

I. F. POLAK

KUIDAS ON E HITATUD
MAAILMARUUM

RK

TEADUSLIK KIRJANDUS

A-16128

PROF. I. F. POLAK

KUIDAS ON E HITATUD
MAAILMARUUM



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1946

Tõlgitud teose järgi: Проф. И. Ф. Полак, Как устроена вселенная
ОГИЗ Государственное Издательство Техничко-Теоретической Литературы
СССР, Москва/Ленинград, 1945.

Tõlkinud: S. Vigel.

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu



Sissejuhatus.

1. Maa ja taevas.

Vanasti kujutlesid inimesed maailma ülisuure ümmarguse toa taolisena, mille pörandaks on maa, seinteks ja laeks — taevas. Arvati, et maa pind on üldiselt lausik, et kuskil on tal ots või äär, ainult et keegi pole veel jõudnud selle „maailma ääreni“. Taeva kohta arvati, et see on kõva helesinine kuppel, mingi tore kristallkumm, mis katab maad.

Sellest tuli siis järeldada, nagu koosneks maailm kahest osast — maast ja taevast. Kaua püsis arvamus, et maailmkonna tähtsaimaks osaks on maa ja et päike, kuu ning tähed on maast palju väiksemad ja olemas ainult selleks, et teda soojendada ning valgustada.

Teadus purustas need naiivsed kujutelmad. Pole olemas mingit kõva taevavõlvi. On olemas lõpmatu ruum, kus asetsevad taevakehad, ühed Maale ligemal, teised temast kaugemal. Ilus helesinine taevavõlv on lihtsalt õhk, mis ümbritseb meie Maad, teiste sõnadega Maa atmosfäär, õhkkond. Mida kaugemale Maast, seda hõredam on õhk. Juba 22 kilomeetri kõrgusel, kuhu 1934. aastal tõusis vene stratostaat, osutus õhk 15 korda hõredamaks kui maapinnal. Teadlaste arvestuse järgi pole 300—400 kilomeetri kõrgusel, kuhu inimesed seni pole veel jõudnud, õhku peaaegu enam sugugi, veel kõrgemal aga algab õhutu maailmaruum. Õhk pole ei täiesti läbipaistev ega täiesti värvuseta. Eredas päikesevalguses muutub Maa

atmosfäär valkjassiniseks ja niivõrd heledaks, et takistab meid nägemast tähti. Kui poleks atmosfääri, siis näiks taevavas päeval niisama tumedana kui öösel ja tähed oleksid nähtavad ka päikesepaistel. Niisiis on helesinine taevavõlv õhkeesriie, mille läbi näeme kaugeid taevakehi.

Kuid mida ütleb teadus Maa kohta? Isegi neis kohtades, kus Maa pind näib olevat täiesti tasane, pole ta tõeliselt mitte tasane ega lame, vaid kumer. Kõige paremini võib seda näha merel, kui mõni suur aurik eemaldub kaldast. Kui aurik jõuab horisonadini, s. o. jooneni, kus taevast näib Maaga ühinevat, hakkab ta nagu vette vajuma: esmalt kaob laeva kere, siis korstnad ja viimaks mastide tipud. See tähendab, et mere pind ei ole lausik, vaid et meie ja auriku vahel on kõrgend, mille taha peitubki aurik. Vaadeldes sääraseid nähtusi, tegid teadlased kindlaks, et Maa on peaaegu kerakujuline. Õnnestus isegi Maa suurus ära mõõta. Maakera läbimõõt on pisut väiksem kui 13 000 kilomeetrit, ta ümbermõõt aga võrdub 40 000 kilomeetriga.

2. Maa liikumine.

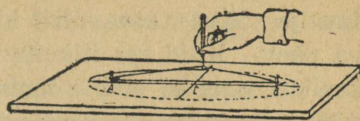
Juba rohkem kui kaks tuhat aastat tagasi avastasid õpetlased, et Maa on kerakujuline. Kuid veel kaua aega pärast seda arvati, et see kera mingil arusaamatul viisil ripub liikumatult ruumis ja tema ümber keerlevad Päike, Kuu ja tähed. Alles neljasaja aasta eest, a. 1543, selgitas poola astronoom Mikolai Kopernikus, et Maa liigub. Me teame nüüd, et Päike on Maast palju suurem ja et Maa kogu aja tiirleb tema ümber.

Oma ringjoonelisel teel liigub Maa kiiremini ka kõige kiiremast kahurimürsust, läbides igas sekundis 30 kilomeetrit.

Kui lennuk liiguks sellise kiirusega, siis lendaks ta ümber maakera 20 minutiga. Maal aga kulub teekonnaks ümber Päikese tervenisti aasta, s. o. 365 $\frac{1}{4}$ ööd-päeva. Järelikult on Maa liikumisteel ehk orbiidil, nagu ütleavad astronoomid, tohutu suured mõõted.

Maa orbiit pole täiesti korrapärase ring, vaid eriline kõver, mida matemaatikud nimetavad ellipsiks. Ellipsit võib joones-

tada niidi abil, mis on otstest kokku seotud ja kinnitatud kahe nõõpnõelaga (joon. 1). Kui tõmmata pliitsiga mööda paberit nõnda, et niit on kogu aja pingul, siis saadaksegi ellips. Punkte, kuhu on torgatud nõõpnõelad, nimetatakse ellipsi fookusteks; fookuste vahel on ellipsi keskpunkt. Maa orbiidi ellips erineb ringjoonest vähe, sest ta fookused asetsevad keskpunkti ligidal. Kui joonestame säärase kujuga ellipsi mõnele raamatuleheküljele, siis näib see meile korrapärase ringina, ainult et Päike ei asetse keskpunktis, vaid täpselt ühes fookuses. Et Maa ei liigu ringjoont, vaid ellipsit mööda, siis muutub aasta jooksul pisut ka Maa kaugus Päikesest.



Joon. 1. Kuidas joonestada ellipsit.

Keskmiselt on see kaugus umbes 150 000 000 kilomeetrit.

Jaanuaris, mil põhjapoolkeral valitseb talv, on Päike meile 2 500 000 kilomeetrit ligemal; juulis aga, kui meil on südasuvi, on ta meist niisama palju kaugemal. Siit selgub, et aastaegade vaheldus ei teki mitte sellepärast, et Päike asetseb kord meile ligemal, kord meist kaugemal, vaid teisel põhjusel, mille saame kohe teada.

Maa mitte ainult ei tiirle aasta jooksul ümber Päikese, vaid pöörleb veel vurrina oma telje ümber, tehes öö-päeva jooksul ühe täistiiru. See telg on mõistagi vaid kujutletav; ta pole Maa orbiidi tasapinnaga risti, vaid $66\frac{1}{2}^{\circ}$ kaldu. Säära- ses asendis on Maa telg alati (joon. 2). Sellest asjaolust tekibki aastaegade vaheldus.

Kui Maa on näiteks joonisel 2 vasemal kujutatud asendis, siis valgustab Päike peamiselt meie põhjapoolkera ja kogu sellel poolkeral, s. o. põhja pool ekvaatorit, valitseb suvi. Maa lõunapoolusele ei lange sel ajal Päikese kiired üldse mitte, seal valitseb pikk polaaröö, ja kogu lõunapoolkeral, s. o. lõuna pool ekvaatorit, on talv. Poole aasta pärast, kui Päike jõuab joonisel 2 paremal näidatud asendisse, on meil vastupidi talv, lõunapoolkeral aga suvi. Maa öö-päeva pöörlemist ega ka

liikumist ümber Päikesega me ei tajü. Kuid siiski võib öelda, et seda pöörlemist me näeme alata: kogu taevavõlv nagu pöörleks idast läände ümber mingisuguse telje, mida vanaaja teadlased nimetasid „maailma teljeks“. Seetõttu liiguvad Päike, Kuu ja tähed taevavõlvil idast läände, tõusevad ja loojuvad iga päev. Kuid see liikumine on vaid näiv: mitte lõpmatu maailmaruum ei pöörle ümber „maailma telje“ idast läände, vaid meie väike Maakerä pöörleb ümber oma telje vastasuunas, läänest itta. Järelikult osutub „maailma telg“ lihtsalt meie Maa teljeks.



Joon. 2. Maa tiirlemine ümber Päikesega. Tähega *P* on märgitud põhjapoolus, tähega *L* lõunapoolus; läbi pooluste on tõmmatud kujutletav telg. Joonisel on kujutatud väike osa Maa orbiidist. Kaugused on joonisel ebatäpsed: kaugus Maalt Päikeseni on tõeliselt 12000 korda suurem kui Maa läbimõõt.

Aga kuidas on siis Päikesega, kas ta tõesti seisab või ripub liikumatult maailmaruumis? Kas see on üldse võimalik? Ei, see pole võimalik. Maailmaruumis pole midagi liikumatut, kõik liigub, kõik muutub. Liigub ka Päike, ja sellest liikumisest jutustame edaspidi. Siin tähendame ainult niipalju, et seda tõelist Päikesega liikumist pole ükski lugejaist näinud. Me märkame vaid Päikesega näivat liikumist, ööpäevast ja aastast. Esimene liikumine tekib Maa pöörlemisest ümber oma telje, teine — Maa tiirlemisest ümber Päikesega.

3. Kuu — Maa kaaslane.

Oma igaveses tiirlemises ümber Päikese pole Maa üksi. Teda saadab lahutamatu kaaslasena Kuu. Kuu on meile palju lähemal kui kõik teised taevakehad, umbes 400 korda lähemal kui Päike. Ta paistab meile peaaegu täpselt niisama suurena kui Päike. Järelikult peab ta tõeliselt olema 400 korda väiksem kui Päike.

Kuu kaugus Maast on umbes 380 000 kilomeetrit, s. o. ainult $9\frac{1}{2}$ korda suurem kui Maa ümbermõõt. Isegi enne lennukite leiutamist polnud vähe inimesi, kes oma eluajal olid matkanud rohkem kilomeetreid, kui neid on Maalt Kuule.

Kuu läheduse tõttu Maale on teda pikksilmaga hõlpsu uurida. Vaatlused on näidanud, et Kuul pole oma valgust, nagu on Päikesel. Kuu pind on umbes samasugune nagu Maa kõrvetasandike pind. Neil Kuu tasandikel on rohkesti mägesid, mis meenutavad kraatreid, kuid seal puuduvad mered, jõed ja taimestik. Viimast ei saagi olla, sest Kuul pole õhku ega järelikult ka mitte elu.

Kuu tiirleb ümber Maa ja teeb ühe tiiru peaaegu kuu ajaga. Et Maa pole liikumatu, vaid sooritab aastaga tiiru ümber Päikese, siis võtab ka Kuu ühes Maaga sellest liikumisest osa.

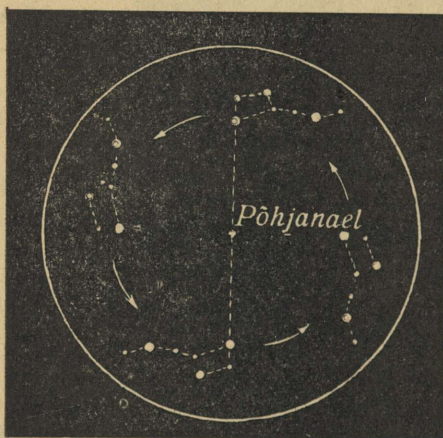
4. Taevakehad.

