

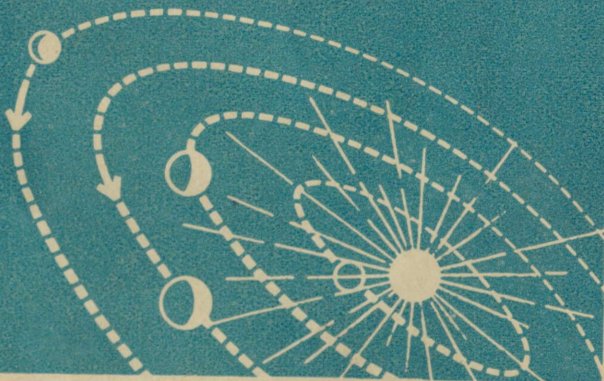
A-16583

11.11.42

Populaarteaduslik väljaanne

R.V. Kunitzki

VAADETE ARENEMINE PÄIKESESÜSTEEMI EHITUSE KOHTA



RK-Pedagoogiline Kirjandus • Tallinn

R. V. KUNITSKI

VAADETE ARENEMINE
PÄIKESESÜSTEEMI E HITUSE
KOHTA

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“
TALLINN 1947



13049

A. 16583

SISSEJUHATUS.

Taevalaotuse ääretuis avarustes liiguvad mitmesugustes suundades tohtu suured tähekogumikud, milledest iga üksik koosneb vähemalt mõnest sajast miljonist tähest.

Tähekogumikkude kuju ja suurus pole sugugi ühtlane. Mõned neist on peaaegu kerakujulised, teised meenutavad kaht spiraali, mis kesksest tähtede kuhjumisest välja tulevad. Mõnede tähekogumikkude läbimõõdu läbib valgus kahe-kolme tuhande aastaga, teiste läbimõõdu teeks kulub valgusel kümneid tuhandeid aastaid.

Vaatleme lähemalt ühte suuremaist kogumikkudest. Tema tähed (nagu ka kõigi teiste kogumikkude omad) on kogu aeg lakkamatus liikumises. Alludes vastastikusele külgetõmbejõule, liiguvad tähed mitmesuguseid orbiite mööda ümber ühise raskuskeskme. Neid tähti on mitukümmend miljardit. Ühed neist paistavad silma oma suurema heleduse poolest, teised kõrge välispinna temperatuuri tõttu, kolmandad — täiesti ebatavalise heleduse poolest. Kuid kõik nad koosnevad hõõguvaist aurudest ja gaasidest ning nende arenguteed on omavahel sarnased.

Vaatame ühte tähte, mis ei paista kuidagi silma ei oma suuruse, temperatuuri ega heledusega. Muide, tema läbimõõt on üle miljoni km ja pinnatemperatuur ulatub peaaegu 6000 kraadini.

See täht ei rända tähtedevahelises ruumis üksinda. Teda saadavad võrdlemisi väikesed tumedad kerad, mis liiguvad tema ümber ja koos temaga.

Temale kõige lähemal asuv tume kera pole kuigi suur. Selle diameeter on ainult 5000 km. See kera kiirgab, nagu teisedki tumedad kerad, peegeldunud valgust. Sealjuures liigub ta nii, et üks pool on tal alati varjus. Tema ümber pole õhku, selletõttu ei tekita suured temperatuurivahed tema pinna eri kohtade vahel keeristorme, mis tema atmosfääris selle olemasolu puhul möllaksid.

Tähest märksa kaugemal liigub teine, suurem tume kera. Selle diameeter on üle 12 500 km. Tema tiheda atmosfääriga ja läbipaistmatu pilvekorraga kaetud pinnal on raske midagi vaadelda.

Kolmas tume kera on veelgi kaugemal. Teda lahutab tähest peaaegu 150 miljoni km pikkune vahemaa. Ta on teisest tumedast kerast ainult veidi suurem. Kuid läbi tema atmosfääri on näha mandrite ja merede piirjooni, kuna ainult umbes pool tema pinnast on pilvedega varjatud. Tema ümber liigub märksa väiksem kera — tema kaaslane.

Poolteist korda kaugemal liigub tume kera, mille läbimõõt ei küüni 7000 km-nigi. Teda ümbritseb väga hõre, pilvedeta atmosfäär, nii et tema pinnal on selgesti nähtavad mitmesuguse kuju ja värvitooniga laigud ja vöödid. Selle kera ümber liigub kaks kaaslast, kuid need on väga väikesed — ainult 10 ja 15 km diameetriga.

Veel kaugemal liigub terve väikeste kerade rõngas. Neid on mitu tuhat, kuid ainult vähestel on diameeter üle 100 km.

Sellest rõngast väljaspool liigub tohutu suur, 140 000-km-lise diameetriga ja 14 kaaslasest ümbritsetud tume kera. Temast natuke väiksem on järgmine tume kera, mille ümber on peale üheksa kaaslasel veel lai lame rõngas, mis koosneb üksikuist väikestest kõvadest kehadest. Need mõlemad kerad on ümbritsetud tiheda atmosfääriga, milles ujuvad mitmes kihis tihedad, rasked pilved. Suuruselt märksa väik-

semad on kolm kõige kaugemal olevat kera, eriti kõige kaugem, mis liigub tähe ümber 6000 miljoni km kaugusel.

Võib-olla tundis lugeja selles tähes ja tumedais kerades juba ära meie Päikese ja tema kaaslased — planeedid. Päikeselt kauguse poolest kolmas tume kera on meile eriti hästi tuntud, kuna ta pole keegi muu kui Maa; temal tekkis see orgaaniline elu, mille osa me moodustame. Kõik koos aga on meie päikesesüsteem, mis liigub maailmaruumis 270 km kiirusega sekundis.

Igast Päikese ümber ringlevast planeedist, nagu Päikesest endastki, võiks veel palju huvitavat rääkida peale selle, mis eelolevas põgusas kirjelduses öeldud on. Palju võiks ka sellele lisada, mis siin oli öeldud tohutute tähekogumikkude kohta, mis liiguvad lõpmatus maailmaruumis. Kuid see kõik läheb peaaegu täielikult väljapoole nende küsimuste piire, millele meie raamat on pühendatud.

Ainult raamatu viimases peatükis on antud mõned andmed täiendavalt tähtede ja tähesüsteemide kohta ja siis on veel lisan (päikesesüsteemi tabel) ära toodud planeetide nimed, nende tiirlemisajad Päikese ümber, nende mõõted ja neisse puutuvad andmed. Kuid selle raamatu autori peaülesandeks on näidata, kuidas inimteadus jõudis äsja kujutatud päikesesüsteemi pildini, käies läbi pika arengutee neist kaugetest aegadest peale, kui Maad peeti lapikuks ja taevast — teda katvaks kõvaks kupliks.

Eri aegadel toimus eri rahvustel teaduse areng väga erinevais tingimustes. Sellest hoolimata takistasid teadusliku maailmakäsituse arenemist alati usulised eelarvamused ja väljamõeldised, mida rõhuval enamikul juhtudest olemasolevad valitsevad klassid kasutasid sihiga teadusliku mõtlemise arengut piirata, mitte anda talle võimalust olemasolevat korda kõigutada. See asjaolu, et õpetlaste seas, kes teadust maailma ehituse üle on edasi viinud, on olnud palju kultuste teenijaid, seletub peamiselt sellega, et kirje!

datud aegadel oli rõhuv enamik haritud inimestest vanal ajal paganausu preestrite ja hiljem muhamedi ja kristlike vaimulike hulgast.

Muuseas, nii muhamedi kui ka eriti ristiusu kirik talitas otsustavalt ja rangelt kõigi nendega, kes teaduslikule maailmakäsitusele kaasa töötades sõandasid usuliste ettekujutuste aluseid kõigutada, hoolimata sellest, kas need inimesed olid nende endi vaimulike hulgast või mitte. Ja alles tootmissuhete muutumise mõju tõttu, mis algas keskaja lõpul, ja samuti suurte geograafiliste avastuste mõjul oli ristiusu kirik sunnitud oma poliitikat muutma ja avalikule teaduslikule maailmakäsitusele vastutöötamise asemel üle minema teistele peenematele selle vastu võitlemise viisidele.

I. EGIPTUSE JA BABULONIA PREESTRID.

28. mail 585. a. enne meie ajaarvamise algust Väike-Aasias lüüdiälaste ja meedlaste vahel peetud ägeda lahingu ajal muutus päev äkki ööks. Alles natuke aega enne seda pilvitus taevast heledalt paistev Päike oli kadunud ja tema asemele oli tulnud tume kera, mida ümbritses lendlevate juustesalkude taoline kahvatu helendus. Hirmunud viskasid mõlema vaenuliku rahva sõjamehed relvad maha ja nende juhid, kes olid Päikese ootamatu kadumise üle samuti ehmunud kui sõduridki, ruttasid üksteisega rahu tegema, kuigi neid kohutanud nähtus oli juba lõppenud ja Päike endiselt taevast paistis.

Pole muidugi raske arvata, et Päikese äkiline kadumine sündis nn. päikesevarjutuse tõttu, s. o. nähtuse tõttu, mis tekib siis, kui Kuu, minnes oma teel Maa ja Päikese vahelt läbi, heidab Maale oma varju ja katab Päikese lühikeseks ajaks osa Maa elanikkude pilkude eest kinni.

Päikesevarjutusi ennustavad praegusel ajal väga täpselt astronoomid, s. o. õpetlased, kes tegelevad taevakehade uurimisega. Kuid ka neil kaugetel aegadel, rohkem kui 2500 aasta eest, oli lüüdiälaste ja meedlaste vahelise sõja katkestanud päikesevarjutus ennustatud kreeklase Thalese poolt, kes elas Miletose linnas. Thales oli kaupmees ja ta oli rännanud võõrastes maades. Egiptuses olles õppis ta palju egiptuse preestritelt, kes hoolega tegelesid taevakehade vaatlemisega. Palju sellest, mida nad Thalesele õpetasid, olid nad oma vaatluste põhjal avastanud, kuid palju

olid nad ka teiste rahvaste preestritelt üle võtnud. Nii näiteks omandasid nad päikese- ja kuuvarjutuste ennustamise oskuse kaldealastelt, vana-aja kultuurriigi — Babüloonia preestritelt.

Loomulikult tekib küsimus, missugused põhjused ergutasid egiptuse ja babüloonia preestreid tegelema taevakehade vaatlustega, mis pani aluse praegusaja teadusele — astronoomiale.

Neid põhjusi oli kaks: esimene — vajadus mõõta küllaldase täpsusega pikemaid ajavahemikke, ja teine — ekslik veendumus, et taevas vaadeldavate nähtuste ja Maakeral toimuvate sündmuste vahel on tihe seos. Kuivõrd tugev oli see veendumus, tõendab näiteks see, et üks 2200 a. e. m. a. elanud Babüloonia keiser andis seaduse, mille põhjal iga arsti, kes julges alustada operatsiooni, ilma et enne seda oleks tähtedega nõu pidanud, karistati rängalt: tal raiuti mõlemad käed otsast.

Nii Babüloonia kui ka vana Egiptus olid põllumajanduslikud maad. Aastaaegade muutumise alguse täpne teadmine, s. o. kalendri koostamise oskus, oli nende maade elanikele hädavajalik mitmesuguste põllutööde õigeaegseks teostamiseks. Nii näiteks algas Egiptuses külv alati ühel ja samal aasta-ajal pärast Niiluse jõe üleujutuse lõppu. Mingeid järske muudatusi looduses selle perioodi tuleku eel ei esinenud, milletõttu oli eriti oluline õige aastaaegade määramine — õige kalender. Selleks aga, et kalendrit korda seada, oli vaja tähti vaadelda, kuna tähistaevas igal aasta-ajal on isesugune Päikese näiva liikumise tõttu tähtede keskel. Kevadel ja suvel, sügisel ja talvel näeb silm ühes ja samas taevaosas peale päikese loojumist isesuguseid tähtkujusid. Sedasama võib öelda ka iga teise öise aja kohta. Nii võib teatava vilumuse juures öise taeva järgi määrata aastaaega, tema algust, lõppu ja kestust.

Kuigi riikliku võimu eesotsas oli Egiptuses ja Babüloo-

nias enamasti keiser, oli tegelik võim siiski suurelt osalt preestrite käes, kes tundsid mitte üksi usuküsimusi, vaid kes olid ka kõige asjatundlikumad inimesed teaduse alal, eriti astronoomias.

