. Veenuse atmosfääris on palju süsihappegaasi, leidub ka lämmastikku; hapnikku ja veeauru pole seni veel avastatud. Pilved Veenuse atmosfääris võivad koosneda mitte veeaurust ja jääkristallidest, vaid millestki muust. Elu võimalikkus Veenusel, kus on märksa soojem kui Maa peal, on veel selgitamata.

Kaaslasi pole Merkuuri ja Veenuse juures avastatud.

33. Marss ja elu võimalikkus teistel planeetidel. Veenuse järel võib suurtest planeetidest Maale kõige lähemale tulla Marss. See juhtub tema vastasseisude juures, mis korduvad iga 780 ööpäeva järel. Sellest tingituna, et Maa ja Marsi kaugused Päikesest nende liikumisel mööda elliptilisi orbiite mõnevõrra muutuvad, korduvad iga 15—17 aasta järel nõndanimetatud «suured vastasseisud» (näiteks 1956. a., 1971. a.), mil Marss läheneb Maale kõige väiksemasse kaugusse (55 milj. km). See on peaaegu kaks korda väiksem kui Maa ja Päikese vaheline kaugus. Kõige paremini saab Marssi uurida just vastasseisude, eriti suure vastasseisu ajal.

Merkuurist on Marss suurem, kuid Maast on ta ligikaudu kaks korda väiksem (läbimõõdult). Marsil on kaks kääbuskaaslast, millest suurema läbimõõtu on umbes 15 km.

Marsil nähtavate tumedate laikude järgi on tehtud kindlaks, et

tema pöörlemisperiood, tema ööpäev, kestab 24 t. 37 min. Tähendab, öö ja päeva vahetus toimub peaaegu samuti nagu Maa. Marsi pöörlemistelg on tema orbiidi tasapinna suhtes kaldu peaaegu nii-sama suure nurga all, kui Maa telg oma orbiidi tasapinna suhtes. Seetõttu toimub Marsil samuti nagu Maalgi aasta-aegade vaheldus, ainult need (aastaajad) kestavad peaaegu kaks korda kauem kui maapealsed aastaajad, sest Marsi aasta, s. o. tema tiirlemisperiood ümber päikese, on peaaegu kaks korda pikem maapealsest aastast. Marsi loodus sarnaneb Maa loodusega veel selle poolest, et Marss on samuti ümbritsetud atmosfääriga; olles aga Päikesest poolteist korda kaugemal kui Maa, saab ta sellelt valgust ja soojust $2\frac{1}{4}$ korda vähem kui Maa. See pärast on Marsi kliima ka tublisti karmim. Marsi kõige soojemates kohtades ei tõuse temperatuur nähtavasti üle $+25^{\circ}$, ja Päikese loojudes langeb temperatuur mõnevõrra allapoole nulli, ulatudes hommi-kuks -40° -ni. Marsi atmosfäär on hoopis hõredam, kui õhk Maa kõige kõrgemate mägede tipudes. Olgugi, et Marsi atmosfääris esineb vahete-vahel pilvi ja udu, on seal vett ja veeauru, samuti hapnikku (hädavajalik aine maapealsete loomade hingamiseks) vähem kui üks protsent nende koostisest Maa atmosfääris.



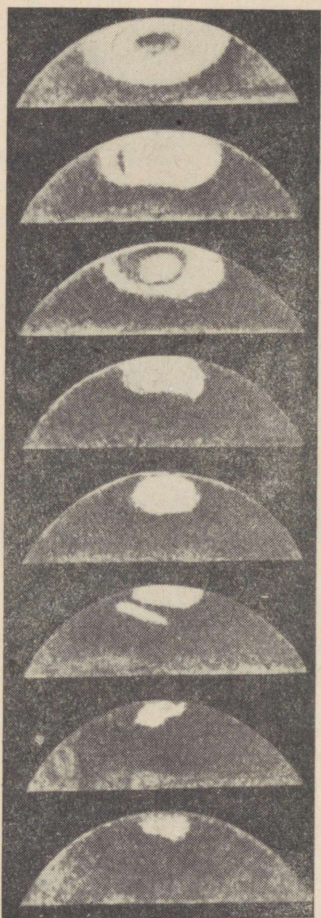
Joon. 67. Marsi vaade teleskoobis (üleval valge polaarmütsike).

Kõige paremini on Marsi pinnal läbi teleskoobi näha valged laigud, mis katavad Marsi pooluseid (joon. 67). Need «polaarmütsikesed» kasvavad oma mõõtmeilt, kui Marsi vastaval poolkeral saabub talv, kevade saabudes nad ärrest killunevad ja muutuvad väiksemaks (joon. 68). Kõigi tunnuste kohaselt on nad härmatisvõi jääkatted (kuhjatised), mille kohal hõljub udu.

Suur osa Marsi pinnast on oranži värvusega, mis paljale silmale näib punakana. See tasane ala kujutab endast nähtavasti liivakõrbet.

On koostatud Marsi pinnamoe kaardid. Tähelepanuvääriv on tema tumedate laikude värvuse perioodiline muutumine. Kevadel omandavad nad roheka varjundi, sügiseti ja talviti muutuvad nad aga pruuniks ja halliks. Nõukogude teadlane G. Tihhov, kes on

kauda uurinud Marssi, ja paljud teised astronoomid esitavad mõjuvaid tõendeid selle kasuks, et tumedad laigud Marsil on taimestikuga kaetud madalikud, et taimestik muudab oma värvust sõltuvalt aastaaegade vaheldumisest, ja et ta on



Joon. 68. Marsi polaarmütsikese muutused.

kohanenud Marsi karmi kliimaga paljude miljonite aastate jooksul. Paljud teadlased vaidlevad sellele arvamusele vastu. Nad väidavad, et kuivõrd Marsi kliima on maapealsetele taimedele väljakannatamatult karm, ja kuivõrd mõningad Marsi roheliste laikude omadused ei sarnane maapealsete taimede omadustele, on taimestiku areng Marsil võimatu.

Marsi edasine uurimine lahendab selle teadusliku vaidluse — kas on temal elu, eriti taimestikku puutuvalt, või mitte. Tulevased uurimised selgitavad ka Marsi nõndanimetatud kanalite olemuse. Kanaliteks nimetati Marsi pinda läbivaid vaevalt nähtavaid peeni, pikki ja ühtlasi tumedaid jooni. Paljud teadlased oletasid minevikus, et need kanalid näivad niivõrd korrapäraste moodustistena, et neid tuleb pidada kunstlikult tekitatuiks (need on ehitatud oletatavate Marsi elanike — marsiaanide — poolt). Tänapäeval on suuremad kanalid fotografeeritud.

Nende fotode uurimine ja vaatlused läbi suurte teleskoopide tegid kindlaks, et kanalid on loodusliku tekkega; nähtavasti jõed või kraavikesed, mis on ääristatud taimkattest, millele silm, nagu igale halvasti nähtavale esemele, omistab korrapärase kuju (näiteks — tähtedest koosnevad raamaturead näivad eemalt pideva ribana).

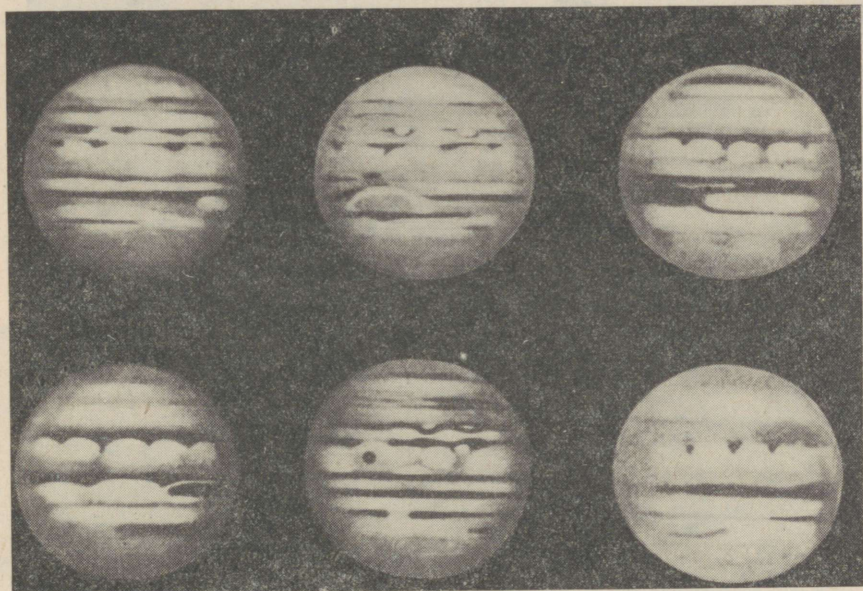
Teaduse andmetel on elu planeetidel, mis asuvad Päikesest kaugemal kui Marss, võimatu. Sõltumata sellest, kas tõestatakse elu olemasolu — tänapäeval Veenusel ja Marsil, kinnitab mate-

rialistlik filosoofia, et elu tekib möödapääsmatult igal planeedil, kui selle arenemisprotsessis saabuvad kunagi tingimused, mis on soodsad eluks. Elu on materiaali arenemise kõrgeim vorm. Oma tekkeks ja arenemiseks nõuab ta kindlaid tingimusi, näiteks vee olemasolu ja teatud temperatuuri, et valkaine ei kalgenduks ja oleks võimalik ainevahetus. Taimede hingamiseks on vaja süsi-

hapugaasi, loomade hingamiseks aga hapnikku, mida, muuseas, eraldavad taimed. Materია arenemise protsessis tekib orgaaniline elu paratamatult kõikjal, kus luuakse temale vajalikud tingimused.

Lõpmatus universumis on tohutult palju tähti, s. o. päikesi, mille ümber peavad tiirlema omad planeedid. Paljudel neist planeetidest peab kas varem või hiljem kujunema tingimused, mille juures nagu Maalgi saab tekkida ja areneda elu.

34. Hiidplaneedid. Neljast tohutu suurest planeedist (Jupiter, Saturn, Uuran, Neptuun) on suurimaks Jupiter. Ta on Maast läbimõõdult 11 korda suurem. Suuruselt järgneb talle Saturn. Kõik



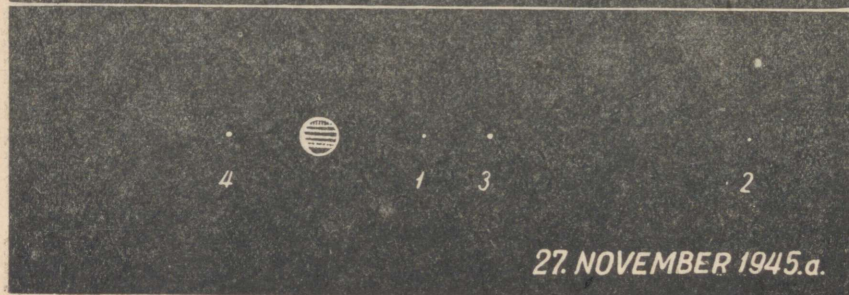
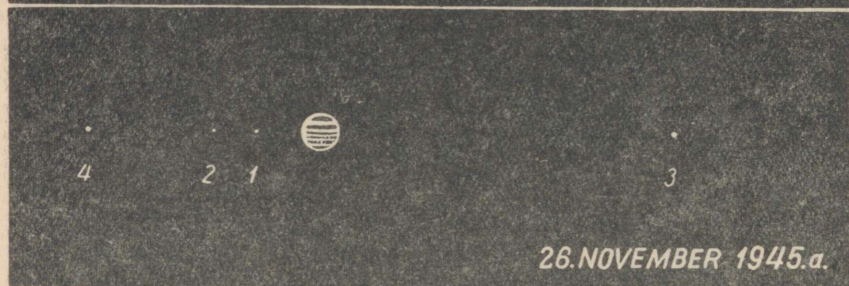
Joon. 69. Jupiteri vaade ja muutused teda ümbritsevais pilvedes.

need planeedid pöörlevad kiiresti ümber telje: kõige lühem pöörlemisperiood on Jupiteril — alla 10 t., kõige pikem Neptuunil — umbes 16 t. Kuid nende planeetide nähtavad pinnaosad, mis on kujunenud tihedatest pilvedest nende ulatuslikus atmosfääris, pöörlevad erineva nurkkiirusega. Ekvaatorilised piirkonnad pöörlevad mõnevõrra kiiremini kui ekvaatorist kaugemad alad. Tahke keha nii pöörelda ei saa — temal pöörlevad kõik punktid ühesuguse nurkkiirusega.

Kiire pöörlemise tagajärjel on hiidplaneedid pöörlemistelje suunas hoopis rohkem kokku surutud (lapikud) kui Maa. See lapikus on läbi teleskoobi hästi nähtav Jupiteri ja Saturni juures.

Pöörlemistelg on mitmesugustel planeetidel orbiidi tasapinna

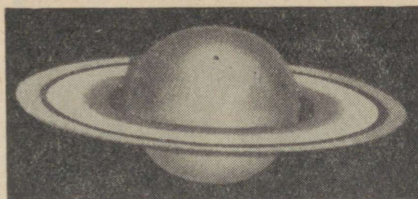
suhtes kaldu erineva nurga all. Jupiteril asub telg tema orbiidi suhtes peaaegu risti ja seepärast ei esine Jupiteril aasta-
aegade vaheldust. Saturni telje kallakus on lähedane Maa
omale, kuna Uurani pöörlemistelg on kallutatud väga lähedale



Joon. 70. Jupiter ja tema kaaslaste mitmesugused asendid.

orbiidi tasapinnale, ja ta nagu pöörleks «küljel lamades» (mis-
tõttu aastaegade vahetus toimub järsult). Kuidas näeb välja
hiidplaneetide pilvedest varjatud pind, pole teada. Me näeme ainult
pilvevöote nende atmosfääris, mis planeetide pöörlemise tõttu kul-
gevad paralleelselt nende ekvaatoriga. Hiidplaneetide atmosfäär
koosneb enamikus ammoniaagist ja metaanist. Nende gaaside
koostisse kuulub ka vesinik. Arvestuste kohaselt peab vesinik moo-
dustama nende planeetide, eriti Jupiteri, peamise koostisosa. Pla-

neetide sisemuses ületab aine tihedus vee tiheduse. Hiidplaneetide pind koosneb tõenäoliselt jääst ja külmunud gaasidest. Atmosfääri temperatuuri mõõtmised näitavad Jupiteri kohta 138° allpool nulli, ja veelgi vähem Päikesest kaugemal asuvate planeetide kohta. Planeedi keskmise tiheduse saame, kui jagame tema massi mahuga. Selliste planeetide nähtav maht määratakse nende äärmiselt tüseda atmosfääri pilvevöötidest ümbritsetud osa mahuga. Planeetide mass on koondunud peamiselt nende tihedasse ja kokkusurutud tuuma, mis asub jääkatte all. Seepärast saame ka hiidplaneetide jaoks keskmise tiheduse, mis on lähedane vee tihedusele, ja mistõttu varem ekslikult arvati, et need planeedid on vedelad (kõige väiksem — 0,7 — on Saturni tihedus). Tegelikult on neil planeetidel aga tihe, raske tuum, mille pind on tugevasti külmunud ja mida ümbritseb külmunud gaaside kiht, ning lõpuks veel üsna ulatuslik ja suhteliselt tihe läbipaistmatu atmosfäär.



Joon. 71. Saturni vaade teleskoobis.

Hiidplaneetide atmosfääri madal temperatuur näitab, et nad saavad oma soojuse peaaegu tervenisti Päikeselt, millest nad asuvad väga kaugel.

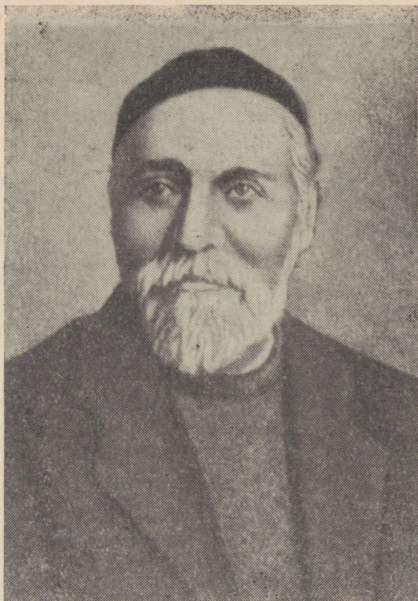
Juba väikese pikksilmaga on Jupiteril näha pilvede vöödid (joon. 69). Teistel planeetidel paistavad need vöödid halvemini.

Saturn on ainuke planeet päikesesüsteemis, mil on tähelepandav iseärasus — rõngas (joon. 71). See rõngas on väga õhuke ja asetseb planeedi ekvaatori tasapinnas. Maa ja Saturni (koos rõngaga) vastastikuse asendi muutumisel muutub ka rõnga välisilme (joon. 72). Kui me vaatleme teda küljelt, siis ta, olles äärmiselt õhuke (paksusega umbes 15 km), on nähtav ainult väga tugeva pikksilma abil.

Vene astronoom A. Belopolski tõestas 1895. a., et Saturni rõngas pole pidev, vaid koosneb lugematust hulgast osakekestest, mis väikeste kaaslaste sarnaselt tiirlevad üksteisest sõltumatult ümber Saturni Kepleri seaduste järgi. Nad on üksteisele nii lähedal, et liituvad kaugelt vaadates üheks helendavaks pinnaks. Nende orbiitide vahele jäävad laiemad vahed, mistõttu tekib



Joon. 72. Saturni rõnga muutused.



A. Belopolski.

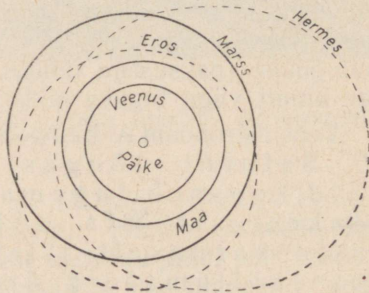
nagu rida kontsentrilisi ringe.

Jupiteril on teada 12 kaaslast, Saturnil — 9, Uuranil — 5 ja Neptuunil — 2. Mõningad neist tiirlevad ümber oma planeedi vastupidises suunas viimase pöörlemisele ümber oma telje. Neli peamist Jupiteri kaaslast, mis avastati juba Galilei poolt, on hästi näha isegi väikese pikksilmaga. Huvitav on jälgida nende kaaslaste tiirlemist ümber Jupiteri; nad asetsevad tiirlemise käigus viimastest mitmesugustel kaugustel (vt. joon. 70). Saturni peamisel kaaslasel Titaanil ja Neptuuni esimesel kaaslasel Triitonil on, erinevalt teiste planeetide kaaslastest, ka atmosfäär, millel on sama koosseis, kui hiidplaneetide atmosfäärilgi.

35. Asteroidid — väikesed planeedid. Väikestest planeetidest kõige suurema — Ceres¹

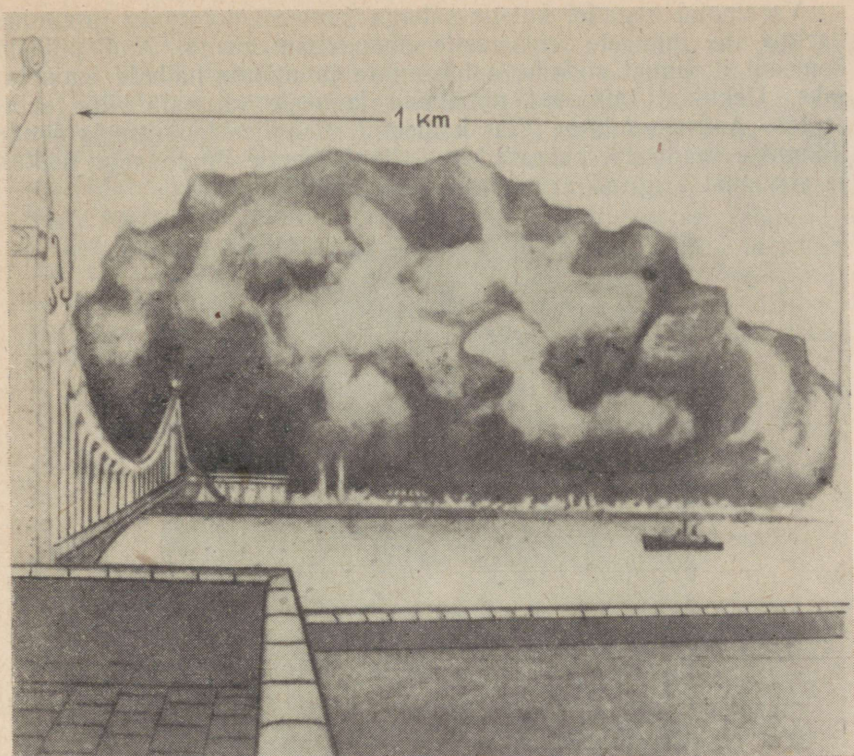
— läbimõõt on umbes 800 km, ülejäänud on aga palju väiksemad — läbimõõduga ainult mõned kilomeetrid. Sellise väikese planeedikese võib mahutada mõne suure pargi territooriumile. Palja silmaga väikesi planeete taevavõlvil üles ei leia. Kuna asteroidide külgetõmbejõud on väike, siis atmosfäär neil puudub.

Enamiku asteroidide orbiidid asuvad Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel. Mõnede asteroidide orbiidid on ülimalt välja venitatud, piklikud ja, tiireldes ümber Päikese, lõikuvad Marsi orbiidiga ning



Joon. 73. Väikeste planeetide Erose ja Hermese orbiidid.

¹ See avastati väikestest planeetidest esimesena — 1801. a.



Joon. 74. Ühe väikseima asteroidi suurus.

tulevad Maale lähemale kui Marss (joon. 73). Mõningate asteroidide orbiidid lõikuvad isegi Maa, Veenuse ja Merkuuri orbiidiga.

Tänapäeval tuntakse juba üle 1600 asteroidi, kusjuures iga aasta avastatakse uusi, väiksemaid asteroide (joon. 74).

KOMEEDID, METEORID JA METEORIIDID

36. Komeedid, nende liikumine ja loomus. Sõna «komeet» tuleb vanast kreeka keelest ja tähendab tõlkes «karune täht». Nõrgad komeedid, mis on sageli nähtavad ainult pikksilmas, sarnanevad ümmargusele või piklikule helendavale udulaigule, milles võib eraldada eredamat tihendit — nn. komeedi *tuum*a (joon. 75). Nii näevad välja kõik komeedid, kui nad asuvad Päikesest kaugel ruumis. Päikesele lähenedes muutub komeet heledamaks ja tema udukest venitatakse välja Päikesele vastupidises suunas — nii moodustub komeedi *saba*. Tuuma ümbritsevat udukesta nimetatakse komeedi *peaks*. Heledad komeedid on hästi nähtavad ka paljale silmale. Suurte komeetide saba ulatub helendava sirgjoonena või kõverdunud vöödina peaaegu üle poole taevalaotuse.

Varematel aegadel kutsus sabaga komeedi ootamatu ilmutamine harimatute inimeste seas esile ebauskliku hirmu. Nad pidasid komeedi ilmutist sõdade, epideemiade ja muude hädade ennustajaks. Usklikud inimesed nimetasid komeete «jumala viha teatajaiks». Astronoomia selgitas komeetide füüsilise loomuse ja nende liikumise seadused, purustades lõplikult nende ilmutisega seotud ja ebauskust tingitud arvamused ja legendid.