Selgel kuuvalguseta ööl pole näha sugugi nii palju tähti, kui tavaliselt arvatakse. Isegi kõige teravama nägemisega inimene võib pikksilmata või kiikrita näha taevavõlvil mitte miljoneid, vaid kõigest kahte-kolme tuhat tähte. Ja kogu taevavõlvil, mis ümbritseb Maad igalt poolt, pole selliseid palja silmaga nähtavaid tähti mitte üle kuue tuhande. Nad on kõik juba ammu loendatud ja kataloogitud. Seda teha polnud kuigi raske, sest tähed peaaegu ei muuda oma asendit üksteise suhtes.

Et selles veenduda, valime mõne piiratud taeva-ala, eelistatavalt säärase, kus tähed moodustavad mingisuguse märga-

tava kujundi. Juba väga ammu pöörasid inimesed sääraseile kujundeile tähelepanu; neid nimetatakse tähtkujudeks. Joonistades ühe niisuguse kuju üles, koostame, nagu öeldakse, selle tähtkuju kaardi. Kui säärane kaart on koostatud tähelepanelikult, siis jääb ta kauaks ajaks õigeks. Aastakümnete järel näeme tähtkuju samasugusena, nagu nägime teda esmakordselt: pole kadunud ükski täht, ükski pole oma kohalt nihkunud. Ainult tähtkuju ise tervikuna võib osutada mujal asetsevaks, mitte sellel taevakera poolel, kus ta oli varem. Võib isegi juhtuda, et me ei leia teda üldse, sest paljud tähtkujud tõusevad ja loouvad taeva näiva pöörlemise tõttu.

See taeva näiv pöörlemine toimub täpselt nii, nagu pöörleb meie Maa tõeliselt, kuid ainult vastassuunas. Seepärast on



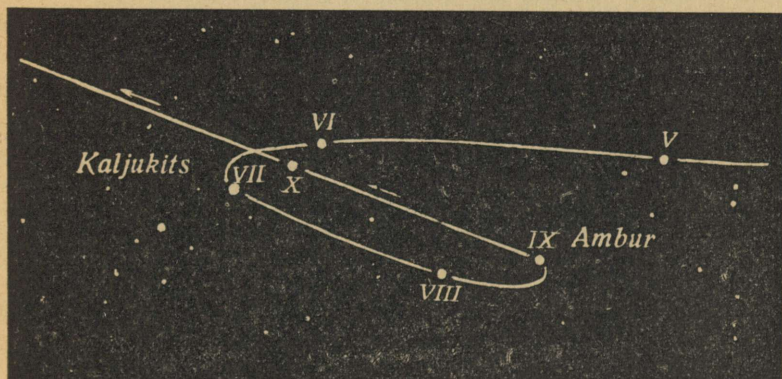
Joon. 3. Suure Vankri tähtkuju öö-päevane liikumine.

taeval nagu Maakeralgi kaks liikumatut punkti, kaks poolust, mille ümber näivalt pöörlevad kõik tähed öö-päeva jooksul. Maa põhjapoolkeral on nähtav ainult taeva põhjapoolus. Poolusel enesel pole ühtegi tähte, kuid üsna ligidal asetseb küllalt hele täht, mida nimetatakse Põhjanaelaks. Teda on kerge leida Suure Vankri tähtkuju järgi, nagu on näha joonisel 3. Põhjanael

paistab peaaegu liikumatuna ja osutab põhjasuunda täpselt kui kompass, teised tähed aga näivad kogu aja tema ümber tiirlevat. Isegi kui kahe-kolme tuhande aasta eest elanud inimesed võiksid nüüd heita pilku taeva poole, ei märkaks nad tähtkujude piirjoontes tunduvald muudatusi. Seepärast nimetati neid tähti juba ammu liikumatuks ehk kinnistähete-

deks. Edaspidi, kui oleme jutustanud, mis tähed tõeliselt on, näeme, et see nimetus, tõtt öelda, on ebaõige.

Kuid on olemas nimelt mõned väga heledad tähed, mida isegi vanaajal ei peetud kinnistähtedeks. Kui märkida selline täht tähekaardile, siis leiame ta mõne kuu, vahel isegi juba mõne päeva pärast teiste tähtede keskel, teises tähtkujus; kõik teda ümbritsevad tähed aga püsivad oma kohtadel (joon. 4).



Joon. 4. Planeet Marsi liikumine läbi Amburi ja Kaljukitse tähtkuju maist kuni oktoobrikuuni 1939. a.

Sääraseid tähti nimetatakse planeetideks. Kreeka keeles tähendab sõna „planeet“ rändtähte. Palja silmaga võib näha ainult viit planeeti. Praegu me teame, et planeedid asetsevad Maale palju ligemal kui tähed, ent palju kaugemal kui Kuu.

Kui tahame loendada kõiki taevakehi, mida võib taevas näha, jääb veel mainida komeete ja lendtähti. Komeet näib tähena, mida ümbritseb helendav udu. Tal on eriline lisand — saba. Samuti kui planeedid rändavad ka komeedid ühest tähtkujust teise, kuid ilmuvad harva ja enamik lugejaist pole neid tõenäoliselt kunagi näinud.

Lendtähti seevastu tunnevad aga kõik. Need on ainult nime poolest tähed; tõeliste tähtedega pole neil midagi ühist.

Tähed on hiiglasuured, erakordselt kaugel asetsevad hõõguvad kehad, kaugel asetsevad päikesed, mis sarnanevad meie Päikesega. Nad ei lange iialgi kuhugi ega kao. Lendtähed on aga lihtsalt kivikillukesed või isegi liivaterakesed, mis helenavad massiliselt õhutus maailmaruumis. Seni kui need liivaterakesed lendavad Maast kaugel, on nad külmad ega helenda ja me ei aimagi nende olemasolu. Kui aga mõni neist kivikilluketest kohtub Maaga, siis lendab ta Maa õhkkonda kiirusega mitukümmend kilomeetrit sekundis, palju kiiremini kui mürisk. On teada, et mürisk kuumeneb lennul hõõrdumisest õhu vastu. „Taevamürsud“, mis lendavad meie õhkkonda, kuumenevad veel tugevamini. Hõõguma lüües sulavad nad silmapilkselt ja muutuvad gaasideks, juba suures kõrguses, kaugel ülalpool pilvi. Siis ütlevad inimesed: „Ennäe! Täht langes.“ Ainult sel juhul, kui kivi on küllalt suur, ei suuda ta lennul läbi õhkkonna täielikult ära põleda, ta killud langevad maapinnale ja ajalehtedes võib ilmuda teade, et selles kohas on langenud „meteoriit“.

I. Päikesesüsteemi ehitus.

1. Planeedid ja nende liikumine.

Planeetide liikumine tähtede keskel oli teadlastele kaua mõistatuseks. Kirjeldame näiteks ühe heleda planeedi Jupiteri liikumist. Jupiter liigub pikkamisi tähtede keskel läänest itta ehk paremalt vasakule. 1944. aastal asetses ta taeva sel alal, mida nimetatakse Lõvi tähtkujuks, tõustes ja loojudes ühes sellega. 1945. aastal liikus ta juba Neitsi tähtkujus, mis asetseb Lõvi naabruses ida pool. 1946. aastal nihkus ta veel kaugemale ida poole, nimelt Kaalude tähtkujusse, jne. 1956. aastal näeme aga, et Jupiter on sooritanud omamoodi ümbermaailmareisu: kaheteistkümne aasta jooksul on ta teinud täisringi ja asetseb taas Lõvi tähtkujus. Kõige imestusväärsem seejuures on, et Jupiter ei liigu mitte kogu aja ühes suunas läänest itta. Igal aastal näib ta nagu mõneks päevaks peatuvat ja hakkab seejärel tagasi läände liikuma; see tagasi-käik kestab umbes neli kuud. Siis järgneb uus peatus ja seejärel jällegi umbes kaheksa kuud otsest liikumist kuni järgmise peatuseni.

Sääraste peatuste ja tagasipöördumistega liiguvad ka teised planeedid, ainult et ühed neist sooritavad oma teekonna kiiremini kui Jupiter, teised aga aeglasemalt. Mõned vanaaja rahvad seletasid neid alatisi tagasipöördumisi lihtsalt nii, et planeedid ööpimeduses eksivad ühtelugu teelt. Hiljem muidugi hakati planeetide vastupidisele liikumisele otsima teisi, matemaatiliselt põhjendatud seletusi. Ent kõik need seletused osu-

tusid väga keerukaks ja mitteveenvaks. Alles Kopernikus seletas õigesti ja väga lihtsalt planeetide keerukad liikumised. Kopernikuse seletuse järgi planeedid ei tiirle ümber Maa, nagu arvati enne teda, vaid ümber Päikese; ümber Maa tiirleb ainult Kuu. Seejuures kõik planeedid liiguvad kogu aja ühes suunas läänest itta ilma mingisuguste peatusteta ja pöoreteta. Kui võiksime vaadelda Jupiteri liikumist näiteks Päikeselt, siis märkaksime, et Jupiter liigub kogu aja ainult ida suunas, samuti kui Kuu ümber Maa; teeb taevavõlvil 12 aastaga täisringi ja pöördub tagasi samasse tähtkujusse, kus ta asetses 12 aasta eest. Kuid me vaatleme Jupiteri Maalt, mis ise on samuti planeet ja liigub ise ümber Päikese samas suunas kui teisedki planeedid. Seepärast paistab Jupiteri liikumine meile palju keerukamana, kui see tegelikult on. Sest isegi juhul, kui Jupiter tõeliselt üldse ei liiguks, näiks meile ikkagi, et ta liigub. Tegelikult liigub Maa ümber Päikese ja jõuab aasta pärast tagasi oma endisse kohta. Kuid me ei märka Maa liikumist, meile näib, et liigub Jupiter, aga mitte meie; me näeme, et ta pool aastat liigub edasi (itta), siis pool aastat tagasi läände, ning aasta pärast jõuab tagasi endisele kohale. Peale selle tiirleb Jupiter ka ise ümber Päikese, ainult palju aeglasemalt kui Maa. Ka seda liikumist me näeme, see nii-öelda liitub Maa liikumisega, ja neid kahte liikumist eristada pole sugugi kerge. Selle raske ülesande lahendamise eest on Kopernikus täiesti teenitult tunnustatud suureks teadlaseks.

Ent kui Maa liigub ümber Päikese, miks näeme siis ainult planeetidel seda iga-aastast edasi-tagasi liikumist, tähtedel aga mitte? See on oleneb kaugusest. Kui sõidame või lendame, siis näib, nagu liiguksid kõik esemed meile vastu. Seejuures, mida kaugemal asub ese, seda aeglasemalt nihkub ta tahapoole, väga kauged esemed aga ei näi üldse liikuvat, kaua aega näeme neid ikka ühes ja samas suunas.

Samuti on lugu ka tähtedega. Enamik nendest asetseb meist niivõrd kaugel, et nad ümber meie Päikese tiirlemisel ei näi üldse liikuvat. Alles kolmsada aastat pärast Kopernikust õnnestus eriti täpsete astronoomiliste mõõtmiste abil kindlaks

teha, et õige vähesed meile kõige lähemad tähed aasta jooksul vaevaltmärgatavalt oma kohta muudavad. See avastus tõestas lõplikult Kopernikuse õpetuse õigsuse.

2. Päikesesüsteem.

Me teame juba, et Maa tiirleb ümber Päikese. Seepärast võib öelda, et Maa on üks planeetidest. Kuigi planeedid näivad tähtedena, sarnanevad nad tõeliselt rohkem Maaga kui tähtedega. Tähed on kauged päikesed, tohutud hõõguvad helendavad kehad. Planeedid on tähtedest palju väiksemad ja nad ei helenda, nagu ei helenda Maa ega Kuu. Me näeme planeete ainult selletõttu, et neid valgustab Päike. Seepärast tavaliselt öeldaksegi, et planeedid helendavad tagasipeegelduvalt Päikese valgusest. Ka meie Maa peegeldab Päikese valgust ja peab seetõttu olema nähtav teistel planeetidel. Meie naaberplaneedil Marsil peaks Maa paistma niisama heledana, nagu meile Maakeral paistab Jupiter.