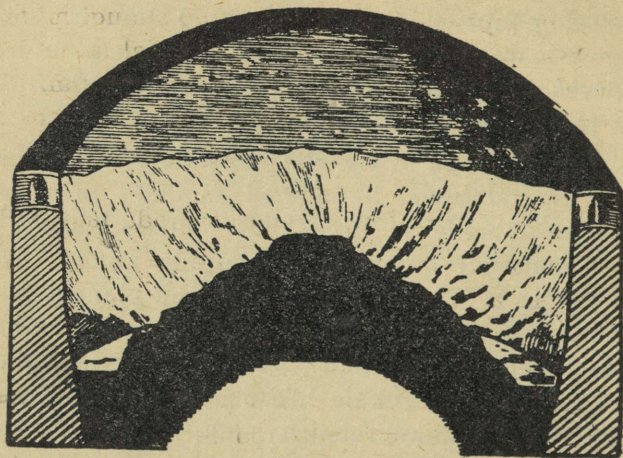
Oma astronoomilisi vaatlusi teostasid preestrid võimalikult suure täpsusega, kuna isegi tühised vead aasta pikkuse määramisel põhjustasid aja jooksul kalendris märgitud aastaalguse märgatavat nihkumist aastaegade muutuse suhtes looduses. Selletõttu tekkis segadus, mis häiris riigi normaalsel majanduselu.

Tähtede vaatlused viisid viie mõistatusliku rändtähe — planeedi avastamisele. Rändtähed muutsid oma asendit teiste „kinnistähedeks“ nimetatud tähtede keskel, kuna vana-aja vaatlejad ei suutnud avastada nende liikumist üksteise suhtes ¹⁾. Vana-aja rahvad andsid planeetidele erinevad nimetused, kuid püsima jäid lõpuks kreeka-rooma jumalate nimed — Merkuur, Veenus, Marss, Jupiter ja Saturn. Planeetide keerukale liikumisele ei osatud sel ajal mingisugust teaduslikku seletust leida, kuid nad ergutasid vana-aegseid vaatlejaid otsima seoseid planeetide näiva asendi ja mitmesuguste maiste sündmuste vahel, nagu sõjad, taudid, kuulsate inimeste surm jne. Kuna tegelikult mingit seost nende sündmuste ja planeetide liikumise vahel muidugi polnud, siis täitusid tuleviku ennustused, mis egiptuse ja babüloonia preestrid tähtede vaatluse põhjal teha püüdsid, ainult väga harvadel juhtudel, mida ennustajad oma teadmiste puudulikkusega seletasid, ja see tõukas neid edasisele taevakehade uurimisele.

Nii oli „astroloogiaks“ nimetatud ebateadusel, mis püüdis leida seoseid maapealsete sündmuste ja taevanähtuse

¹⁾ See liikumine on tegelikult olemas, kuid see on nii väike ja aeglane, et avastati alles hiljuti instrumentaaltehnika arengu tulemusena (vt. ptk. XI).

vahel, see positiivne tähendus, et tänu temale kogunes tohutu vaatlusmaterjal, see aga viis varem või hiljem tõeliselt teaduslike saavutusteni. Üheks selliseks saavutuseks oli juba tähendatud päikese- ja kuuvarjutuse ennustamise oskus, mis põhjenes babüloonia preestrite avastusel, et need



Joon. 1. Maailm babüloonia preestrite ettekujutuse järgi.

varjutused korduvad 6585 päeva pikkuse ajavahemiku järel.

Kuid varjutuste ennustamise oskus ei tähendanud veel, et babüloonia ja egiptuse preestrid oleksid aru saanud, mis on nende nähtuste põhjuseks. See märkus käib eriti kuuvarjutuse kohta, kuna selleks, et oleks võimalik kuuvarjutust seletada Kuu sattumisega Maa varju sisse, oleks vaja olnud kas või mingi määrani õige ettekujutus Maa kujust. Ometi oli nimetatud vana-aja kultuurrahvastel — egiptlastel ja babüloonlastel — arvamused Maa kujust äärmiselt naiivsed ja ekslikud.

Egiptlased kujutlesid endale Maad lamedana, kasti põhja taolisena, milline kast mahutas kogu taevaaloetuse, kuna taevas oli nende kujutluses selle kasti kaaneks.

Babüloonlased pidasid Maad küll kumeraks (joon. 1), arvatavasti lähtudes tuntud nähtusest, et kauged asjad kaovad horisondi taha (Maa kerakujulisuse tõttu). Aga Maa oli babüloonlaste arvates ainult kumer, kuid sugugi mitte kerakujuline, vaid midagi võlvitaolist, mille peal laotub mõõtu-delt suurem taevavõlv ja mille sees on allmaailm. Taeva-kehade näivat ööpäevast liikumist seletasid nii babüloonla-sed kui egiptlased nende tõelise liikumisega mööda taeva-võlvi; nad oletasid, et taevakehad pärast loojumist ujuvad ümber Maa ja liiguvad tõustes uuesti mööda taevavõlvi.

Selliste vaadete najal oli muidugi raske kuuvarjutusi õieti seletada ja tumedat varju, millesse Kuu satub, Maa varjuks arvata. Selle nähtuse seletamiseks mõeldi välja igasuguseid muinasjutte koletistest, kes neelavat Kuu, nii et mõnel rahval oli kombeks neid koletisi kuuvarjutuse ajal Kuu kallalt kära ja ähvardavate liigutustega ära hirmutada.

Tõsi küll, on põhjust arvata, et nii egiptuse kui ka babü-loonia preestritel oli Maast ja taevanähtustest siiski palju õigem ettekujutus. Kuid oma tõelisi vaateid hoidsid preest-rid sügavas saladuses, kartes, et viimaste levimine võib kõigutada religioosseid väljamõeldisi, mis juba varasemaist aegadest peale olid seoses ettekujutusega Maast kui kogu maailma alusest.

Ja just see tõsiasi, et vana-aja teadus oli preestrite tea-dus, ei võimaldanud vana-aja kultuurrahvastele saada mõnegi määranäi õiget ettekujutust maailma ehitusest selle suure hulga vaatlusmaterjalide põhjal, mis preestritel oli.

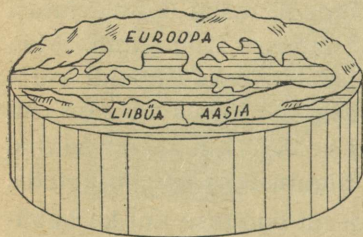
Selline oli olukord mitte üksi Egiptuses ja Babüloonias. Ka teistel vana-aja kultuurrahvastel, näiteks hindudel, kus teadus oli samuti preestrite käes, jäi ettekujutus Maa kuju

kohta algelisele arenguastmele. Ja ainult vanas Kreekas, kus preestritel oli nii riigijuhtimisele kui ka teaduse arengusuundadele tühine mõju, läks õpetus maailma ehitusest märksa edasi.

II. ÕPETUS MAAILMA EHITUSEST VANAS KREEKAS.

Kreeka on mäGINE maa, ümbritsetud igalt poolt meredest, mis lõikuvad sügavale tema rannikuisse, ja saartest, mis on Kreeka poolsaare läheduses laiali pillatud. Need geograafilised tingimused koos halbade ühendusteedega mandril takistasid vanas Kreekas keskse võimuga riigi tek-

kimist ja andsid tema elanikkonnale tõuget meresõiduga tegelemiseks.



Joon. 2. Maa Anaximenese, ühe Thalesi järelkäija õpetuse järgi.

Kõige mõjukamaks elanikkonna rühmaks vanas Kreekas tekkinud väikestes riikides olid enamikus vabad kodanikud. Meresõit oli neil tihedas seoses kaubandusega ja samuti kaugemate, looduslike rikkuste poolest silmapaistvate kohtade koloniseerimisega. Astudes kaubandussuhetesse Egiptusega, Babülooniaga ja teiste maadega, tutvusid kreeka linnakodanikud vana-aja teaduse saavutustega, kuid uuele pinnale ülekantuna hakkas see teadus hoopis teises suunas arenema. Egiptuse ja babüloonia preestrite käes kasutati taevakehade liikumise kohta olevaid teadmisi peamiselt ainult täpse kalendri koostamiseks ja astroloogiliste väljamõeldiste loomiseks. Aga kui need teadmised kreeka linnakodanikele üle anti, said nad tõukeks korrapärase õpetuse

loomisele maailma ehituse kohta. See õpetus polnud kaugegtki veel õige, kuid oli võrratult lähem tõelisusele kui kujutlused, mis vanemate rahvaste juures valitsesid.

Miletose Thales, kes ennustas 585. aasta päikesevarjutuse, oli üks esimesi kreeklasi, kes tutvus egiptuse teadusega. Nii tema ise kui ka ta õpilased ei lisanud sellele teadusele peaaegu midagi, kuid nad etendasid tähtsat osa tema levitamisel vanas Kreekas.

Maa jäi Thalese ettekujutuses endiselt lamedaks ketaks, mis on ümbritsetud igast küljest merega ja kaetud kõva kupliga — taevavõlviga, mida mööda taevakehad liiguvad. Ja alles saja aasta pärast tekkis kreeka filosoofide Pythagorase ja Plato koolides õpetus Maa kerakujulisusest ning muutus siis üldiseks.

Uheks Plato õpilaseks oli Aristoteles, kes sai hiljem suurimaks vana Kreeka õpetlaseks. Aristoteles sündis 384. a. e. m. a. ja elas ajajärgul, mil Kreeka oli kõige kõrgemalt arenenud kultuuriga riik. Aristotelese isa oli arst, ja see asjaolu mõjutas kahtlemata Aristotelese varajast tutvumist loodusteadusega, millel olid sel ajal Kreekas juba materialistlikud alused.

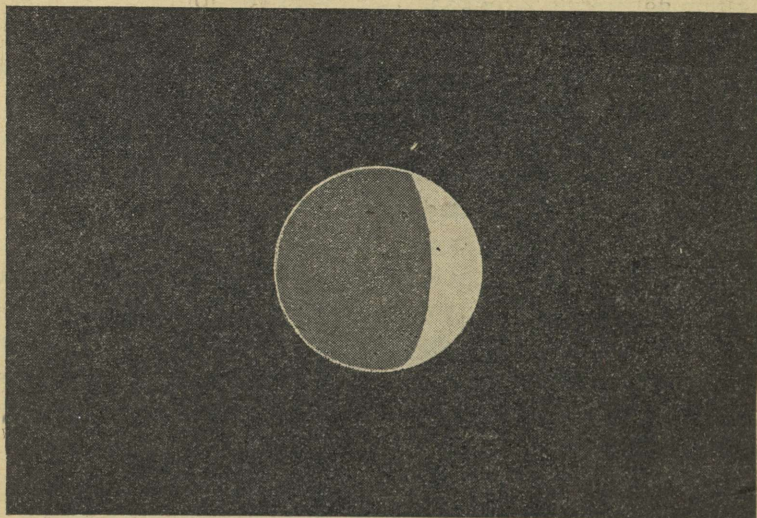
Üks iseloomustavamaist joontest Aristotelese õpetuses maailma ehitusest seisab selles, et võimatuseni segaste ja tumedate põhjenduste ja mõttekäikude kõrval leidub tal järeldusi, mis on rajatud vaieldamatult õigele arusaamisele taevakehade vaatlustest ja igapäevastest kogemustest.

Nagu paljud teisedki Plato õpilased pidas Aristoteles Maad kerakujuliseks, kinnitades oma vaateid rea tõendustega.

Otsustavalt kõrvale heites teised seletused, väitis Aristoteles, et kuuvarjutused tekivad sellest, et Kuu läheb Maakeri poolt heidetud varju sisse (joon. 3). Sel viisil tekib võimalus varju kuju järgi Maakeri enda kuju üle otsustamiseks. Kuna aga Maa varju piirjoon kuukettal on alati

muutmatult ümmargune, siis järeldas Aristoteles, et Maa on kerakujuline.

Kaudset Maa kerakujulisuse tõendust nägi Aristoteles selles, et Kuu ise on ka kera kujuline. Siit järeldas ta, et kera kuju kui kõige täiuslikum on omane kõikidele taevakehadele. Kuu kerakujulisust tõestas ta aga täiesti õieti sellega, et, esimene ja kolmas veerand välja arvatud, pole



Joon. 3. Kuuvarjutus.

valguse ja varju piirjoon Kuu pinnal kunagi sirge, mis näitab Kuu pinna kumerust.

Kehade ülalt allapoole langemist vaadeldes järeldas Aristoteles, et kõik „raske“ tungib mingi punkti suunas, mis selleaegse ettekujutuse järgi oli maailma keskuseks, ja koguneb selle punkti ümber. Siit järeldas ta, et maailma keskus peab olema Maakera sisemuses ja tema keskpunktiga kokku langema. Maal endal aga peab olema kera kuju. Mõisted „ülal“ ja „all“ olid sel viisil täielikult ära määra-

tud. Ükskõik kus kohal Maakera pinnal inimene oli, tema jaoks on „allpool“ alati selles suunas, kuhu kukuvad „rasked“ kehad, s. o. maailma keskpunkti suunas, Maakera keskuse suunas. „Kergemad“ kehad, nagu vesi ja õhk, peavad loomulikult asetsema raske Maa pinna peal, mis tege-likult nii ongi.