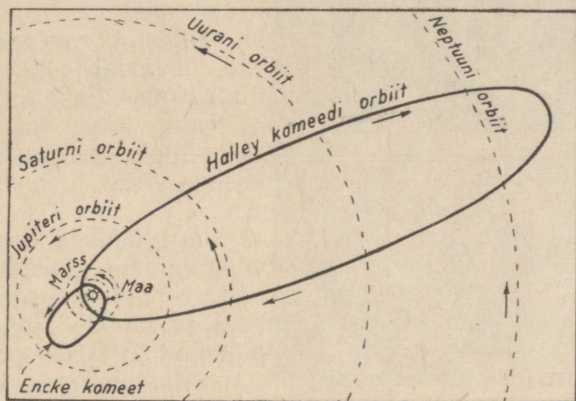


Joon. 75. Nõrga komeedi foto.

Komeedid on päikesesüsteemi osadeks, enamik neist tiirleb ümber Päikese mööda väga piklikke ellipseid. Nende tiirlemisperioodide kestus on mitmesugune — mõnest aastast kuni kümnete tuhandete ja enam aastateni. Maast ja Päikesest kaugel asuvad komeedid on meile nähtamatud, ja ainult siis, kui nad meile lähenevad, on neid võimalik vaadelda. Ühe komeedi perioodilise lähenemise Päikesele ja Maale avastas esimesena inglise teadlane Halley XVII sajandil. Ta tegi kindlaks, et see komeet liigub, nagu planeedidki, gravitatsiooni-seaduse kohaselt ja läheneb Päikesele iga 75 aastase vaheaja järel. Halley arvutas välja selle komeedi tee ruumis ja teatas tema järgmise ilmutise aasta. Tema ennustus läks hiilgavalt täide ja seda

komeeti hakati nimetama Halley komeediks. Viimasel korral nähti teda 1910. a., uuesti on ta nähtav 1985—86. a. (joon. 76).

Tähistaeva foonil muudavad komeedid pidevalt, päevast päeva oma asendit (sarnaselt planeetidele) ja jäävad nähtavaks mõneks nädalaks või kuuks. Vaadeldes iga komeedi pidevat asendi muutust tähistaeva foonil, arvutavad astronoomid välja tema orbiidi kuju, suuruse ja asendi ruumis ning tema tiirlemisperioodi. Selle põhjal ennustavad nad komeedi järgmise ilmumise aja ja nähtava tee taevaalaotuses. Need komeedid, millel on pikk tiirlemisperiood, ja mis lähenesid Maale ja Päikesele enne komeetide teadusliku uurimise algust, ilmuvad meile ootamatult, kuid tulevikus tehakse kindlaks ka nende liikumine.

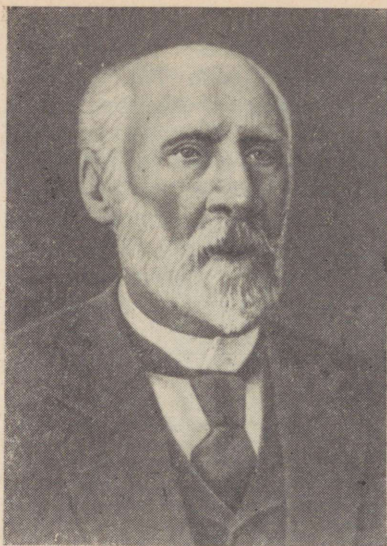


Joon. 76. Halley ja Encke komeedi orbiidid.

Lühikese tiirlemisperioodiga komeetide afeelid asetsevad Jupiteri orbiidi lähedal, pika tiirlemisperioodiga komeetide afeelid aga jäävad kaugemale väljapoole Pluuto orbiidi piire. Periheelis liiguvad komeedid ümber Päikese Maa orbiidi lähedalt, mõnikord on nad aga Päikesele hoopis lähedal.

Käesoleval ajal avastavad ja vaatlevad astronoomid iga aasta mitmeid komeete, mis on nähtavad ainult läbi teleskoobi. Nõukogude teadlaste poolt on avastatud palju komeete.

Kuulus vene teadlane F. Bredihhin (1831—1904) uuris komeetide sabade (mis alati on suunatud Päikesest eemale) kuju. Ta tegi kindlaks, et komeedi tuumast paiskuvad kogu aeg välja väikesed osakesed. Neile mõjub Päikese tõukejõud, mis sunnib neid osakesi Päikesest ja tuumast eemalduma, ja nii tekibki osakeste vool, mida meie vaatleme kui komeedi saba (joon. 77). Bredihhin tõestas, et sirge saba puhul ületab Päikese tõukejõud osakestele mõjuva tõmbejõu kümne ja enam kordselt. Mõõgakujuliselt kõverdunud sabades on tuumast välja paiskunud osakestele mõjuvad



F. Bredihhin.

tõuke- ja tõmbejõud teineteisega võrdsed. Bredihhin selgitas veel paljusid teisi komeetidega seoses olevaid nähtusi.

Tuntud vene füüsik P. Lebedev (1866—1912) näitas, et komeedi saba osakeste eemaljutõukamine toimub ilmselt päikesevalguse rõhu tõttu. Lebedev tõestas valguse rõhu olemasolu, mille mõju suurtele tolmuosakestele, võrreldes nende raskusjõuga, on väike, kuid väikestele tolmu- kübemeketele ja gaasimolekulidele, millest koosnevad komeetide sabad, avaldab ta märgatavat mõju. Komeedinähtustes etendavad teatud osa ka elektrilised jõud, millele geniaalse ettenägelikkusega viitas juba M. Lomonosov.

Komeetide uurimine näitas, et suuri tahkeid osakesi leidub ainult komeedi tuumas, kus nad on külmunud gaaside poolt tsementeeritud. Komeedi tuum on külm, ta helendub peegeldunud päikesevalgusest. Komeedi tuuma mass ja läbimõõt on väiksemad kui väikeste asteroidide mass ja läbimõõt. Päikesesoojuse mõjul eraldub tuumast hõredat gaasi, mis moodustab kesta, kui seda on aga rohkem, siis — komeedi pea ja saba. Vahel eraldab tuum ka peent tolmu.

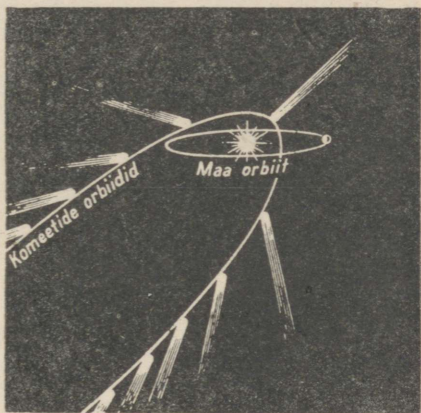
Komeedi saba pikkus on mõnikord võrreldav Maa ja Päikese vahelise kaugusega, ning komeedi pea on sageli Päikesest suurem, kuid nii pea kui ka saba koosnevad äärmiselt hõredast ainest. Seepärast, kui komeet riivab Maad (mida on juba juhtunud), siis ei kujuta see viimasele mingit hädaohu, olgugi et komeedi pea koosseisu kuuluvad süsiniku ja tsüaani aaurud ning tema sabas leidub süsinikhapendit (vingugaasi). Komeedi gaaside suure hõreduse tõttu ei anna nende segunemine Maa atmosfääriga millegagi tunda. Gaaside külm helendus komeetides on põhjustatud tervenisti päikesekiirtest.

Komeetide hulk päikesesüsteemis peab olema tohutu — komeete on niisama palju «kui kalu ookeanis», ütles Kepler.

37. Meteoorid ehk lendtähed ja nende seos komeetidega. Lendtähtede nähtus kutsub paljudes inimestes esile ebausklikke kujutlusi. Teadus on teinud kindlaks, et lendtähtede nähtuse põhjustab liivatera või väikese kivikese (nn. *meteoorkeha*) langemine, mis planeetidevahelisest ruumist lendab Maa atmosfääri, kus ta

muutub auruks. Meteororkehad lendavad kiirusega mitukümmend kilomeetrit tunnis. Õhk pidurdab nende liikumist. Nende liikumisen energia muutub soojuseks. Liivatera auruks muutumine ja tema aurude helendumine on põhjustatud liivatera kuumenemisest ja pörkumisest õhumolekulide vastu. Aurud jätavad tema liikumisele helenduva jälje. See tekitabki meis illusiooni lendavast (langevast) tähest. Meteoride auruks muutumine toimub enamasti 80—180 km kõrgusel Maa pinnast. Teades tähtede asendit tähtkogudes, veendume kergesti, et ajal, mil esineb rohkesti meteore, ei lange ükski täht — kõik jäävad oma kohale.

Mõnedel öödel, näiteks 10.—12. augustil, võib iga aasta näha hulgaliselt meteore. Neil juhtudel võib panna tähele, et meteorid lendavad välja nagu ühest punktist, mida nimetatakse radiandiks. Radiandil on oma kindel koht keset tähtkujusid ja ta võtab koos nendega osa tähistaeva ööpäevasest pöörlemisest. See tõendab, et meteorid lendavad planeetidevahelisest ruumist ja liiguvad seal paralleelsetes suundades. Tähistaeva ööpäevasest pöörlemisest ei võta aga tegelikult osa Maaga seotud esemed. Meteoride nähtavate teede lähtumine ühest punktist on perspektiivne nähtus. Siin on analoogia teineteisega paralleelselt kulgevate raudteerööpmetega, mis kauguses näivad liituvat (joon. 78).



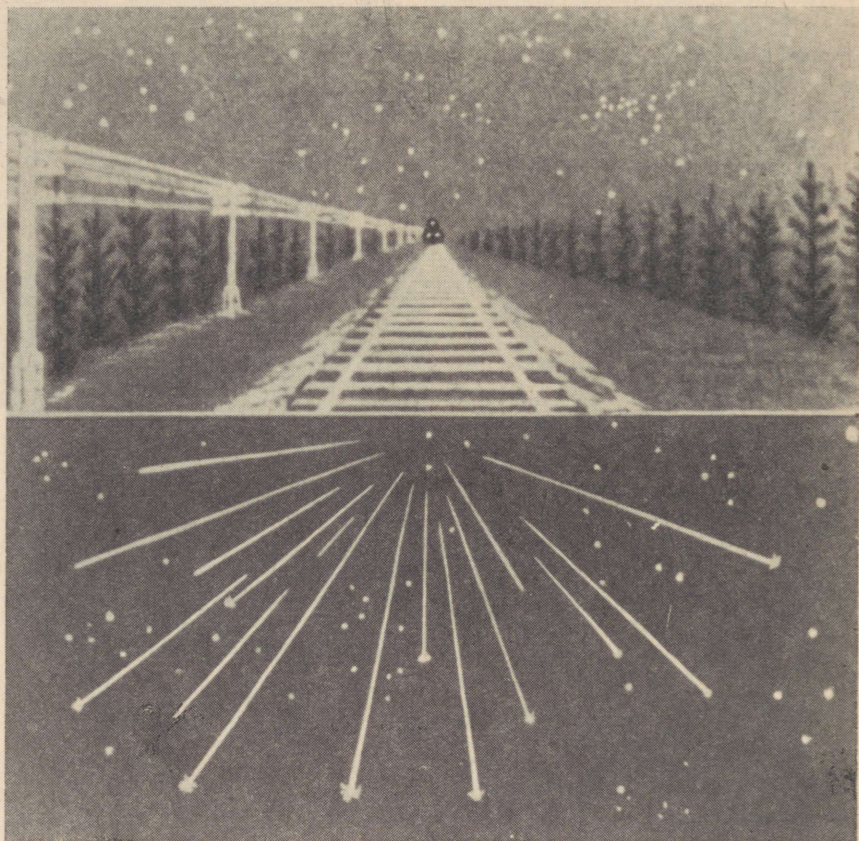
Joon. 77. Komeedi saba kasvab Päikesele lähenemisel ja on alati suunatud temast eemale.

Meteoori-osakeste orbiidid langevad ruumis ühte mõnede komeetide orbiitidega. Seos meteoride ja komeetide vahel saab veelgi selgemaks järgmisest näitest.

1846. a. pandi tähele, et tšehhi astronoomi-asjaarmastaja Biela poolt avastatud komeet lagunes kaheks osaks, mis liikusid teineteise järel.

Taolist komeedi lagunemist osadeks vaadeldi ka hiljem. Kuid 1872. a. ei õnnestunud Biela komeedi osi nende lähenemisel Päikesele enam näha. Arvutuste järgi pidi komeedi tuum novembris mööduma Maa lähedalt või sellega isegi kokku pörkuma. Neil päevil, 1872. a. novembris, pandi tähele ebaharilikult rikkalikku meteoride sadu, millele orbiit ühtus varem osadeks lagunenu ja seejärel kadunud komeedi orbiidiga. On selge, et komeedi tahke tuum purunes liivaterade pilveks, mis hajus mööda endist orbiiti ja pörkus kokku Maaga. Siiit nähtub, et kui Maa pörkab kokku otse ko-

meedi tuumaga (mida juhtub äärmiselt harva), siis ei ähvarda Maad mingi hädaoht, ainult võib tähele panna meteoride sadu ja võib-olla langevad Maale ka mõned suuremad tuuma tükid. Komeedid on haprad ja võrdlemisi lühikest aega püsivad taevakehad.

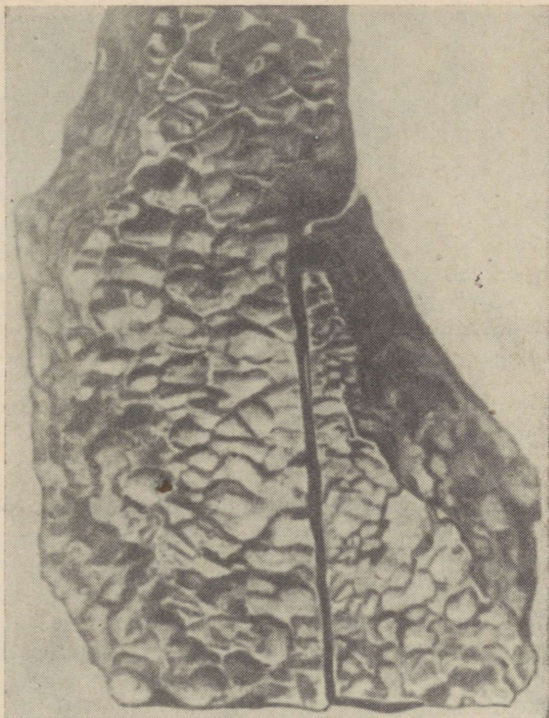


Joon. 78. Meteoride vihm ja nende perspektiivne koondumine radiandis.

38. Boliidid ja meteoriidid. Vahel võib taevas näha lendamas eredat tulikera, mis jätab enda järele suitsu või tulejoa ja pillub sädemeid. Sellist lendavat tulikera nimetatakse boliidiks. Teda ei tule segada aeglaselt ja madalalt lendava keravälguga. Ebausklikud inimesed pidasid minevikus selliseid tulikerasid «lendmadudeks» ja draakoneiks. Ka tänapäeval on nendega seotud veel mitmesugused ebausud.

Boliid kujutab endast planeetidevahelisest ruumist Maa atmosfääri tunginud suurt kivi, mis helendab samadel põhjustel kui meteorkehagi. Selline kivi ei jõua aga auruks muutuda, sest ta on

tublisti suurem. Sageli lõpeb boliidi lend pikselööki meenutava raksatusega ja meteoriidina Maa pinnale langemisega. Meteoriidiks nimetatakse Maa pinnale kukkunud maavälise tekkega kivi või rauatükki. Meteoriidid sarnanevad maapealsete kividega, paljud koosnevad aga rauast ning raua ja kivi segust (joon. 79). Taevast kukkunud kivi — meteoriit on sageli seotud mõne usundilise legendiga. Nii peavad näiteks muha-



Joon. 79. Raudmeteoriit «Boguslavka».

meedlased pühaks Mekas asuvat suurt meteoriiti, mida nad nime-tavad «mustaks kiviks» (Klaaba), ja mida nad käivad kummarda-mas. Must koorik meteoriidi pinnal tekib tema sulamisel lennu ajal.

Maapinnale langemisel jõuab meteoriidi õhuke koorik jahtuda, sest õhu takistuse mõjul kaotab ta teekonna lõpul oma suure kii-ruse, mille mõjul ta tugevasti kuuenes.

Meie maal on meteoriidid riigi omandiks ja kuuluvad üleand-misele teaduslikele asutustele, kus on loodud rikkalikud meteori-i-tide kollektsoonid. Kõige suuremad meteoriidid kaaluvad kümneid tonne. Mõnikord purunevad meteoriidid langemisel tükkideks, esi-neb isegi tervet kivivihma.

Üks eriti suur meteoriit (nn. Tunguusi meteoriit) langes 1908. a. maha Siberi taigasse ja purustas ümberringi suures ulatuses metsa. Kuna ta lendas määratu kiirusega ja avaldas ees olevale õhule väga tugevat survet, siis kokkupõrkel maapinnaga muutus ta silmapilkselt auruks, otsekui plahvatas. Tema jäänuseid pole hiljem õnnestunud leida.

Teine (Sihhote-Alini) meteoriit langes maapinnale 1947. a. Kaug-Idas. Ka tema lagunes langemisel, kuid tema killud jäid terveks ja suuremad neist tekitasid mürsuaukudele sarnanevaid lehtreid.

Meteoriitide uurimine on näidanud, et neis leidub neidsamu keemilisi elemente, mida tuntakse ka Maal. Meteoriidid osutuvad nähtavasti teiste taevakehade kildudeks. Nende keemiline analüüs tõendab universumi materiaalsel ühtsust, ning kummutab religioossed väljamõeldised Maa ja taeva erinevusest. Meteoriidid — taevakivid — ei erine printsipiaalselt mitte millegi poolest paljudest maapealsetest kivimitest, neis pole midagi imepärast ega loodusvastast. Meteoriitide maavälisele tekkele juhtis esimesena õigesti tähelepanu poolteist sada aastat tagasi Peterburi Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige Hladin.

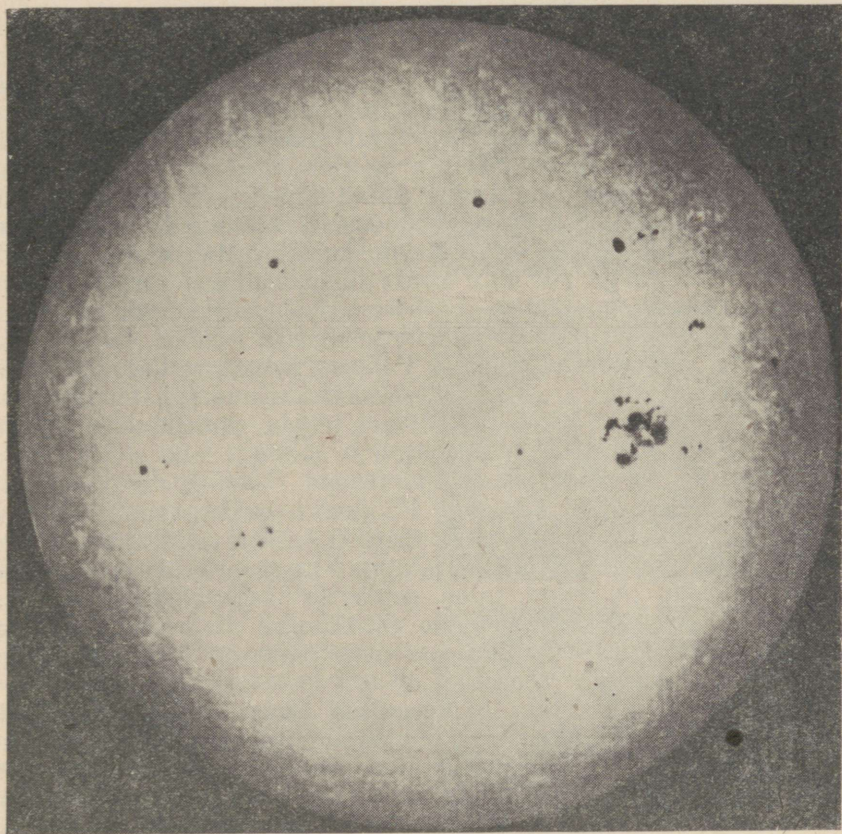
PÄIKE

39. Päike. Tema vaade teleskoobis ja pöörlemine. Päike on päikesesüsteemi keskseks kehaks. Massilt on ta 750 korda suurem kui kõik planeedid ühtekokku; Maa massi ületab ta 332 000 kordselt. Päikese läbimõõt on 109 korda suurem Maa läbimõõdust ja tema sisse mahuks kogu Kuu orbiit (vt. joon. 66). Tohtu suur päikesekera näib meile väiksena seepärast, et ta asub meist peaaegu 150 000 000 *km* kaugusel, mis on Päikese läbimõõdust üle saja korra suurem.

Päike on ainuke isehelenduv taevakeha päikesesüsteemis, ta on soojus- ja valgusallikaks kõigile planeetidele, elu allikaks maakeral. Ilma päikeselt saadava valguse ja soojuseta oleks elu Maal võimatu. Päike soojendab õhku ja vett, muutes viimase auruks, — seega põhjustab vee ja õhu ringkäiku maakeral Päike. Jõgede vool, mille energiat kasutatakse hüdroelektrijaamades, vihmad ja teised taolised nähtused toimuvad kõik Maale langeva päikeseenergia toime. Suur osa päikeseenergiast hajub planeetidest möödumisel maailmaruumi. Kivisüsi (kivistunud taimejäänused) kujutab endast samuti Maa põues peituvat päikeseenergia varu, sest taimed kasutavad kasvades ju päikeseenergiat. Käesoleval ajal hakatakse päikeseenergiat üha laialdasemalt kasutama otseselt (tema akumulereerimise ja kontsentreerimise teel). Nii võib näiteks kumerpeegli abil päikeseikiiri koondades ja neid veega täidetud katla alla

suunates muuta vesi kuumaks auruks, mis omakorda paneb liikuma masinad.

Eespool me juba mainisime vanade müütide teket, mis rääkisid jumala Päikese sünnist ja surmast, müütide, mida hiljem ristiusk üle võttis. Vaatlused teleskoobiga ja teised teadusliku uurimise meetodid on selgitanud Päikese tõelise olemuse, milles pole midagi jumalikku.



Joon. 80. Päikese foto laikudega.

Päikese vaatlusel teleskoobiga tuleb Päikese kujutus projekteerida ekraanile, või vaadata seda läbi väga tumeda klaasi, vastasel korral võib rikkuda nägemise.

Läbi teleskoobi näeme Päikesel tumedaid laiike, mis sageli asetsevad gruppides (joon. 80). Nende nähtava nihkumise tõttu päikesekehtal veendume selles, et Päike pöörleb üm-

ber oma telje. Kuid ta ei pöörle nagu tahke keha: mida kauemane ekvaatorist, seda pikemaks muutub pöörlemisperiood. Päikese ekvaatoril teostub täispöörde suhtes 25 ööpäevaga, pooluste lähedal kulub selleks aga rohkem kui 30 ööpäeva. Et Maa liigub oma orbiidil samas suunas, milles pöörleb Päike, siis näivad maapealsele vaatlejale Päikese mitmesuguste vöötmete pöörlemisperioodid veidi pikematena, ekvaatoril näiteks 27 ööpäeva.