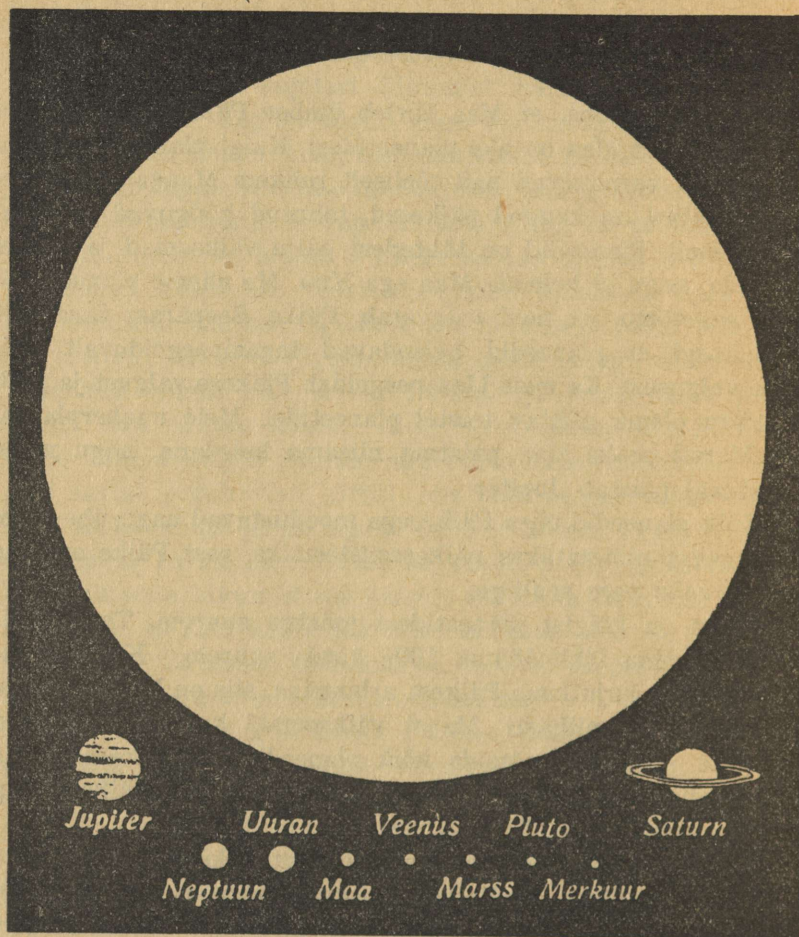
Kõik planeedid ühes Päikesega moodustavad nagu ühe pere. Seda peret nimetatakse päikesesüsteemiks, sest Päike on igas suhtes selle pere pealiige.

Päike on kõigist planeetidest märksa suurem. Tema läbimõõt on Maa läbimõödust $109\frac{1}{2}$ korda suurem. Kui näitlikkuse mõttes kujutleme Päikest arbuusina, siis on Maa hirsitera suurune. On niihästi Maast väiksemaid kui ka suuremaid planeete. Kui aga pätsida kõik planeedid üheks keraks, siis oleks selle kera läbimõõt peaaegu üheksa korda väiksem kui Päikese oma (joon. 5).

Teadlased oskavad taevakehasid mitte üksnes mõõta, vaid neid isegi kaaluda (mõistagi matemaatiliste arvutuste abil). Kuidas seda teha, näitas poolteistsada aastat pärast Kopernikust teine suur teadlane — Newton.

Nüüd me teame, mitu tonni saaksime, kui kaaluksime ära Kuu. Teadlased arvutasid samuti planeetide, nende hulgas ka meie Maa ja isegi Päikese raskuse. Osutus, et Päikese raskus

(ehk õigemini öelda mass) on ligikaudu seitsesada korda suurem kui kõigi planeetide raskus (ehk mass) ühtekokku ja üle kolmesaja tuhande korra suurem kui Maa mass.



Joon. 5. Päikese ja planeetide suhtelised suurused.

Lõppeks kõigest päikesesüsteemi taevakehadest on ainult Päikesel oma valgus ja soojus. Kõik planeedid ja nende kaas-

lased on külmad tumedad kerad ning saavad soojuse ja valguse Päikeselt. Maal on elu üldse võimalik ainult Päikese kiirte tõttu.

3. Kogumaailmne gravitatsioon.

Meie ei leia Maakeral liikumist, mis sarnaneks planeetide ja nende kaaslaste liikumisega. Seepärast arvati isegi veel kaua aega pärast Kopernikuse avastust, et taevakehad ei liigu nende reeglite või, nagu öeldakse, nende mehhaanikaseaduste järgi, mis on kehtivad Maakeral toimuvate liikumiste kohta. Arvati, et maailmaruumis toimivad mingisugused eri seadused, mis võib-olla jäävad inimestele igavesti arusaamatuks. Alles 1687. a. selgitas Newton taevakehade liikumise ja pealegi erakordselt lihtsalt. Ta näitas, et taevakehad liiguvad samade seaduste järgi, mille järgi liiguvad esemed Maakeral, et mehhaanikaseadused on kogu maailmkonnas ühed ja needsamad.

Esitame endale järgmise küsimuse: kui kuskil õhutus maailmaruumis, kaugel Maast ja Päikesest, tulistada suurtükist, kuidas lendab siis mürsk? Kas peatub ta otsekohe? Nähtavasti mitte, sest ta ei pörka millegi vastu.

Võib-olla peatub ta aeglaselt nagu kera, kui seda veeretada mööda siledat põrandat? Kuid kera jääb seisma õhutakistuse ja põranda vastu hõõrdumise mõjul. Aga kui poleks ei hõõrdumist ega õhutakistust? Siis kera ei peatuks üldse, vaid vee-reks kogu aja ühesuguse kiirusega, nagu öeldakse, ühtlaselt. On selge, et õhutus ruumis peab ka mürsk liikuma ühtlaselt, muutmata oma kiirust.

Kas meie mürsk lendab sirg- või kõverjoones? Kui tulistame Maalt või Maa lähedalt, siis langeb mürsk Maa peale kõverjoones, kusjuures ta langemise kiirus kogu aja suureneb. Millest on see tingitud? Sellest, et Maa, nagu öeldakse, tõmbab mürsku külge. Aga kui mürsk on tulistatud õhutus ruumis, väga kaugel Maast ja teistest taevakehadest, siis seal lendav mürsk ei tunne üheltki poolt peaaegu mingit külgetõmmet; seepärast ei kaldu ta oma teelt kõrvale, vaid liigub kogu aja sirgjoonelisel ja sama kiirusega.

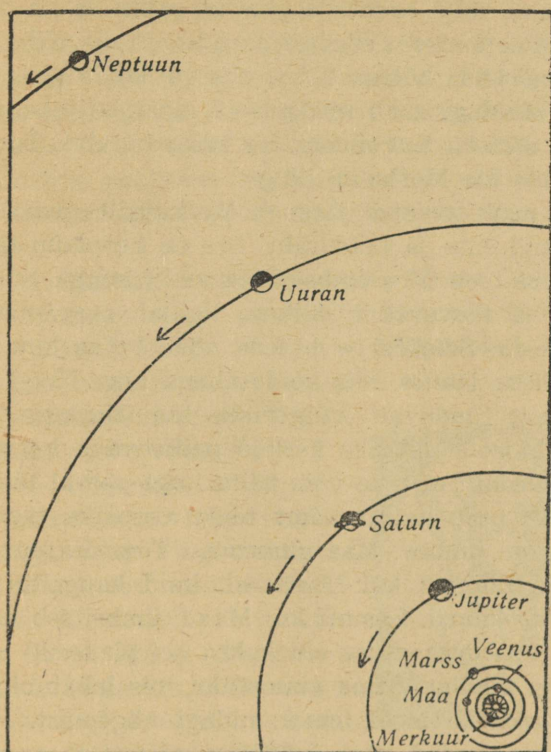
Võib öelda, et planeedid kujutavad endist niisuguseid õhus ruumis lendavaid mürske. Kuid mispärast ei lenda nad sirgjoones? Seepärast, vastas Newton, et on olemas põhjus ehk jõud, mis kogu aja sunnib planeeti sirgelt teelt kõrvale kalduma. Matemaatiliste arvutuste abil tõestas Newton, et see jõud alati kallutab ehk tõmbab planeeti Päikese poole, et see on Päikese külgetõmbejõud. Selles seisabki Newtoni suur avastus.

Mitte üksnes Maa ei tõmba esemeid enese poole, vaid kõik esemed, kõik maailmaruumi kehad tõmbuvad üksteise poole. Kehade vastastikune tõmbumine on seda tugevam, mida suuremad on kehade massid, s. o. mida suuremad ja tihedamad nad on ning mida lähemal nad on üksteisele. Näiteks kõik meid toas ümbritsevad esemed tõmbuvad vastastikku üksteise poole, tõmbavad meid ja meie omakorda tõmbame neid endi poole. Kuid me ei märka kõiki neid tõmbumisi, sest meie lähedal asetseb keha võrratult suurema külgetõmbejõuga, nimelt meie Maa, ja märgatav on ainult tema külgetõmbejõu mõju kõigisse esemisse. Selle külgetõmbejõu tugevus on keha raskus. Külgetõmbejõud toimib kogu maailmas ja seepärast nimetatakse teda kogumaailmseks külgetõmbejõuks ehk üldiseks gravitatsiooniks. Küps õun kukub puu otsast maha, sest teda tõmbab enda poole maa. Kuu ei lenda sirgjooneliselt, vaid tiirleb ümber Maa, sest teda takistab Maa külgetõmbejõud. Kõik planeedid, nende hulgas ka meie Maa, ainult selletõttu ei lenda lõputusse maailmaruumi, et Päike oma külgetõmbejõuga kallutab nad kõrvale sirgjoonelistelt teedelt ja sunnib neid iga-vesti tiirlema enda ümber.

4. Planeetide kirjeldus.

Päikesele kõige lähemat planeeti nimetatakse Merkuuriks. Ta on vaid natuke suurem kui Kuu. Nagu näha joonisel 6, on Merkuuri orbiit tunduvalt väiksem Maa orbiidist ja Merkuur liigub seda mööda kiiremini kui Maa, tehes täistiiru ümber Päikese vähem kui kolme kuuga.

Tõenäoliselt ei ole Merkuuril elu. Vaadeldes Merkuuri pikk-silmaga, jõudsid astronoomid järeldusele, et Merkuuril ei ole öö ja päeva vaheldust. Selle planeedi üks poolkera on alati pööratud Päikese poole ja siin valitseb igavene päev ning iga-



Joon. 6. Päikesesüsteemi plaan. (Planeet Pluto, mis asetseb Neptuuni taga, pole mahtunud plaanile.)

vene suvi. Teine poolkera, vastupidi, ei näe millalgi Päikest ja siin on igavene öö ning igavene talv. Arusaadav, et sel öisel poolkeral ei saa elada sellised taimed ja loomad nagu Maakeral. Kuid nad ei saa elada ka Merkuuri teisel poolkeral, sest et see peaaegu hõõgub mitte iialgi loojuva Päikese kiirte all. Är-

gem unustagem, et Merkuur on Päikesele kaks ja pool korda lähemal kui Maa. Pealegi puudub Merkuuril samuti kui Kuul õhkkond, mida elusolendid vajavad hingamiseks. Merkuuri on väga raske näha, sest ta on taevas alati Päikese lähedal. Enamik selle raamatu lugejaid pole teda kindlasti kordagi näinud. Tuleb aegsasti välja arvutada päevad, millal ta on taevavõlvil vaatluste toimetamiseks soodsas asendis, ja siis võib teda 7—10 päeva jooksul leida hõlpsasti kas eha või koidu ajal, sest ta on väga hele. Muidugi saab niisuguseid arvutusi teha ainult eriraamatute, näiteks astronoomilise kalendri abil. Tumedas öötaevas ei näe me Merkuuri iialgi.