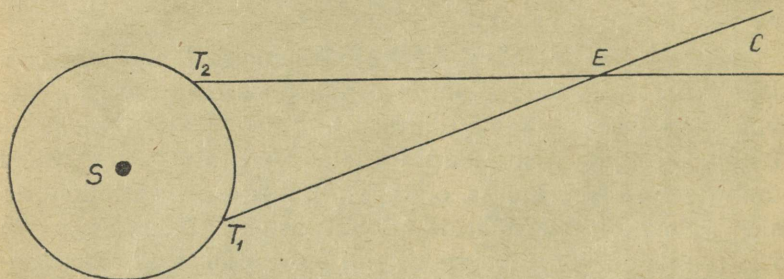
Neil Aristotelese mõttekäikudel oli erakordselt suur mõju kaasaegsete mõtlemisviisile, nad löid korrapärase pildi, andes usutava seose terve rea Maakera pinnal esi-nevate nähtuste vahel.

Mitte piirdudes Maakera kuju küsimuse lahendamisega, läks Aristoteles veel edasi ja esitab ühes oma teoses „Tae-vast“ õpetuse maailma ehitusest. Teise Plato õpilase — Eudoxose õpetust arendades oletas Aristoteles, et Maad ümbritseb rida sfääre (s. o. keraid), mis asetsevad üksteise sees. Nende taevasfääride pinnal asuvad Kuu, Päike ja viis planeeti. Kõige kaugemal oli Aristotelese arvates kin-nistähtede sfäär. Aristotelese arvates koosnesid sfäärid kõvast ja läbipaistvast ainest; nende pöörlemisega seletas ta taevavõlvi näivat liikumist, mis põhjustab päeva ja öö vahetumist ja samuti Päikese, Kuu ja planeetide liikumist tähtede suhtes.

Nii puhkas Aristotelese arvates Maa liikumatult maa-ilma keskuses ja kõik taevakehad liikusid tema ümber oma teid mööda. See vaatepunkt jäi aluseks ka kogu järgnevale Kreeka teadusele ja sellest lähtusid kõik Aristotelese järel-käijad, vaatamata sellele, et Aristoteles ise osutas taeva-kehade mõnede näivate liikumiste seletamise võimalusele Maa liikumise tagajärjel. Tõsi küll, ta eitas sellist liikumist, osutades sellele, et Maa asukoha muutumine ruumis peaks põhjustama tähtede näivat asendite muutust, nii nagu ini-mese asukoha muutumine Maa pinnal põhjustab esemete näiva asukoha muutumise üksteise suhtes. Kuna see oli pea-aegu 2000 aasta jooksul teiste vastuväidete hulgas põhili-

seks vastuväiteks Maa liikumise olemasolule ümber Päikese, siis maksab sellel üksikasjalisemalt peatuda ²⁾).

Oletame, et Päike asub punktis S (joon. 4) ja et Maa tiirleb tema ümber mööda ringikujulist orbiiti. Vaadeldes tähte E Maa orbiidi kahest erinevast punktist T_1 ja T_2 , näeb maapealne vaatleja tähte kahes erinevas suunas. Seda on kerge mõista, kui oletada, et Päikesest veidi kaugemal kui täht E asub teine täht C. Siis näeb maapealne vaatleja punktist T_1 tähte E vasemal pool tähest C, punktist T_2 aga paistab täht E



Joon. 4. Tähtede parallaktilise ümberasetuse seletus.

paremalt poolt tähte C. Nii peaks toimuma Maa liikumise tõttu oma orbiidil näiv (niinimetatud „parallaktiline“) tähtede asendi muutumine. Asjaolu, et keegi polnud sellist asukoha muutust kunagi märganud, pidas Aristoteles Maa liikumatuse tõestuseks.

Hoolimata oma suurest kuulsusest kaasaegsete keskel, lõppesid Aristotelese elupäevad maapaos (ta suri 322. aastal e. m. a.). Kuuekümnendaastase vanakesena süüdistati teda jumalasalgamises ja ta oli sunnitud lahkuma Ateenast, kus ta üle neljakümne aasta oli elanud.

²⁾ Järgnev seletus tähtede parallaktilise asukoha muutumise kohta ei ole antud sel kujul, nagu seda tegi Aristoteles, kes arvas, et kõik tähed on maailma keskkohast ühekaugusel.

Aristoteelse maailmasüsteemis oli kõige nõrgemaks kohaks väga segane planeetide „silmusekujulise“ liikumise seletus (sellest vt. tagapool), mis nõudis üle 50 sfääri olemasolu eeldamist. Sellega seletubki asjaolu, et järeltulevate põlvete kreeka astronoomid loobusid Aristoteelse sfääridest, asendades need ringjooneliste liikumiste süsteemiga.

Erakordse tähendusega uute vaadete arengus taevakehade liikumisele on Hipparchose tööd, kes oli kaheldamatult suurim vana-aja Kreeka astronoom ja elas II sajandil e. m. a. Kahjuks tuleb nende tööde üle otsustada peaaegu eranditult tema järeltulijate raamatute põhjal, kuna meie ajani on säilinud ainult üks võrdlemisi väikese tähtsusega Hipparchose teos.

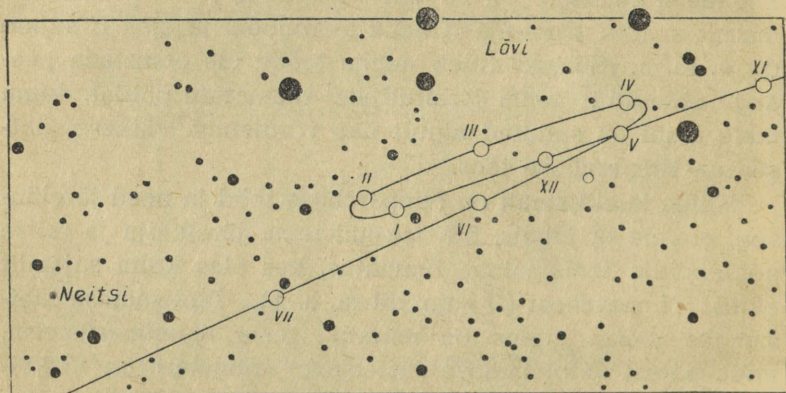
Kõige täielikumalt on Hipparchose tööd ja need järeldused, millele ta jõudis, ära toodud tema järelkäija ja tulise poolehoidja Ptolemaiuse raamatus, kes elas kolm sajandit pärast Hipparchost (II sajandil m. a. j.). Ptolemaiuse tähtsamaks tööks, milles on esitatud tema maailmasüsteem, mida pärast „Ptolemaiuse süsteemiks“ nimetati, on 13 köitest koosnev „Suur teos“, mida tuntakse araabiakeelse nimetuse „Almagest“ all. Selles töös on ära toodud kõik vana-aja astronoomide tähtsamad saavutused, milletõttu ta astronoomia ajaloos täiesti erakordset osa etendas.

Pöördume nüüd planeetide silmusetaolise liikumise juurde tagasi ja vaatleme seletust, mis on sellele antud Ptolemaiuse raamatus.

Kuna Päike ja Kuu liiguvad tähtede vahel peaaegu ühtlaselt ja alati ühes suunas (kellaosuti liikumisele vastasihis), sooritades oma näiva ringjoonelise liikumise ümber Maa — Päike $365\frac{1}{4}$ päevaga ja Kuu $27\frac{1}{3}$ päevaga, siis on viie rändtähe-planeedi liikumine võrratult keerukam. Suure osa ajast liiguvad planeedid tähtede vahel samas suunas kui Kuu ja Päikegi, kuid nende liikumise kiirus muutub tublisti. Teatud kindlate ajavahemikkude järel (mis eri

planeetidel on erineva pikkusega) peatuvad planeedid oma liikumises, hakkavad vastassihis liikuma, muudavad siis uuesti liikumise sihti ja kujutavad nii taevavõlvile lahtise või kinnise silmuse.

Joonisel 5 on kujutatud üks selliseid silmuseid (kinnine), mille planeet Marss 1932/33. aastal taevavõlvile kujutas Lõvi ja Neitsi tähtkujude vahel liikudes.

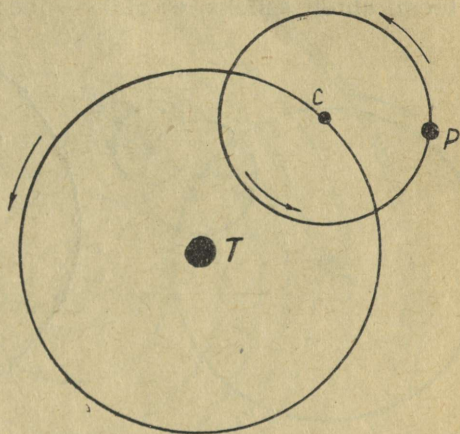


Joon. 5. Marsi teekond tähtede keskel 1932.—1933. a.

On päris selge, et selliseid planeetide liikumisi ei saa seletada nende lihtsa tiirlemisega ümber Maakera. Nagu juba mainitud, tõi Aristoteles nende liikumiste seletamiseks terve rea täiendavaid sfääre ja tegi küsimuse väga segaseks oletusega nende omavahelisest mõjutamisest, mis nende tiirlemist keerukaks teevad. Hipparchos ja tema õpilased loobusid sfääridest oletades, et taevakehad liiguvad ümber Maakera mööda ringjoonelist teed. Silmusekujuliste liikumiste seletamiseks aga oletati, et iga planeet ei liigu mitte otseselt mööda ringjoont, mille keskpunktis asub Maakera, vaid mingit teist, väiksemat ringjoont mööda, mille keskpunkt liigub ringjoont mööda ümber Maakera. Ring-

joont, mida mööda liigub planeet P, nimetati „epitsükliks“ (joon. 6); seda ringjoont aga, mida mööda epitsükli keskpunkt C liigub Maakera T ümber, nimetati „deferendiks“. Kui valida sobivad planeedi ja epitsükli liikumise kiirused, siis võib nende kahe liikumise abil seletada nii planeetide edaspidist kui ka tagurpidist liikumist. Viimane tekib siis, kui planeet liigub mööda epitsükli vastassuunaliselt epitsükli tsentri liikumisele mööda deferenti.

Kui planeetide, seal hulgas ka Maakera, tõeline liikumine ümber Päikese oleks ringjooneline, siis tuleks iga planeedi näiva silmusekujulise liikumistee seletamiseks võtta ainult üks epitsükkel. Kuid planeedid (nagu sellest edaspidi üksikasjalisemalt räägitakse) ei liigu

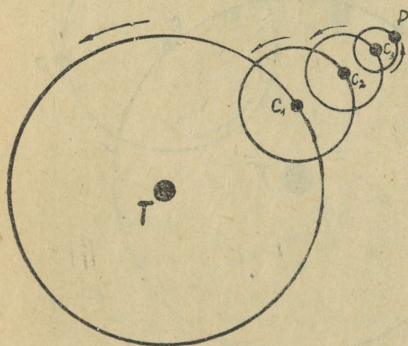


Joon. 6. Deferent ja epitsükkel.

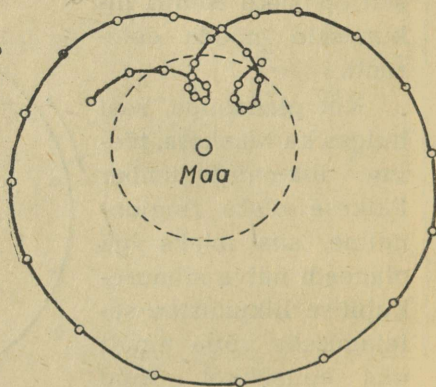
Päikese ümber mitte ringjooneliselt, vaid mööda teistsuguseid kinnisi kõveraid, mida ellipsiteks nimetatakse. Sellepärast on nende Maalt nähtaval liikumisel niivõrd keerukad kiiruse muutumise seadused, et iga planeedi jaoks tuleb võtta mitu epitsükli. Sealjuures oletatakse endiselt, et esimese epitsükli keskpunkt C_1 (joon. 7) liigub mööda deferenti, kuid esimese epitsükli ringjoont mööda ei liigu enam planeet P_1 , vaid ainult teise epitsükli C_2 keskpunkt, jne. Planeet ise aga, liikudes viimasel epitsükli, teeb ülimalt keerukaid liikumisi ümber Maa. See võimaldas sobival viisil valitud planeetide ja epitsükli keskpunktide

liikumise kiiruse puhul küllaldase täpsusega lähendada arvatud planeetide seisu tegelikult vaadeldavale (vt. näiteks joon. 8).