Kirjeldataud Päikese pöörlemise iseloomust selgub, et Päike peab olema kas vedel või gaasiline keha, mitte aga tahke. Päikese keskmine tihedus on $1,4 \text{ g/cm}^3$ (seega veidi suurem kui veel). Päikese pinna kõrge temperatuur (6000°) ja spektraalanalüüsi andmed räägivad aga sellest, et Päike koosneb gaasidest. Päikese suur keskmine tihedus seletub tema sisemuses valitseva kõrge rõhuga, kus gaasid, vaatamata suurele tihedusele, säilitavad oma omadused. Päikese väline kiht on hõredam kui õhk Maa pinna lähedal, keskosas on aga gaasid mitu korda tihedamad kui vesi. Tiheduse ja temperatuuri muutumise Päikese sisemuses tegid teadlased kindlaks arvutuste teel, võttes arvesse füüsika seadusi, tema massi ja mahtu, ning vaatlusandmeid Päikese pinnal valitsevate tingimuste kohta. Nii leiti, et Päikese sisemuses ulatub temperatuur 20. milj. kraadini. Päikese nähtavat pinda nimetatakse fotosfääriks (kreeka k. *fotos* tähendab *valgus*).

Fotosfäär paistab teleskoobis teralisena. Üksikud «terakesed» — granulad, millest koosneb Päikese fotosfäär, on hõõguvate gaaside pilved. Granulad vahetpidamata tekivad ja kaovad. Tumedad laigud on Päikese pinna jahtunud osad. Neid ümbritsevad sageli heledad täpikesed, mida nende sarnasuse tõttu (kujult ja heleduselt) tõrviku (fakli) leegile nimetatakse fakliteks. Faklid on paremini nähtavad Päikese äärtel, mis on tumedamad, kui päikeseketta keskmine osa.

40. Päikese atmosfäär ja keemiline koostis. Tavalistes tingimustes on Päikese atmosfäär nähtamatu, sest tema helendumine on liialt nõrk päevase taeva fooniga võrreldes, millele ta projekteeritakse. Päikesevarjutuse ajal Kuu varjab heleda fotosfääri, päikesekiired enam õhku ei valgusta, taeva foon tumeneb ja Päikest ümbritsev atmosfäär muutub isegi paljale silmale nähtavaks. Eriaste aparaatide abil saab viimasel ajal uurida Päikese atmosfääri mitte ainult varjutuste kestel, vaid igal soovitud ajal (kõige parem on teostada vaatlusi mägedes, kus õhk on puhtam ja taevas päeval tumedam).

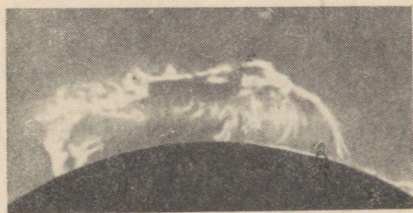
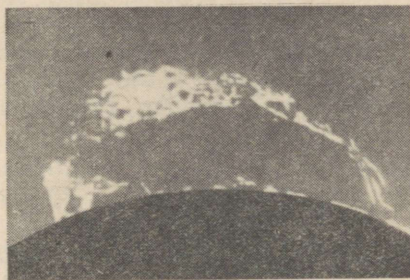
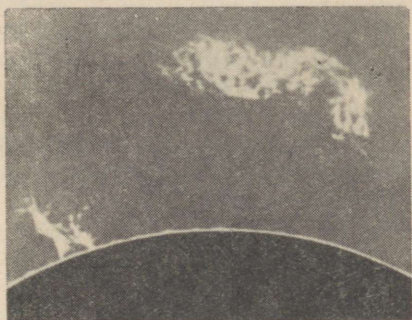
Päikese atmosfäär koosneb kolmest kihist. Fotosfäärile kõige lähemat ja kõige tihedamat, kuid väga õhukest kihti nimetatakse ümberpööravaks kihiks. Järgmist, ulatuslikumat ja hõredamat kihti nimetatakse kromosfääriks (kreeka k. *kromos* tähendab *värv*). Kromosfäär on punaka varjundiga. Kolmandat, Päikese atmosfääri kõige ulatuslikumat ja hõredamat kihti

nimetatakse Päikese krooniks. Ta näib meile pärlmutri-
liselt hiilgava helendusena.

Aeg-ajalt paiskuvad kromosfäärist välja hõõguvate gaaside pil-
ved (fontäänid), mida nimetatakse protuberantsideks
(joon. 81). Kõrgele üles paiskunud protuberantsi gaasid laskuvad
mõne aja möödudes alla ja sa-
geli helendavad nad eredalt
ainult selle laskumise ajal. Mõ-
ned protuberantsid tõusevad kõr-
gusele, mis ületab Päikese raadi-
use. Überpöörav kiht ja kro-
mosfäär koosnevad hõredatest
gaasidest, mille temperatuur on
madalam kui fotosfääril (umbes
5000°). Seepärast neelavad kro-
mosfäär ja überpöörav kiht fo-
tosfääri poolt kiiratud valgusest
teatud pikkusega laineid ja põh-
justavad Päikese spektris tume-
date joonte tekkimise Päikese
äärel. Kus überpöörava kihi ja
kromosfääri taga puudub pide-
vat spektrit andev valgusallikas,
näeme nende oma spektrit, mis
koosneb heledatest joontest.
Need heledad jooned asuvad just
neis überpöörava kihi spektri
osades, kus nad teistes tingimus-
tes esinevad fotosfääri pidevas
spektris tumedate joontena.
Spektri tumedaid jooni nimeta-
takse nende avastaja, saksa tead-
lase Fraunhoferi nime järgi
fraunhoferi joonteks. Überpöö-
rava kihi spektris muutuvad
(pööratakse ümber) nad tume-
datest heledateks, millest see
kiht on saanud ka oma nimetuse.

Kromosfäär, olles überpöö-
ravast kihist hõredam, ei koosne
mitte kõigist neist keemilistest elementidest, mis kuuluvad viimase
koostisse, vaid enam kergemaist ja Päikesel toimuvate protsesside
juures kergemini eralduvaist elementidest. Nendeks on peamiselt
vesinik, heelium ja kaltsium.

Seega, tehes Päikese atmosfääri mitmesuguste kihtide spektri
heledate joonte või Päikese üldise spektri tumedate joonte järgi
kindlaks Päikese keemilise koostise, saame teada just Päikese
atmosfääri (mitte aga tema sisemuse) keemilise koostise, sest



Joon. 81. Protuberantside muutused.

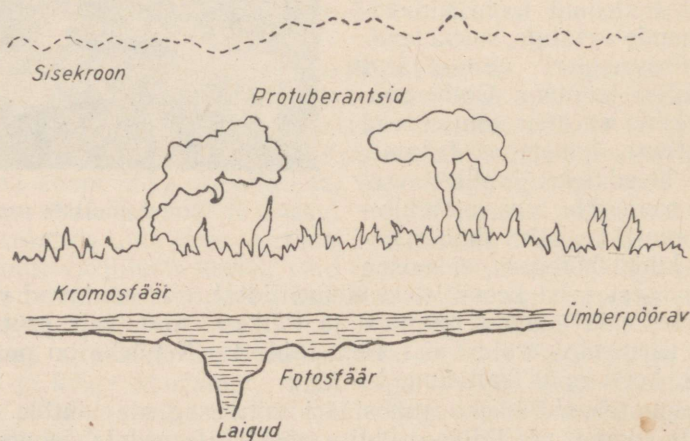
tumedad jooned on kutsutud esile valguse neeldumisega atmosfääri gaasides. Kuni praeguse ajani on Päikese atmosfääri moodustavate gaaside seas kindlaks tehtud umbes $\frac{2}{3}$ meile tuntud keemiliste elementide olemasolu. Nende elementide aatomitest moodustavad üle 80% kõige kergema gaasi — vesiniku — aatomid, umbes 18% langeb heeliumi arvele, kuna ülejäänud elementide aatomeid on suhteliselt väga vähe. Päikesel seni avastamata elemente leidub ka Maal väga vähesel hulgal ja neid elemente, mida ei tunta Maal, ei leidu ka Päikesel. See tõendab veelkordselt Maa ja teiste taevakehade materiaalsel ühtsust, füüsika- ja keemiaseaduste ühtsust kogu universumis.

1868. a. avastati Päikese spektris kollane joon, mida siis ei oldud veel leitud maapealsete ainete spektrites. See omistati erisugusele ainele, mida nimetati heeliumiks (kreeka k. *helios* tähendab *päike*). Maal avastati heelium alles 30 aastat hiljem.

Päikese kroon koosneb peamiselt elektriseeritud gaasidest ja elektronidest, mis peegeldavad Päikese valgust. Heledatest joontest koosnevat gaaside spektrit krooni siseosas ei suudetud kaua lahutada. Alles võrdlemisi hiljuti selgitati, et see on meile juba tuntud elementide, peamiselt raua, nikli ja kaltsiumi spekter, millede aatomid on lahutatud paljudeks elektronideks ja helenduvad erilistes tingimustes, mis esinevad Päikese kroonis ja mis puuduvad Maal valitsevais looduslikes tingimustes.

Heeliumi ja Päikese krooni spektri joonte mõistatus on näide selle kohta, et varem või hiljem leiab teadus selgituse igale nähtusele, kui saladuslik ja lahendamatu see algul ka ei näiks.

Päikese osad — fotosfäär, ümberpöörav kiht ja kromosfäär (joon. 82) on niivõrd kõrge temperatuuriga, et nad koosnevad üksnes keemiliste elementide aatomeist. Ainult lai-



Joon. 82. Päikese atmosfääri ehitus (skeem).

kude ümbruses, kus temperatuur on madalam (kuni 4500°), võivad aatomid liituda lihtsaimateks keemilisteks ühenditeks — kaheaatomilisteks molekulideks (tsüaan, süsinikhapend, titaanhapend jt.). Kõrgema temperatuuri ja tugeva rõhu korral võivad isegi kõige lihtsamad molekulid laguneda koostisosadeks — aatomiteks.

Maa orbiidi tasapinnas on Päike ümbritsetud õhukese pideva tolmuhihiga, mis peegeldab päikesevalgust. Selle tulemusena me näeme pärast Päikese tõusu või enne koitu piki ekliptika tasapinda pikka koonusetaolist helendust, mis lähtub Päikesest ja mida nimetatakse zodiacivalguseks. See on paremini nähtav troopikamaades, kus ekliptika lõikub horisondiga suure nurga all.

41. Päikese energia kiirgumine ja Päikese tegevuse perioodilisus. 1. Päikesekiirgus ja solaarkonstant. Maakera haarab ainult tühise osa Päikese poolt kiiratud üldisest energiast. Teades Maa suurust ja kaugust Päikesest, saame välja arvutada, kui suur see osa on. See moodustab $\frac{1}{2\,000\,000\,000}$ Päikese koguenergiast. Mõõtes Maale langeva päikeseenergia hulga, võime välja arvutada ka Päikese poolt kiiratava üldise energiahulga.

Solaar- (ehk päikese-) konstandiks nimetatakse päikeseenergia hulka, mida saab ühes minutis Maa 1 cm^2 suurune pind, mis asetseb risti päikesekiirtele keskmisel kaugusel Päikesest. Solaarkonstandi määramisel arvestatakse päikeseenergia osalise neeldumisega Maa atmosfääris. Solaarkonstandi suuruseks on 1,94 kalorit. See tehakse kindlaks vee soojendamise teatud aja jooksul vastavas anumask, mis on avatud päikesekiirtele.

Teades solaarkonstandi suurust, kaugust Päikesest ja tema suurust võime välja arvutada Päikese pinna temperatuuri. Tulemus on kooskõlas selle määramise teiste viisidega. Need andmed näitavad, et Päikese energia on niivõrd suur, et kui Päikest ümbritseks 14 m paksune jääkiht, siis tema poolt kiiratud soojus sulataks selle jääkoore ühe minuti jooksul.

2. Päikese tegevus ja laigud. Päikese ekvaatorist põhja ja lõuna poole võib õige sageli panna tähele tumedate laikude ilmumist. Nad ilmuvad ja, eksisteerides mõned päevad, harvem mõned kuud, kaovad. Laigud on fotosfääri osad, kus gaasid on jahtunud kuni 4500° -ni, ja mis näivad tumedatena ainult kontrasti tõttu neid ümbritseva kuumema ja seetõttu ka heledama pinnaosaga. Gaasid on siin aeglases keeriselises liikumises ja tekitavad tugeva magnetvälja, sest laigus liiguvad gaasid on elektriseeritud.

Laigud esinevad sageli paaridena. Osutub, et sellistes paarides ühel Päikese poolkeral esineb esimene laik ühe magnetipoolusena (näiteks lõuna-) ja teine — vastaspoolusena. Teisel Päikese poolkeral asetsevad magnetipoolused kõigis laikude paarides vastupidi. Nii kestab see umbes 11 aastat, mille järel poolused vahetavad

laikude paarides oma kohad. Näiteks, esimene laik muutub põhjapoolusest lõunapooluseks jne.

Üheteistkümnepäevase perioodiga muutuvad laikude arv ja nende poolt haaratud pindala suurus, aga samuti vaadeldavate protuberantside arv ja paljud teised nähtused Päikesel, nagu Päikese krooni kuju jne. Keskmiselt iga 11 aasta järel saavutavad laikude arv, nende poolt hõlmatav pindala ja protuberantside arv maksimumi, aga niisama vahelduvad nende miinimumid. Laikude pooluste vahetus toimub miinimumi aastal.

Päikese laigud, mis esinevad sageli gruppides, on tihti hoopis suuremad, kui maakera löikepindala. Laikude läheduses esinevad alatasa kuumade gaaside väljavoolud Päikese sisemusest. Sellistes aktiivsetes piirkondades — tugevate horisontaalsete ja vertikaalsete gaasivoolude piirkondades — toimuvad aeg-ajalt niinimetatud plahvatused. Need on eriti kuumade gaaside pursked Päikese sisemusest, mis saadavad maailmaruumi, osaliselt ka Maa suunas, nähtamatute ultravioletsete kiirte tugevdatud voolu ning Päikeselt suure kiirusega eralduvate kõige väiksemate osakeste voolu.

Päikeselt tulevad kiired ja kiiresti lendavad osakesed mõjutavad märgatavalt mõningaid Maa atmosfääris toimuvaid nähtusi. Nii suureneb näiteks Päikese tegevuse intensiivistumisega magnetiliste tormide (kompassi magnetnõela kiire võnkumine) ja virmaliste arv, halveneb raadiosaadete vastuvõtmine jne.

3. Virmalised. Põhjapoolkeral näeme öösiti põhjataevas sageli virmalisi, ja seda selgemini ja tihedamini, mida kaugemal me Maa ekvaatorist asume. Mõnikord on virmalised nähtavad veel Moskva laiusel ja isegi Põhja-Aafrikas. Lõunapoolkeral näeb virmalisi lõunataevas.

Teadus on kinnitanud M. Lomonossovi geniaalse mõtte, et virmalised kujutavad endast Maa atmosfääri külma elektrilist helendust sadade kilomeetrite kõrgusel maapinnast. Selle helenduse olemus sarnaneb hõrendatud gaaside helendusele klaastorus elektrivoolu toimel. Maa atmosfääri kõrgetes kihtides hakkab õhk helenduma tema pommitamisel väikeste osakestega, eriti just Päikese aktiivsetest piirkondadest välja paiskunud elektronidega. Maa magnetväli kallutab need osakesed, kui nad lähenevad Maale, teest kõrvale, sest need osakesed satuvad meie atmosfääri enamasti ikka Maa magnetpooluste läheduses. Seetõttu esinevadki virmalised just polaaraladel. Päikese ultravioletne kiirgus ja Päikese poolt välja paisatud osakesed, mis pommitavad meie atmosfääri, muudavad selle elektrijuhtivust ja teisi omadusi, millest sõltub raadiosaadete vastuvõtmise puhtus ja tugevus.

Päike ise ja tema kroon saadavad välja raadiolaineid. Selle kiirguse võimsus kõigub tugevasti.

Päikesekiirguse muutuste mõju paljudele nähtustele maakeral on üsna mitmesugune, kuid senini pole seda veel küllaldaselt uuritud.

4. Päikese uurimise tähtsus ja Päikese energia allikad. Kõik eelpoolöeldu näitab nähtuste vastastikust seost kogu universumis, näitab, et Päikese uurimine on vajalik praktilisteks eesmärkideks — täpsemaks ilmade ennustamiseks, võitluseks takistustega raadiosaadete juures jne. Seetõttu on Nõukogude Liidus pööratud suurt tähelepanu päikesenähtuste teaduslikele uurimisele, nende mõju uurimisele maapealsetele nähtustele. Selles seisneb üks astronoomia praktiline tähtsus.

Kahjuks ei tea me veel paljude Päikesel toimuvate nähtuste põhjusi, eriti tema tegevuse perioodilisuse põhjusi. Kuid mõnikord me võime juba ette näha mõningate nähtuste ilmumist ja anda kasulikke näpunäiteid vajalike muudatuste kohta lühilaine raadiosaadetes.

Päikese ja tähtede energia allikaks on nende sisemuses toimuvad nõndanimetatud tuumareaktsioonid. Need reaktsioonid on võimalikud ainult temperatuuri juures, mis ulatub kümnete miljonite kraadideni. Reaktsiooni kestel toimub vesiniku pidev muutumine heeliumiks, mille juures vabaneb tohutul hulgal energiat. Vesiniku varusid jätkub veel paljudeks miljarditeks aastateks, ja sest ajast, kui Maal tekkis elu, pole Päike jõudnud oma energiakiirgust veel kuigi märgatavalt vähendada. Seetõttu ei oma küsimus Päikese energiallikate lõppemise kohta inimkonna suhtes vähimatki praktilist tähtsust.

Suur praktiline tähtsus on aga teisel küsimusel — küsimusel selle Päikese energia, mida saab Maa, täielikumast ära kasutamisest. Siin oleme me saavutanud veel väga vähe, olgugi et viimastel aastatel on püstitatud rida seadeldisi suurte peeglitega, mis koguvad päikesesoojust vee kuumutamiseks, näiteks aurumasinade ja sulatusahjude juures. Viimastes saavutatakse metallide sulatusel kuni 3000°-lisi temperatuure. On ehitatud veel teisi Päikese energiat kasutavaid seadeldisi.

IV PEATÜKK

TÄHED JA TÄHESÜSTEEMID

TÄHTEDE FÜÜSILINE LOOMUS JA LIIKUMINE

42. Aastaparallaks ja tähtede kaugused. Eespool on selgitatud, mis on aastaparallaks ja kuidas seda mõõdetakse. Kui tähe aastaparallaks (p) on täpsete ja hoolikate mõõtmiste varal kindlaks tehtud, siis saab kohe määrata tähe kauguse D ;

$$D = \frac{a}{\sin p},$$

kus a on Maa-orbiidi raadius. Et p on väga väike, siis, väljendades teda kaaresekundites, võib kirjutada

$$D = \frac{a}{p'' \sin 1''}.$$

Kui a võtta üheks, siis, teades, et

$$\sin 1'' = \frac{1}{206\,265},$$

saame:

$$D = \frac{206\,265}{p''} \text{ astr. ühikut.}$$

Tähtede kaugused, arvestades nende tohutut suurust, väljendatakse harilikult valgusaastais või parsekkides.

Valgusaasta on kaugus, mille valguskiir läbib aasta jooksul. Et väljendada seda kilomeetrites, tuleb valguse kiirus korrutada sekundite arvuga aastas.

Parsek on kaugus, mis vastab aastaparallaksile üks kaaresekund; see on kaugus, millelt Maad Päikesega ühendav sirglõik paisab nurga all $1''$.

Tähe kaugus D parsekkides on selle tähe kaaresekundites väljendatud aastaparallaksi p pöördväärtus:

$$D = \frac{1}{p''}.$$

Näiteks, kui lähima tähe parallaks on $0''75 = \frac{3}{4}$ kaaresekundit, siis tema kaugus on $\frac{4}{3}$ parsekki.

1 parsek = 3,26 valgusaastat = 206 265 astron. ühikut = $= 3 \cdot 10^{13}$ km.

Meile lähima heleda tähe (α Kentauris) valgus tuleb meieni üle 4 aasta, teistelt tähtedelt aga veelgi kauem.

Et kujutleda endale seda tohutut kaugust, oletame, et Maalt lendab selle tähe suunas reaktiivlennuk kiirusega $1000 \frac{km}{h}$. See lennuk jõuab täheni alles 4,5 miljoni aasta pärast.

Teised tähed on meist (või, mis on sama — Päikesest) veel palju kaugemal. Paljude tähtedeni on kaugused teadmata — need on niivõrd suured, et nende parallaksid on liialt väikesed, mistõttu neid pole võimalik mõõta. Toetudes lähedaste tähtede parallakside mõõtmisele, on nüüd leiutatud teised tähtede kauguse määramise viisid.

43. Tähtede absoluutsed heledused ja liikumised. Iga täht, sarnaselt meie Päikesele, osutub määratu suureks hõõguvaks ja seetõttu isehelenduvaks gaasiliseks keraks. Kuid tähtede ehituses ja üldse füüsilises olekus esineb ka suur hulk erinevusi.

Erinevused tähtede vahel tulevad kõige ilmekamalt nähtavale, kui me võrdleme tähti Päikesega.

Absoluutseks heleduseks nimetatakse tähe valgustugevuse suhet Päikese valgustugevusega.

Olgu näiteks mõõtmise varal kindlaks tehtud, et mõni täht on meist miljon korda (10^6) kaugemal kui Päike ja et tema näiv valgustugevus on miljon miljonit korda (10^{12}) väiksem Päikese valgustugevusest (see täht on tähesuurusega umbes $3\frac{1}{2}$).

Kui me asetaksime selle tähe kaugusele, mis võrdub meie kaugusega Päikesest, siis ta paistaks meile (10^6)² korda heledamana, s. t. ta paistaks sama heledana kui Päike. Järelikult omab antud täht tõepoolest niisama suurt valgustugevust kui Päike; tema absoluutne heledus võrdub ühega. Samalaadselt võib arvutada ka teiste tähtede absoluutseid heledusi.

Nagu selgus, on mõnedel eri tüüpi tähtedel, näiteks teatud värvuse ja temperatuuriga tähtedel, millede kaugused on teada, oma kindel heledus. See võimaldab määrata kuskil avastatud sama tüüpi tähe absoluutse heleduse, kui kaugus selleni on tundmata.

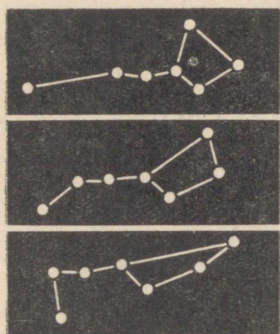
Tähtede absoluutsed heledused on äärmiselt erinevad. Tuntud tähtede hulgas on suurim absoluutse heledusega täht S Kuldkala tähtkujus. Ta paistab 8-nda suuruse tähenähtena, kuid tõeliselt on ta meie Päikesest ligi 500 000 korda heledam. Kõige väiksema absoluutse heledusega tähed helenduvad Päikesest sajad tuhanded korrad nõrgemini. Oma absoluutselt heleduselt osutub meie Päike keskmiseks täheks — mitte väga heledaks, kuid mitte ka väga nõrgaks. Tähtede vastastikused asendid taevas näivad täiesti muutumatuna isegi paljude sajandite kestel. Tegelikult aga kõik tähed, nende hulgas ka meie Päike, liiguvad, ja pealegi määratu suurte kiirustega — kümneid ja sadu kilomeetreid sekundis. Kuid tähtede

äärmiselt suurte kauguste tõttu toimuvad nende asendite muutused Maalt nähtuna väga aeglaselt.