Päikese poolt arvates järgneb Merkuurile planeet Veenus, kõigile tuntud eha- ja koidutäht. See on heledaim täht taevavõlvil. Veenus teeb tiiru ümber Päikese $7\frac{1}{2}$ kuuga. Suurema osa aastast on ta taevavõlvil Päikese ligidal, seepärast on teda raske vaadelda. Seejärel võib teda näha mõne kuu vältel esmalt ehatähena läänes, siis koidutähena idas. Kuigi ta eemaldub Päikesest tunduvalt kaugemale kui Merkuur, õnnestub teda näha hilisööl, näiteks kesköö paiku väga harva. Veenus särab nii heledalt, et teda võib näha isegi päeval täielikul päikesevalgusel; peab vaid teadma tema asupaika taevavõlvil.

Veenus on umbes Maa suurune. Temperatuur Veenusel peaks olema kõrgem kui Maakeral, kuid kaugeltki mitte nii kõrge kui Merkuuril. Samuti kui Maad ümbritseb ka Veenust atmosfäär. Ent orgaanilise elu kohta sel planeedil ei või seni öelda midagi kindlat. Sama atmosfäär, mis lubab oletada Veenusel elu, takistab meid temal midagi nägemast. Pikksilmas paistab Veenuse pind väga heledana, täiesti tasanena ja valgena ilma mingisuguste laikudeta. Tõenäoliselt pole see siiski planeedi kõva pind, vaid tema gaasiline ümbris, atmosfäär. See atmosfäär on alati täidetud mingisuguste läbipaistmatute massidega, pilvedega või uduga, mis takistavad Veenuse pinna vaatlemist. Seepärast pole selle planeedi loomusest seni midagi teada. Me ei tea isegi, kui pika ajaga ta teeb ringi oma telje ümber, s. o. kui kaua kestab temal öö-päev. Alles hiljuti avastasid õpetlased, et Veenuse atmosfäär sisaldab rohkesti süsi-

happegaasi, kuid puhast hapnikku, milleta on võimatu elu Maakeral, pole Veenusel seni leitud.

Päikese poolt arvates kolmandal kohal on meie Maa ühes oma kaaslasel Kuuga. Edasi järgneb neljas planeet — Marss, millest me teame palju rohkem kui Veenusest. Marss asetseb Päikesest poolteist korda kaugemal kui Maa ja liigub oma orbiidil temast aeglasemalt. Seepärast kestab tema tiirlemis-periood ümber Päikese, s. o. tema „aasta“ peaaegu kaks meie aastat. Iga kahe aasta järel läheneb Marss Maale minimaalsele kaugusele, olles meile keskmiselt kaks korda lähemal kui Päike. Säärastel puhkudel on Marss mitme nädala vältel meile kõige heledamaid tähti taevas, paistes silma oma punase värvuse poolest.

Marss on Merkuurist suurem, kuid Maast väiksem; ta läbimõõt on Maakera omast peaaegu kaks korda lühem. Tugevas pikksilmas paistab Marss väikese punakaskollase kettakesena, millel samuti nagu Kuulgi võib näha laiike (joon. 7). Need laiigud ei muuda oma kuju, kuid liiguvad kogu aja mööda planeedi ketast. See tähendab, et Marss pöörleb ümber oma telje nagu meie Maagi. Ühe ringi vältus (s. o. Marsi öö-päev) osutub Maa omast ainult 40 minutit pikemaks. Seejuures on ka Marsi telg peaaegu sama kaldega kui Maa oma; niisiis peaks seal toimuma samasugune aastaegade vaheldus kui meil, ainult iga aastaag oleks peaaegu kaks korda pikem kui Maakeral, sest sedavõrd on Marsi aasta pikem Maa aastast. Ja tõesti, pikksilmaga võib jälgida, kuidas Marsi põhja- ja lõunapoolkeral vahelduvad talv ja suvi. Neis Marsi piirkondades, kus temperatuur peaks olema kõige madalam, on märgata kaht valget laikku, mis asetsevad teineteise vastu: üks põhjapooluse, teine lõunapooluse ümber. Need laiigud muutuvad vaheldumisi



Joon. 7. Marss vaadatuna tugevajõulise teleskoobi abil.

kord suuremaks, kord vähemaks. Kui näiteks Marsi põhjapoolkeral on talv, siis põhjapolaarlaik suureneb, lõunapolaarlaik aga vastupidi kahaneb ja lõppeks kaob hoopis; seal on siis suvi. Mõne aja pärast hakkab põhjapolaarlaik kaduma, tähendab, põhjapoolkeral on kevad; lõunapoolkeral on samal ajal sügis ja polaarlaik hakkab seal kasvama. Need huvitavad nähtused tõendavad, et Marsil leidub vett. Valged laigud pooluse ümbruses pole midagi muud kui lumi ja jää, samuti ka pilvede kuhjumised. Nad tekivad sügisel ja kaovad kevadel. Kui keegi vaatleks mõnelt teiselt planeedilt meie Maad, siis näeks ta tema pooluste ümber samasuguseid valgeid „mütse“. Vahe on ainult selles, et Maal need „mütsid“ kunagi päriselt ei kao, vaid muutuvad suvel väiksemaks. Sellest võib järeldada, et Marsil on vähem vett, järelikult ka vähem jääd kui Maakeral. Seepärast sulavad seal polaarmütsid täiesti, kuigi Marsil on temperatuur madalam kui Maakeral.

Tumedaid laiike Marsi pinnal peeti varem al ajal meredeks. Kuid nüüd teame, et Marsil pole ei meresid ega isegi suuri järvi. Planeedi punakaskollane pind on Päikese kõrvetatud kivi- või liivakõrb, tumedad laigud aga — niiskemad kohad, mis võib-olla on kaetud taimestikuga. Kui Marsil leidub vett, siis peab seal olema ka õhku, sest õhutus ruumis muutuks vesi kohe auruks. Tõeliselt on Marsil atmosfäär, kuigi palju hõredam kui Maakeral. Pealegi on õhkkond seal palju kuivem kui Maa oma, temas on palju vähem veeauru. See ilmneb sellest, et Marsil on väga harva pilvi. Neid võib märgata pikksilmiga väikeste valgete täpikestena, mis liiguvad planeedi pinnal.

Teadlastel õnnestus avastada, et Marsi õhkkonnas on hapnikku, kuid umbes tuhat korda vähem kui meie õhkkonnas. Üldiselt on isegi Marsi pinna ligidal õhkkond palju hõredam kui Maa kõige kõrgemate mägede tippudel. Õnnestus ligikaudu mõõta ka Marsi temperatuuri. Osutus, et päeval planeedi pind soojeneb Päikese kiirte mõjul umbes kuni 10 kraadini, aga kui Marsil saabub öö, siis langeb temperatuur väga kiiresti kuni 70°-ni nii talvel kui ka suvel. Sellist pakast esineb Maakeral isegi polaarpiirkondades harva. Niisiis peab tunnistama, et

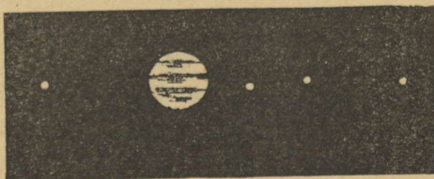
Marsi kliima pole kohane ei Maa taimestikule ega loomastikule. Kui seal ongi elusolendeid, siis peavad nad erinema Maa elanikest.

Marsi ümber tiirleb kaks kaaslast, kaks väikest kuud, kumbki mitte üle 10—20-kilomeetrise läbimõõduga. Mõlemad on oma planeedile väga lähedal: lähem neist on Marsile 60 korda lähemal kui Kuu Maale ja tiirleb ümber planeedi kõigest $7\frac{1}{2}$ tunniga. Sellisest lähedusest hoolimata saab Marss oma väikestelt kaaslastelt palju vähem valgust kui meie oma Kuult.

Marsi ja järgmise planeedi, Jupiteri orbiidi vahelises ruumis liigub ümber Päikese hulk väikesi planeete. Neid kõiki võib näha ainult pikksilmaga ja neid hakati avastama alles XIX sajandi alguses.

Neid väikesi planeete on juba avastatud üle poolteise tuhande ja igal aastal avastatakse mõnikümmend uut. Enamikul neist on läbimõõt ainult mõnikümmend kilomeetrit, kuid on ka mitu suurt, mille läbimõõt on ligikaudu 800 kilomeetrit. Kui kõik seni avastatud väikesed planeedid ühte liita, siis saaksime ruumalalt umbes 10 korda väiksema kera kui Kuu.

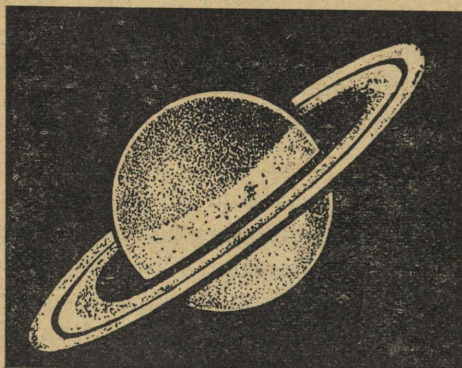
Väikeste planeetide piirkonna taga liigub suurim päikese-süsteemi planeet — Jupiter. Ta on suurem kui kõik teised planeedid kokku. Kui kujutleda Päikest arbuusina ja Maad hirsiterana, siis oleks Jupiter suur kirss, sest tema läbimõõt on 11 korda suurem kui Maa oma. Veenuse järel on Jupiter heledaim kõigist tähtedest ja planeetidest. Tema kaugus Päikesest on üle 5 korra suurem kui Maa oma, nii et seal peaks olema väga külm. Jupiteri pikksilmaga vaadeldes pakuvad kõige rohkem huvi tema kaaslased. Praegu on neid teada üksteist. Neli neist on meie Kuust suuremad. Juba kõige nõrgajõuli-



Joon. 8. Jupiter ja selle neli tähtsamat kaaslast vaadatuna nõrgajõulise pikksilma abil.

sema pikksilmaga võib näha Jupiteri kõrval nelja väikest tähte, mis alatasa muudavad oma asendit, peituvad planeedi taha ja ilmuvad siis uuesti teiselt poolt nähtavale (joon. 8).

Järgmine planeet — Saturn — on suuruselt pisut vähem kui Jupiter, kuid et ta asetseb peaaegu kaks korda kaugemal, siis ei paista ta meile millalgi nii heledana kui Jupiter või Marss. Saturn sooritab oma pika teekonna ümber Päikese



Joon. 9. Saturn vaadatuna tugevajõulise pikksilma abil.

ligikaudu 30 aastaga. Ta on kõige huvitavaid planeete. Kujutlegem pappketast ümmarguse auguga keskel, teisiti öeldes — lamedat rõngast. Just rõnga ava keskel asetseks kera — planeet. Niisugune on Saturni kuju pikksilmas (joon. 9). Rõngas ei puutu kuskil planeedi külge, vaid ümbritseb seda va-

balt ja kaasneb temaga kogu aja ta liikumisel ümber Päikese. Tugev pikksilm aga näitab, et rõngaid on isegi kaks, üks teise sees.