Selline keerukas planeetide liikumine annab põhjust oletada, et ei Ptolemaios ega tema kaasaeglased ei võtnud Ptolemaiiose süsteemi tõelise maailma ehituse täpse kujutisena. Arvatavasti kasutasid nad keerulist epitsükliite süsteemi ainult selleks, et oleks võimalik küllaldase täpsusega



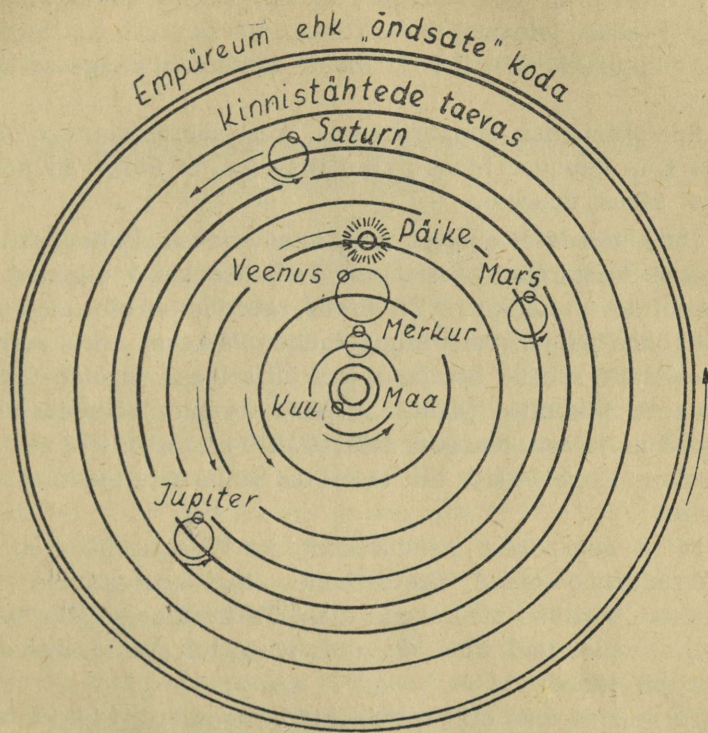
Joon. 7. Epitsükliite süsteem.



Joon. 8. Marsi liikumine ümber Maa Ptolemaiiose õpetuse järgi.

määrata planeetide asukohti taevavõlvil. Epitsükliite abil sai seda teha siiski märksa hõlpsamini kui Aristotelese pöörlevaid sfääre kasutades. Nii võib vanade kreeklaste loodud maailmasüsteemi nimetada „mõtteliseks”, s. t. selliseks, mida süsteemi autoridki kasutasid ainult teatud mõttekäikude hõlbustamiseks, andmata talle reaalsel tähendust. Kuna selle süsteemi põhieelduseks oli Maakera asetamine maailma keskpunkti, nimetati seda „geotsentriliseks” maailmasüsteemiks, mis tuleb kreeka keelsest sõnast „ge” — Maa.

Joon. 9 on kujutatud Ptolemaiose maailmasüsteem. Seitsme ringi keskpunktis, mida mööda liiguvad Päike, Kuu ja viie planeedi epitsükli keskpunktid, asub liikumatult Maa. Sellest ringjoonest väljaspool, mida mööda liigub



Joon. 9. Ptolemaiose maailmasüsteem.

Saturni epitsükli keskpunkt, asub kinnistähtede taevas, ja veel kaugemal — „õndsate koda“, s. o. pühakute asukoht, mille keskaegsed kirikumehed vanade kreeklaste maailmasüsteemile lisasid pärast seda, kui nad olid hakanud Ptolemaiose pooldajaiks.

Peale geotsentrilise maailmasüsteemi loomise on Kreeka astronoomidel terve rida teisi, tähtsaid töid, mis käsitlevad Maakera ja päikesesüsteemi ehitust.

III sajandil e. m. a. elanud Aristarchos Samosest võrdles teravmeelse võttega Kuu ja Päikese kaugusi Maast. Kuigi tema saadud tulemus tõelikkusest märksa erines, tegi ta siiski kindlaks, et Päike on Maast tunduvalt kaugemal kui Kuu.

See võimaldas Hipparchosele, kes määras suure täpsusega Kuu kauguse Maast, kindlaks teha, et Päike on palju kordi Maast suurem.

Oma vaadete poolest maailma ehituse kohta erines Samose Aristarchos enamikust vana-kreeka õpetlastest ja filosoofidest täielikult. Ta arvas, et Maa ei ole maailma keskkohas paigal, vaid liigub ümber Päikese. Aristarchos oli esimene kreeka õpetlane, kes oli selgesti ja otsustavalt Maakera liikumise poolt. Ja peab arvama, et need tema vaated mõjutasid teataval määral 1800 aastat hiljem elanud Nicolaus Kopernikust, kui ta töötas välja oma maailmasüsteemi.

Mõni aeg pärast Aristarchost, ka III sajandil e. m. a., Aleksandrias elanud Eratosthenes tegi suurepärase töö Maakera suuruse määramise alal. Ta kasutas selleks üsna algelisi vahendeid, kuid saavutas siiski tulemused, mis olid tõelistele lähedased.

Terve rida teisi nii vaatlus- kui ka teoreetilisi töid viisid selleni, et kreeka õpetlased said toimetada mitmesuguseid taevakehade, eriti Päikese ja Kuu liikumise arvutusi, millede teooria Hipparchos oli erakordse täpsusega välja töötanud.

Enamiku neist töödest tegid Aleksandria linna teadlaste koolkonda kuulunud kreeka õpetlased. Aleksandria asutati IV sajandil e. m. a. ja oli hulk aastaid Egiptuse pealinn. Aleksandrias oli asutatud akadeemia, samuti raamatukogu,

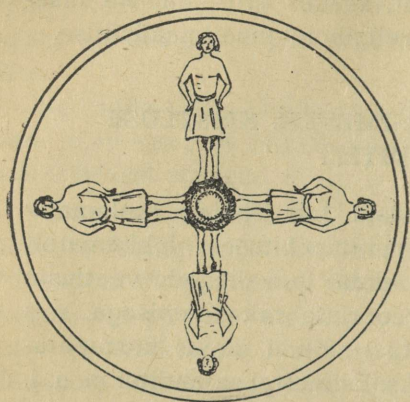
kuhu olid kogutud kõige haruldasemad teaduslikud teosed. Olles tollaegse kaubandusmaailma keskuseks, muutus Aleksandria ka teaduste keskuseks. Selline oli olukord, kui majanduslik langus, mis haaras Rooma impeeriumi, kes oli selleks ajaks vallutanud nii Kreeka kui ka Egiptuse, pidurdas teaduse edaspidist arengut, seades arusaamisele maailmaehitusest vastu kristliku religiooni maailmakäsituse.

III. ASTRONOOMIA ESIMESTEL KRISTLUSE SAJANDITEL.

Nende seitsme sajandi jooksul, mis Thalest Ptolemaioselt lahutas, arenes teadus maailmaehitusest lahkamatult edasi nii rohkearvuliste ja hoolikate taevakehade vaatluste alusel kui ka mitmesuguste teooriate rakendamisega, mis püüdsid kõiki vaadeldud nähtusi siduda üheks korrapäraseks matemaatiliseks süsteemiks. Esimestel sajanditel m. a. j. saavutas see teadus võrratult kõrgema taseme kui mingi teine selleaegse teaduse ala. Kuid IV sajandist alates, kui kristlik religioon sai Rooma impeeriumi valitsevaks usundiks, jäi teadus maailma ehitusest mitte ainult seisma, vaid läks kaugemale tagasi, vana-aja rahvaste kõige naiivsemate ettekujutuste juurde. Jutlustades maailma lõbudest loobumist hinge päästmiseks samastasid „kristlikud kirikuisad“ kreeka teadust paganausuga ja lugesid selle uurimist patuks.

Läänes langes kultuuri tase veelgi järsemalt maa laastamise tõttu, mida põhjustas Lääne-Rooma impeeriumi langusega kaasaskäiv suur rahvasterändamine ja üldine kehumine, mis viis riigi majanduse algelisele tasemele. Kuid ka Idas hävinesid kristluse võitluses paganlusega kõik kreeka teaduse saavutused. Koos paganliku jumaluse Serapise templi hävitamisega kristlike fanaatikute poolt hukkus tules peaaegu pool Aleksandria raamatukogu, mis koosnes ligi 1 000 000 käsikirjast.

Aleksandria koolkonnas, mis eelmistel sajanditel ühendas suurimaid tollaegseid teadlasi, tuli teadusliku maailmakäsituse asemele usk jumalikkude ilmutusse. Ainult väga vähesed „kirikuisadest“ riskisid uurida kreeka teadlaste raamatuid, mis sageli tõid kaasa süüdistuse ketserluses ja



Joon. 10. Maa kerasuse „ümberlökkamine“.

pagendamise. Kreeklaste õpetust Maa kerakujususest naeruvääristati ja lükati ümber „pühast“ kirjast võetud väidetega. Selle õpetuse kõige eelistatumaks ümberlökkamise viisiks oli väide „antipoodide“, s. o. selliste inimeste olemasolu võimatusest, kes elavad Maakera vastaspooltel. „Kas tõesti“, — nii hüüatas üks „kirikuisa“, Lactantius (suri 330. a.), — „leidub selline sõge, kes kujutleb, et on inimesi, kes käivad pea alaspidi ja jalad ülespidi. Et rohi ja puud võivad kasvada ülaltpoolt allapoole ja vihm ning rahe sadada alt ülespoole“.

Sellised vastuväited Maa kerasusele (joon. 10), mis oluliselt juba Aristoteles ümber lükkas, kestsid üle 1000 aasta, kuni Christoph Kolumbuse ajani, kes pidi nende vastu vaidlema enne oma kuulsat reisi üle Atlandi ookeani, mis lõppes Ameerika avastamisega.

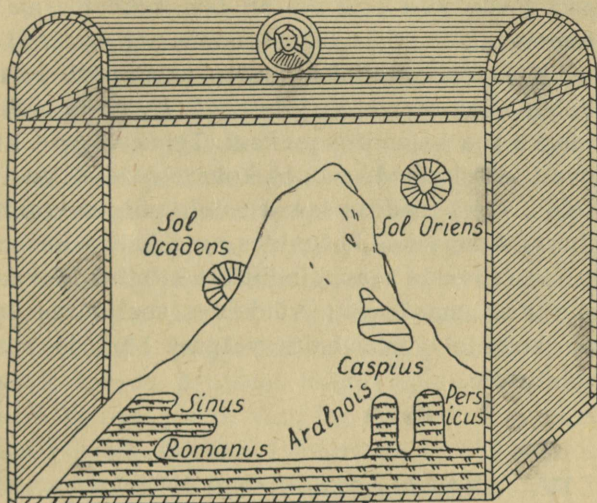
Üks tollaegseist silmapaistvamaist ebateaduslikest teostest oli suur Kosma Indicopleutose³⁾ teos. Ta oli esiteks kaupmees ja hakkas siis mungaks. See raamat kirjutati sihiga ümber lükata õpetus Maa kerasusest ja kujutab nii-

³⁾ „Indicopleutos“ tähendab — Indiasse ujuv.

sugust „teaduslikku“ maailmapilti, mis vastaks täielikult „pühakirjale“.

Maailm on Kosma kirjelduse järgi midagi pikliku kohvri taolist, mille põhjaks on Maa ja kaaneks taevas.

Maa jaguneb asustatud ja asustamata osadeks, mida ookean teineteisest lahutab. Maakera põhjapoolses asustatud osas tõuseb kõrge mägi, mille taha loojub Päike (nii



Joon. 11. Maa ja maailm Kosma Indicopleutose õpetuse järgi.

tekibki öö ja päev), ja samuti teised tähed, mida inglid mööda liikumatut taevast edasi toimetavad. Viimase kohal asetsevad taevased veed ja nendest veel kõrgemal on „taevariik“.

Lükates ümber õpetuse Maa kerataolisusest ja kasutades selleks ikka sama väidet antipoodide olemasolu võimatuses, esitab Kosma oma maailmaehituse alused järgmiselt:

„Luues Maad ei asetanud jumal seda millegi peale. Maad hoiab ülal jumala vägi. Kui väljaspool Maad on midagi, siis

peab ta kukkuma Maa peale. Jumal kinnitas Maa maailma aluseks ja käskis tal püsida oma enda raskusega." Maa ja taeva kujust rääkides toetub ta „pühakirja" autoriteedile: „Me ütleme koos prohvet Jesajaga, et taevas on võlvikujuline; koos Hiibiga ütleme, et ta on Maaga ühendatud ja koos Moosesega — et Maa on suurem pikkuses kui laiuses" (joon. 11).