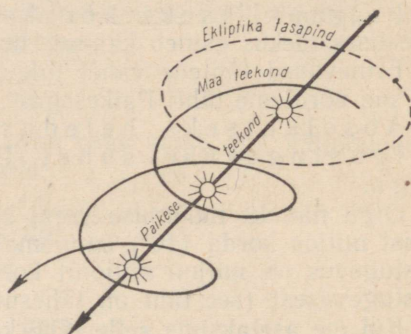
Tähtede liikumisi võib avastada ja uurida kahel viisil: spektraalanalüüsi abil ja tähtede asendite määramise abil taevaskeral.

Kui täht liigub meie poole või meist eemale, siis see avastatakse joonte nihkumise põhjal tema spektris. See kiirus määratakse otse kilomeetrites sekundis spektrijoonte nihkumise suuruse põhjal.

Tähe liikumise kiiruse see komponent, mis on risti suunale, milles me vaatame tähele, spektraalanalüüsi abil ilmsiks ei tule, sest selle liikumise puhul täht meile ei lähene ega kaugene meist. Tähe liikumise kiiruse seda komponenti võib määrata tähe nihkumise põhjal taevaskeral. Seda mõõdetakse kaaresekundites aasta kohta, kui aga tähe kaugus on teada, siis võib seda väljendada ka kilomeetrites sekundi kohta.



Joon. 83. Suure Vankri seitsme tähe asendi muutus nende omaliikumise tulemusel:
 ülal — 50 000 aastat tagasi, keskel — praegusel ajal, all — 50 000 aasta pärast.



Joon. 84. Maa ja Päikese liikumine ruumis tähtede suhtes.

Tähtede nihkumist taevaskeral võib märgata ainult antud taevaala fotode võrdlemise teel, kui need fotod on tehtud mitmeaastase ajavahemiku järel, ja sedagi ainult nende fotode hoolika mõõtmise põhjal mikroskoobi abil. Aja jooksul peavad niisugused tähtede nihkumised muutuma tajutavaks ka paljale silmale. Näiteks Suure Vankri tähtede liikumise tulemusena, igaüks oma eri suunas, nihkuvad need tähed mitmekümne tuhande aasta pärast üksteise suhtes tunduvalt ja Suure Vankri «rataste» asetus muutub nõnda, nagu on näidatud joonisel 83.

Meie päikesesüsteem liigub Lüüra ja Herkulese tähtkuju suunas kiirusega $20 \frac{\text{km}}{\text{sek}}$ (joon. 84).

Meenutagem, et tähed tähtkujudes on ainult näivalt üksteise lähedal, tõeliselt aga asuvad nad väga suurtes ja väga erinevates kaugustes nii meist kui ka üksteisest. Seepärast ei saa üldse esitada küsimust selle kohta, «millal me lendame nende tähtkujudeni».

Lüüra ja Herkulese tähtkuju tähtedele lähenemisel lähevad need tähed meie ees laiali just nagu puud metsale lähenemisel, mis kaugelt vaadatuna näib meile pideva seinana. Nende tähtkujude piirjooned muutuvad kauges tulevikus täielikult ja Päikese naabriteks osutuvad teised tähed, kuid kaugused nendeni jäävad endiselt äärmiselt suurteks.

Arvestades tähti üksteisest lahutavate kauguste tohutut suurust, ei või olla juttugi Päikese kokkupõrkest mõne tähega. Tähtede kokkupõrkamine on niisama vähe tõenäoline kui teatri või klubi suure saali vastasotstes hõljuva kahe tolmukübeme kokkupõrkamine.

44. Hiid- ja kääbustähtede temperatuurid ning mõõtmed. On kerge märgata, et tähed on mitmesuguse värvusega — ühed on valged, teised kollased, kolmandad punased jne. Heledatest tähtedest on näiteks valged Siirus ja Veega, kollane — Kapella, punased — Betelgeuse ja Antares. Eri värvusega tähtedel on ka erinevad spektrid ja erinevad temperatuurid. Sarnaselt kuumutatavale rauatükile on valged tähed kõige kuumemad, punased aga vähem kuumad.

Erinevused tähtede spektrites seisnevad mitmesuguses heleduse jaotuses piki nende pidevat spektrit ja selles, et tumedate joonte asetus ning intensiivsus pideva spektri taustal on erinevad.

Tähtede spektrite erinevused tulenevad peamiselt nende atmosfääride temperatuuride erinevusest, sest iga keemilise elemendi aatomite spektrid muutuvad nende temperatuuride tugeval muutumisel.

Tähtede temperatuure uuritakse eelpool kirjeldatud meetodite abil. Selle uurimise tulemusena on kindlaks tehtud, et kõige kuumemad on sinakad tähed, seejärel tulevad valged tähed. Nende pinna temperatuur on 10 000—30 000°, kuid leidub veel kuumemaidki tähti, temperatuuriga kuni 100 000°. Kollased tähed on jahtumad; nende pinna temperatuur on umbes 6000°. Kõige vähem kuumad on punased tähed: nende pinna temperatuur on ainult 3000°, vahel aga isegi 2000° ja vähem. Tähtede sisemuses, nagu Päikese sisemuseski, ulatub temperatuur paljude miljonite kraadideni.

Võrreldes Päikese ja tähtede spektreid ning temperatuure, tuleme järeldusele, et Päike on keskmise temperatuuriga (6000°) kollane täht.

Tähtede temperatuuride erinevuste kõrval saab nende spektrite järgi kindlaks määrata ka erinevused nende keemilises koostises, mis üldiselt kõigil tähtedel on ühesugune ning lähedane Päikese ja Maa keemilisele koostisele. Uurides tähtede spektreid,

me avastame tähtedel neidsamu keemilisi elemente, mis on meile tuntud Maal ja Päikesel. See tõestab veel kord aine materiaalsust, millest koosnevad Maa ja kõik teised taevakehad, ning kummutab usulised tõekspidamised erinevustest maa ja taeva vahel.

Praegu on teadusel tähtede mõõdete määramiseks mitu meetodit. Ühte neist me selgitame järgmises näites.

On teada, et tähe pinna ruutsentimeetrilt kiiratud energia hulk kasvab koos tähe temperatuuriga.

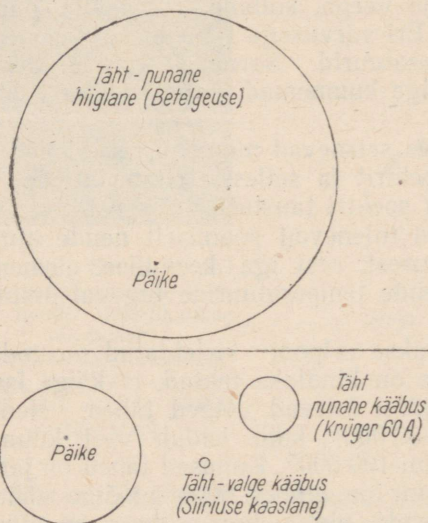
Tähe kogukiirgus (tema absoluutne heledus) on võrdne energia hulgaga, mida kiirgab tema pinna üks ruutsentimeeter, korrutatud pinna suurusega. Seepärast, kui mõne tähe temperatuur ja absoluutne heledus on ühesugune meie Päikese omaga, siis võime väita, et pinna suurus (järelikult ka läbimõõt) on tähel sama mis päikeselgi.

Kui sama temperatuuri puhul nagu Päikesel tähe absoluutne heledus on 16 korda suurem, tähendab see seda, et tema pind on 16, läbimõõt aga 4 korda suurem kui Päikesel. Analoogiliselt võib

määrata ka teiste tähtede läbimõõte, viies sisse paranduse nende tähtede temperatuuride erinevuse kohta Päikese temperatuurist. Saadud tulemusi kontrollitakse teiste meetoditega ja selgub, et nad on üksteisega täielikus kooskõlas.

Hiidtähtedeks nimetatakse suure absoluutse heledusega tähti, kääbus-tähtedeks aga väikese absoluutse heledusega tähti. Kuid ka mõõteilt kohtame tähtede hulgas nii hiiglaste kui kääbuseid (joon. 85).

Jagunemine hiiglasteks ja kääbusteks esineb kõige teravamalt kõige jahedamate, punast värvi tähtede



Joon. 85. Päikese, kääbus- ja hiidtähtede suhtelised suurused.

juures. Punased hiiglasted on kõige suuremad.

Punaste hiidtähtede hulka kuuluvad Betelgeuse ja Antares. Esi- mesel neist on läbimõõt ligikaudu 400, teisel 300 korda suurem Päikese läbimõõdest. Hiidtähe Betelgeuse sisse võiksid mahtuda päikesesüsteemi kõigi planeetide orbiidid kuni Marsini, viimane kaasa arvatud. Gaas, millest koosnevad punased hiidtähed, on väga hõre; tema tihedus on tuhandeid korda väiksem toa õhu tihedusest.

Punased kääbused pole paljale silmale nähtavad. Üks neist, meile väga lähedane täht (nr. 60 Krügeri kataloogi järgi), on läbi-möödult $2\frac{1}{2}$ korda väiksem Päikesest. Gaasid, milledest ta koosneb, on niivõrd tugevasti kokku surutud, et nende keskmine tihedus on 4,5 korda suurem vee ja 3 korda suurem Päikese tihedusest.

Mida väiksemad on tähed, seda suuremal arvul esineb neid maailmaruumis, punaseid hiidtähti aga esineb väga harva. Oma suuruselt osutub Päike tavaliseks täheks, mitte eriti suureks, kuid mitte ka väga väikeseks.

On olemas tähti, mis oma absoluutselt hõleduselt kuuluvad kääbustähtede hulka, kuid mis on valget värvi ja kõrge temperatuuriga. Oma suuruselt kuuluvad valged kääbustähed kõige väiksemate tähtede hulka. Nende mõõtmed on vahel väiksemad isegi Maa mõõtmeist. Valge kääbuse näitena võib tuua Siiriuse kaaslase. See nõrk täht tiirleb planeedi-sarnaselt ümber Siiriuse, kuid ta mass on peaaegu võrdne Päikese massiga ja ta kiirgab oma valgust.

Valgete kääbustähtede keskmine tihedus on äärmiselt suur: see ületab veetiheduse tuhandeid kordi. Ühe valge kääbustähe tihedus on sedavõrd suur (tihedus $5 \cdot 10^7 \text{ g/cm}^3$), et kui tema ainega täita sõrmkübar, võiks ta tasakaalustada raudteeveduri.

Maa peal me ei tunne sellise hiiglasliku tihedusega aineid. Sealjuures aga koosnevad valged kääbused nendesamade keemiliste elementide aatomitest, milledest koosneb Maa. Selle mõistatuse lahenduse annab aine aatomite ehituse ja tähtede sees valitsevate füüsiliste tingimuste tundmine.

Keemiliste elementide aatomid osutuvad keerulisteks süsteemideks, mis koosnevad tuumadest nende ümber ringlevate elektroni-dega. Peaaegu kogu aatomi mass on koondunud tema tuuma, aatomi suuruse aga määravad tuumast kõige kaugema elektroni orbiidi mõõtmed. Need mõõtmed määravad piiri, milleni on võimalik lähendada atomeid rõhumise mõjul. Valgete kääbustähtede sisemuses valitsevad tohutult kõrged temperatuurid ja rõhud. Kõrge temperatuuri tõttu rebitakse elektronid aatomitest lahti ja viimastest jäävad järele ainult nende tuumad, millede mõõtmed on väga väikesed, võrreldes elektronide orbiitide mõõtmetega. Seepärast võivad määratu suurte rõhkude mõjul mõõtmeilt vähenenud aatomid olla üksteise ligi surutud hoopis suuremal määral, mille tulemusena tekibki äärmiselt tihe aine. Maa peal pole nii kõrgeid temperatuure ega nii suuri rõhkusid, mis võiksid ainet viia sellisesse olekusse.

Valgete kääbustähtede uurimise näitest selgub meile, kuidas astronoomia rikastab meie füüsika-alaseid teadmisi aine ehituse alal.

On kindlaks tehtud, et hiidtähtede massid on suuremad kui kää-

bustähtede massid, kuid need erinevused pole väga suured. Kõige raskemate tähtede massid on Päikese massist kümme korda suuremad, kõige kergemate massid aga mõned korrad väiksemad. Äärmiselt harva esineb tähti, mille mass moodustab Päikese massist ainult mõne kümnendiku. Järelikult on Päike oma massilt keskmine täht.

Me näeme, et kõigi füüsikaliste tunnuste vaatekohalt — värvuselt, spektrilt, suuruselt, temperatuurilt ja massilt — osutub Päike tavaliseks, mitte millegi poolest eriliselt silmapaistvaks täheks.

45. Kaksiktähed ja muutlikud tähed. Paljud tähed moodustavad kahest tähest koosnevaid süsteeme. Vastastikuse külgetõmbe mõjul tiirlevad tähed nende ühise raskuspunkti ümber. Niisuguseid tähti

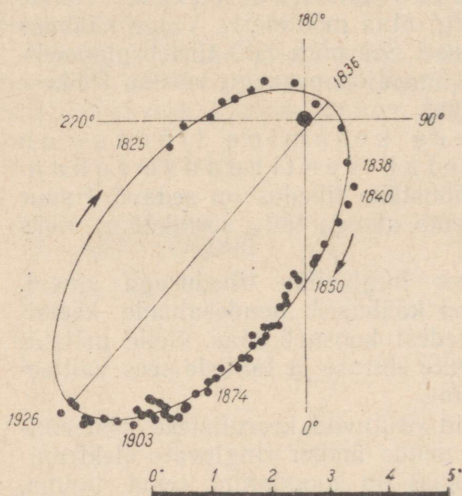
nimetatakse füüsilisteks kaksiktähtedeks. Paljale silmale liituvad sellised tähed harilikult üheks ja me näeme neid kui ühte tähte. Ainult teleskoobi, vahel aga alles spektraalanalüüsi abil võib kindlaks teha, et vaadeldav täht on kaksiktäht.

Mõnikord juhtub, et kaks tähte, mis on kaugel teineteisest taga ega ole seotud vastastikuse külgetõmbega, paistavad peaaegu ühes ning samas suunas, nii et paljale silmale nad liituvad üheks täheks. Niisuguseid tähti nimetatakse optilisteks kaksiktähtedeks.

Füüsilised kaksiktähed tiirlevad teineteise ümber mitmesuguste perioodidega ja mitmesugustel kaugustel (joon. 86). Üldse — mida lähemal nad teineteisele on, seda lühemad on nende tiirlemisperioodid, mis mõnede tähtede puhul möötuvad tundidega, teiste juures aga aastasadadega.

Sageli on kahest tähest üks ühte värvi (näiteks kollane või punane), teine aga teist värvi (näiteks valge või helesinakas). Neid teleskoobiga vaadelda on väga huvitav.

Kujutlege endile, kuidas peaks muutuma valgus planeetidel, mis tiirlevad selliste kaksiktähtede ümber, kui horisondi kohale tõuseb vahel punane, vahel helesinine päike, vahel aga mõlemad päikesed korraga.



Joon. 86. Kaksiktähe kaaslaste orbiit peatähe suhtes. (Orbiidil on märgitud tema asendid vastavalt aastail. Punktide laialipaisatus on tingitud vaatlusvigadest.)

Suure hulga kaksiktähti avastas vene teadlane, Pulkovo observatooriumi esimene direktor V. Struve ja ta poeg O. Struve.

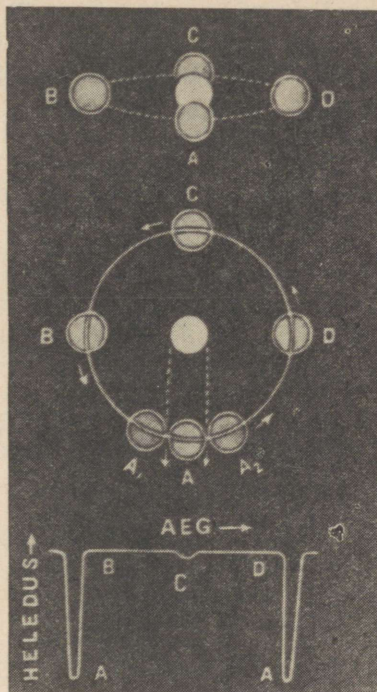
Vahel esineb süsteeme, mis koosnevad mitte kahest, vaid kolmest või koguni neljast tähest. Need on nn. mitmekordsed tähed.

Vahel on kaks tähte oma vastastikusel tiirlemisel teineteisele niivõrd lähedal, et isegi kõige võimsama teleskoobiga pole võimalik neid lahus näha. Sellisel juhul tuleb sageli appi spektraalanalüüs. Niisuguste kaksiktähtede spektrid katavad teineteist. Aga et vahel mõlemad tähed oma tiirlemisel mööda orbiiti liiguvad meie suhtes vastassuundades, siis ka nende spektrijooned nihkuvad vastassuundades ja spektrijooned kahestuvad. Nende nihkumise suurus muutub perioodiliselt, sest et iga täht liikudes mööda orbiiti kord läheneb meile, kord kaugeneb meist. Tähti, millede kaksiklus ilmneb ainult spektraalanalüüsi abil, nimetatakse spektraalkaksikuteks.

Mõnedel juhtudel, kui kaksiktähe orbiidi tasapind läbib just sihti, milles me sellele tähele vaatame, katab üks täht perioodiliselt teist. Seetõttu niisuguse kahest tähest koosneva süsteemi kogu valgushulk, mida me näeme, ajutiselt muutub. Tähti, millede nähtav summaarne heledus perioodiliselt muutub seetõttu, et nad on kaksikud ja et üks tähtedest perioodiliselt katab ehk varjab teist, nimetatakse varjutuskaksikuks tähtedeks. Vahel nimetatakse neid ka kattumismuutlikeks (varjutusmuutlikeks) tähtedeks ehk algoliidideks, sest seda liiki tüüpiliseks täheks on β Perseuse tähtkujus, mida araablased nimetasid Algoliks.

Algoli heleduse muutused, mis on tüüpilised seda liiki tähtedel, on kujutatud kõvera abil joonisel 87. Kattumise ehk varjutuse algusega hakkab heledus kiiresti langema, saavutab miinimumi varjutuse keskmomendil ja seejärel uuesti tõuseb. Tänapäeval on juba tõestatud, et tähed pöörlevad ümber oma telje nagu Päike.

Eespool nägime, et on olemas tähti, mille summaarse heleduse muutumine osutub näivaks ja toimub geomeetrilise põhjuse — varjutuse tõttu. Nende tähtede poolt kiiratud energia hulk tõeliselt

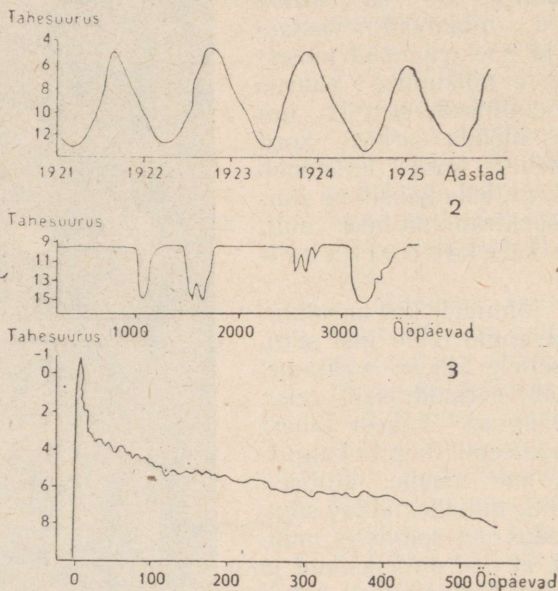


Joon. 87. Varjutuskaksiku tähe Algoli süsteem ja tema heleduse muutumise kõver.

ei muutu. Kõrvuti nendega esineb tähti, millede kiirgusenergia kõigub. Selliseid tähti nimetatakse füüsiliselt muutlikeks tähtedeks.

Füüsiliselt muutlikke tähti on mitu eri tüüpi, mis erinevad nii heleduse muutuse kõverate kui ka teiste füüsiliste tunnuste poolest.

Kõigepealt liigitatakse füüsiliselt muutlikud tähed perioodilisteks ja korrapäratuiks. Esimestel esinevad heleduse muutused pidevalt, kindla seaduse järgi ja rangelt perioodiliselt. Nende kohta võib aegsasti ennustada, milline on nende heledus kindlaksmääratud momendil. Teistel toimuvad need muutused korrapäratult, ilma ühegi perioodita, ja heleduse kõikumised ise on kord tugevamad, kord nõrgemad, ilma igasuguse seaduspärasuseta.



Joon. 88. Mitmesugust tüüpi füüsiliselt muutlike ja uute tähtede heleduse muutuse kõverad.

Mõnede muutlike tähtede heleduse muutuse kõverad on kujutatud joonisel 88. Nende heleduse muutuse põhjused on veel vähe uuritud.

Mõningate perioodiliselt muutlike tähtede heleduse muutumise periood kestab ainult umbes üks tund, teistel ulatub see aga aastani ja veel enam. Heleduse muutumise põhjus seisneb perioodilises pulseerimises, s. o. tähe paisumises ja kokkutõmbumises, millega kaasnevad temperatuuri muutused.

Paljudel muutlikel tähtedel (tsefeiididel) sõltub heledus selle muutumise perioodist ja iseloomust ning teda saab määrata

teades (vaatluste põhjal) heleduse muutumise perioodi. Võrreldes seda heledust muutliku tähe näiva heledusega, teeme kindlaks kauguse selle täheni. Nii määratakse kaugusi kaugete tähesüsteemideni, mille hulka kuuluvad tsefeiidide tüüpi muutlikud tähed. Kuna need tähed on suure heledusega ja kaugele nähtavad, nimetatakse neid vahel «maailmaruumi majakaiks».

Vahete-vahel on pandud tähele, et mõnes taevaosas lööb äkki särema täht, mida seal varem pole nähtud ja mis hiljem nõrgeneb uuesti kaob meie silmist. Selliseid tähti nimetati uuteks tähtedeks. Hiljem selgus, et need tähed pole tõeliselt uued: väga nõrkade tähtedena olid nad olemas ka varem, kuid mõnesugusel põhjusel tugevnesid nad heleduses äkki kümneid tuhandeid kordi. Uuteks tähtedeks nimetatakse selliseid tähti, mis heleduselt järsku tugevnevad mitmeid kümneid tuhandeid kordi ja seejärel aegamisi kahanevad jälle endiseks. Näiteks uus täht Kotka tähtkujus enne ja pärast süttimist oli $10\frac{1}{2}$ tähesuurusega, kuid mõne päeva kestel 1918. a. säras ta esimese suuruse tähena.

Uute tähtede igakülgne uurimine näitas, et nende heleduse suurenemise põhjuseks on nende pinna äkiline paisumine. Tähe atmosfäär, mis on suurusjärgult ühesugune Päikese omaga, paisub mõne tunni jooksul suureks kui hiigelmull ja ta läbimõõt muutub suuremaks Maa orbiidi läbimõödust. Paisumise põhjuseks on mõnesugused plahvatused, mis toimuvad tähe sisemuses. Meie Päike nii viisi plahvatada ei saa, sest plahvatavad ainult teatud tüüpi väga kuumad tähed, milliste hulka Päike ei kuulu.