Miks siis need rõngad pole seni Saturni külgetõmbejõu mõjul kukkunud ta pinnale või kistud tükkideks? Teadus vastab sellele küsimusele: Saturni ümber ei ole ega võigi olla mingisuguseid tihedaid tahkeid rõngaid. Saturni rõngas — see on tohutu koondis pisikesi kaaslasid, võib-olla isegi liivateri või tolmukübemeid, mis tiirlevad planeedi ümber igaüks oma orbiidil samuti kui harilikud suured kaaslased. Peale rõnga on Saturnil selliseid suuri kaaslasid avastatud üheksa, kuid pikksilmaga on neid raskem vaadelda kui Jupiteri kaaslasid.

Kõik kuus planeeti (kaasa arvatud ka Maa), millest oleme jutustanud, olid inimestele tuntud juba iidsest ajast. Kuid 1781. a. avastas inglise helikunstnik — hiljem kuulus astronoom W. Herschel täiesti ootamatult seitsmenda planeedi. Sellele pandi nimeks Uran. Ta on veel kaks korda kaugemal, kui Saturn ja Päikesest peaaegu kakskümmend korda kaugemal kui Maa. Seepärast on ta palja silmaga vaevalt märgatav harilik täht, mille sarnaseid on taevavõlvil tuhandeid, ja teda on võimalik vaadelda ainult pikksilmaga. Selgus, et Uurani läbimõõt on Maa omast neli korda suurem. Tugevajõuliste pikksilmade abil on näha neli kaaslast, mis tiirlevad ümber Uurani. Uurani tiirlemisperiood ümber Päikese on 84 aastat.

Uuranist kaugemal asetsev kaheksas planeet avastati väga ebatavalisel viisil. Teadlased määrasid arvutuste abil, missugusele kohale taevavõlvil tuleb suunata pikksilm, et näha planeeti, mida seni polnud keegi näinud. See arvutus tehti sama gravitatsiooniseaduse alusel, mille järgi arvutatakse ette kõik taevakehade liikumised. Meenutagem, et selle seaduse järgi tõmbavad kõik kehad vastastikku üksteist külge, näiteks ka planeedid omavahel.

See avastus tehti nii. Kui hakati arvutama Herscheli poolt avastatud planeedi Uurani liikumist, siis osutus, et Uran ei liigu tõeliselt nõnda, nagu ta gravitatsiooniseaduse alusel peaks liikuma, et teda kogu aja nagu kallutaks mingisugune jõud orbiidilt kõrvale. Teadlased oletasid, et Uuranist kaugemal peab olema planeet, mida pole veel nähtud, ja et see tundmatu planeet oma külgetõmbejõuga häiribki Uurani liikumist.

Prantslane Leverrier ja inglase Adams määrasid matemaatiliste arvutuste abil, missugusel kohal taevavõlvil peab olema see (palja silmaga nähtamatu) planeet 6. septembril 1846. aastal. Ja tõesti, kui suunati tugevajõuline pikksilm näidatud taeva-alale, siis leiti selle piirkonna sadade juba tuntud tähtede keskel nõrk täheke, mida siin enne polnud. See oligi otsitud planeet. Talle pandi nimeks Neptuun.

Suuruselt jääb Neptuun vaid pisut Uuranist maha. Ta on Päikesest 30 korda kaugemal kui Maa ja ta tiirlemisperiood kestab 165 aastat. Niisiis pole ta oma avastamise ajast siamaani teinud veel ühtegi täistiiru ümber Päikese. Seni on tal leitud üksainus kaaslane.

Kõik neli kauget planeeti — Jupiter, Saturn, Uran ja Neptuun — sarnanevad mõnes suhtes väga üksteisega ja erinevad täiesti Maast. Nad liiguvad oma orbiitidel võrdlemisi aeglaselt, seda aeglasemalt, mida kaugemal planeet asetseb Päikesest (nagu see gravitatsiooniseaduse põhjal peabki olema). Näiteks läbib Neptuun sekundis $5\frac{1}{2}$ kilomeetrit, s. o. ta liigub viis korda aeglasemalt kui Maa. Kuid hoolimata oma tohutust suurusest pöörlevad nad oma telje ümber väga kiiresti. Näiteks kestab Jupiteril ja Saturnil öö-päev umbes 10 meie tundi. Kõiki neid planeete ümbritseb väga tihe atmosfäär, kuid hoopis teise koostisega kui Maa oma. Nende planeetide atmosfäärides pole märgata sugugi hapnikku, tähtsaimat Maa atmosfääri gaasi, kuid see-eest on seal tohtu palju mürgist gaasi ammoniaaki, mis koos veega moodustab kõigile tuntud nuuskpiirituse. Ja lõpuks, suure kauguse tõttu Päikesest peaks nendel planeetidel olema väga külm, palju külmem kui meie polaarpiirkondades. Vaadates näiteks Neptuunilt peaks Päikese läbimõõt paistma kolmkümmend korda väiksemana kui Maakeralt vaadates. See poleks enam ketas, vaid punkt; soojust ja valgust annaks ta väga vähe.

Üheksandast, kõige kaugemast planeedist Plutost võib praegu öelda vaid niipalju, et ta on kaugemal kui Neptuun ja et ta teeb tiiru ümber Päikese 250 aastaga. Isegi kõige tugevamad teleskoobid näitavad teda lihtsalt väikese heleda punktina, millel pole võimalik midagi näha. See planeet avastati alles 1930. a. Ameerikas.

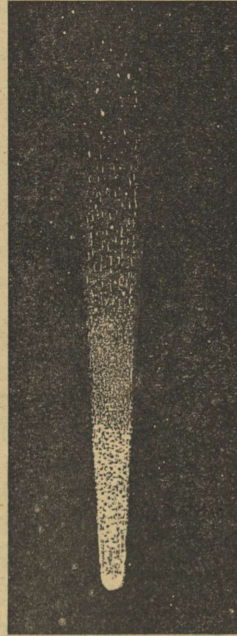
Väga võimalik, et Pluto taga on veelgi kaugemaid planeete ja et me nad järk-järgult avastame, sedamööda kui ehitatakse üha võimsamaid teleskoope.

5. Komeedid.

Õige harva ilmuvad taevavõlvile sabatähed ehk komeedid. Vahel on komeedi saba pikkus kümneid miljoneid kilomeetreid. Näiteks nähti 1910. a. kahte säärast komeeti; üks neist oli Halley komeet, mis ilmub iga 75 aasta järel uuesti (juun. 10). Varemalt kardeti, et mõni komeet võib oma sabaga riivata Maad või temaga kokku põrgata ja meid surmata või gaasidega mürgitada. Teadus näitas, et seda pole tarvis karta. Isegi suurim komeet pole tihe tahke mass nagu planeet, vaid määratu suur pilv tolmu ja kive, seejuures üsna hõre: ühe tolmukübeme kaugus teisest võib olla mitu kilomeetrit.

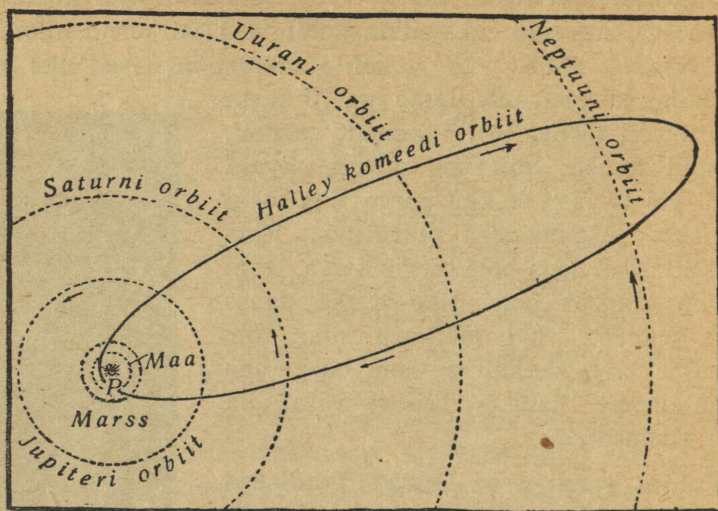
Kuidas saadi seda teada? Teadlased järeldasid seda sellest, et igal komeedil on tohutu suur ruumala, mis on tuhandeid ja miljoneid kordi suurem kui planeetide ruumala, komeedi mass aga on alati niivõrd väike, et seda pole võimalik kindlaks määrata. Isegi kõige suuremail komeetidel, mille ruumala on Maast miljoneid kordi suurem, on mass tuhandeid kordi väiksem Maa massist.

Komeedid liiguvad samuti kui planeetid õhutus maailmaruumis Päikese külgetõmbejõu mõjul. Samuti kui planeetide orbiidid on ka komeetide orbiidid enamasti ellipsid, kusjuures Päike asetseb alati ühes ellipsi fookustest. Kuid komeetide ellipsid on väga piklikud ja nende fookused on alati palju ligemal ellipsi suurima läbimõõdu otstele kui keskpunktile. Komeet, liikudes säärast ellipsit mööda, võib lühikest aega asetada Päikesele lähemal kui ükski planeet. Siis eemaldub ta Päi-



Joon. 10. Halley komeet 1910. a.

kesest ja Maast mitmeks aastaks niivõrd kaugele, et ta pole nähtav isegi väga tugevajõuliste pikksilmadega (joon. 11).



Joon. 11. Halley komeedi orbiit päikesesüsteemis.

Kui komeet ligineb Päikesele, siis kuumenevad Päikese kiirte mõjul kivid ja liivaterad, millest ta koosneb. Nad hakkavad välja saatma gaase ja auru, mis moodustavad suure heleda läbipaistva samba. See ongi komeedi saba, mis tavaliselt on suunatud Päikesest vastupidisesse külge. Kui komeet eemaldub Päikesest ja jahtub, siis väheneb saba ja kaob hiljem täiesti.

Kui teleskoobis täpselt jälgida komeedi liikumist, siis võib arvutada, mitme aasta ja kuu järel ta jõuab uuesti Päikese juurde. Kuid mõistagi pole võimalik ennustada sellise komeedi ilmumist, mis viimati lähenes Päikesele võib-olla tuhandete aastate eest ja millest pole säilinud mingisuguseid teateid. Sellega on seletatav, et mõned komeedid ilmuvad täiesti ootamatult.

Komeete on väga palju. Igal aastal avastavad astronoomid mitu komeeti, mõnikord ligi kümme, kuid enamik neist on

nähtavad vaid teleskoobis. Nad liiguvad päikesesüsteemis igas suunas. Seepärast võib juhtuda, et mõni neist põrkab kokku mingi planeediga, näiteks meie Maaga. Kuid see poleks kohutav, vaid, vastupidi, isegi väga huvitav sündmus. Kivid ja liivaterad, millest komeet koosneb, hakkavad Maa atmosfääri sattudes õhutakistuse mõjul helendama ja langevad lendtähtede sajuna Maa peale. Siis näeme taevas imekaunist ilutulestikku (joon. 12). Ainult vähesed, kõige suuremad kivid ei põle õhus täiesti ära, vaid langevad meteoriidena maha. Kuid sääraseid suuri kive on komeetides arvatavasti õige vähe, nii et Maa kohtumisel isegi suure komeediga poleks õnnetusjuhtumeid kuigi palju, tõenäoliselt aga üldse mitte. Väga võimalik, et viimaste aastatuhandete jooksul on Maa korduvalt kokku põrganud ühe või teise komeediga, aga neid kokkupõrkeid pole üldse märganud.