Selliseid absurdseid arutlusi on täis kõik Kosma tööd, mida ta nimetas „pühakirja tunnistustele põhjendatud kristlikuks maailma topograafiaks, milles kristlastel pole võimalik kahelda". See raamat kirjutati 535. aastal ja teda peeti tähtsaks terve rea sajandite jooksul. Tema väiteid kasutasid korduvalt „kirikuisad" mõnes kohas sel ajal veel säilinud suurtele kreeka teaduse saavutustele põhjendatud arvamiste ümberlökkamiseks. Ja levides uute Lääne-Euroopasse sisserännanud rahvaste seas, kindlustas kristlus lakkamatult vale ettekujutust maailmast, võideldes sealjuures ägedalt igasuguste katsete vastu heita valgust Maa ja maailma tõelisele ehitusele.

IV. ARAABLASTE ASTRONOOMIA.

Araablaste vallutustega VII sajandil käis kaasas fanaatiline muhamediusu levitamine. Aleksandria vallutamist araablaste poolt 641. aastal tähistati ta raamatukogu lõpliku hävitamisega. Raamatukogu põletati araablaste väejuhi Omari käsul, kes oma fanatismi poolest oli täiesti vääriline kristlike piiskoppide asemikuks, kes seni Aleksandrias olid valitsenud. Pärimus räägib, et nähes Aleksandria raamatukogu tuhandeid käsikirju, hüüdis Omar: „Kui neis raamatuis on sama, mis kooraniski ⁴⁾ on kirjutatud, siis on nad

⁴⁾ Kooran — muhameedlaste püha raamat.

liigsed, kui nad aga kooranile vastu räägivad, siis on nad kahjulikud, sellepärast tuleb nad mõlemal juhul põletada.”

Pärast seda kui araablased olid lühikese ajaga vallutanud suurema osa Vahemere rannikust ja loonud uue maailmariigi, algas nende lähenemine vallutatud rahvastele, kelle kultuur neid tugevasti mõjutas. Vallutustega ühtaegu arenesid araablastel välja kaubanduslikud suhted rea rahvastega, muude hulgas ka Indiaga. On põhjust arvata, et araablased said oma esimesed astronoomilised teadmised nimelt hindudelt, kellede teadus kandis sel ajal kahtlemata kreeka mõjude jälgi. Kuid võrratult rohkem mõjutas astronoomia arengut araablastel kristlik „nestoriaanlaste” usulahk, Konstantinoopoli patriarhi Nestori poolehoidjad, kelle kristlik kirikukogu 431. aastal ketserluse pärast hukka mõistis. Nestoriaanlased moodustasid Edessa linnas (Väike-Aasias) teaduslik-filosoofilise kooli, kus kreeka teadust uuriti. Pärast seda, kui üks Bütsantsi keiser sulges selle kooli kui ketserliku, põgenesid nestoriaanlased Pärsiasse ja levisid sealt mööda Araabiat laiali, õpetades araablastele mitte ainult astronoomiat, vaid ka meditsiini ja filosoofiat. Araablaste pealinn Bagdad muutus peagi teadusliku tegevuse keskuseks. IX sajandi alguses hakkas terve tõlkide koloonia araabia keelde tõlkima Aristotelese ja teiste Vana-Kreeka filosoofide töid. IX sajandi lõpuks, peale mõningaid ebaõnnestunud katseid, oli valmis tõlge juba eelpool nimetatud Ptolemaiiose raamatust „Almagest”.

Araablaste armsamaks teaduseks muutunud astronoomia areng oli tingitud reast asjaoludest, seoses araablaste poliitilise ja majandusliku arenguga ja samuti muhamedi usuga, mis suhtus tähtede uurimisse võrdlemisi heatahtlikult juba ainult sellepärast, et see andis võimaluse määrata suunda muhameedlaste pühale linnale Mekkale. Araablaste maailmakaubandus aga, ulatudes üle tohutute ja sageli asustamata Aasia ja Aafrika mandrialade ning merede, nõudis head

orienteerumiskoost ilmakaarte suhtes, mida samuti taevakehade vaatluste põhjal toimetati. Peale selle nõudis Kuu järgi seatud kalender, mis tekkis araablastel peamiselt sellepärast, et neil oli tähtsam teada Kuu faaside muutust (seoses palavates maades esinevate öiste rännakute vajalikkusega) kui aastaegade muutust ja tähtede vaatlemise oskust. Kuid kõige tähtsamat osa mängis araablaste astronoomilistes vaatlustes astroloogia, mille abil nad vanade paganlike preestrite moodi tahtsid tungida tuleviku saladustesse.

Paljudes suuremais araabia linnades olid asutatud astronoomilised observatooriumid Päikese ja tähtede asukohtade määramise riistadega, mis olid ehitatud kreeklaste eeskujul, kuid märgatavalt ületasid neid oma suuruselt ja nurgamõõtmise täpsuselt. Võttes kindlasti omaks kreeklaste vaate Maa kerakujususest, teostasid araablased juba IX sajandil kahe meridiaanikaare mõõtmist Maakera ümbermõõdu määramiseks ja said üsna täpsed tulemused. Kuid vaatamata sellele, et araabia õpetlastel oli kreeka teadus, eriti Aristotelese ja Ptolemaiuse tööd erakordselt suures lugupidamises, ei teinud araablased astronoomias mingeid märgatavaid edusamme. Araabia teadlased enamasti ainult täpsustasid hoolikamate vaatlustega kreeklaste saadud tulemusi taevakehade liikumise suhtes. Kuid midagi uut araablased maailma ehituse, Maa, Päikese, Kuu ja planeetide vahelise olenevuse kohta teadusele juurde ei toonud. Selle põhjus on peamiselt vastutöötamises, mis muhamedlik religioon teaduse arengule tegi. Isegi kõige eesrindlikumad muhamediusu voolud ei suutnud leppida paljude tähtsate väidetega Aristotelese filosoofias, näiteks tema õpetusega maailma igavesti kestmisest, mis nähtavasti rääkis vastu väitele, et jumal lõi maailma. Mõnede araabia õpetlaste katsed (näiteks „Tõevendade ühingu“ liikmete omad X sajandil) lepitada usku kreeka teadusega, ei õnnestunud, usklike fanaatikute leppimatusena kokku põrkudes.

XI sajandil, araablaste poliitilise võimu nõrgenemise ajal, kui Bütsantsi riik hakkas neid Vahemere idakaldal välja tõrjuma ja pani neile Kaukaasiast ja Kaspia merest läbiminevad kaubateed kinni, areneb araablaste seas tugevasti müstiline „sufismi“ õpetus, mis eitab täiesti teadust ja peab vihast võitlust filosoofide ja õpetlaste vastu. XII sajand tähistab sufismi otsustavat võitu: Bagdadis põletatakse kaliifi korraldusel teaduslikud raamatud, võideldakse julgelt kõigi vastu, kes pooldavad Aristoteelse vaateid maailma ehitusest. Sellised tagakiusamised viisid loomulikult sinna, et araabia teadus ei saanud iseseisvaks ja et tema peaosaks jäi vanade kultuurrahvaste teaduse saavutuste säilitamine ja euroopa riikidele edasiandmine.

IX ja X sajandil, kui muhameedlaste kultuur oli juba kõrgel arenguastmel, oli Lääne-Euroopa veel pimeduses ja hari-matuses, mis vastas täiesti primitiivsele põllumajandusele, millega enamik rahvastikust tegeles, ja kristlikule maailma-vaatele, mis oli levinenud idast siia asunud rahvaste seas, kes Lääne-Euroopas riike moodustasid. Selleaegseiks kõige haritumaiks inimesteks olid mungad, kelledest mõned IX ja X sajandil juba araabia autoreid lugesid ja nende kaudu vana-kreeka teaduse maailmakäsituse alustega tutvusid.

Niinimetatud „ristisõdade“ ajajärgul, mida XI sajandist alates ette võeti kristlike rüütlite poolt nagu öeldi „issanda haa“ vabastamiseks muhameedlaste käest, tegelikult aga röövimise teel rikastumiseks, tutvusid mungad ja haritum osa aadlikest araabia kultuuri mõju alla sattudes Aristotelese ja Ptolemaiose araabiakeelsete tõlgetega.

Tugevalt mõjutas araabia kultuur euroopa rahvaid ka viimaste kokkupuutumise teel araabia riikidega Pürenee poolsaarel. Tõsi küll, selle poolsaare vallutamisele kristlike rahvaste poolt XIII sajandil käis kaasas vallutatud araabia riikide kultuuri põhjalik hävitamine. Jällegi põletati kalleid teaduslikke raamatuid araabia tähtsama linna Cordoba raa-

matukogus, mida kristlastest fanaatikud teostasid ühe kato-
liikliku kardinali käsul.

Kuid Hispaanias säilinud araabia kultuuri jäänused mõjutasid siiski edaspidi tugevasti kristlastest vallutajaid. Kui seni esinesid kristlaste seas ainult mõned üksikud, kes uurisid kreeka õpetlaste töid araabiakeelsete tõlgete järgi, siis ilmuvad XII ja XIII sajandil juba kreeka õpetlaste tähtsamate tööde ladinakeelsed tõlked, alguses araabia keelest ja siis otse kreeka keelest.

Tõsi küll, alguses alustas kristlik kirik võitlust kreeka teaduse sissetungimise vastu, mida ta enam ei samastanud küll paganausuga, kuid mis siiski tundus hädaohtlik kristlikule maailmakäsitusele, mis oli rajatud piiblile ja teistele „pühadele“ raamatutele. Sel ajal tarvitas rooma-katoliku kirik veel otsustavaid abinõusid kreeka teaduse leviku vastu. Nii oli suurimas Lääne-Euroopa ülikoolis, Pariisis, Aristotelese uurimine veel XIII sajandi algul rangelt keelatud. Naiivsed jutustused lamedast Maast, mis puutus oma äärtega taevaga kokku, leidsid veel ikka uskumist, kuna see vastas märksa paremini piibli kirjeldusele maailmast kui õpetus kerakujulisest Maast. Ja isegi pärast seda, kui üha suureneva rahvusvahelise kaubanduse mõjul, millega käis kaasas kaupmeeste klassi mõju tekkimine, kristlik kirik mitte üksi kaotas Aristotelese uurimise kohta käiva keelu, vaid isegi tõstis tema õpetuse kristliku maailmakäsituse aluseks, jäi terve rida „kirikuisasid“ nende primitiivsete vaadete juurde maailmaehituse kohta, millest vanad kultuurrahvad tegelikult juba mitu sajandit enne kristliku ajaarvamise algust, s. o. ligi 2000 aastat enne kirjeldatud sündmusi olid loobunud.

V. VANA-KREEKA TEADUSE UUESTISUND.

Kreeka kultuuri taassünd, mis algas XII ja XIII sajandil ja puhkes täiele õitsengule kahel järgneval sajandil, oli põhjustatud uue sotsiaalse teguri — kaubandusliku kapitali ilmumisest; see ergutas ettevõtlikumaid ja julgemaid inimesi kaugeteks reisideks, mis avasid kerge rikastumise võimaluse kauplemise ja röövimise teel.

Lääne-Euroopa maadest oli Itaalia kõige soodsam geograafiline asend suhtlemiseks rikka Idaga. Euroopa riikidest tekkis Itaalia kõige enne kaubalaevastik, mis oli rakendatud nii Vahemere ja Musta mere ranniku koloniseerimiseks kui ka suhtlemiseks araabia kaupmeestega, kelle maailma-kaubandus elas XII ja XIII sajandil üle uut tõusuaega. Just suure laevastiku tõttu said Itaalia kaubalinnad — Veneetsia, Genua jt. haarata endale lõviosa ristsõdade kasudest. Tekkis olukord, kus Itaalia vedas Idast kaupu ja jaotas neid teiste Lääne-Euroopa maade vahel. Nii oli Itaalia vältimatuks vahendajaks nende maade ja araabia kaupmeeste vahel, kes olid omakorda vahendajaks itaalia kaupmeeste ja kaugete Idamaade vahel, millede seas tähtsuselt esimesel kohal oli India.

Mõned itaalia kaupmeestest ei piirdunud üksi araablastega kauplemisega, vaid tungisid sügavale muhameedlikku Idasse. Vajadus pikkadel reisidel oma asukohta määrata, sundis neid taevakehade vaatlusi toimetama ja araabia kaupmeestelt nende vaatluste meetodeid õppima. Itaalia laevadele ilmuvad astronoomilised nurgamõõtmise riistad, kompassid ja merekaardid.

Kaugete maadega ja nende kultuuriga tutvumine kutsub itaallaste maailmavaates esile suure edasinihkumise. Juba ainult tähistaeva muutumine rännakuil kaugeisse lõunamaadesse paneb neid Maa kuju üle järele mõtlema, äratab neis

huvi kreeklaste maailmakäsituse vastu, millega nad araablaste juures tutvusid.