Suurima heleduse momendil tähe atmosfäär eraldub temast: kiiresti paisudes kanduvad atmosfääri gaasid tähelt igale poole laiali kiirusega mõnisada kilomeetrit sekundis ja hajuvad viimaks maailmaruumis. Gaasilised udukogud, mis tekivad kõige heledamate uute tähtede purskel, on kuni hajumiseni kõige võimsamaks radiokiirguse allikaks meie tähesüsteemis.

Muutlike ja uute tähtede vaatlused on kooliõpilastele täiesti jõukohased ja kättesaadavad.

TÄHESÜSTEEMID JA DIFUUSNE MATEERIA

46. Täheparved. Linnutee ja Galaktika. Mõnes kohas taevavõlvi võib teleskoobiga ja vahel ka palja silmaga näha tihedaid tähtede sagaraid ehk täheparvi. Neid on kahte tüüpi: hajunud ja kerakujulised (kerasparved).

Hajunud täheparvedes on mõni sada või mõni tuhat tähte korrapäratult laiali pillatud taevavõlvi väikesele osale. Kõik need tähed on ruumis tõepoolest üksteise lähedal ja on seotud vastastikuse külgetõmbega.

Tähtede kerasparved sisaldavad sadu tuhandeid tähti, mis tihenevad nende kerakujuliste

parvede keskpunkti suunas. Nende parvede tähed on samuti seotud vastastikuse külgetõmbega ja mida lähemale parve keskpunktile, seda lähemal üksteisele on seal tähed ruumis. Kerasparvede mõõdet on hajunud täheparvede mõõtest palju kordi suuremad, kuid et kerasparved on meist hoopis kaugemal, siis võib nende ehitust märgata ainult võimsa teleskoobi abil.

Tüüpiliseks hajunud täheparveks on tähesagar Plejaadid Sõnni tähtkujus, mis vene rahvakeeles kannab ka Kuhjatara nime (joon. 89). Palja silmaga paistab selles sagaras ainult 6 tähte, binoklis mõnikümme, teleskoobis on aga kogu vaateväli tähtedega üle puistatud.



Joon. 89. Hajunud täheparv — Plejaadid.



Joon. 90. Kerajas täheparv — Herkulese tähtkujus.

Tüüpiline tähtede kerasparv esineb Herkulese tähtkujus, kuid binoklis või nõrgas teleskoobis ta paistab uduse tähena. Ainult võimas teleskoop näitab, et see on tihe kerasparv, mis koosneb sadadest tuhandetest tähtedest (joon. 90). Sellise kerasparve läbimõõt moodustab umbes sada parsekki, kuna hajunud täheparvede läbimõõtu, näiteks Plejaadidel, mõõdetakse ainult mõne parsekiga.

Linnutee nimetust kannab hele hõbedane vöö, mis paistab tähistaevas selgel pimedal ööl. Ta ulatub ümber kogu taeva kui määratu suur võru. Ühes kohas on ta laiem, teises kitsam, ühes kohas nõrgem, teises heledam.

Teleskoobis, eriti aga fotodel paistab, et Linnutee koosneb äärmiselt nõrkade tähtede määratu suurest kogust (joon. 91).

See näitab, et meie tähesüsteemi ulatus on suurem selles suunas, millises paistavad nõrgemad (s. o. kaugemad) tähed ja suu-

remal hulgal, s. o. Linnutee tasapinnas. Sellest et Linnutee osutub peaaegu täpselt taevaskera suurringiks, jäeldame, et kogu meie tähesüsteem laiub Linnutee tasapinnas ja meie asume selle tasapinna läheduses.

Tähtede ruumilise jaotuse uurimine näitas, et kõik tähtkujude ja kõik Linnutee tähed on ühtne, gigantne tähesüsteem, mida nimetatakse Galak-



Joon. 91. Osa Linnuteest, pildistatud teleskoobi abil.

tikaks. Kogusummas koosneb Galaktika enam kui sajast miljardist tähest, milledest üks on meie Päike. Tähtede üldise paigutuse poolest meenutab Galaktika läätse kuju.

Jooniselt 92 näeme, kuidas paistaks meile Galaktika, kui vaadelda teda maailmaruumist mitmest küljest.

Galaktika tähed kuhjuvad tema sümmeetriatasapinna ja keskpunkti poole. Nende tähtede suure hulga seas esinevad gigantsed

tiendid, just kui tähtedest koosnevad pilved, nende pilvede sees aga on väiksemad tiendid — need on täheparved.

Meie Galaktika võrdlusest teiste tähesüsteemidega, mis on kirjeldatud järgmises paragrahvis, peab oletama, et tal on peale selle spiraalne ehitus (vt. joon. 92).

Meie päikesesüsteem asub Galaktika sees, viimase tasapinna lähedal. Seepärast, vaadates selles tasapinnas mis tahes suunas,

tungib meie vaade läbi suurima tähtede hulga Galaktika suurima ulatuse sihis. Siin meie silm kohtab hulga kauged tähti, mis paistavad väga nõrkadena ja mis seetõttu paljale silmale liituvad pidevaks uduseks vööks — Linnuteeks.

Päikesesüsteem on väljaspool Galaktika tuuma, mis asetseb Amburi tähtkuju suunas. Meilt kuni selle tuumani on umbes 7000 parsekki. Galaktika läbimõõt aga moodustab umbes 30 000 parsekki, s. o. valgus levib tema ühest äärest teiseni umbes 100 000 aastat; teravad piirjooned Galaktikal puuduvad.

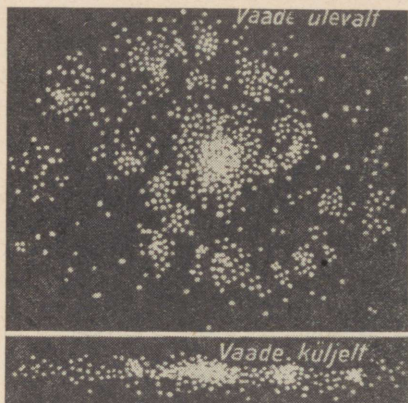
Kogu Galaktika on pöörlevas

liikumises ümber telje, mis on risti tema tasapinnaga, mida seetõttu nimetatakse galaktika ekvaatori tasapinnaks. Päikesesüsteem võtab osa sellest üldisest liikumisest ja tõtates mööda oma orbiiti kiirusega umbes 200 km/sek., teeb ühe täisringi ümber Galaktika keskpunkti ligikaudu 200 miljoni aastaga.

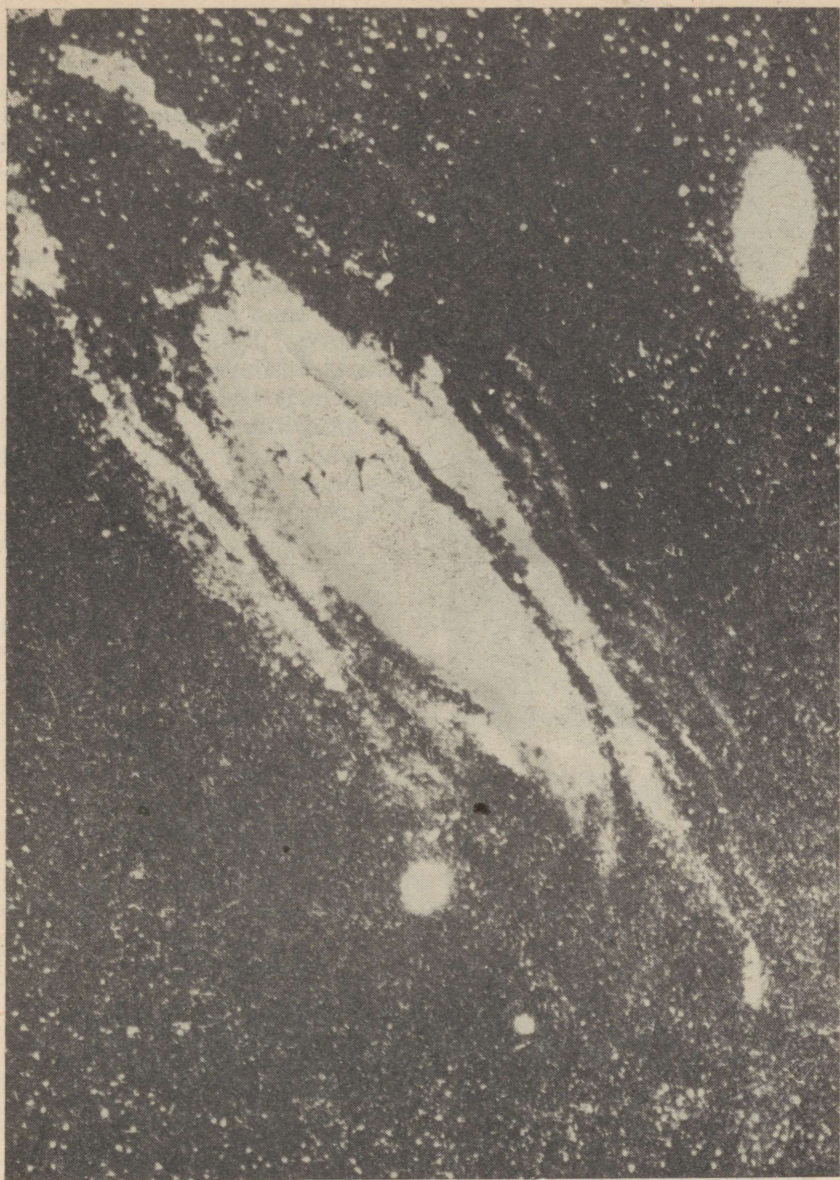
Varem kirjeldatud päikesesüsteemi liikumine kiirusega 20 km/sek. on aga tema liikumine selle tähepilve tähtede suhtes, mille hulka ta kuulub. Kõiki andmeid Galaktika kohta täpsustatakse igal aastal.

47. Teised tähesüsteemid — galaktikad. On kindlaks tehtud, et meie Galaktika pole ainuke tähesüsteem. On olemas suur hulk teisi temataolisi tähesüsteeme, mida nimetatakse galaktikateks. Meile lähimaks on spiraalne galaktika Andromeda tähtkujus (joon. 93). Paljale silmale ja isegi teleskoobis paistab ta uduse laiguna. Võimsate teleskoopide abil tehtud fotolt ilmneb, et tõeliselt on see hiiglasuur täheparv.

Et me seda galaktikat näeme tema telje suhtes mõnesuguse nurga all, siis on tal väljavenitatud, piklik kuju. Hagijate tähtkujus (joon. 94) olev teine samasugune galaktika on asetatud meie suunas «fassaadiga» ja tema spiraalseid harusid me näeme moonutamata kujul. Mõnda galaktikat me näeme küljelt ja seetõttu



Joon. 92. Galaktika ehituse skeem.



Joon. 93. Spiraalne galaktika Andromeda tähtkujus.

need, olles tõenäoliselt samuti spiraalse ehitusega, on värtnakujulised (joon. 95). Kõik need kujud peavad olema ka meie Galaktikal, kui teda vaadelda mitmesuguste nurkade all suurest kaugusest.

Galaktika Andromeda tähtkodus — üks meile lähimaid galaktikaid — asub meist eemal ligikaudu miljon valgusaastat. Maailma kõige suurema (5-meetrilise läbimõõduga läätsega) teleskoobi abil pildistatud kaugeimad galaktikad on meist peaaegu miljardi valgusaasta kaugusel.

Galaktikate mõõted ja neid moodustavate tähtede arv on umbes samasugused kui meie Galaktikalgi, olgugi et viimane kuulub suurimate tähesüsteemide hulka. Kõik need galaktikad pöörlevad ümber oma telje tavaliselt meie Galaktikale.

48. Difuusne materია. Peale udulaikude, mis tegelikult osutuvad kaugeteks tähesüsteemideks, võib taevavõlvil näha heledaid uduseid laike — udukogusid, mis koosnevad äärmiselt hõredast, ehk nagu öeldakse difuussest aineest.

Niisugused heledad udukogud liigitatakse oma kuju poolest difuusseiks (ähmased, tombulise kujuga) ja planetaarseiks udukogudeks (väikesed, ümmarguse kujuga).

Planetaarsete udukogude keskpunktis (joon. 96) asetseb alati nõrk täheke, udukogude kuju on aga ringikese või rõngakese tavaline. Selliste planetaarsete udukogude näitena esineb udukogu Lüüra tähtkujus. Planetaarsetel udukogudel pole midagi ühist pla-



Joon. 94. Spiraalne galaktika Hagijate tähtkujus.



Joon. 95. Spiraalne galaktika küljelt vaadatuna.

neetidega ja oma nimetuse nad said sellest, et teleskoobis meenutab nende kuju planeetide kettaid.

Difuusse udukogu näitena võib tuua udukogu Orioni tähtkujus (joon. 97), mis on hästi nähtav juba tugeva binokliga. Heleda kuu-

valguse puhul pole udukogud muidugi nähtavad. Nende ehitus ilmneb kõige paremini fotodel.

Spektraalanalüüsi abil selgus, et mõned heledad udukogud (nende hulgas kõik planetaarsed) koosnevad äärmiselt hõredast külmast gaasist. See gaas helendab nende kõige kuumemate tähtede valguse mõjul, mida ta ümbritseb. Teatud määral on see helendamine sarnane gaasi helendamisega hõrendustorus elektrilahenduse mõjul.

Teised heledad udukogud koosnevad kuhjunud tolmust, mis helendab mõnelt lähedaselt küllaldase heledusega tähelt peegeldunud valgusest. On olemas udukogusid, mis koosnevad tolmu ja gaaside segust, millede hulgas domineerivad vesinik, hapnik, heelium ja lämmastik.

Planetaarsete udukogude mõõted ületavad harva üht parsekki, difuusete mõõted aga ulatuvad kuni saja parsekini. Nii ühed kui ka teised koos tähtedega kuuluvad meie Galaktika



Joon. 96. Planetaarsed udukogud.

ja teiste galaktikate koosseisu, mistõttu nad kannavad üldnimetust — galaktilised udukogud.

Kõrvuti heledate udukogudega võib Linnutee vöös näha tumedaid udukogusid — mustade laikudena Linnutee helendaval foonil (joon. 98). Taeva lõunapoolkeral on kaks eriti musta laiku Linnutees nimetatud isegi «söekottideks».

Uurimused on näidanud, et need on gigantsed kõige peenemast tolmust koosnevad pilved, mis varjavad meie eest kaugete tähtede valgust. Udukogu foonil paistavad ainult need tähed, mis on meile lähemad kui pilv ise. Enamik tumedatest udukogudest on kuhjunud Galaktika ekvaatori tasapinnas. Valguse neeldumisega niisuguste udukogude poolt on seletatavad ka tumedad ribad, mida võib näha piki värtnataoliste, s. o. meie poolt ekvaatori tasapinnas nähtavate galaktikate külgi (joon. 95).

Tolmupilved (tumedad udukogud) näevad välja nagu heledad udukogud, kui neid valgustab neile lähedal asuv täht.

Planeetide, tähtede, udukogude ja galaktikate vaheline ruum pole absoluutselt tühi, vaid on täidetud difuusse mateeriaga. Temas lendab meteorokehi ja nende osakesi, tolmutükke, molekule, üksikuid aatomeid ja elektrone. Selle difuusse keskkonna tihedus on äärmiselt madal, ta on 10^{24} korda väiksem vee tihedusest. Gaasidest või tolmust koosnevatel udukogudel on ta sada või tuhat

korda suurem, kuid sedagi tihedust me pole veel võimelised saavutama õhu hõrendamisel parimategi õhupumpade kupli all.

Olgugi et tähtedevahelise difuusse keskkonna tihedus on väga väike, tekitab see keskkond väga kaugete tähtede valguse tunduvat neeldumist. Ta nõrgendab nende heledust ja teeb nad punase-



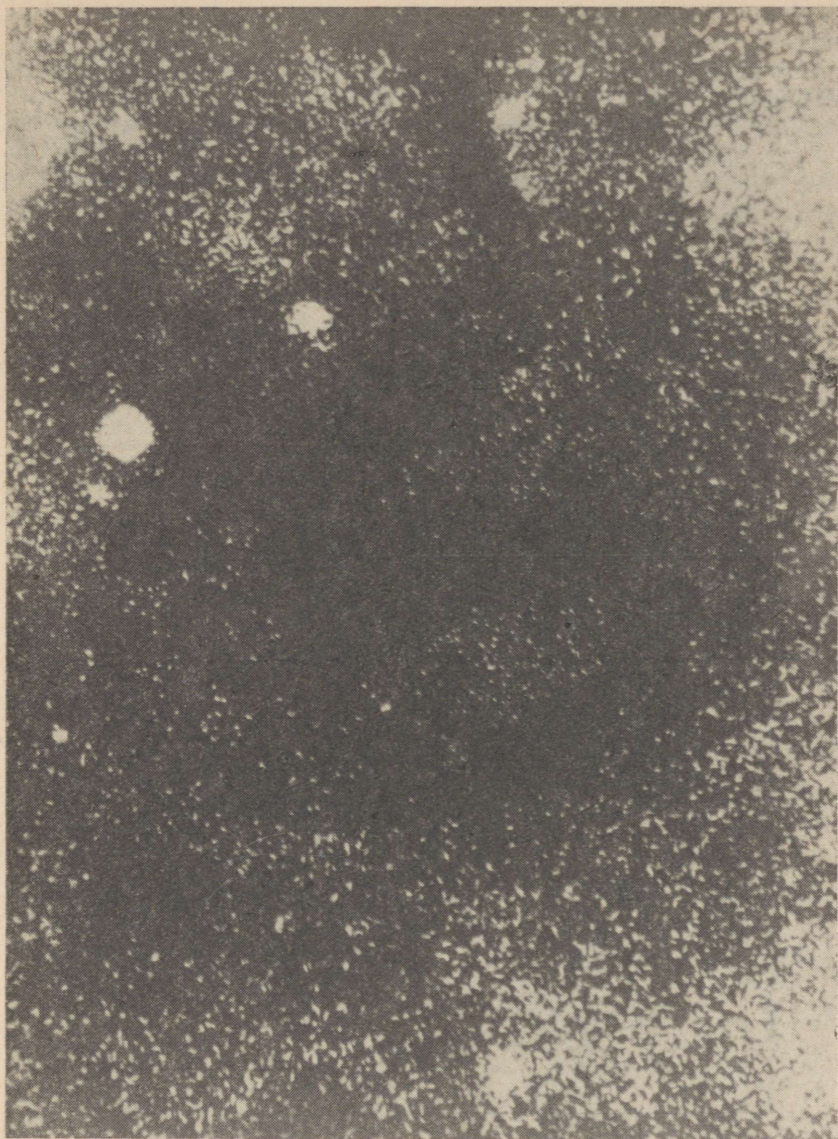
Joon. 97. Difuusne gaasiline udukogu Orioni tähtkujus.

maks. 1847. aastal tegi meie kuulus kaasmaalane V. Struve kindlaks tõsiasja, et tähtedevaheline ruum neelab valgust. Üldist tunnustamist leidis see fakt alles XX sajandil.

Seda, et maailmaruumis valgus osaliselt neeldub, peavad astronoomid alatasa silmas pidama ja arvestama kaugete tähtede uurimisel.

Tähtedevaheline keskkond, nagu tumedad udukogudki, tiheneb Galaktika tasapinna poole. Gaasilised udukogud ja tähtedevaheline gaas saadab välja raadiolaineid, millede uurimine aitab meil tundma õppida nende loomust ja asendit isegi seal, kus nad ei helendu.

49. Universumi lõpmatus. Religiooni pooldajad harilikult väidavad, et meie maailm on lõplik ja piiratud. See väide viib selle tunnustamisele, et väljaspool materiaalselt maailma on teistsugune



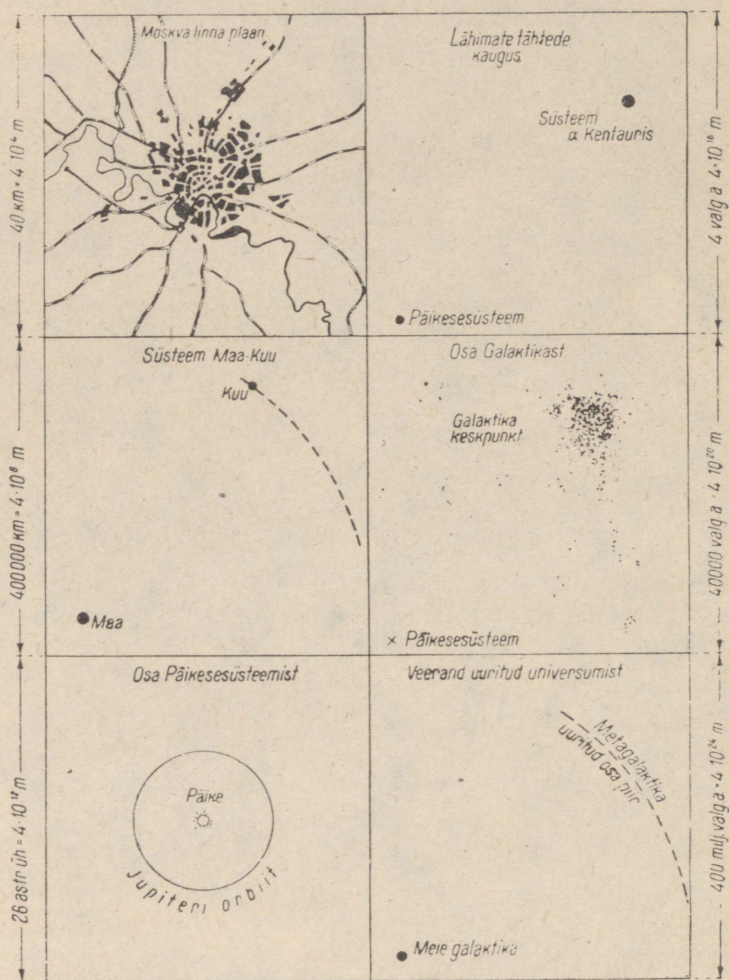
Joon. 98. Tume tolmust koosnev udukogu Maokandja tähtkujus.

maailm — mittemateriaalne ja just nagu tunnetamatu. Selles kahe maailma vastandamises seisabki igasuguse usulise, idealistliku maailmavaate alus.

Eesrindlik materialistlik teadus lähtub sügavast veendumusest, et maailm on ühtne, et tema ühtsus seisab kogu olemasoleva mate-

riaalsuses ja et seetõttu ta on täiesti kättesaadav tunnetamisele meie meeltega. Maailmas pole midagi tunnetamatut, üliloomulikku.

Uued teaduslikud avastused iga kord kinnitavad neid põhilisi seisukohti.



Joon. 99. Universumi mõõtkava.

Oli kord aeg, millal kõik taevakehad arvati olevat paigutatuna taevastel sfääridel mõne tuhande kilomeetri kaugusel Maast. Hiljem tehti kindlaks, et kaugus Päikeseni on 150 miljonit kilomeetrit, ja see kaugus võeti astronoomiliseks pikkusühikuks. Seejärel selgitati ka kaugused kuni lähimate tähtedeni ja võeti tarvitusele uus, veel suurem pikkusühik — parsek. Mõned uurijad oletasid, et

Linnuteega lõpeb kogu universum. Lõpuks tehti kindlaks, et spiraalsed udulaigud on teised tähesüsteemid, mis asetsevad sadade tuhandete ja miljonite parsekkide kaugusel. See ajendas tarvitusele võtma veel suuremaid pikkusühikuid — kiloparsekki, mis on võrdne tuhande parsekiga, ja megaparsekki, mis on võrdne miljoni parsekiga.