II. Tähesüsteemi ehitus.

1. Päike ja tähed.

Planeedid, komeedid ja lendtähed moodustavad päikesesüsteemi. Maailmaruumi selles osas valitseb Päike, tohutu suur kera, niivõrd kõrge temperatuuriga, et isegi kõige raske-
mini sulavad metallid on seal aurulises või gaasilises olekus. Selle hõõguva gaasilise kera võimas külgetõmbejõud juhib meie süsteemi kehade liikumisi ja sunnib planeete püsima nende orbiitidel, ta kiired aga valgustavad ning soojendavad nende tumedat pinda.

Päikesesüsteem näib meile tohutu suurena. Tõeliselt moodustab ta aga tähtsuseta osakese isegi sellest tähtede maailmast, mida meie näeme. Et see oleks täiesti selge, kujutlegem selle osa vähendatud mudelit, kusjuures vähendus oleks miljon miljonit korda. Siis oleks meie Päike vaid pimestavalt hele terake, poolteisemillimeetrise läbimõõduga. Planeedid

oleksid tolmukübemekesed, nähtavad vaid mikroskoobi abil, sest nad pole üksnes ülipisikesed, vaid neil pole ka oma val-



Joon. 12. Tähesadu 1833. a., tolleagse pildi järgi.

gust. Kübeke Maa asetseks Päikesest 15 sentimeetri kaugusel, kübeke Pluto, kõige kaugem meile tuntud planeetidest, kuue meetri kaugusel.

Kuid asjata otsiksime Päikese lähikonnas teisi helendavaid terakesi. Tuleks lennata 40 kilomeetrit, enne kui kohtaksime teist päikest, teist hiilgavat terakest, seekord kaksiktähte: ümber hiilgava terakese, mille läbimõõt oleks kaks millimeetrit, tiirleks umbes kolme meetri kaugusel teine terake. See oleks täht alfa Kentauri tähtkujust, kõige lähem meile tuntud täht. Meil NSV Liidus ta ei tõuse ja teda võib näha ainult lõunamail.

Ka teistes maailmaruumi osades oleks pilt samasugune: väikesed heledad kerakesed — tähed — üksteisest kümnete kilomeetrite kaugusel. Enamik neist osutuksid meie mudelis niisama pisikeseks kui terake Päike, mõned veel pisemateks. Ainult väga harva — ühe paljude tuhandete terakeste kohta — leiaksime „hiidtähe“, mis oleks jalgpalli suurune või isegi suurem.

Väärib tähelepanu, et paljud tähed, kui neid vaadelda pikk-silmaga, osutuvad kaksiktähtedeks: suurema tähe päikese ümber tiirleb väiksem; mõnikord esineb selliseid kaaslasi — päikesi — kaks ja enamgi. Nad liiguvad oma orbiitidel sama üldise külgetõmbejõu mõjul nagu meie päikesesüsteemi liikmed. Seepärast võib öelda, et need liittähed kujutavad endast kaugeid päikesesüsteeme, ainult et tumedate ja külmade planeetide asemel tiirlevad neis süsteemides helendavad päikesed.

Mõned aastad tagasi tõestati, et paljude tähtede ümber, samuti kui meie Päikese ümber, peaksid tiirlema tumedad kehad, s. o. planeetid. Teleskoobiga pole neist planeetidest seni õnnestunud näha ühtki ja õpetlased tõestasid nende olemasolu samal teel, kuidas avastati planeet Neptuun, nimelt nende külgetõmbejõu mõju kaudu naabertähtedele. Kui suu- rendatakse meie instrumentide võimsust, siis muidugi näeme ka neid.

Niisiis on tähtedemaailmas olemas ka teisi planeetide süsteeme, mis on sarnased meie päikesesüsteemiga.

2. Tähtede kaugused.

Pöördume nüüd kujutletavast terakeste-tähtede maailmast tagasi tõelise maailmaruumi juurde.

Meie mudeli terakesed osutuvad hõõguvaiks keradeks, mille läbimõõt on miljoneid kilomeetreid. Nii näiteks on meie Päikese läbimõõt umbes 1 400 000 kilomeetrit, kaugused tähtede vahel on aga niivõrd suured, et nende kauguste kilomeetrite arvudes kirjutamine on tülikas. Tuleks lugeda ja meeles pidada väga pikki, mitte vähemaid kui neljateistkümnekohalisi arve. Seepärast võeti säärase suurte kauguste mõõtmiseks tarvitusele ka suured mõõdud. Ühte neist mõõtudest nimetatakse valgusaastaks. See on kaugus, mille valgus läbib ühe aastaga. Õpetlased tegid kindlaks, et valgus levib suurima kiirusega, läbides sekundis 300 000 kilomeetrit. Võrdluseks meenutagem, et hääl läbib ühe kilomeetri kolme sekundiga, s. o. ta liigub umbes miljon korda aeglasemalt kui valgus. Maakeral läbib valgus väikesed kaugused, võib öelda, silmapilkselt. Kuult jõuab ta Maakerale $1\frac{1}{4}$ sekundiga, Päikeselt — 8 minutiga. Kõige lähemalt tähelt jõuab valgus meieni 4 aastaga. Teiste sõnadega öeldes: lähima tähe kaugus on 4 valgusaastat.

See täht, nagu eespool mainisime, pole meile nähtav. NSVL-s palja silmaga nähtavaist tähtedest on kõige lähem Siirius, heledaim täht taevavõlvil. Sealt jõuab valgus meieni üheksa aastaga. Suure Vankri seitse heledat tähte asetsevad palju kaugemal; lähimailt neist jõuab valgus Maani enam kui 70 aastaga. Veel kaugemal asetsevad kauni Orioni tähtkuju tähed. Sealt on valgus teel üle 400 aasta.

Vaadeldes mõnda tähte on huvitav meenutada, et me ei näe teda sellisena, nagu ta on praegu, vaid sellisena, nagu ta oli palju aastaid tagasi. Nii näiteks näeme Suure Vankri tähti sellistena, nagu nad olid 1875. a. paiku. On võimalik, et sestsaadik on nendega juhtunud mõnedki muudatused, kuid valgus pole neist meile veel teateid toonud.

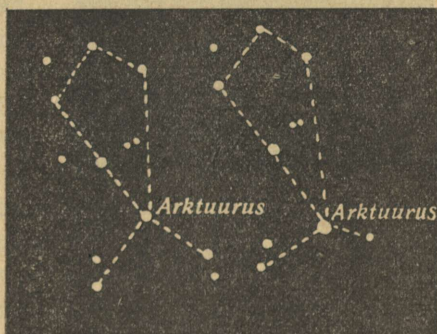
Mida kaugemal on täht, seda raskem on kindlaks määrata ta kaugust. Seepärast on meie teadmised kaugete tähtede kaugustest väga ebatäpsed ja enamiku kaugusi me ei tea veel üldse.

3. Tähtede liikumine.

Nüüd teame juba, et tähed ei ripu liikumatult ruumis, vaid liiguvad erineva kiirusega mõnest kilomeetrist kuni mitmesaja kilomeetrini sekundis igas võimalikus suunas. Võrdluseks meenutagem, et meie Maa oma teekonnal ümber Päikese läbib igas sekundis kolmkümmend kilomeetrit.

Niisiis liiguvad varem liikumatuiks peetud tähed, mida nimetatakse kinnistähedeks, tõeliselt suure kiirusega. Kuid nad on meist väga kaugel. Seepärast peab täht läbima miljooneid kilomeetreid, enne kui me märkame, et ta on pisut nihkunud oma kohalt. Ajast, mil inimesed hakkasid vaatlema taevakehi, on möödunud mitu tuhat aastat. Selle aja jooksul on tähed läbinud kolossaalseid kaugusi. Ja siiski, kui inimesed, kes elasid 2000—3000 aastat tagasi, võiksid nüüd

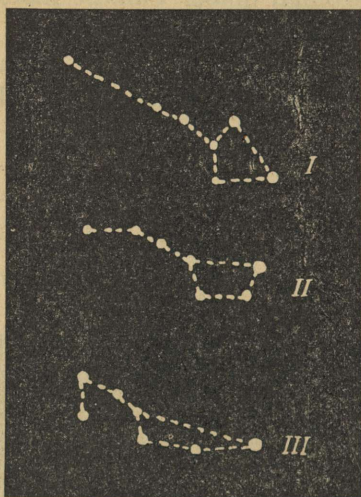
heita pilgu taevavõlvile, ei leiaks nad tähtkujudes märgatavaid muudatusi. Kuid see on tingitud ainult asjaolust, et nad vaatsid taevast palja silmaga. Nüüd aga määravad astronoomid tähtede asendit teleskoopide abil, mis on varustatud eriliste mõõteriistadega; tänu sellele õnnestus avastada paljude tuhandete tähtede asendi muudatused. Meile palja silmaga nähtavaist tähtedest liigub eriti kiiresti hele kollakas Arktuurus Karjase tähtkujus. 5000 aasta jooksul nihkub Arktuurus edasi täiskuu kuue läbimõõdu võrra, liikudes 130 kilomeetrit sekundis. Seejuures muutus tähtkuju väga aeglaselt (joon. 13). On tähti, mis muudavad oma asendit veel kiiremini, kuid nad pole palja silmaga nähtavad. Alles mitmekümne tuhande



Joon. 13. Karjase tähtkuju 3000 aastat e. m. a. (vasemal) ja sama tähtkuju käesoleval ajal (paremal).

muudatused. Meile palja silmaga nähtavaist tähtedest liigub eriti kiiresti hele kollakas Arktuurus Karjase tähtkujus. 5000 aasta jooksul nihkub Arktuurus edasi täiskuu kuue läbimõõdu võrra, liikudes 130 kilomeetrit sekundis. Seejuures muutus tähtkuju väga aeglaselt (joon. 13). On tähti, mis muudavad oma asendit veel kiiremini, kuid nad pole palja silmaga nähtavad. Alles mitmekümne tuhande

aasta järel saavad tähtkujude muudatused märgatavaks ja me võime öelda, milline kuju neil siis on. Me teame näiteks, milline oli Suure Vankri kuju kaugetel eelajaloolistel aegadel, kuid me teame ka, milline see on, ütleme, 50 000 aasta pärast (joon. 14).



Joon. 14. Suure Vankri tähtkuju: I — 50 000 aastat tagasi, II — käesoleval ajal, III — 50 000 aasta pärast.

Tähtede liikumised näivad meile sirgjoonelistena. Tõeliselt liiguvad tähed kõverjoontel, samuti kui planeedid ja komeetid, kuid meie vaatluste kestel nad on läbinud niivõrd väikese osa oma orbiitidest, et me pole veel suutnud märgata nende teede kõverdumist.

Mille ümber tiirlevad siis tähed? Milline jõud juhib nende liikumist? Algul arvati, et „tähesüsteem“ sarnaneb päikesesüsteemiga, kuid on sellest tunduvalt suurem.

Arvati, et kõik tähed tiirlevad ümber mingisuguse taevakeha, nagu kõik planeedid tiirlevad ümber Päikese. Aga kui

oleks olemas selline „keskne päike“, siis peaks ta olema palju suurem kui kõik tähed ühtekokku, samuti kui meie Päike on suurem kui kõik planeedid kokku. Niisugust ülisuurt keha, mis oleks miljardeid kordi suurem kui Päike, pole avastatud ja tänapäeva teadus tõestab, et teda ei saagi olla.