XIII sajandi lõpust alates hakkavad itaallased tegema suuri mere-ekspeditsioone piki Aafrika läänerannikut, püüdes leida mereteed Indiasse, araabia kaupmeeste vahendusest vabanemise sihiga. Neid katseid ei krooninud võit, kuid olles siiski väga tulutoovad, meelitasid nad itaalia meremehi kaugesse lõunasse ja soodustasid ning tugevdasid õpetust Maa kerasusest.

Tutvumine vana-kreeka teadlaste töödega, mis alguses oli juhusliku iseloomuga, muutus ikka üldisemaks. Eriti laia kuulsuse omandasid araabia keelest tõlgitud Aristotelese teosed. Ja kristlik kirik, muutes oma suhtumist vana-kreeka maailmakäsitusse, tegi kõik võimaliku kreeka teaduse taassünni kasutamiseks oma huvides. Arvestades asjaolu, et Aristotelese õpetuse järgi on Maa maailma keskuseks, pidas kristlik kirik võimalikuks seda õpetust täielikult „püha“ kirjaga kooskõlastada. Selle teostas lõplikul kujul suur katoliku kiriku autoriteet Thomas Aquinus, kes rakendas kogu jõu selleks, et saavutada oma töödes täielikku tasakaalu Aristotelese õpetuse ja kristlik-katoliikliku teoloogia vahel.

Nii muutus alles hiljuti kristliku kiriku poolt tagakiusatud Aristoteles tema erakordseks autoriteediks, kelle teosed seati „pühakirjaga“ ühele tasemele. See oli seda kergem, et tema maailmakäsituses oli rida tumedaid, ülimalt segaseid kohti, mida võis teatud oskuse juures tõlgitseda kristlikule kirikule kasulikus suunas.

Aristotelese järel kohandasid kristlikud teoloogid pühakirjale ka teisi kreeka õpetlasi, eriti Ptolemaiost, kelle maailmasüsteem oli ka kirikule vastuvõetav, kuna see pidas Maad maailma keskuseks.

Kohaldades vana-kreeka maailmakäsitusi „pühakirjale“, huvitus katoliku kirik vähe selle õpetuse matemaatilisest

küljest. Kuid praktilisteks otstarveteks, nii kalendri korraldamiseks kui ka meresõidu vajadusteks oli tarvilik omandada need matemaatilised meetodid, mida vanad kreeklased kasutasid ja millest suure osa sai raamatute järgi taastada.

Kuid varsti ilmnes suur lahkuminek Ptolemaiuse koostatud taevakehade liikumise tabelite ja tõelisuse vahel. See põhjustas tabelite ümberarvutamise vajaduse, mis esmakordselt teostati 1252. aastal (s. o. rohkem kui 1100 aastat pärast Ptolemaiost) Kastilia kuninga Alfonsi ülesandel. Uued „alfonsi tabelid“ leidsid laialdast kasutamist ja kahe sajandi jooksul rahaldasid nad kõikide Euroopa riikide vajadusi. Kuid alles pärast seda, kui meremehed said hakata kasutama täielikumaid tabeleid, mis astronoom Regiomontanus XV sajandil koostas, sõandasid nad sõita rannast eemale mööda sirgemaid teid, mis võimaldas neil sooritada märksa pikemaid merereise.

Eurooplastest olid esimesed meresõitjad, nagu juba öeldud, itaallased. Põhjapool Alpe asetsevais keskaegseis riikides tuli kaubanduslikul kapitalil läbi teha visam võitlus hääbuva, kuid siiski veel tugeva feodalismiga. Selletõttu jäi neis maades vana-kreeka kultuuri taassünd märksa hiljemaks, ja Itaalia oli kahe sajandi jooksul nende õpetajaks nii teaduse ja kunsti kui ka rakendusteaduste, eriti laeva-juhtimise alal.

Itaalia naabruses oleval Pürenee poolsaarel asuvad maad — Hispaania ja Portugal jäid kauaks ajaks kuivamaa riikideks ja isegi siis, kui nad XV sajandil endile laevastiku muretsesid ja kaugeid mere-ekspeditsioone ette võtsid, olid tähtsamate ekspeditsioonide juhtideks itaallased, nagu näiteks Christofor Kolumbus ja Vasco da Gama.

Neid kaugeid mere-ekspeditsioone, mis viisid reale suurtele geograafilistele avastustele, teostasid hispaanlased ja portugallased, keda finantseeris liiakasuvõtja pangakapital, mis pani neisse ekspeditsioonidesse tohutud rahasum-

mad erakordselt kõrge kasuga arvestades. Ja tõesti ületas mere-ekspeditsioonide tulu sageli mitmekordselt nende peale kulutatud raha. Selle näiteks võib olla Vasco da Gama esimene ekspeditsioon, mis avastas 1498. aastal mereteed Indiasse, vabastades Lääne-Euroopa araabia kaupmeeste vahenduse vajadusest ja andis sellega Itaalia majanduslikule võimsusele hävitava hoobi. Sellele ekspeditsioonile kulutatud summad ei ületanud 200 000 tukatit, kuna tulu sellest oli 1 000 000 tukati suurune.

Sellised tohutud tulud põhjustasid loomulikult meresõidu erakordse arengu, mis tõukas astronoomia vaatlusmeetodite täiustamisele, et võimaldada laevade asukoha määramist merel. See põhjustas omakorda astronoomia edasiarengut tervikuna ja viis muuseas uuele maailmakäsitusele, mis oli juba üle kasvanud vanade kreeklaste maailmakäsitusest, mida kristlik kirik kivinenud kujul esitas. Ja oma määravat tähtsust kaotava feodaalse aadli ning tema liitlase — kristliku kiriku vastuseisu kiuste valmistus ette maailmakäsituse revolutsioon, mis võttis Maakeralt tema erilise tähenduse ja tegi ta üheks tavalistest planeetidest, mis Päikese ümber tiirlevad.

Friedrich Engels annab oma raamatus „Looduse dialektika“ sellele ajajärgule järgmise iseloomustuse:

„Kaasaegne loodusteadus, — ainuke, millest võib kõnet olla kui teadusest, — vastupidiselt kreeklaste geniaalsetele aimustele ja araablaste sporaadilistele, juhuslikele uurimustele, algab sellest grandioosest ajajärgust, kui kodanlus murdis feodalismi võimu, kui linnakodanike ja feodaalse aadli vahelise võitluse foonile ilmus mässuline talurahvas, ja tema järel kaasaegse proletariaadi revolutsioonilised pioneerid punase lipuga käes ja kommunismiga huultel, — algab sellest ajajärgust, mis lõi Euroopa monarhiad, purustas paavstluse vaimse diktatuuri, äratas ellu kreeka antiigi... See oli suurim revolutsioonidest, mida Maa on seni

üle elanud. Ja selle revolutsiooni atmosfääris arenev loodusteadus oli läbini revolutsiooniline, läks käsikäes uuest filosoofiast äratatud suurte itaallastega, oma mätreid tuleriitadele ja vangikongidesse saates.“⁵⁾

Edaspidi näeme, et astronoomide seas polnud puudust teaduse märtritest, kes sõandasid kristliku kiriku keelust hoolimata mööda uusi teid minna, arendades üha edasi teaduslikku arusaamist Maast ja maailmast.

Kuid juba ammu enne Nicolaus Kopernikuse raamatu ilmumist, milles ta esitas uue maailmasüsteemi, teostades seninähtamatu pöörde maailmakäsituses, valmistasid selleks revolutsiooniks pinda terve rea õpetlaste tööd. Enamik neist töist oli praktilise iseloomuga. Siia kuuluvad juba nimetatud taevakehade liikumise tabelid, mille koostasid austria astronoomid Purbach ja Regiomontanus ning mis etendasid tähtsat osa Kolumbuse ja Vasco da Gama mere sõitudel. Kuid selleaegsete õpetlaste hulgas oli ka niisuguseid, keda rohkem huvitasid vahetult maailma ehitusega seoses olevad küsimused. Nii oli Nicolaus Cusanus veendunud maailma lõpmatuses ja Maakera liikumise olemasolus. Tuleb imestada tema arvamiste julgust, mis avaldati XV sajandi keskel, ajal, kui kristlik kirik valvas kogu hoolikusega vana-kreeka maailmakäsituse puutumatusse järele.

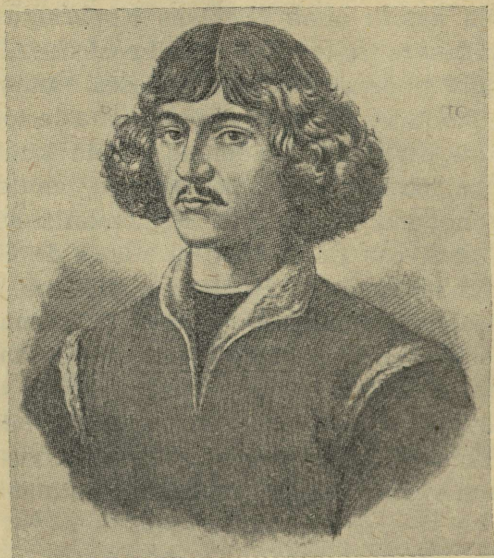
VI. KOPERNIKUS.

Kahtlused Ptolemaiiose maailmasüsteemi kohta tekkisid paljudel euroopa astronoomidel osalt selle vasturääkivuse tõttu Aristotelese õpetusele (kellel oli epitsükliite kuhjamise asemel sfääride kuhjamine), kuid peamiselt selle hirmsa keerulisuse tõttu, mis viis ülimalt keerukaile ja pikadele arvutustele taevakehade asukoha määramisel. Kuid

⁵⁾ „Looduse dialektika“. Partizdat, 1932, lk. 22.

siiski polnud kuni Kopernikuseni tehtud ühtki teaduslikku katset muudatuste toomiseks Ptolemaiose süsteemi.

Nicolaus Kopernikus sündis 1473. aastal Poola linnas Thornis. Kaotas lapseas isa ja kasvas onu juures. Alguses õppis Kopernikus Krakovi ülikooli kunstiteaduskonnas, kuid varsti hakkas teda valdama huvi matemaatika ja astronoomia vastu. 1496. aastal sõitis ta Itaaliasse, kus ta kümne



Nicolaus Kopernikus (1473—1543).

aasta jooksul täiendas ennast praktilises astronoomias. Kodumaale tagasi tulnud, sai ta onust piiskopi protektsiooni tõttu kanooniku koha Frauenburgi linnas, mis teda siiski teaduslikelt uuringutelt eemale ei viinud.

On raske öelda, mis nimelt tõukas Kopernikust esmakordselt uue maailmasüsteemi loomise mõttele. Kuid igal juhul on selge, et ta ei asunud sellele tööle järsku ja alus-

tas seda arvatavasti alles peale Itaaliast tagasitulekut, kulu-
tades sellele ligi 40 oma elu lõpuaastat.

Kopernikuse töö aluseks olev mõte seisab selles, et suu-
rem osa nähtavaid taevakehade liikumisi on ainult näivad
ja on Maa tõelise ümber oma telje pöörlemise ja ümber Päi-
kese tiirlemise peegelduseks. Kopernikus seletas Maakera
pöörlemisega ümber oma telje öö ja päeva tekkimist ning
tähistaeva näivat pöörlemist. Maakera tiirlemisega ümber
Päikese seletas Kopernikus Päikese näivat liikumist tähtede
suhtes ja samuti planeetide silmusekujulist liikumisteed, mis
põhjustas vanade kreeklaste maailmasüsteemis nii palju
komplikatsoone. Kopernikuse seletuse järgi tekivad planee-
tide tähtedevahelises liikumistees esinevad silmused selle-
tõttu, et inimesed ei vaatle planeete mitte nende liikumistee
keskpunktist, mille ümber nad tiirlevad, vaid Maakeralt,
mis omakorda liigub.

Kui Maakera ümber Päikese liikudes oma teel mõnest
planeedist mööda läheb, mis väljaspool tema orbiiti liigub,
siis paistab Maakeral olevale vaatlejale, et see planeet lii-
gub vastassuunas (see nähtus on samasugune, mida näeme
reisirongiga samas suunas aeglasemalt sõitvast kaubaron-
gist mööda sõites).

Niisuguse seletuse tõttu planeetide tagurpidi liikumisele
sai vabaneda osast Ptolemaiiose süsteemi epitsüklitest, kuigi
kaugeltki mitte kõigist.

Asi oli selles, et Kopernikus ei suutnud loobuda vaate-
kohast, mis oli enamiku õpetlaste kujutlusse juba hallist
minevikust peale juurdunud, — et kõik taevakehad võivad
liikuda ainult kõige „täiuslikumaid“ kõveraid mööda, s. o.
mööda ringe. Kuna aga planeedid tegelikult liiguvad ümber
Päikese (kaasa arvatud Maakera) mitte mööda ringjooni,
vaid mööda ellipseid, mis põhjustab nende liikumise kiiruse
muutumisi (vt. allpool), siis pidi Kopernikus 34 epitsüklit
alles jätma selleks, et seletada kiiruste muutumist.