Teleskoopide võimsuse järjest suurenedes ja uurimismeetodite täienedes avastatakse meist ikka kaugemaid ja kaugemaid maailmu ning me veendume selles, et universum on piiritu ja lõpmatu. Millises suunas me ka liiguksime, me ei jõuaks kunagi lõpuni ja peaksime kohtama järjest uusi ja uusi maailmu, mis on alalise liikumise ja muutumise olekus.

V PEATÜKK.

TAEVAKEHADE TEKKIMINE JA NENDE ARENEMINE

50. Küsimus taevakehade tekkimisest ja nende vanusest. Küsimus sellest, kuidas tekkis Maa ja taevakehad, huvitab inimsugu tema teadliku elu esimestest astmetest alates. Selle küsimusega pöördusid vanaaja rahvad oma preestrite — usukultuse teenrite poole, kes, nagu usklikele näis, teadsid kõiki olemise saladusi. Kuid preestritel ei olnud mingisuguseid teaduslikke andmeid ei taevakehade tekkimisest, ega ka nende kehade loomusest, nende ehitusest. Teisest küljest, preestrid levitasid usku, austust jumalate ja oma seisuse vastu ja seepärast nad ise ei võinud jätta sellist küsimust vastuseta. Preestrid levitasid legende, et jumal või jumalad (sõltuvalt antud rahva usust) rajasid, löid maailma oma soovi kohaselt.

Üheks selliseks legendiks osutub jutustus maailma loomisest jumala poolt kuue päevaga. Ta tuuakse piiblis — juutide ja kristlaste pühas raamatus, mis on kirja pandud just nagu jumala oma sõnade järgi, kuid mis tõeliselt on laenatud vanaaja juutide poolt babüloonia preestritelt. Selles jutustuses on rohkesti otseseid vastuolusid ja absurdsusi. Nii näiteks kõneldakse seal, et alguses jumal «lõi valguse» ja «eraldas selle pimedusest», pärast aga, alles neljandal päeval, lõi Päikese, Kuu ja tähed. See jäme eksimus põhineb selle lihtsa tõe mittetundmisel vanaaja rahvaste poolt, et iga valgus tuleb mõnest valgusallikast. Enne Päikese ja teiste taevakehade kujunemist mingisugust valgust üldse ei saanud olla, ei saanud olla ka päevi, milledega legendis mõõdetakse maailma loomise kestust. Need legendid üldse on vastuolus teaduse põhiliste andmetega. Nende ekslikkus seisab esijoones selles, et maailm just nagu loodi ei millestki.

Katsetest on hästi teada, et ei millestki ei saa midagi teha, et materia on igavene, mitte loodav ja mitte häviv, ja et võimalikuks osutuvad ainult materia üleminekud ühest kujust ja ühest olekust teise. Samuti on hävimatu ka materia liikumine, temale igavesti omane energia. Energia on olemas igavesest ajast ja ta ainult muudab oma kuju. Aine jäävuse seadus ja energia jäävuse seadus, mis esimesena formuleeriti 1748. a. Lomonossovi poolt, on lähtekohaks teaduslike järelduste tegemisel maailmade tekkimise kohta.

Usulised legendid maailma loomisest jumala poolt, mis esitatakse kui «jumalikud ilmutused» ja mis seetõttu ei kuulu arviustusele, pidurdasid teaduse arengut. Praegugi nad etendavad sügavalt reaktsioonilist osa.

Väide maailma loomisest jumala poolt ei selgita üldse midagi ja ainult asendab ühe tundmatu teise tundmatuga. Teisest küljest, teades, et materia ja tema liikumine on hävimatud, me üldse ei pea esitama küsimust maailma tekkimisest tervikuna. Sellel küsimusel puudub mõte. Võib esitada küsimuse ainult üksikute taevakehade — Maa, Päikese, tähesüsteemide tekkimise kohta, sest ained, milledest nad koosnevad, ja liikumised, millest nad osa võtavad, pidid eksisteerima ka varem, kuid teisel kujul. Iga taevakeha, olles kord tekkinud, samuti kui kõik looduses, ei püsi sellisena muutumatult, vaid areneb, muudab oma kuju. Nii siis, taevakehade tekkimine, kujunemine ja arenemine on üksteisega tihedalt seotud.

Astronoomia osa, mis tegeleb taevakehade tekkimise ja arenemise küsimustega, nimetatakse kosmogooniaks.

Taevakehade vanuseks me nimetame aega, mis on möödunud nende kujunemisest kuni praeguse momendini. See on väga pikk ja võrreldes sellega on inimese elu ning teaduse vanus Maa peal ainult lühike hetk. Seda võib taibata juba selle põhjal, kui aeglaselt, olgugi et pidevalt, muutub meie Maa pind, samuti selle põhjal, et inimsoo olemasolu kestel pole Päikeselt kiiratav energia märgatavalt muutunud jne.

Maa vanust saab määrata mitmel viisil. Kõige täpsem neist on järgmine.

On teada, et radioaktiivsete keemiliste elementide aatomid spontaanselt lagunevad, muundudes teiste keemiliste elementide aatomiteks. Kui asetada näiteks kuskile teatud hulk uraani, siis aja jooksul tekib temas kindel, juba varem kindlaks määratav hulk seatina. Ja vastupidi: radioaktiivses maagis oleva seatina ja uraani hulga suhtest võib määrata, kui kaua kestis selle uraani lagunemine, s. t. kui vana ta on.

Mitmesuguste kivimite vanuse määramine on näidanud, et kõige vanemad neist on kujunenud 2 või isegi 3 miljardit aastat tagasi. Selline on ilmselt ka maakoore vanus.

Maa vanus tema kui taevakeha tekkimise momendist arvates peab olema suurem maakoore vanusest, s. o. suurem kahest-kolmest miljardist aastast. Maakoores leiduvate kivistunud taimede uurimine näitab, et Päikese kiirgamine pole oluliselt muutunud sadade miljonite aastate jooksul, s. o. et ta püsib praegugi sama kuumana kui 2—3 miljardit aastat tagasi. Tähendab Päike on vanem kui Maa.

Meie tähesüsteemi — Galaktika — vanus on kahtlematult suurem Päikese vanusest, ja tähendab ka Maa vanusest.

Kõiki neid andmeid tuleb arvestada, kui me tahame kujutleda endale üksikute taevakehade ja nende süsteemide tekkimist ning arenemist.

51. Planeetide süsteemide tekkimine. Päikesesüsteemi tekkimise, s. o. planeetide ja eriti Maa tekkimise selgitamine põrkab kokku kõige suuremate raskustega. Suurt osa neis raskustes etendab see asjaolu, et meie ei tunne seni mingisuguseid teisi taolisi süsteeme, kuigi nad peavad eksisteerima. Tõepoolest, kui me vaatleksime teisi päikesesüsteeme, siis nende hulgas tõenäoliselt leiduks süsteeme, mis on erinevaid arenguastmeid. Neid omavahel võrreldes me oleksime suutelised restaureerima päikesesüsteemi tekkimise ja arengu loo.

Ei tule aga unustada seda, et isegi praegusaja ülivõimsate teleskoopidega me ei suuda näha Maaga sarnaseid planeete ka kõige lähemate tähtede ümber — nii nõrgalt peavad nad helen-dama. Aga see asjaolu, et meie neid ei näe, ei tõesta sugugi veel seda, et neid tõeliselt pole olemas.

Juba on viidatud mõnede tähtede ümber ringlevate, esialgu veel nähtamatute väga suurte planeetide olemasolule. Nende olemasolu avastati sellega, et pandi tähele, kuidas mingite nähtamatute planeetide külgetõmbe mõjul kalduvad tähed oma liikumises veidi kõrvale. Seepärast ei saa olla päikesesüsteemide teke sugugi haruldaseks nähtuseks.

XVIII sajandi keskel esitas saksa filosoof Kant esimesena teadusliku oletuse — hüpoteesi — päikesesüsteemi tekkimise kohta. Sellise hüpoteesi esitas hiljem, Kantist sõltumata, ka prantsuse teadlane Laplace. Kanti arvates tekkis päikesesüsteem väikestest tahketest ja sealjuures jahedatest osakestest. Nende osakeste kaose ebaühtlus kutsus esile temas esinevate tihenduste kasvu, üksteise vastu põrkumine põhjustas aga tihenduste ringliikumise ümber kõige suurema tihenduse, millest saigi Päike. Tema ümber tekkinud väiksematest tihendustest said planeedid.

Laplace oletas, et päikesesüsteem tekkis suurest pöörlevast gaasilisest udugogust. Udukogu kokkutõmbumisel tema jahtumise tagajärjel pöörlemine kiirenes ja see põhjustas udukogu laperguseks muutumise, pöörlemiskiiruse edasine kasvamine aga viis seleni, et piki ekvaatorit hakkasid temast üksteise järel eralduma gaasirõngad, mis hiljem tihenesid kerakujulisteks planeetideks. Suure pöörlemiskiiruse juures ei suutnud udukogu osakesed püsida pöörlemistrajektorial ja, liikudes inertsil mõjul (puutuja suunas), hakkasid nad kaugenema pöörlemistsentrist. Algul põhjustas see udukogu lapikuse, hiljem aga osakeste eraldumise gaasirõngaste näol.

Praegusaja andmed aga räägivad, et terve rea põhjuste tõttu ei saanud päikesesüsteemid tekkida nii, nagu seda kujutasid Laplace

ja Kant. Kuid nende poolt näidatud võimalus taevakehade järkjärgulisest tekkimisest ja arenemisest materiaalsest vormidest osutus tähtsaks toeks universumi arenemise materialistlikul selgitamisel.

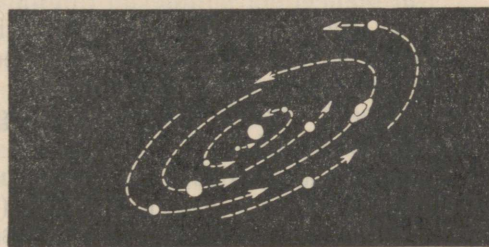
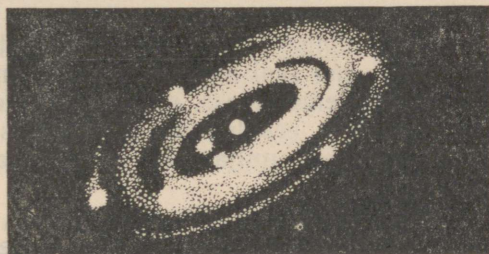
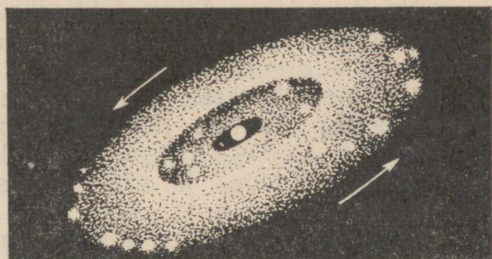
Kanti materialistlikke ideid planeetide tekke kohta jahedatest osakestest ja gaasidest on tänapäeval edasi arendanud nõukogude teadlased, tuginedes sealjuures mehhaanika-, füüsika- ja keemiaseaduste täpsele tundmisele.

Kõige üksikasjalisema hüpoteesi päikesesüsteemi tekkimise kohta gaasilisest tolmutilvest on välja töötanud akadeemik O. Schmidt.

Nõukogude teadlased tõestasid, et ümber Päikese tiirlev gaasist ja tolmust koosnev suur pilv peab tema osakeste vastastikuse rõhumise ja liikumise tõttu omandama lapiku kuju. Samuti on tõestatud, et kokkupõrkamiste tagajärjel liitusid osakesed tihendusteks. Need tihendused tõmbasid enda poole väiksemaid osakesi. Nii toimus selliste tihenduste kasvamine ümbritseva materia arvel. Lapikust pilvest tekkinud tihendite orbiidid pidid olema peaaegu ümmarguse kujuga ja asuma peaaegu ühes tasapinnas. Tihendid olid tulevaste planeetide eosteks, nad koondasid endasse peaaegu kõik nende orbiitide vahel leiduvad aineosakesed (joon. 100).

On tõestatud ka, et tekkinud planeetide vahelised kaugused pidid planeetide Päikesest eemaldumisel suurenema, vastavalt gravitatsiooniseadusele.

Vähem selge on gaasilis-tolmse pilve tekkimine, mis kunagi ümbritses Päikest. O. Schmidt ja teda pooldavad teadlased on arvamisel, et Päike võis oma külgetõmbejõuga haarata osa sellest suurest pilvest, millest ta varem ise oli tihenemise tulemusena tekkinud. Akadeemik V. Fessenkov asub aga tõenäolisemal seisukohal.



Joon. 100. Planeetide tekkimine gaasilis-tolmest kettast.

Tema arvates tekkis sellisest pöörlevast pilvest tihendus, millest hiljem kujunes Päike, ja et oma olemasolu algul paiskas see tihendus oma ekvaatori tasapinnas välja hõrendatud ainet. Nii tekkis Päikest ümbritsev pilv Päikese enda aineist. Neist pilvedest tekkisid hiljem tihenemise teel planeedid. Edasi, tema arvates, Päike oma mõõteis tublisti vähenes ja jahtus, kuni omandas praeguse oleku.

Lähtudes olemasolevatest hüpoteesidest, ei saa praegusel ajal selgitada veel kõiki päikesesüsteemi üksikasju. Seda tehakse teaduse edasise arenemise käigus.

52. Tähtede, Päikese ja udukogude arenemine. Universumi igavene olemine. Tähtede füüsilist loomust on uuritud selleks veel puudulikult, et oleks võimalik teha kindlaid otsuseid selle kohta, kuidas tekivad tähed, ja eriti, kuidas tekkis Päike ja milline on tähtede saatus.

On täiesti võimalik, et aja jooksul ruumi mõnes osas tähtedevaheline tolmu tiheneb suurteks kehadeks. Niisuguste kehade edaspidine kokkutõmbumine tingib nende kuumenemise ja helendumise, s. o. muutumise täheks. Kui temperatuur nende sees tõuseb küllalt kõrgele, peab seal algama vesiniku muundumine raskemateks keemilisteks elementideks, millega käib kaasas pikaajaline ja määratu suur energia eraldumine. Niisuguses olekus püsivad tähed vähemalt kümneid miljardeid aastaid ja sellises olekus on praegu Päike.

Koos tähtedega, või veidi hiljem, tekivad nende ümber gaasidest ja tolmuosakestest koosnevas keskkonnas planeedid.

Kui planeetidel kujunevad tingimused, mis on kõlblikud elu tekimiseks, nagu näiteks Maal, siis tekib seal paratamatult elu.

Me ei tea täpselt, milline on tähtede edaspidine saatus, kuid on kindel, et aja jooksul nende energia saab otsa ja nad lakkavad helendmast. Nende aine peab mingil viisil minema uute taevakehade tekkimiseks.

Nõukogude teadlased on tõestanud, et difuusne aine meie Galaktikas tekib ka praegu tähtedelt (kõige kuumematelt ja uuematelt) väljapaisatud gaaside kuhjumisena. See gaas võib tiheneda tolmuks, millest aja jooksul jälle tekivad tähed. Nõukogude õpetlased on teinud kindlaks, et paljud tähed on Maast nooremad, ja nähtavasti tekivad nad ka tänapäeval. Ei maksa arvata, et tähed ja udukogud lõpmatult muunduvad ühest teiseks, s. o. arenemise asemel toimub läbitud vormide ja aine olekute lihtne kordumine.

Taevakehade arenemise uurimine põrkab kokku määratu suurte raskustega. Need raskused seisavad peamiselt selles, et taevakehad arenevad äärmiselt aeglaselt, sedavõrd aeglaselt, et sellega võrreldes mitte üksi inimelu kestus, vaid ka inimsoo olemasolu aeg Maa peal (umbes miljon aastat) osutub ainult lühikeseks hetkeks. Veel vähem jõudsid taevakehad märgatavalt muutuda ajavahemiku kestel, mille jooksul on toimetatud teaduslikke vaatlusi.

Vastandina usule, mis omistab kõik jumalale ja väidab, et maa-

ilm on inimestele tunnetamatu, uurib teadus maailma samm-samult. Teadus piiritleb rangelt kindlasti-tuntu oletatavast ja oletatava veel tundmatust.

Selles seisabki teaduse jõud, et tema edasiliikumisel oletatav järk-järgult muutub kindlasti-tuntuks ja tundmatu asemele astub oletatav. Sellega teadus alatasa tõestab looduse tunnetamise võimalikkust ja selle tunnetamise järjest suuremat täpsust, ehkki ühelgi momendil kõik meie teadmised ei saa olla absoluutselt täpsed. Teaduse arenemine täpsustab meie varemaid kujutlusi. Kui vahel tuleb üks või teine teaduslik kujutus asendada uuega, siis see just tõestabki teaduse jõudu, mitte aga tema nõrkust, sest uued kujutlused osutuvad tõele lähemaks kui varemad kujutlused. Teaduslike kujutluste vahetus — see on just nagu tõusmine teaduse tippudele mööda trepi astmeid.

Näiteks, näivast vastuolust Uurani liikumisest kogumaailmse gravitatsiooniseadusega, nagu teame, tekkis oletus planeedi olemasolust väljaspool Uurani teed, seejärel aga avastati selle alusel seni tundmatu planeet Neptuun.

Teadus seletab hüpoteeside, s. o. teaduslike oletuste abil mitmesuguste taevakehade tekkimist ja kirjeldab nende arenemist. Ajalugu näitab, et koos teaduse arenemisega on vahel tulnud ühed hüpoteesid asendada teistega, kuid uued hüpoteesid osutusid tõele lähemaks, sest nad tekkisid teadusalaste teadmiste süvenemise tulemusena.

Hüpoteeside osatähtsus teaduses on väga suur. Friedrich Engels, nimetades hüpoteesi «loodusteaduse arengu vormiks», rõhutas, et ilma hüpoteesideta «me poleks kunagi saanud teadust».

Hüpoteesid kutsuvad esile järjest uusi teoreetilisi uurimisi, mis viivad uutele avastustele teaduses.

Hüpoteesid ehk teaduslikud oletused erinevad lihtsatest oletustest sellepolest, et nad põhinevad meie teadmiste kogusummale antud momendil ja peavad rahuldama teaduse paljusid nõudeid.

Samuti kui universum teaduslike andmete valguses osutub lõpmatuks ruumis, osutub ta lõpmatuks ka ajas, s. o. igaveseks. Universumil pole iialgi olnud algust ja ei saa iialgi olemä ka lõppu, ta on eksisteerinud alati ja saab eksisteerima alati. Kõik see käib universumi kohta tervikuna, täpsemalt öeldes — materia kohta, millest ta koosneb. Tema üksikud osad aga, nagu näiteks Maa, päikesesüsteem, tähed ja isegi tähesüsteemid — galaktikad, vahetpidamata kord siin, kord seal tekivad, sünnivad, teostavad pika arengutee ja lõpuks lõpetavad oma eksisteerimise sel kujul — et neid moodustav materia võtaks uue kuju. Materia ise aga, muutes alatasa oma kuju, ei hävi kunagi; ta on igavene, ja igavene on ta liikumine. Oma aja äraelanud maailmade asemele tekivad uued, millel aja jooksul samuti tekib elu, mis vahetpidamata keerulisemaks muutumise teel tekitab oma kõrgeima avalduse — arukad, mõtlevad olevused.

Lisad

1. Astronoomias esinevate tähtsamate suuruste ligikaudsed arvulised väärtused.

Päikese ja Kuu nurkdiameeter	$\frac{1}{2}^{\circ}$
Ekliptika kalle ekvaatori suhtes	$23\frac{1}{2}^{\circ}$
Maa keskmine raadius	6370 km
Maa ekvaatorilise ja polaarise raadiuse vahe	20 km
Troopilise aasta kestus	365 p. 5 t. 49 min.
Sünoodilise kuu kestus (ajavahemik Kuu kahe ühesuguse faasi vahel)	$29\frac{1}{2}$ ööpäeva
Sideerilise kuu kestus (Kuu tiirlemise periood ümber Maa)	$27\frac{1}{4}$ ööpäeva
Päikese massi suhe Maa massisse	330 000
Kõige lühem planeedi (Merkuuri) tiirlemisperiood	3 kuud (88 ööpäeva)
Kõige pikem planeedi (Pluuto) tiirlemisperiood	250 aastat
Kõige suurema planeedi (Jupiteri) diameeter	11 Maa läbimõõtu
Kuu keskmine kaugus Maast	380 000 km
Maa keskmine kaugus Päikesest ehk 1 astronoomiline ühik	150 000 000 km
1 parsek	206 265 astr. üh. ehk $3\frac{1}{4}$ valgus-aastat
Lähima planeedi (Merkuuri) kaugus Päikesest võrreldes Maa kaugusega Päikesest	0,4 astr. üh.
Kõige kaugema planeedi (Pluuto) keskmine kaugus Päikesest	40 astr. üh.
Päikesesüsteemi kaugus lähimast tähest (α Kentauris)	4 valgusaastat ehk $1\frac{1}{2}$ parsekki ehk 270 000 astr. üh.
Meie tähesüsteemi — Galaktika — läbimõõt	100 000 valgus-aastat
Kaugus lähima tähesüsteemini — galaktikani Andromeda tähtkujus	1 000 000 valgus-aastat
Palja silmaga nähtavate tähtede arv	Umbes 6000
Kuu läbimõõt võrreldes Maa läbimõõduga	$\frac{1}{4}$
Päikese läbimõõt võrreldes Maa läbimõõduga	109
Päikese pinna temperatuur	6000°
Päikese laikude arvu muutuse keskmine periood	11 aastat
Tähtede temperatuurid	Alates 3000° (punased tähed) kuni $30\,000^{\circ}$ (valged tähed)
Maakoore vanus	Umbes 2 miljardit aastat
Kevadine pööripäev	21. märtsil
Suvine pööripäev	22. juunil
Sügisene pööripäev	23. septembril
Talvine pööripäev	22. detsembril

II. Kreeka tähestik.

$A\alpha$	— alfa	$N\nu$	— nüü
$B\beta$	— beeta	$\Xi\xi$	— ksii
$\Gamma\gamma$	— gamma	Oo	— omikron
$\Delta\delta$	— delta	$\Pi\pi$	— pii
$E\varepsilon$	— epsilon	$P\rho$	— roo
$Z\zeta$	— dseeta	$\Sigma\sigma$	— sigma
$H\eta$	— eeta	$T\tau$	— tau
$\Theta\theta$	— teeta	$\Upsilon\upsilon$	— üpsilon
$I\iota$	— ioota	$\Phi\phi$	— fii
$K\kappa$	— kapa	$X\chi$	— hii
$\Lambda\lambda$	— lambda	$\Psi\psi$	— psii
$M\mu$	— müü	$\Omega\omega$	— oomega.

III. Heledate tähtede kõige enam tarvitatavad nimetused.

Algol	— β Perseuses	Kastor	— α Kaksikutes
Aldebaran	— α Sõnnis	Mizar	— ζ S. Vankris
Altair	— α Kotkas	Pollux	— β Kaksikutes
Antares	— α Skorpionis	Põhjanel	— α V. Vankris
Arktuurus	— α Karjases	Procyon	— α V. Penis
Bellatrix	— γ Orionis	Regulus	— α Lõvis
Betelgeuse	— α Orionis	Rigel	— β Orionis
Veega	— α Lüüras	Siirius	— α S. Penis
Deneb	— α Luiges	Spica	— α Neitsis
Kapella	— α Veomehes	Fomalhaut	— α Lõuna-Kalades

IV. Mõningate NSV Liidus nähtavate heledate tähtede nimestik

Tabelis spektri tähistus ühtlasi näitab värvust: valged tähed — O, B, A, kollased — F, G, K, punased — M.