Kuid keskse päikese asemel avastas tänapäeva astronoomia, et tähesüsteemis on keskne tihendus, on piirkond, kus tähtedevahelised kaugused on palju väiksemad kui meie Päikese ligikonnas. See piirkond asetseb tähesüsteemi keskmes. Selle keskse tihenduse ümber tiirlevadki kõik meile nähtavad tähed, nende hulgas ka meie Päike oma saatjaskonnaga, s. o. planeetide ja komeetidega. Täpsemalt öeldes, kõik tähed liigu-

vad ümber tähesüsteemi raskuskeskme, mis asetseb keskse tihenduse sees. Ta ümber tiirlevad muidugi ka tihenduse enese tähed.

Tähed üldse ei liigu korrapärastel ringidel. Ühed neist liiguvad kõverail, mis sarnanevad planeetide orbiitidega, teised piklikel kõverail, mis sarnanevad komeetide orbiitidega. Tähed võivad kihutada üksteisest mööda, liikuda üksteisele vastu, kallutada oma külgetõmbejõuga üksteist kõrvale. Ühe sõnaga, siin on liikumised palju keerulisemad kui meie päikesesüsteemis ja teadus alles hakkab neis orienteeruma.

Päikese ligikonnas teevad tähed ühe tiiru vähemalt sadade miljonite aastate jooksul. Mainime, et neid mõnda tuhat tähte, mis on meile kõige ligemal, nimetatakse mõnikord kohalikuks süsteemiks.

4. Päikesesüsteemi liikumine.

Meie Päike on samasugune täht nagu miljonid teised ja ka tema peab liikuma. Seda tõestas esimesena kuulus astronoom Herschel (kes avastas planeedi Uurani). Seda liikumist ei tohi segada Päikese näivate öö-päevase ja aastase liikumisega, mis tekivad Maa liikumisest. Herscheli avastatud liikumine seisneb selles, et päikesesüsteem tervikuna liigub kogu aja ühtlaselt ühes ja samas suunas. See liikumine ei mõjuta sugugi meie süsteemi teisi liikumisi, näiteks Maa liikumist ümber Päikese.

Seda liikumist võib avastada ainult tähtede näiva liikumise järgi. Kui kõik tähed püsiksid paigal ja liiguks ainult meie päikesesüsteem, siis juhtuks tähtedega seesama, mis suure linna tuledega, kui läheneme öösel linnale: tähed nagu valgukid laiali sellest punktist taevavõlvil, kuhu meie suundume, ja koonduksid vastassuunda, kust meie eemaldume.

Osutub, et tõeliselt see ongi nii. Tõsi küll, tähtedel on ka omad liikumised, nii et pole kerge leida punkti, millest nad eemalduvad, kuid see ülesanne on siiski lahendatav. Herschel leidis, et tähed valguvad laiali punktist, mis asetseb Herkulese

tähtkujus; selle punkti suunas liigubki päikesesüsteem. Mitte kaugel sellest punktist on hele valge täht Vega, mis suveõhtuil seisab kõrgel kesktaevas. Nüüd on isegi teada, et meie päikesesüsteem liigub selles suunas kiirusega peaaegu 20 kilomeetrit sekundis (joon. 15). Niisiis oleme igal õhtul Vegale



Joon. 15. Päikesesüsteemi sirgjoonelise liikumise tõttu Herkulese tähtkuju suunas liigub Maa selle tähtkuju poole spiraaljoones.

umbes miljon kilomeetrit lähemal kui eile. Kuid Vega ei muutu seetõttu sugugi heledamaks. Peab mööduma mitu tuhat aastat, alles siis märkaksime, et Vega on muutunud pisut heledamaks. Tähed on niivõrd kaugel, et isegi lähenemine paljude miljardite kilomeetrite võrra on tähtsusetult väike suurus, võrreldes nende kaugusega.

Nõnda liigub meie päikesesüsteem nn. „kohaliku süsteemi“ tähtede keskel. Kuid maailmas pole midagi liikumatut, see pärast peab ka kogu „kohalik süsteem“ kuidagi liikuma. Alles 1927. a. avastas hollandi astronoom Oort selle liikumise. Osutus, et kohaliku süsteemi tähed, nende hulgas ka Päike, liiguvad ümber kauge keskse tähtede tihenduse, samuti kui planeedid liiguvad ümber Päikese. See liikumine toimub hiiglasuure kiirusega, keskmiselt umbes 300 kilomeetrit sekundis. Ent

mitte kõik kohaliku süsteemi tähed ei liigu täpselt ühesuguse kiirusega ja ühesuguses suunas. Näiteks liigub Päike sekundis 20 kilomeetri võrra kiiremini ja kaldub Vega poole, mis liigub kaugel eespool. Seda kiiruste erinevust märkaski Herschel poolteistsada aastat tagasi.

5. Tähtede arv ja jaotus.

Mida tugevam on pikksilm, seda rohkem näeme temaga nõrku tähti. Tänapäeva suurimate teleskoopidega on näha vähemalt sadu miljoneid tähti; täpselt pole nende arv veel loendatud. Tähed asetsevad taevas täiesti korrapäratult ja ebäühtlaselt. Kõige rohkem on neid laias heledas vöös, mida nimetatakse Linnuteeks. Eriti kaunis on Linnutee suve- ja sügisõhtuil, mil ta seisab kõrgel ja poolitab kogu taevavõlvi.

Linnutee jätkub ka selles taeva osas, mis pole meile kunagi nähtav, ja ümbritseb kogu taevakera tiheda vööna. Nagu näitab teleskoop, koosneb Linnutee sadadest miljoneist nõrkadest tähtedest. Palja silmaga pole need tähed üksikult nähtavad, kuid nende ühine valgus liitub ühtlaseks helenduseks, mida näeme ka ilma pikksilmata. Linnutees pole tähed jaotatud ühtlaselt; seal leidub kohti, kus tähti on väga tihedalt, kuid ka täiesti tühje kohti.

Tähendame, et mida kaugemale Linnutee vööst (ükskõik kas põhja või lõuna suunas), seda vähem nõrku tähti on teleskoobis näha. Kõige vähem on neid kahe teineteise vastas asetseva punkti ümber, mis on Linnuteest kõige kaugemal. Neid tähistaeva punkte nimetatakse Linnutee poolusteks, ühte — põhjapooluseks, teist — lõunapooluseks.

6. Linnutee — suur tähesüsteem.

Meie Päike on harilik täht suures tähtede koondises, mida nimetatakse Linnutee tähesüsteemiks ehk Galaktikaks. Selle tähtede koondise ulatus on tohutu suur, kuid mitte lõputu, ja ta koosneb väga suurest, kuid mitte arvutust tähtede hulgast.

Linnuteel ehk Galaktikal on lapergune kuju, mis meenutab õige õhukest taskukella, nii et ta pikkus ja laius on kõrgusest mitu korda suuremad. Päike oma planeetidega asetseb Linnutee sees, kuid kaugel eemal ta keskmest. Kui võrrelda tähesüsteemi taskukellaga, siis oleks Päike kella sees keskses tasapinnas, s. o. võrdsel kaugusel niihästi pealmisest kui ka alumisest kapslist ning umbes poolel kaugusel kella keskme ja ääre vahel. Oletame, et Päike asetseb selle koha all, kuhu on kinnitatud sekundinäitaja. Kujutlegem, et kogu ruum kella sees on peaaegu ühtlaselt täidetud tähtedega ja et kõik tähed on meile nähtavad. Millises suunas näeme oma päikesesüsteemi kõige rohkem tähti ja millises kõige vähem? Nähtavasti on kõige vähem tähti ülal kella numbrilaua suunas ja all, sest neis suundades on tähtede koondis kõige õhem, lõpeb kõige lähemal. Palju rohkem tähti näeksime ümberringi, kella serva suunas. Seal ulatub koondis kaugemale, ja pealegi näib tähti koondise keskses tasapinnas olevat tihedamalt kui muus osas. Sellest järgneb, et taeva piirkond, kus on näha kõige rohkem tähti, peabki rõngana ümbritsema kogu taevast. See ongi Linnutee vöö. Taeva-alad, kus on kõige vähem tähti, peavad olema Linnutee pooluste juures.

Kuid mitte kõik Linnutee rõnga osad pole võrdselt heledad. Kõige heledam ja tähtederikkam on piirkond, mis asetseb umbes 12 suunas kella numbrilaua, sest Galaktika ulatub selles suunas kõige kaugemale. Peale selle asetseb siin süsteemi keskkohal, mille ümber on tähed nähtavasti tihedamalt kui äärtel. Nii see tõeliselt ongi: üks osa Linnuteest, nimelt see, mida näeme suvel, on eriti hele ja tähtederikas, kuna talvel nähtav osa (number 6 suunas) on vaevalt märgatav.

Linnutee ulatus on niivõrd suur, et valgus jõuab ta ühest äärest teiseni umbes 100 000 aastaga. Linnutee koosneb miljardideist tähtedest, mille ümber tõenäoliselt tiirlevad planeedid, mida tänapäeva teleskoopide abil pole veel suudetud avastada.

Kuid Linnutee ei koosne üksnes tähtedest. Suured alad temast on täidetud ududega, mis omavad nõrga valgusega helendavate pilvede kuju. Need udud on hiiglasuured tolmu

ja hõrenenud gaaside koondised. Neid võib näha ainult pikksilmade abil. Udukogud on palju suuremad kui tähed, nende läbimõõt on kümneid valgusaastaid. Meist on nad niisama kaugel kui tähed.

Eriti suured on mittehelistavad tumedad udud. Neist saime teada ainult selletõttu, et nad on läbipaistmatud nagu tihe suits ja varjavad meie eest endi taga olevaid tähti. Linnutee heledas vöös näivad sellised udukogud tumedate laikudena, lõhedena — tähtedega tihedalt ülekülvatud taustal (joon. 16). Eriti palju on neid Linnutee heledaimas keskosas. Kõik teavad, et see osa Linnuteest, mis on nähtav suvel, paistab kahekordsena: siin ulatub Linnutee üle taeva kahe vöödina. Tõeliselt on need harud ainult ühe laia heleda vöö ääred, mille keskkohal on meie eest varjatud tumedate tolmu- ja gaasimassidega.

Kõiki Linnutees leiduvaid udukogusid nimetatakse nüüd galaktilisteks udukogudeks. Nagu me kohe teada saame, leidub udukogusid ka väljaspool Linnuteed, kuid nende loomus on hoopis teissugune.

Kõik Linnutee tähed liiguvad. Tõenäoliselt liiguvad nad ümber Galaktika keskme samuti kui päikesesüsteemi planeedid ja komeedid ümber Päikese. Liikumisperioodid peaksid üldiselt olema seda suuremad, mida kaugemal on täht Linnutee keskmest.



Joon. 16. Tumedate udukogudega kaetud taeva-ala Linnuteel.

III. Suur linnuteede ülisüsteem.

1. Mis asetseb väljaspool Linnutee piire?

Lennakem kujutluses valguse kiirusega mööda sirgjoont. Kuhupoole me tähtede maailmas oma kujutletava lennu ka suunaksime, mõnekümne tuhande aasta pärast märkaksime, et tähed meie ümber harvenevad, ja lõppeks lendaksime Galaktika piiridest välja ning kõik ta tähed jääksid meie taha. Aga mis on ees?

Käesoleva aja teadus võib anda sellele küsimusele vastuse. Eespool, peaaegu tähtedeta taevas näeksime teisi tähesüsteeme, teisi väga kaugeid galaktikaid. Need väljaspool meie Linnuteed asetsevad tähesüsteemid on nähtavad ka Maakeralt. Ühtesid neist nimetatakse kerakujulisteks täheparvedeks, teisi — välisgalaktilisteks udukogudeks.

2. Kerakujulised täheparved.



Joon. 17. Kerakujuline täheparv.