Kopernikuse maailmasüsteemi suur lihtsus vanade kreeklaste maailmasüsteemiga võrreldes oli tegelikult selle süsteemi peamiseks tõestuseks, kuna Kopernikus ei saanud selleaegse instrumentaaltehnika madala taseme tõttu esitada ühtki neist tõestusist, mis on olemas meieaegsel teadusel.

Kõige tähtsam oli loomulikult küsimus Maakera tiirlemisest ümber Päikese. Eelpool oli juba juttu Aristotelese arvamisest, et kui Maakera ümber Päikese tiirleks, siis peaks esinema tähtede näiv aastane liikumine, mis tekiks selle tõttu, et Maakeral olev vaotleja näeks neid erinevaist Maakera orbiidi kohtadest. Ka Kopernikus avaldas seda mõtet ja seletas mainitud tähtede liikumise puudumist täiesti õieti sellega, et nende kaugused Maakerast on väga suured. Kuid see ei peatanud Kopernikusele järgnevate põlvede astronoomide visasid katseid avastada tähtede aastasi liikumisi, mis õnnestus esmakordselt alles 1838. aastal (s. t. pea-aegu 300 aastat peale Kopernikuse surma), siis kui instrumentaaltehnika areng võimaldas mõõta küllaldase täpsusega väga väikesi nurki (vähem kui 1", s. t. üks kaaresekund).

Ja nii pidi Kopernikus loobuma otsestest tõenditest oma vaadete kohta. Ta oli sunnitud piirduma vihjetega sellele, et ka vana-kreeka teadlaste seas oli selliseid, kes pidasid Maad liikuvaks ja et Maa liikumise hüpotees seletab lihtsamini taevakehade näivaid liikumisi, kui hüpotees, mille järgi Maa asub liikumatult maailma keskses. Kummutades Ptolemaiiose vastuväiteid Maakera liikumisele, mis seisid selles, et Maa peaks oma tohutu liikumiskiiruse tõttu tükki-deks purunema, väitis Kopernikus, et samasugune hädaoht peaks veelgi rohkem ähvardama kõvu taevafääre, mis Maa ümber pöörlevad, kuna nende kiirus peaks sfääride suuruse tõttu veel märksa suurem olema.

Rakendades uusi planeetide liikumise uurimise meeto-

deid, sai Kopernikus üsna täpselt määrata planeetide tiirlemisaega ümber Päikese ja nende orbiitide suhtelised suurused.

Järgmises tabelis on antud veidi ümmardatult Kopernikuse saadud planeetide kaugused Päikesest. Nende võrdlemine tänapäevaste kaugustega, mis on ära toodud päikesesüsteemi tabelis (vt. lisa), näitab, kuivõrd suure täpsusega õnnestus Kopernikusel ära määrata planeetide orbiitide suuruse suhtelisi väärtusi. Kaugusühikuks on tabelis võetud Maakera kaugus Päikesest.

Planeedi nimetus	Kaugus	Planeedi nimetus	Kaugus
Merkuur	0,38	Marss	1,52
Veenus	0,72	Jupiter	5,22
Maa	1,00	Saturn	9,17

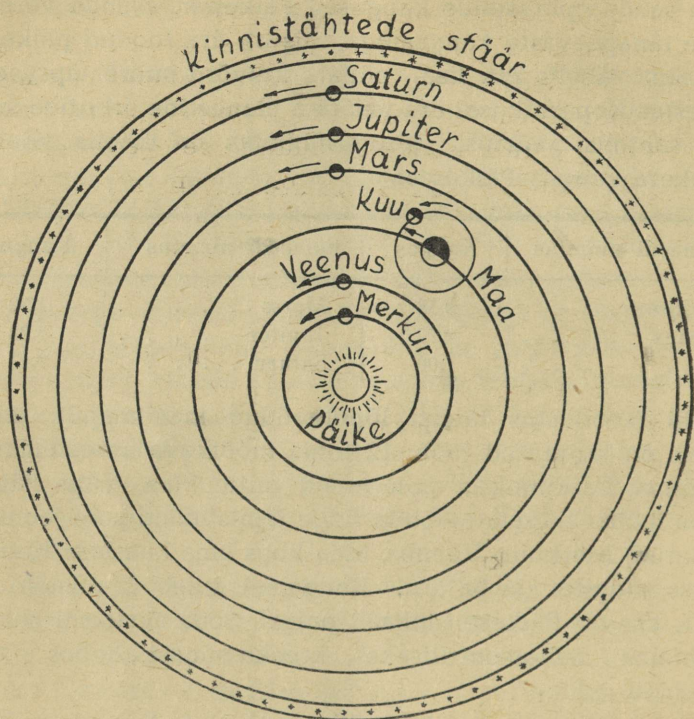
Nii moodustus täiesti lõpuleviidud maailmapilt, mille skeem on kujutatud joon. 12 (ilma mõõtkava arvestamata). Maailma keskpunktis pole enam mitte Maa, vaid Päike. Tema ümber liiguvad mööda ringe (epitsükleid pole joonisel näidatud) Merkuur, Veenus, Maa koos oma kaaslaste Kuuga, Marss, Jupiter ja Saturn. Kaugemal tuleb kinnistähtede sfäär, mis on Päikese taoliselt paigal. Seda süsteemi hakati nimetama „heliotsentriliseks“, kreeka sõnast „helios“, mis tähendab „päike“.

Muidugi on see maailmapilt veel väga kaugel sellest, mida annab meile tänapäeva teadus, mis väidab, et kõik maailmas olevad kehad liiguvad, nende seas ka Päike, mis on ainult üks tähtedest.

Kuid kuni Kopernikuseni valitsenud arvamustest erineb tema süsteem veelgi rohkem, kuna tal õnnestus mitte üksi Maa liikumist õieti kirjeldada, vaid ka Maa tema õigele kohale asetada — üheks Päikese kaaslastest.

Nii jäi Maa ilma sellest erilisest tähtsusest, mida talle

omistas piibellik maailmakäsitus. Sellepärast on täiesti arusaadav, et kristlikul kirikul, mis võrdlemisi kergesti oli kohanenud vanade kreeklaste maailmasüsteemiga, ei jäänud muud üle kui kõik võimalik ette võtta selleks, et hävi-



Joon. 12. Kopernikuse maailmasüsteem.

tada nii Kopernikuse õpetus kui ka need tema järglased, kes söandasid seda õpetust levitada.

Kuid tuleb tähele panna, et Kopernikuse raamatut, mis kandis pealkirja „Taevaste sfääride liikumisest“ ja ilmus trükist alles tema surma-aastal (1543) ei hakatud kiriku poolt sugugi mitte kohe taga kiusama. Selle peamiseks põh-

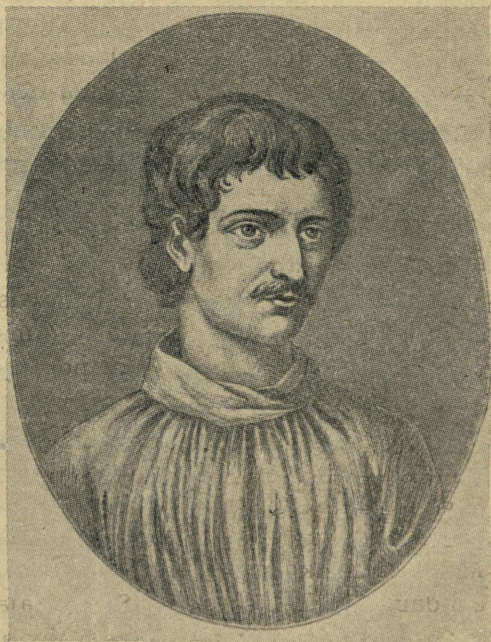
juseks oli selle raamatu arusaadavus ainult valitud lugejaile, kes oskasid aru saada matemaatilistest valemitest ja arvestustest. Teatavaks teguriks Kopernikuse õpetuse tagakiusamise edasilükkamises oli ka see asjaolu, et raamatu eessõnas, mille kirjutas ilma autori teadmised luterlasest jutlustaja Osiander, oli öeldud, et tema teose mõte pole mitte uue maailmasüsteemi loomises, vaid ainult matemaatilises hüpoteesis, mida kasutatakse arvutuste lihtsustamiseks. Ja alles pärast seda, kui ilmusid uue õpetuse populariseerijad, ilmnes kogu selle revolutsiooniline olemus ja siis alustas kristlik kirik ägedat võitlust tema pooldajatega.

VII. BRUNO.

Juba Kopernikuse eluajal levisid kuuldused uuest õpetusest, mis peab Päikest ja tähti paigalseisvaks ja sunnib Maad ümber Päikese tiirlema ning oma telje ümber pöörlema. Kuulus kirikureformaator Luther, kes rajas uue, katoliiklusest lahku löönud kiriku, mis tema nime kannab, oli üks esimestest, kes astus vastu õpetusele Maa liikumisest. Ta nimetas Kopernikust lollpeaks selle eest, et ta tahab pea peale pöörata kogu astronoomia, ise sealjuures „pühakirjale“ vastu rääkides, milles on öeldud, et kui Joosua Nuuni poeg tahtis päeva pikendada, siis käskis ta peatuda Päikesel, aga mitte Maal. Samasuguseid arvamusi avaldasid ka mõned teised katoliku kiriku reformeerijad, jõudes nii ette katoliiklusest võitluses uue õpetuse vastu. Teiselt poolt palusid paljud kaasaegsed Kopernikust oma arvamisi selgitada, mistõttu Kopernikus isegi oma maailmasüsteemi lühikese kirjelduse koostas, mis oli kirjutatud lihtsamalt kui „Taevaste sfäärade liikumisest“ ja nähtavasti üle kümne aasta enne selle raamatu ilmumist.

Uheks esimeseks ja kõige vaimustatumaks Kopernikuse pooldajaks oli noor teadlane astronoom Retik, kes uuris

kaks aastat Kopernikuse käsikirju tema juhatuse all ja kirjutas nende sisu kohta populaarse ülevaate, mis juba Kopernikuse eluajal trükkis ilmus. Peale Kopernikuse surma hakkasid Retik ja mõned teised astronoomid arvutama taevakehade liikumise tabelleid uue teooria alusel. Neist töödest



Giordano Bruno (1548—1600).

etendasid kõige tähtsamat osa niinimetatud „Preisi tabelid“, mis astronoom Reinhold kaheksa aastat peale Kopernikuse surma välja andis. Kuid kõik need tööd ei sisendanud Kopernikuse vaateid veel laiaimesse elanikkonna massidesse, kes ei tundnud üldse või tundsid vähe matemaatilist tarkust. Ja alles peale seda, kui Lääne-Euroopas hakkas kõlma dominikaani munga Bruno tuline jutlustamine ja kui

selle järel hakkasid levima teated suure itaalia õpetlase Galilei erakordselt veenvaist astronoomilistest avastustest, võitis Kopernikuse maailmasüsteem inimeste hulgas kindla seisukoha, muutudes ühtlasi kristliku kiriku julmade tagakiusamiste objektiks.

Giordano Bruno (loe: džordaano bruuno), üks selle aja-järgu suuremaid filosoofidest (sündis 1548. a.), tõmbas endale juba noorena kahtlustuse ketserluses ja oli sunnitud põgenema suurema mõttevabadusega Põhja-Itaaliasse.

Tuleb silmas pidada, et ületades XIV sajandil majanduslikust ja kultuurilisest küljest kõik teised Euroopa maad, elas Itaalia XV sajandil üle rasket feodaalse reaktsiooni perioodi. See tuli selle tõttu, et esiteks kannatas itaalia kaubandus tugevasti Konstantinoopoli vallutamise tõttu türklaste poolt (mis raskendas Idamaadega ühenduse pidamist) ja jäi siis peaaegu täielikult soiku peale portugallaste mere-tee avastamist Indiasse 1498. a. Teiselt poolt lõppes sõda Hispaaniaga Itaalia rikkaste provintside (Sitsiilia ja Lombardia) kaotamisega ja põhjustas Itaalia elanikkonna vaesestumise. Selle tagajärjel kaotas itaalia kaubanduskapital mitte ainult välisturud, vaid ka siseturu, mis võimaldas kaubanduskapitali kiiret arenemist nooremais Lääne-Euroopa maades. Itaalias aga hakkas ikka suuremat majanduslikku tähtsust omandama põllupidamine. Samal ajal tugevnes katoliku preesterkonna mõju, mis töötas Hispaaniaga kooskõlas, kus ikka veel oli tugev inkvisitsioon, mis oli Hispaania kuninga ja katoliku kiriku käes kohutavaks relvaks iga-suguse edasiarenemise vastu. Ainult Itaalia põhjaosas, kaubalinnades, kus veel oli säilinud kaubanduslik kapital, mis jätkas võitlust feodaalse reaktsiooniga, oli teatava mää-rani alles jäänud tingimused teaduse arenemiseks. Nii on seletatav, et Giordano Bruno taolised inimesed, kel oli vaba mõtteviis, lootsid endale just Põhja-Itaaliast pelgupaika leida.