Tähed	Tähe- suurus	Otsetõus α	Kääne δ	Spektri klass
		t. min. sek.	° ' "	
α Sõnnis	1,06	4 31 54	+ 16 22,2	K
β Orionis	0,34	5 11 10	— 8 16,9	B
α Veomehes	0,21	5 11 31	+ 45 55,7	G
α Orionis	0,92	5 51 23	+ 7 23,7	M
α S. Penis	— 1,58	6 42 4	— 16 37,1	A
α Kaksikutes	1,99	7 30 8	+ 32 2,6	A
α V. Penis	0,48	7 35 38	+ 5 24,3	F
β Kaksikutes	1,21	7 41 2	+ 28 11,8	K
α Lõvis	1,34	10 4 39	+ 12 18,6	B
α Neitsis	1,21	13 21 30	— 10 47,8	B
α Karjases	0,24	14 12 28	+ 19 32,8	K
α Skorpionis	1,22	16 25 7	— 26 16,7	M
α Lüüras	0,14	18 34 34	+ 38 43,1	A
α Kotkas	0,89	19 47 22	+ 8 40,9	A
α Luiges	1,33	20 39 3	+ 45 1,8	A
α Lõuna-Kalades	1,28	22 53 47	— 29 59,6	A

V. NSV Liidu linnade geograafilisi laiusi ja pikkusi (Greenwichist).

	Laius ° '	Pikkus t. min.	Vöönd
Alma-Ata	40 16	5 7,8	5
Arhangelsk	64 24	2 42,1	2
Astrahan	46 21	3 12,1	3
Ašhabad	37 45	3 53,6	4
Bakuu	40 21	3 19,4	3
Blagoveštšensk	50 15	8 30,1	9
Dnepropetrovsk	48 28	2 20,3	2
Erevan	40 14	2 58,0	3
Frunze	42 53	4 58,5	5
Gorki	56 20	2 56,0	3
Habarovsk	48 28	9 0,2	9
Harkov	50 00	2 24,9	2
Ivanovo	57 00	2 43,9	2
Irkutsk	52 16	6 57,1	7
Jakutsk	62 02	8 39,0	8
Jaroslavl	57 38	2 39,5	2
Kaasan	55 48	3 16,5	3
Kaliningrad	54 42	1 22,0	2
Kamenets-Podolsk	48 40	1 46,3	2
Kiiev	50 27	2 2,0	2
Kirov	58 36	3 18,7	3
Kišinjev	47 02	1 55,3	2
Krasnojarsk	56 01	6 11,4	6
Kuibõšev	53 11	3 20,4	3
Kursk	51 44	2 24,8	2
Leningrad	59 57	2 1,0	2
Lvov	49 49	1 36,1	2
Minsk	53 54	1 50,3	2
Mogiljev	53 54	2 1,3	2
Molotov	58 00	3 45,1	4
Moskva	55 45	2 30,3	2
Murmansk	68 59	2 12,2	2
Nikolajevsk Amuuril	53 08	9 22,9	9
Novgorod	58 31	2 5,1	2
Novosibirsk	55 01	5 31,6	6
Odessa	46 29	2 3,0	2
Omsk	54 59	4 53,5	5
Ordžonikidze	43 02	2 58,7	3
Orjol	52 58	2 24,3	3
Pensa	53 11	3 0,1	3
Petrozavodsk	61 47	2 17,6	2
Petropavlovsk Kamtsatkal	53 00	10 34,9	11
Poltaava	49 35	2 18,3	2
Riia	56 57	1 36,5	2
Rjasan	54 38	2 39,0	2
Rostov Doni ääres	47 13	2 38,9	2
Samarkand	39 39	4 27,9	4
Saraatov	51 32	3 4,3	3
Semipalatinsk	50 24	5 20,4	6
Sevastopol	44 37	2 14,1	2
Simferopol	44 57	2 16,4	2
Smolensk	54 46	2 08,2	2
Stalinabad	38 38	4 35,0	5
Stalingrad	48 42	2 58,0	3

	Laius ° '	Pikkus t. min.	Vöönd
Sverdlovsk	56 49	4 2,4	4
Zitomir	50 15	1 54,7	2
Tallinn	59 26	1 39,0	2
Tambov	52 44	2 45,8	3
Taškent	41 20	4 37,2	5
Tbilisi	41 42	2 59,3	3
Tobolsk	58 12	4 33,1	5
Tomsk	56 30	5 39,8	6
Tšernigov	51 29	2 5,2	2
Tšitaa	52 01	7 34,0	8
Tškalov	51 47	3 40,4	4
Tuula	54 12	2 30,5	2
Ufaa	54 43	3 43,8	4
Uljanovsk	54 19	3 13,6	3
Vilnius	54 41	1 41,1	2
Vladivostok	43 07	8 47,5	9
Voronež	51 39	2 36,8	2

Eesti NSV linnade geograafilised koordinaadid¹

Linn	Põhja- laius	Idapikkus Greenwichist	Linn	Põhja- laius	Idapikkus Greenwichist
		t. m.			t. m.
Antsla	57°50'	1 46,1	Otepää	58° 3'	1 46,0
Elva	58 13	1 45,7	Paide	58 54	1 42,2
Haapsalu	58 57	1 34,1	Paldiski	59 21	1 36,2
Jõgeva	58 45	1 45,6	Põltsamaa	58 39	1 43,9
Jõhvi	59 22	1 49,7	Pärnu	58 23	1 38,0
Kallaste	58 40	1 48,7	Rakvere	59 21	1 45,4
Keila	59 18	1 37,7	Sindi	58 24	1 38,6
Kil.-Nõmme	58 9	1 39,9	Suure-Jaani	58 32	1 41,9
Kunda	59 31	1 46,2	Tallinn	59 26	1 39,0
Kingissepp	58 15	1 29,9	Tapa	59 16	1 43,9
Kärdla	59 0	1 31,0	Tartu	58 23	1 46,9
Mustla	58 14	1 43,5	Tõrva	58 0	1 43,7
Mustvee	58 51	1 47,8	Türi	48 48	1 41,7
Mõisaküla	58 5	1 40,8	Valga	57 47	1 44,1
Narva	59 23	1 52,8	Viljandi	58 22	1 42,3
Nõmme	59 23	1 38,7	Võru	57 50	1 48,0

¹ Need andmed on originaalile lisatud toimetuse poolt, arvestades nende praktilist tähtsust astronoomia õpetamisel Eesti NSV koolides.

VI. Päikesesüsteemi tabel.

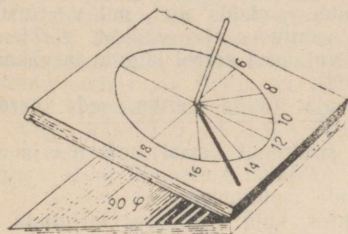
	Sideeriline ring- lemisperiood aastais	Sünoodiline ring- lemisperiood ööpäevades	Keskmine kaugus Päikesest		Orbiidikalle ekliptika suhtes	Mass (Maa = 1)	Tihedus $\frac{g}{cm^3}$ -tes	Ekvaatoriline läbimõõt		Läpik	Ümber telje pöörlemise periood	Ekvaatorikalle orbiidi tasapinna suhtes	Tuntud kaaslaste arv
			astron. üh.	milj. km				Maa-1	km				
Merkuur . .	0,241 ¹	116	0,387	58	7°	0,04	3,8	0,39	5 000	—	88 ööpäeva	0°	—
Veenus . .	0,615 ²	584	0,728	108	3°	0,81	4,9	0,97	12 400	—	30 ööpäeva?	?	—
Maa . . .	1,000	—	1,000	150	—	1,00	5,5	1,00	12 742	¹ / ₂₉₈	23 t. 56 min. 4 sek.	23°27'	1
Marss . .	1,881	780	1,524	228	2°	0,11	4,0	0,53	6 770	¹ / ₁₉₂	24 t. 37 min. 23 sek.	25°10'	2
Jupiter . .	11,86	399	5,203	778	1°	316,9	1,3	10,95	139 560	¹ / ₁₆	9 t. 50 min.	3°6'	12
Saturn . .	29,46	378	9,539	1425	2°	94,9	0,7	9,02	115 110	¹ / ₁₀	10 t. 14 min.	26°45'	9
Uuran . .	84,01	370	19,19	2868	1°	14,66	1,3	4,00	51 000	¹ / ₁₈	10,7 tundi	98°	5
Neptuun . .	164,7	368	30,07	4494	2°	17,16	1,6	3,92	50 000	¹ / ₅₀	15,8 tundi?	29°	2
Pluuto . .	248,9	367	39,58	5915	17°	1 ?	5 ?	1 ?	12 000	?	6,4	?	—
Päike . .	—	—	—	—	—	331 950	1,4	109,1	1 390 600	—	25 ööpäeva (ekvaatoril)	7°15'	—

¹ Ehk 88 ööpäeva² Ehk 225 ööpäeva³ Ekliptika suhtes

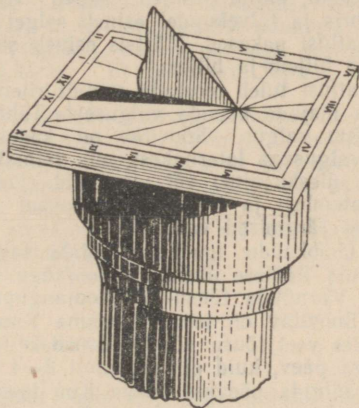
III. PÄIKESEKELLA EHITUS

Ekvaatorilist päikesebella (joon. 101) on väga lihtne valmistada. Selleks võtame laua ja joonestame tema keskelt igale poole lähtuvad jooned nii, et naaberjooned moodustaksid omavahel nurga 15° , ning kirjutame joonte juurde kell 12, 1, 2 jne., sest mööda ekvaatori tasapinda nihkub vari ühtlase kiirusega. Nende joonte lõikepunktis kinnitame risti lauaga varva, mis läheb lauast läbi.

Asetades varvaga laua nüüd kaldu horisondi suhtes nurga all $90^\circ - \varphi$, kus φ on vaatluskoha geograafiline laius, kinnitame ta nõnda, et kl. 12 märgitud joon laual oleks suunatud mööda keskpäevajoont. Viimane määratakse kindlaks päikesebella ülesseadmise kohal juba varem, nõnda nagu see oli kirjeldatud eespool (vt. p. 8).



Joon. 101. Ekvaatoriline päikesebella.



Joon. 102. Horisondiline päikesebella.

Selliste kellade ehamugavus seisab selles, et 23. septembrist kuni 21 märtsini langeb varva vari numbrilauale altpoolt.

Horisondiline päikesebella (joon. 102) on selles suhtes parem. Võtame laua ja seame temaga risti kolmnurga, mille teravnurk võrdub koha laiusega φ . Kolmnurga aluse pikendusena tõmbame joone ja kirjutame selle kõrvale kl. 12. Teistele kellaaegadele vastavad jooned, sõltuvalt geograafilisest laiuusest, tõmbame selle joone suhtes nurga all x , arvutades x -i väärtused valemi $\tan x = \sin \varphi \tan t$ põhjal, kus t asemel, mis võrdub 1, 2, 3 jne. tunniga, asetame 15° , 30° , 45° jne. Nurgad üksteisele järgnevate kellaaegade vahel ei võrdu 15° -ga, nagu ekvaatorilises tähekkas, sest Päikese ühtlasel pöörlemisel (koos taevaskääriga ümber maailma telje) varva vari rõhtsal tasapinnal nihkub ebaühtlaselt.

Horisondilise päikesebella numbrilaua keskpäevajoon tuleb samuti seada põhja-lõuna sihis. Päikesebella näitab loomulikult tõelist päikeseaega. Tema näitude ümberarvestamisel dekreediajaks peab teadma kohaliku aja ja dekreediaja erinevust antud maakohas. Selle juures jääb ikkagi püsima veel väike erinevus, mis muutub aasta jooksul ja ulatub vahel kuni veerand tunnini. Selle erinevuse me leiame aga vastavast graafikust või astronoomilisest kalendrist ja saame ta samuti arvesse võtta. Olgu märgitud, et kevadel ja suvel, mil päikesebelli harilikult ka kasutatakse, see erinevus ei ületa 4 min., väljaarvatud ajavahemik juuli algusest augusti keskpaigani. Sel ajal jääb tõeline aeg keskmisest ajast maha 5–6 min.

VIII. JUHENDEID VAATLUSTEKS

Peamiste taevanähtuste vaatlused on õpilastele aine omandamisel niisama vajalikud kui katsete teostamine füüsilis. Taevaalaotust saab vaadelda aga ainult selge, pilvitu ilmaga. Mõned nähtused toimuvad ainult hommikuti või kindlaksmääratud, harva esinevatel momentidel, nagu näiteks varjutused, ja me ei saa neid vaadelda teisel, meile sobival ajal. Seepärast, pidades silmas veel astronoomia õppimise lühikest aega koolis, ei tohi me vaatlustega mingil juhul viivitada. Neid tuleb läbi viia esimesel võimalusel, kasutades selleks esimesi selgeid õhtuid. Asjatu on püüda teostada vaatlusi vastavalt tunnis läbivõetud programmiküsimustele (nendega paralleelselt). Sellise kooskõla saavutamine on meie ilmastiku tingimustes võimatu.

Võimalikult rohkesti peab püüdma teostada vaatlusi septembri- ja oktoobrikuu jooksul, millal esineb sageli selgeid õhtuid ja pole veel kuigi külm. Novembris ja talvekuudel esineb selget ilma harvemini, ja samuti raskendavad vaatlusi pakased. Märtsis esineb sageli selgeid ilmu, kuid pimenema hakkab üha hiljem ja hiljem.

Vaatlusi tuleb teostada soojalt rietatuna ja kohas, mis on varjatud laternate ja majade akende valgusest. Tähti tuleb vaadelda ajal, mil vaatlust ei sega Kuu valgus. Soovitav on kasutada vaatluste ajal väikest, võrdlemisi tuhmil valgusega laternakest, mis võimaldab vajaduse korral jälgida taevakaarti ja teha üleskirjutusi või visandeid (jooniseid).

Septembri- ja oktoobrikuu jooksul on vaja (mida varem, seda parem) läbi viia järgmised vaatlused:

1. Umbkaudu iga kahe nädala tagant (sõltuvalt ilmast) märkida ja üles joonistada Päikese tõusu või loojangu koht nähtaval horisondil teiste esemete suhtes. Veenduda tõusu- või loojangupunktide muutumises.

2. Soovitav on teha sedasama Kuu suhtes, kuid sealjuures kirjutada iga kord üles veel tõusu või loojumise kellaaeg. Neid vaatlusi tuleb aga teostada juba iga päev, kuid piisab ainult 3—4 korra.

3. Jälgida päevast päeva Kuu faaside muutumise täielikku tsüklit. Sealjuures teha naaberpäevadel mitte vähem kui kaks joonist Kuu välisilme ja asendi kohta tähtede keskel. Joonis teha tähekaardist valmistatud koopiale. Need joonised tuleb teha ajal, millal Kuu ei helenda liialt tugevasti ja mil seetõttu on nähtavad ka nõrgad tähed. Kui märkida Kuu asend ainult kõige heledamate tähtede suhtes, siis (kuna neid on taevas vähe) ei saa me Kuu liikumist 13° võrra ööpäevas küllalt selgesti üles märkida. Need vaatlused näitavad meile, kuidas Kuu liigub tähtede taustal itta.

4. Pööratava taevakaardi abil leida ja pidada mees sügisel Suure ja Väikese Vankri tähtkuju, Põhjanael ja mõned teised tähtkujud ja heledad tähed. Et neid mitte unustada, peab iga õpilane nad aeg-ajalt iseseisvalt taevavõlvi üles otsima. Sealjuures tuleb märkida vihikusse, missugused tähtkujud olid õhtul nähtavad lõunataevas.

5. Kevadel (veel parem talvel) vaadata, missugused tähtkujud on nüüd nähtavad lõunataevas, ja üles leida juba tuttavad pooluselähedased tähtkujud. Tähtkujude otsimisel tuleb tähekaarti hoida nii, et põhja, ida jt. tähised langeksid ühte vastavate ilmakaartega maastikul. Tuleb pöörata tähelepanu kaardil kujutatud tähtede erinevale heledusele ja ühendada nad mõttes sirgjoontega, nagu on näidatud kaardil. Leidnud ühe tähtkuju, minna sellelt järgmisele jne., kasutades raamatu algul (punktis 2) antud näpunäiteid.

6. Tähtkogude vaatlusel pöörata tähelepanu heledate tähtede värvusele, mis vastab nende temperatuurile.

7. Tähtkogude vaatluste protsessis, päris alguses ja lõpus, pange tähele mõnede heledate tähtede asendit taevavõlvi ida-, lääne-, lõuna- ja põhjaosas, pange tähele, kuidas liiguvad tähed horisondi suhtes taevaskera ööpäevase pöörlemise tõttu ja sõltuvalt nende kaugusest maailma poolusest. Soovitav on fotografeerida taevaskera pöörlemine pooluse lähedal nii, nagu see on kirjeldatud punktis 5.

8. Näidata, kuidas leida Põhjanaela, ja tema järgi teisi ilmakaare punkte.

9. Märkida, kas koos terve klassiga või iseseisvalt, kooliõuel või kodus Päikese keskpäeva vari, nagu on näidatud eespool.

10. Kuu faasi ja asendi järgi horisondi suhtes näidata ligikaudselt põhiilmakaared (vastavalt joon. 21-le).

11. Kasutades astronoomilist kalendrit ja tähekaarti, leida kas iseseisvalt või õpetaja abiga antud kuul taevavõlvil nähtavad planeedid. See vaatlus viia läbi septembris ja joonistada täpselt üles planeedi asend tähtkogu (milles planeet on nähtav) tähtede keskel. Iga 1—2 kuu tagant kontrollida seda joonist ja selgitada, kuidas on planeedid muutnud asukohta.

12. Märkida üles, kuidas lendavad taevaalaotuses meteoroidid (ülalkirjeldatud vaatluste käigus).

13. Vaatlused teleskoobiga või binokliga. Binokkel annab harilikult kuuekordse suurenduse. Temaga võib näha: 1) suuri päikeselaike (läbi tumeda klaasi); 2) Kuu hommikuse või õhtuse serva ebatasasusi ja tema suuremaid rõngakujulisi mägesid; 3) paljusid tähti Linnutees ja Plejaadide tähesagaras (milles palja silmaga võib näha 6 tähte); 4) Orioni gaasilist udukogu (talvel) ja udulaiku — galaktikat Andromedas (sügisel), mis on silmaga vaevalt nähtav; 5) kaksiktähti: Suures Vankris, Lüüras; 6) mõnikord Jupiteri kaasläsi (mis on viimasele väga lähedal).

Teleskoobiga või pikksilmaga näeb võrratult rohkem, olenevalt tema suurendusest. Teleskoobi peab aga alati nii üles seadma, et ta ei väriseks. Teleskoobi asemel võib kasutada ka teodoliidi pikksilma. Õpilastel on soovitatav valmistada endale ise teleskoop. Selleks kasutada prilliklaase, mis asetatakse paberist kleebitud torusse.

Väga kasulikud on ekskursioonid planetaariumidesse või observatooriumidesse, kuid need ei tohi asendada iseseisvaid vaatlusi.

IX. PÖÖRATAV TAEVAKAART.

Maakera ööpäevane pöörlemine ümber oma telje ja aastane tiirlemine ümber Päikese kutsuvad esile tähistaeva vaate pideva muutumise. See tähistaeva vaate ööpäevane ja aastane muutumine teeb tähistaeva tundmaõppimise kaunis keeruliseks. Tähistaeva ja selle näiva liikumise tundmaõppimiseks väga kohane vahend on pööratav taevakaart, mis võimaldab saada maailmakaarte järgi orienteeritud tähistaeva kujutust iga soovitud kuupäeva ja kellaaja jaoks. Käesolevale õpikule lisandatud pööratav taevakaart koosneb kahest osast. Esimesel lehel on antud väljalõigatav šabloon horisondiga, ilmakaartega ja kella-aegadega. Teisel lehel on antud tavaline taevakaart kõikide meie laiusel nähtavate taevaaladega. Šabloon, õigesti asetatuna taevakaardile, võimaldab sellest eraldada antud hetkel nähtava taevaosa ja näha, kuidas see taevaosa (taevasfääri osa pealpool horisonti) orienteerub ilmakaarte suhtes.

Teisel lehel kujutatud taevakaardil näeme taevakoordinaatide võrku. Kaardi keskel on kujutatud taeva põhjapoolus — punkt, kus maailmatelg lõikab kujutatavat taevaskera. Taevapoolusest väljuvad igas suunas sirged ja tema kui tsentri ümber on tõmmatud rida ringe. Neile sirgetele ja ringidele vastavad taevasfääril käänderingid ja paralleelringid, mis on analoogilised meridiaanidele ja paralleelidele maakeral. Taevakoordinaatide võrgu abil on kaardile kantud tähed nende koordinaatide, otsetõusu ja käände (tähistatakse vastavalt α -ga ja δ -ga) järgi. Nad on analoogilised geograafilise pikkusele ja laiusle. Sarnanevalt geograafilise laiusega loetakse käände taevakvaatorist põhja ja lõuna poole (vastavalt positiivne ja negatiivne kääne), avaldades nad kaare-mõõdus, s. o. kraadides, kaareminutites ja kaaresekundites. Otsetõus loetakse ida poole kevadise pöörpäeva käänderingist ehk käänderingist, kus asetseb kevadise pöörpäeva punkt. Selles punktis asetseb Päike kevadisel pöörpäeval, läbides taevakvaatorit ja minnes lõuna-poolkeralt põhja-poolkerale. Otsetõus avaldatakse ajamõõdus, s. o. tundides, ajaminutites ja ajasekundites ($360^\circ = 24$ tundi). Päikese näiv aastane teekond taevas — ekliptika — on märgitud kaardile punktiirjoonega. Päike liigub mööda ekliptikat vastassuunas taevaskera

näivale pöörlemisele. Ekliptika kahest löikepunktist taevaekvaatoriga on üks kevadise, teine sügise pööripäeva punkt. Paralleelringidele vastavad käänded on märgitud kaardil kevadise pööripäeva käänderingidele. Otsetõusud on märgitud kaardi välisele ringile. Peale otsetõusude on kaardi välisele ringile märgitud kuupäevad, mis vastavad keskmise Päikese otsetõusule. Vastandina tõelise Päikese otsetõusule muutub keskmise Päikese otsetõus ühtlase kiirusega aasta läbi.

Tähed on kaardil kujutatud ümmarguste täppidena, seda suurematena, mida suurem on tähe heledus. Tähtkujude nimed on kaardil eestikeelsed.