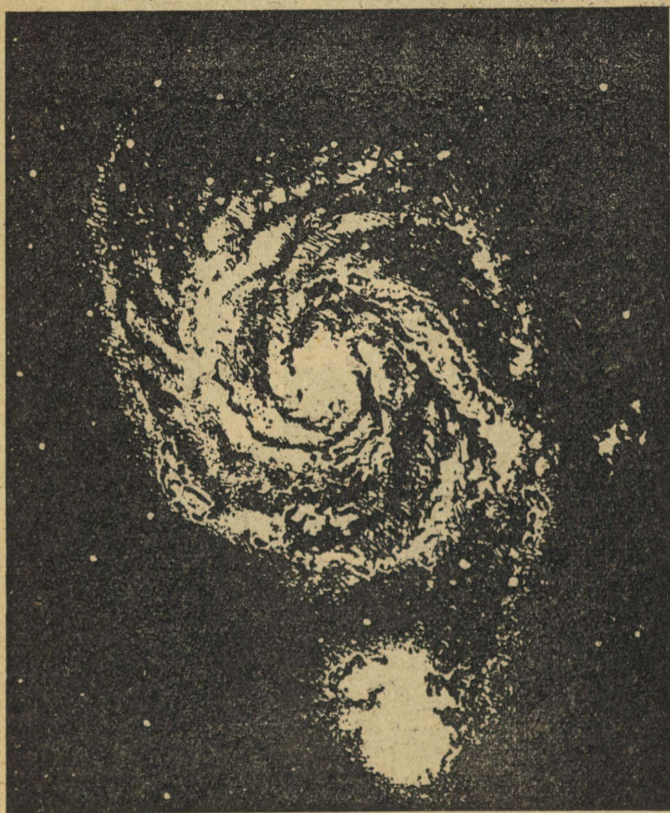
Kerakujulised täheparved paistavad nõrgajõulistes pikk-silmades väikeste ümmarguste udulaikudena (joon. 17). Ainult tugevajõulistes teleskoopides võib näha, et iga laik koosneb kümneist tuhandeist väga nõrkadest tähtedest. Kõik need tähed on tõeliselt kauged päikesed, palju heledamad meie Päikesest, ja iga udulaik on umbes kerakujuline tähesüsteem. Kerakujuliste tähekoondiste, nn. keraparvede läbimõõt on sadu valgusaastaid. Niisiis on need koondised palju väiksemad kui meie Linnutee tähesüsteem, kuid tähed asetsevad neis tihedamalt. Seni on keraparvi avastatud mitte üle kaheksaja.

Need võrdlemisi väikesed galaktikad ümbritsevad meie

suurt Galaktikat igast küljest, asetsedes mitte kaugemal kui kaks-kolmsada tuhat valgusaastat. Neid võrreldakse väikeste suvituskohtadega ümber suurlinna. Neid võiks nimetada ka Galaktika kaaslasteks, sest meie tähesüsteemi miljardite päikeste külgetõmbejõu mõjul liiguvad kerasparrved tema ümber samuti kui kaaslased ümber planeedi.

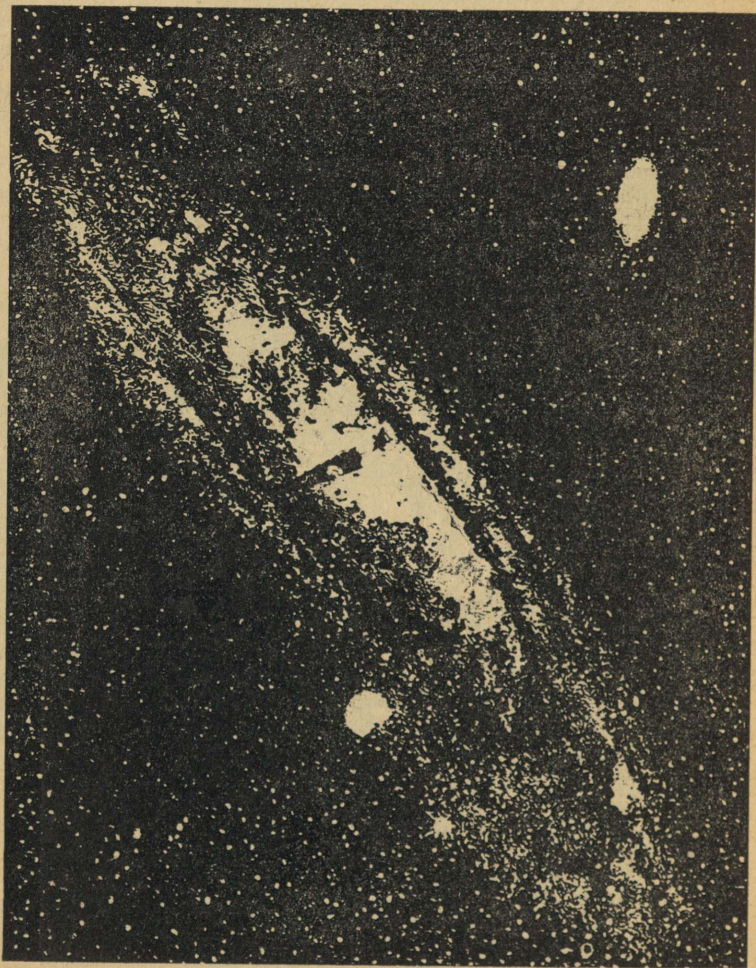
3. Välisgalaktilised udukogud.

Veel huvitavamad on välisgalaktilised udukogud. Neid on juba avastatud palju miljoneid; mida tugevajõulisem on teles-



Joon. 18. Spiraalne udukogu.

koop, seda rohkem selliseid udukogusid ta näitab. Enamik neist on spiraalikujuised (joon. 18): ümmargusest udulaigust väljub kaks juga ehk haru ja mõlemad keerduvad ühele ning samale poole. Paistab, nagu koosneksid need joad tolmust või gaasist otsekui komeetide sabad.



Joon. 19. Suur spiraalne udukogu Andromeda tähtkujus.

Ja mis selgus? Spiraalikujulised joad koosnevad tõepoolest tolmukübemeist, kuid iga kübe on täht, s. o. päike. See erakordne avastus tehti Ameerikas 1925. a. maailma suurima peegelteleskoobiga. Miljonid päikesed liiguvad udukogude harudes nagu söekübemed suitsusambas.

Samal ajal õnnestus ligikaudu mõõta kaugused mõnede välisgalaktiiliste udukogudeni. Selgus näiteks, et ühest meile lähimast udukogust, nimelt udukogust Andromeda tähtkujus (joon. 19), peab valgus olema teel umbes miljon aastat, enne kui jõuab meie juurde. Täna näeme tolles kauges maailmas seda, mis oli seal miljon aastat tagasi.

Seda udukogu võib näha palja silmaga. Ta läbimõõt on umbes 50 000 valgusaastat, s. o. ainult pisut väiksem kui Linnutee läbimõõt. Niisiis on see hiiglasuur tähesüsteem, mis sarnaneb meie Linnuteega, teine galaktika. Ülejäänud välisgalaktiilised udukogud on samade mõõdetega, kuid asetsevad veel kaugemal. Kõige nõrgemad, suurimais teleskoopides vaevalt nähtavad välisgalaktiilised udukogud on niivõrd kaugel, et valgusel läheb nendelt meieni tulekuks sadu miljoneid aastaid. Ja iga selline udukogu on hiiglasuur päikeste koondis, nii-öelda saar maailmaruumi ookeanis.

Kaugus selliste saarte vahel on 1—2 miljonit valgusaastat, taoti vähem. Kogu meie hiiglasuur Galaktika on üks niisuguseid saari lõputus ruumis. Kui võiksime vaadelda teda mõnelt teiselt galaktikalt, siis näeksime harilikku väikest udukogu, võib-olla isegi spiraalikujulist, nagu on enamik maailmaruumi saari. Oma galaktikasüsteemi spiraalset kuju me ei märka sellepärast, et asume Galaktika sees, miljonite tähtede keskel, ja ei näe, nagu öeldakse, puude tagant metsa.

Lõppsõna.

Teeme kokkuvõtte kõigest sellest, mida me nüüd teame maailmaruumi ehitusest.

Meie Maa, mida me mõnikord vääralt nimetame „maailmaks“, on ainult üks planeetidest, mis tiirlevad ümber Päikese.

Kõik planeedid ühes Päikesega moodustavad päikesesüsteemi. Maa on üks päikesesüsteemi liige. See süsteem on sadu tuhandeid kordi suurem kui Maa.

Kuid Päike ise on vaid üks miljarditest tähtedest, mis moodustavad Linnutee tähesüsteemi ehk Galaktika. Niisiis on meie päikesesüsteem omakorda ainult üks Galaktika harilikke liikmeid.

Suuruselt ületab Linnutee päikesesüsteemi paljude miljone kordselt.

Lõppeks tõestati hiljuti, et Linnutee tähesüsteem ehk Galaktika on vaid üks miljonite endasarnaste tähesüsteemide hulgas, et ta on harilik liige suures linnuteede ehk hüpergalaktilises süsteemis, nagu teda mõnikord nimetatakse. Selle linnuteede süsteemi uurimine on alles algamas.

Lugejatele paistab ehk mõnikord hämmastav ja uskumatu, et taevakehad on nii suurtes kaugustes, et maailmasüsteemide mõõted on nii suured. Kuid selles pole midagi hämmastavat: maailmkond on lõputu ja taevakehi peab leiduma isegi veel suuremates kaugustes. Hämmastav pole mitte see, vaid tõsi-asi, et inimene on suutnud neid kaugusi mõõta.

Täppisteaduse iga on ainult 3—4 sajandit, ja võib öelda, et teadus on alles oma arengu algul, kuid sellegipärast näivad meile senised saavutised väga suured. Kuid teaduse areng jätkub üha kiirenevas tempos ja inimkonnal on ees nii palju aega. Seepärast ei saa me nüüd isegi umbkaudselt kujutleda, millise võimsuse saavutavad teadus ja tehnika kauges tulevikus ning kuidas nad muudavad inimese elu ja meid ümbritsevat loodust.



Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus	3
1. Maa ja taevas	3
2. Maa liikumine	4
3. Kuu — Maa kaaslane	7
4. Taevakehad	7
I. Päikesesüsteemi ehitus	11
1. Planeedid ja nende liikumine	11
2. Päikesesüsteem	13
3. Kogumaailmne gravitatsioon	15
4. Planeetide kirjeldus	16
5. Komeetid	25
II. Tähesüsteemi ehitus	27
1. Päike ja tähed	27
2. Tähtede kaugused	29
3. Tähtede liikumine	31
4. Päikesesüsteemi liikumine	33
5. Tähtede arv ja jaotus	35
6. Linnutee — suur tähesüsteem	35
III. Suur linnuteede ülisüsteem	38
1. Mis asetseb väljaspool Linnutee piire?	38
2. Kerakujulised täheparved	38
3. Välisgalaktilised udukogud	39
Lõppsõna	41

Kaanejoonise valmistanud R. Kaljo.

1. trükk.

Vastutav toimetaja K. Raud.

Tehniline toimetaja H. Kohu.

Ladumisele antud 30. VIII 46. Trükkimisele antud 25. IX 46. Paberi kaust 61×86. $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid $2\frac{3}{4}$. Autoripoognaid 1,7. Arvestuspoognaid 2. Lao-tihedus trpg. 35 100. Tiraaz 4200. MB 05097. Trükikoja tellimus nr. 1888. Trüki-koda „Tartu Kommunist“, Tartu, Ülikooli 21/23. Hind rbl. 3.—.

И. Ф. Полак, Как устроена вселенная.

На эстонском языке. Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.

TÜ RAAMATUKOGU



10300015461207

A-16128

Rbl. 3.—