Peale tähtede ja tähtkujude on kaardile märgitud täheparved (sümbol: ko'm punkti) ja u d u k o g u d (sümbol: kolm kriipsu), mis on nähtavad palja silmaga või väikese optilise riistaga. Kergesti lahutatavaid (palja silmaga, väikese pikksilmaga) kaksiktähti on eristatud teistest tähtedest läbi tähe kujutise tõmmatud kriipsuga, mis on paralleelne taevaparalleelidega. Heleduse tunduva kõikumisega muutlikud tähed on samuti märgitud kriipsuga läbi tähe kujutise, kuid kriips on risti taevaparalleeliga. Linnutee on esitatud isofaatidega (samahedusjoontega).

Tuleb tähendada, et kaardi joonestamisel on kasutatud stereograafilist projektsiooni. Selle projektsiooni suureks eeliseks on see, et ta võimaldab esitada tasapinnal kerapinna kujundeid loomutruult, ilma moonutamiseta, ja see, et ringid kerapinnal tulevad selles projektsioonis ka tasapinnal ringidena (või sirgetena). Kuid projektsiooni puuduseks on väga tunduv mastaabi moonutamine. Sama kaarepikkus kerapinnal tuleb stereograafilises projektsioonis seda pikema lõiguna, mida kaugemale minna projektsiooni keskmest (meie juhul taevapoolusest). Mastaabi moonutamisest on tingitud asjaolu, et tähtkujud meie kaardi välisosadel on ebaloomulikult suured, võrreldes tähtkujudega kaardi keskpunkti ligidal. Samal põhjusel on ida- ja läänepunkt, asetsedes tegelikult võrdsel kaugusel lõuna- ja põhjapunktist, projektsioonis põhjapunktile lähemal (ida- ja läänepunkt on ühtlasi taevaekvaatori löikepunktid horisondiga). Ka seniitpunkt pole horisondi kujutise keskpunkt, vaid kaldub tunduvalt põhja poole. Neid paratamatuid moonutusi, mis tekivad kerapinna kujutamisel tasapinnal, tuleb meeles pidada kaardi kasutamisel.

Esimesel lehel asuva šablooni sisemine, ekstsentriline ring kujutab horisonti juurdemärgitud ilmakaartega. Kui ühendada joonisel lõuna- ja põhjapunkt sirgega, saame taameveridiaani kujutise. Sellel sirgel asetseb taevapoolus, mis on šablooni välise ringi keskpunkt ja on märgitud ristiga. Tõmmates poolusest välise ringini mingi tema raadiuse, saame teatava käänderingi kujutise. Nii võime joonestada näit. keskmise Päikese käänderingi kujutise. Šablooni välise ringi juurde ongi märgitud keskmised päikeseajad, mis vastavad keskmise Päikese käänderingi asendile. Lõigates šablooni välja tema sisemist ja välist ringi mõõda ja asetades ta taevakaardile nii, et šablooni väline serv ühtiks kaardi välise jaotatud riba sisemise piirjoonega, näeme šablooni avases mingil momendil meie laiusel nähtava tähistaeva osa. Edasi tuleb šabloon pöörata õigesse asendisse, mis vastaks antud ajamomendile. Selleks tuleb asetada ühtima keskmise Päikese käändering kaardil ja šabloonil, s. o. pöörata šablooni nii kaua, kuni soovitav kellaaeg šabloonil ühtib soovitud kuupäevaga kaardi välisel ribal. Nii saamegi anda horisondile õige asendi, mis vastab soovitavale kellajale ja kuupäevale. Šablooni avases näeme siis tähistaeva kujutist, mis sel kuupäeval ja kellajal on nähtav. Pööratava taevakaardi reegliks on seega: kellaaeg tuleb asetada ühtima kuupäevaga.

Et šabloonile on märgitud keskmised päikeseajad, meil aga on kasutusel Moskva aeg, siis enne kaardi kasutamist tuleb Moskva aeg ümber arvutada keskmiseks ajaks. Ümberarvutamise reegliks on: keskmise aeg võrdub Moskva ajaga pluss koha geografiline pikkus miinus 3 tundi. Näiteks Tartu jaoks saame keskmise päikeseaja, lahutades Moskva ajast 1 tund 13 minutit. Tallinna puhul tuleb lahutada Moskva ajast 1 tund 21 minutit. Ümberarvutamise lihtsustamiseks võib igaüks kanda šablooni välise ringi kõrval asuvasse tühjaks jäetud ringi Moskva aja, mis vastab keskmisele päikeseajale antud vaatluskohas.

Pööratava taevakaardi mugavaks kasutamiseks on soovitatav kleepida tema mõlemad osad kartongile. Pööratavat taevakaarti on võimalik ehitada nõnda, et šablooni ei tarvitseks hoida kaardi küljes käega kinni, vaid seda ülesannet täidaks kartongist kate ümmarguse avausega. Avaus peab olema niisama suur nagu kaardi välise jaotatud riba sisemise piirjoonega piiratud ring. Kate tuleb kinnitada kartongist alusele, mille peale on kleebitud tähekaart. Siinjuures peab katte avause keskpunkt ühtima kaardi keskpunktiga. Et kaardi riba otsetõusude ja kuupäevade jaotustega oleks pärast katte kinnitamist nähtav, tuleb ta enne kaardi pealekleepimist kaardi küljest ära lõigata ja katte avause serva ümber õiges asendis peale kleepida. Enne katte kinnitamist tuleb katte ja avause vahele asetada šabloon. Et šabloon püsiks katte all, peab ta olema välja lõigatud muidugi pisut suuremana kui katte avaus, seega suuremana kui joonisel on näidatud. Siinjuures tuleb hoolitseda, et šablooni väline serv oleks ringjoon, mille tsenter asetseb taevapooluses (määritud ühtiksidi ristiga). Katte ja aluse vahele tuleb kinnitada ka šablooni kartongist hoidja (või mitu hoidjat). Hoidja ülesandeks on takistada šablooni nihkumist, võimaldades tal pöörelda ainult ümber kaardi keskpunkti (taevapooluse). Hoidja võib olla näiteks kartongipool-ogen ümmarguse avausega, mille raadius võrdub šablooni omaga.

Pööratavat taevakaarti on võimalik ehitada ka teisiti, kleepides šablooni kaardi kattele ja lõigates viimasesse šablooni horisondijooni järgi avause. Ümmargusele kartongitükile kleebitud tähekaart asetatakse katte ja aluse vahele nii, et taevapoolus kaardil ja šabloonil ühtiksidi. Kaart peab olema pööratav taevapooluse ümber. Selleks on kõige lihtsam kinnitada kaart läbi pooluse torgatud nõõpnõela või traaditüki abil aluse külge. Et kaardi väline jaotatud riba oleks nähtav, tuleb katte väljast lõigata hobuseraua-kujuline avaus, mis peab ulatuma vähemalt kella 16-st kella 24-ni ja kella 0-st kella 8-ni. Katte ja aluse serval tuleb välja lõigata veel avaus, kus paistaks kaarti kandva kartongi serv. Sellest haarates võime pöörata kaarti.

Pööratav taevakaart võimaldab šablooni (või kaardi) pööramise teel saada täit ettekujutust sellest, kuidas muutub tähistaevas vaade ööpäeva ja aasta-aegade jooksul. Kui tahame võrrelda vaatluste puhul kaarti tähistaevasga, peame kaardi õigesti orienteerima. Kaarti tuleb käes hoida nii, et see ilmakaar, kuhu me vaatame, oleks kaardil all. Siis vastab kaardi osa šablooni avause alumisest servast kuni umbes avause keskkohani taevaosa horisondist seniidini.

Vaatlused pööratava taevakaardi abil kergendavad tunduvalt heledamate tähtede ja tähtkujude tundmaõppimist. Tähtkujude paremaks eristamiseks on kaardil heledamad tähed ühendatud tähtkujudeks sirgete joontega (erijuhtudel on punktiiriga ühendatud tähti ka erinevatest tähtkujudest).

Pööratava taevakaardi abil on võimalik lahendada veel mitmesuguseid praktilise astronoomia ülesandeid, nagu leida, mis kell tõuseb või loojub mingi taevakeha, mitu tundi ta on nähtav öö jooksul, millised tähtkujud ja kus ilma-kaares on antud aastaajal nähtavad jt. Näit. tõusu aja määramiseks tarvitseb vaid taevakaarti pöörata niikaua, kuni vastav täht asub horisondil idataevas (loojangu aja määramiseks läanetaevas), tõusu (loojangu) aja loeme ära kuupäeva vastas. Analoogiliselt võib leida Päikese, Kuu ja planeetide tõusu ja loojangu aegu, selleks on tarvis enne need märkida taevakaardile.

Teiste ülalmainitud ja analoogiliste ülesannete lahendamine on samuti lihtne ning ei vaja täiendavaid seletusi.

SISUKORD

Sissejuhatus

1. Astronoomia aine	Lk. 3
-------------------------------	----------

I peatükk. Taevaskera ja Maa

Tähistaevas ja Maa pöörlemine

2. Taevavõlv ja tähtkujud	9
3. Tähistaeva ööpäevane pöörlemine. Maa pöörlemine	14
4. Taevaskera ja tema praktiline tähtsus	16
5. Taevaskera põhipunktid ja jooned	18
6. Taevakehade kulminatsioon	22
7. Taevakehade koordinaadid ja tähekaart	24
8. Ligikaudne orienteerumine maapinnal taevakehade järgi	25
9. Seos pooluse kõrguse ning taeva välisilme ja koha geograafilise laiuse vahel	27

Päikese aastane ringkäik ja Maa tiirlemine

10. Päikese näiv liikumine mööda ekliptikat	29
11. Päikese ööpäevase tee muutumine erinevatel laiustel	32
12. Maa tiirlemine ümber Päikese ja sellest tulenevad nähtused	34

Aja mõõtmine

13. Aja mõõtmine. Geograafiline pikkus	36
14. Kohalik, võõndi- ja dekreediaeg	40
15. Õige aja teenistus	42
16. Astronoomilised vaatlused mere- ja õhuväes	42
17. Kalender	43

II peatükk. Universumi uurimise põhilised meetodid

Taevakehade kauguse ja suuruse määramine

18. Parallaktiline nihkumine ja taevakehade kauguse määramine	46
19. Taevakehade suuruse määramine	48
20. Tähtede aastaparallaks kui Maa ümber Päikese tiirlemise tõestus	48
21. Teleskoopide tähtsus. Fotograafia ja spektraalanalüüs astronoomias	50

III peatükk. Päikesesüsteem

Mineviku ebaõiged kujutlused maailmast

22. Astronoomia vanal ajal. Religioossed ettekujutused	58
23. Planeetide näiv liikumine ja selle seletus enne Kopernikut	59

Revolutsioon maailmavaates

24. Koperniku revolutsiooniline avastus	62
25. Galilei avastused. Kiriku võitlus teaduse vastu	63
26. Planeetide tõeline liikumine. Kepleri seadused	65

Gravitatsioon. Kuu liikumine

27. Kogumaailmne gravitatsiooniseadus ja järeldused sellest	70
28. Kuu liikumine ja Kuu faasid	74
29. Päikese- ja kuuvarjutused	76

Planeetide ja nende kaaslaste füüsiline loomus

30. Kuu füüsiline loomus	80
31. Päikesesüsteemi üldine ülevaade	84
32. Merkuur ja Veenus	86
33. Marss ja elu võimalikkus teistel planeetidel	86
34. Hiidplaneetid	89
35. Asteroidid	92

Komeedid, meteorid ja meteoriidid

36. Komeedid, nende liikumine ja loomus	93
37. Meteorid ehk lendtähed ja nende seos komeetidega	96
38. Boliidid ja meteoriidid	98

Päike

39. Päike. Tema vaade teleskoobis ja pöörlemine	100
40. Päikese atmosfäär ja keemiline koostis	102
41. Päikese energia kiirgumine ja Päikese tegevuse perioodilisus	105

IV peatükk. Tähed ja tähesüsteemid

Tähtede füüsiline loomus ja liikumine

42. Aastaparallaks ja tähtede kaugused	108
43. Tähtede absoluutsed heledused ja liikumised	109
44. Hiid- ja kääbustähtede temperatuurid ning mõõtmed	111
45. Kaksitähed ja muutlikud tähed	114

Tähesüsteemid ja difuusne materია

46. Täheparved. Linnutee ja Galaktika	117
47. Teised tähesüsteemid — galaktikad	120
48. Difuusne materია	122
49. Universumi lõpmatus	124

V p e a t ü k k. Taevakehade tekkimine ja arenemine

50. Küsimus taevakehade tekkimisest ja nende vanusest	128
51. Planeetide süsteemide tekkimine	130
52. Tähtede, Päikese ja udukogude arenemine. Universumi igavene olemine	132
<i>Lisad</i>	134

Б. А. Воронцов-Вельяминов

АСТРОНОМИЯ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярну маantee 10

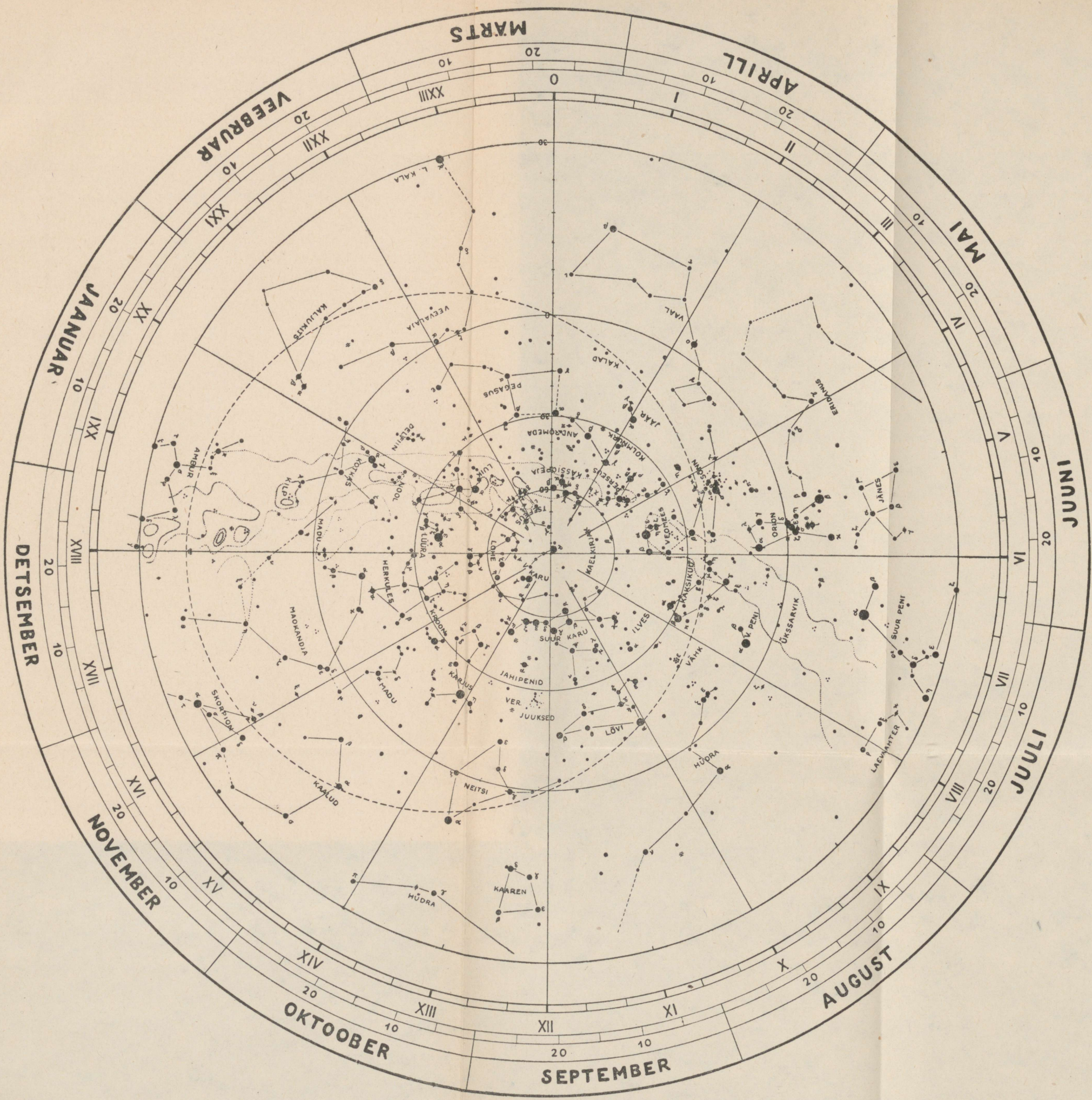
Toimetaja A. Marksoo

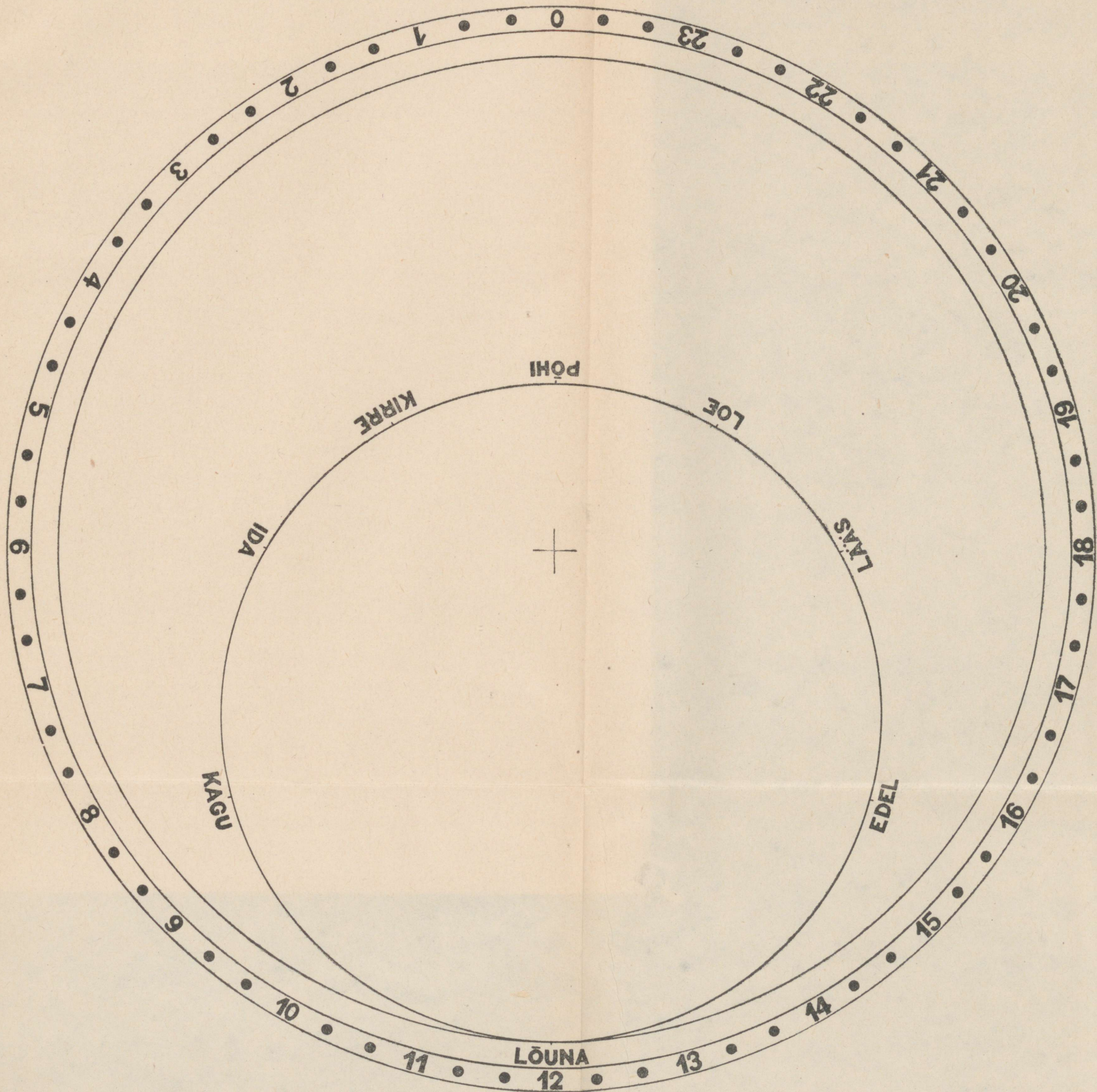
Tehniline toimetaja A. Sepp

Korrektor S. Kõiv

Ladumisele antud 28. VII 1956. Trükkimisele
antud 31. VIII 1956. Paber 60×92, 1/16.
Trükipoognaid 9,25 +3 lisa. Arvutuspoognaid
10,52. Trükiarv 2000. MB-07145. Tell. nr. 4553.
Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tän. 2.

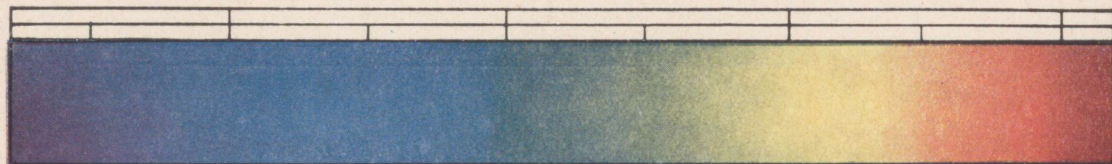
Hind rbl. 2.10





KIIRGUS- (1-5) JA NEELDUMISSPEKTRID (6-10)

Pidev spekter



1

Naatrium



2

Tseesium



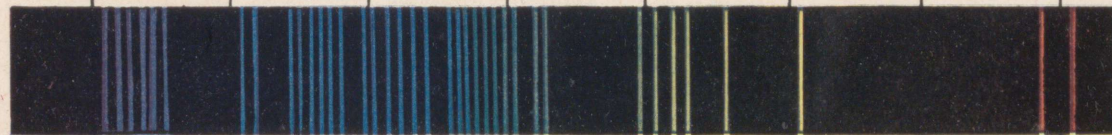
3

Vesinik



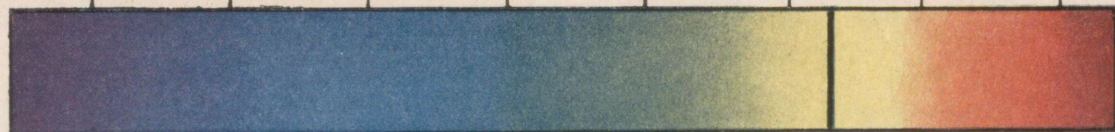
4

Hapnik



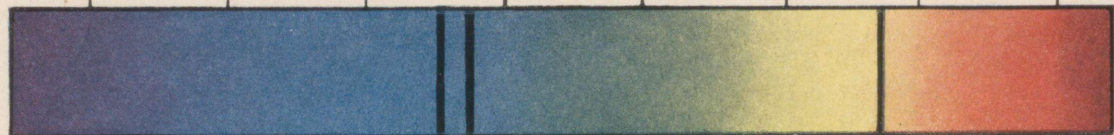
5

Naatrium



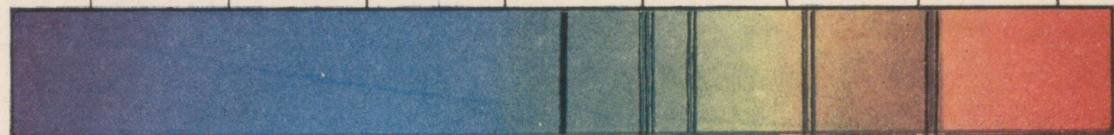
6

Tseesium



7

Klorofüll



8

Päikese
spekter



9

Tähe
spekter



10

A-21226

Rbl. 2.10