Kuid Bruno tuli peagi hakata kaugemale rändama. Ta läks üle Alpide ja esines reas linnades — Genuas, Toulouse'is, Pariisis, Londonis, Prahas jm. professorikateedril ja trükiteostes oma õpetusega maailmaehitusest.

Tutvudes uue, Kopernikuse loodud maailmasüsteemiga, läks Bruno võrratult kaugemale, tõustes reas küsimustes kuni tänapäevase teaduse tasemeni. Nii õpetas ta, et maailmaruum on lõpmatu, et tähed paistavad meile ainult oma kohutava kauguse tõttu väikeste heledate punktidenä, kuid tegelikult on nad samasugused hiiglasuured heledad valgusallikad, nagu meie Päikegi, mis on ainult üks tähtede seast ja pole sugugi maailma keskuseks (nagu Kopernikus arvas).

Kuid sinna ei jäänud Bruno mõttelend peatuma. Ta oli veendunud, et kogu maailmas on kehtivad needsamad füüsilised seadused mis Maa pealgi, et Maa, olles ainult üheks planeediks teiste planeetide hulgas, ei või olla ainsaks kohaks maailmas, mis on asustatud mõtleivate olevustega, ja et selliseid olevusi elab ka teistel planeetidel. Sellejuures ennustas Bruno täiesti õieti, et Päikese ümber liikuvate planeetide arv on märksa suurem sellest, mida inimesed tunnevad. Peale selle arvas ta, et ka tähtede ümber liiguvad planeedid, mis on tõenäoliselt ka mõtleivate olevustega asustatud. Nii tekkis täiesti uus, oma grandioossuselt haarav maailmapilt, mis läks täiesti vastuollu kiriklik-piibelliku õpetusega.

Sellepärast on arusaadav, et kristlik kirik suhtus Brunosse kui oma vihasemasse vaenlasesse, kes õõnestab alused, millele on rajatud ristiusk. Ja tõepoolest, isegi peale seda, kui kirik, pärast rida teaduslikke avastusi, mis vaieldamatult kinnitasid Kopernikuse õpetust Maa liikumisest, oli sunnitud leppima selle õpetusega, jäi talle väide elu olemasolu võimalikkusest teistel planeetidel ikka vastuvõtmatuks, vaatamata mitmesuguste „õpetlaste“ katsetele, kes

püüdsid legendi Kristuse kannatustest Maa peal kooskõlastada mõistusliku elu olemasoluga teistel planeetidel.

Kui Bruno oma valesõprade manitsustele järele andes 1592. aastal Itaaliasse tagasi tuli, sattus ta alguses veneetsia



Joon. 13. Bruno tuleriidal.

ja siis rooma inkvisitsiooni kätte ja oli kuni 1600. a. vangis. Kuid seitsmeaastane vangipõli ei kõigutanud Bruno vaateid, ta ütles täiesti põhjendatult enda kohta, et kõik Kaukaasia jääliustikud ei suuda jahutada tema südame tuld. Peale

viljatuid katseid sundida Brunot oma õpetust maha salgama, kuulutas inkvisitsioon välja otsuse Bruno kui ketseri põletamiseks. Kuuldes seda otsust, vastas Bruno rahulikult: „Teil on otsust kuulutades suurem hirm kui mul seda kuulates.“ Ja tõesti, kristlikul kirikul oli suur hirm Bruno vaadete ees maailmaehituse üle, kuna ta teadis väga hästi, et pole kaugel see aeg, kus need vaated pühitsevad täielikku võitu kristliku maailmakäsituse üle.

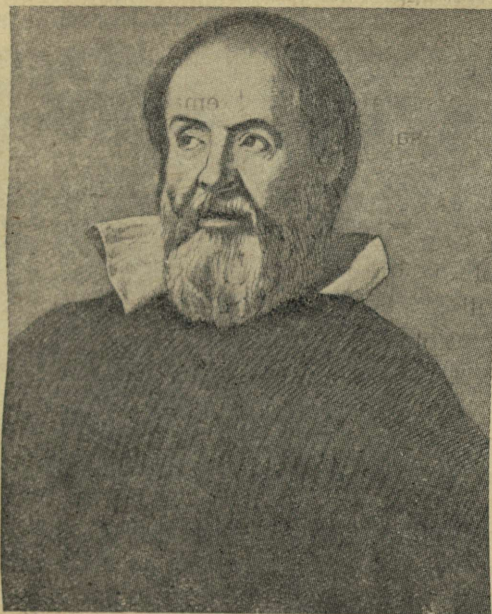
Bruno põletati 17. veebruaril 1600. a. elusalt tuleriidal Roomas Lillede väljakul. Üks tema vihasemaid vaenlasi, kardinal Shopp, lisab mõnitavalt Bruno hukkamist kirjeldades: „Nii põletati ta, ja ta hukkus haledas surmas: mõtlen, et ta läheb nüüd teistesse maailmadesse, mis ta ise oli välja mõelnud.“

Kuid katoliku kiriku kiuste ei tähendanud Bruno põletamine veel selle õpetuse hävitamist, millele ta oli oma elu pühendanud ja ohverdanud. Bruno öeldud sõnad: „Surm ühel sajandil kingib elu kõigiks tulevasteks aegadeks,“ — osutusid tema kohta prohvetlikkudeks.

VIII. GALILEI.

1610. aastal ilmus Veneetsias trükist raamat, mis kandis pikka ja paljutõotavat pealkirja: „Tähtede teatmik, mis annab teada suurtest ja hämmastavaist vaatepiltidest ja esitab nad tähelepanuks filosoofidele ja astronoomidele; neid vaatepilte nägi Galileo Galilei äsja tema poolt leiutatud vaatetoruga Kuu pargel, loendamatute kinnistähtede seas, Linnutes, udustes tähtedes, eriti aga nelja planeedi vaatlemisel, mis tiirlevad ümber Jupiteri erisugustel ajavahemikudel imekspandava kiirusega, planeedid, mida viimase ajani keegi ei tundnud ja mis autor alles üsna hiljuti esimesena avastas ja Medicite tähtedeks otsustas nimetada“.

See raamat, nagu juba pealkirjast näha, oli itaalia õpetlase Galileo Galilei (sündis 1564. a.) kirjutatud, keda tunti juba terve rea suurepärase tööde järgi mehaanika valdkonnast, ja kes oli Paduas matemaatika professori kohal. Oma astronoomilisi vaatlusi, millest ta räägib „Tähtede teatmikus“, alustas Galilei alles 1609. aastal, alguses väga väi-



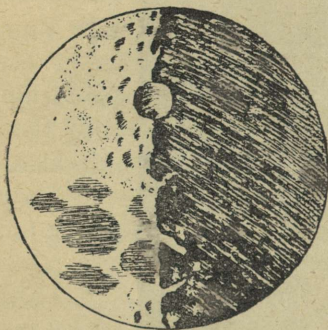
Galileo Galilei (1564—1642).

kese pikksilma abil, mis suurendas ainult üheksa korda, siis aga märksa suurema, 30 korda suurendava pikksilmaga. Need pikksilmad tegi Galilei ise pärast seda, kui temani jõudsid kuuldused selliste torude leiutamisest Hollandis.

Kuu, tähtede ja Jupiteri vaatlused nende pikksilmade abil viisid Galilei reale avastustele, mis hämmastasid kaas-

aegseid ja andsid rea veenvaid, kuigi kaudseid kinnitusi Kopernikuse maailmasüsteemile.

Kopernikuse õpetusega tutvus Galilei nähtavasti vähemalt 15 aastat enne oma astronoomiliste vaatluste alustamist, ja kuigi ta muutus selle õpetuse kindlaks pooldajaks, jäi ta oma astronoomilistes loengutes ettevaatusest üldtunnustatud Ptolemaiose maailmasüsteemi juurde.

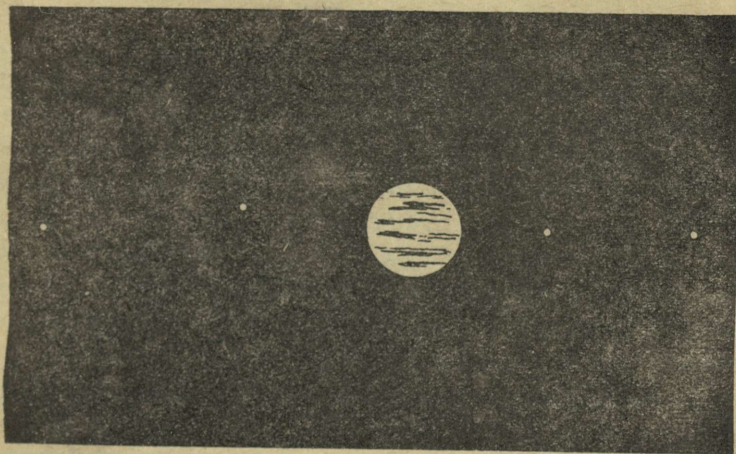


Joon. 14. Kuu joonis, mille on joonistanud Galilei.

Selleks, et mõista mulje tugevust, mis Galilei raamat tema kaasaegsetele avaldas, tuleb aru saada sellest teadusliku mõtlemise kivinemisest, mis oli üldine enamikule toleaegseist teadlastest. Need õpetlased tegesid ainult vana-kreeka autorite tööde tõlgitsemisega ega mõistnud sugugi teadusliku katse tähtsust, mida mitte ainult Aristotelesele, vaid ka mõnele väiksemale kreeka õpetlasele vastu seada tundus üleloomuliku julgusena. See käib eriti

XVI sajandi itaalia õpetlaste kohta, kes olid paavsti inkviisitsiooni pihtide vahel. Sellepärast pole imekspandav rahu, mis tekkis Aristotelese õpetuse pooldajate seas Galilei astronoomiliste avastuste puhul, millest igaüks oli sihitud otse Aristotelese maailmakäsituse vastu. Nii erinesid Aristotelese õpetuse järgi kõik taevakehad maistest asjadest oma täiuslikkuse poolest. See ilmnis kõigepealt nende ideaalselt kerakujulises vormis. Sealjuures oli esimene, mis Galilei avastas pikksilma Kuule juhtides; mäed tema pinnal (joon. 14), mis meenutasid maisi mägesid; see tõukas mõttele Maa ja ühe „täiusliku“ taevakeha — Kuu omavahelisest sarnasusest.

Galilei rohkearvulised vastased, kes püüdsid kohe peale „Tähtede teatmiku“ ilmumist kummutada järeldusi, mis Galilei oma avastuste põhjal tegi, mõtlesid välja terve rea barbaarseid ja mitte millelgi põhjenevaid teooriaid. Ühed neist kinnitasid näiteks, et Kuu mägede vahel olevad orud on täidetud ideaalselt läbipaistva kristalse ainega, mille tõttu Kuul on oma pinna näivast ebatasasusest hoolimata



Joon. 15. Jupiter oma nelja kaaslasega.

tegelikult korrapärase kera kuju. Sealjuures oli Galilei temale omase leidlikkusega osanud varjude pikkuse järgi arvutada kuumägede kõrguse, millede olemasolu sellise uskmatuse oli välja kutsunud. See kõrgus ulatas tema mõõtmiste alusel 7-me km-ni, mis oli üsna lähedane tõelisele.

Juhtides pikksilma mitmesugustele tähistaeva kohtadele, veendus Galilei, et tähtede arv on võrratult suurem sellest, mida palja silmaga on võimalik näha. Muuseas õnnestus tal lahutada heledad udukogud Linnutees üksikuteks tähekes-teks. Kõik see osutas laotuse ulatusele, mis oli võrratult

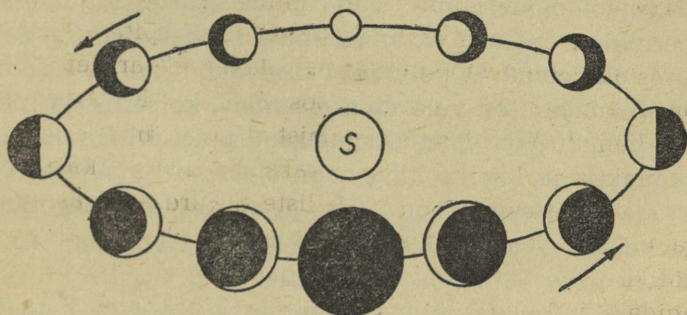
suurem sellest, mida talle tavaliselt omistati. Kuid kõige suurepärasemaks sellest, mis Galileil õnnestus näha, olid Jupiteri neli kaaslast (kuud), mis tiirlesid tema ümber, hoolimata sellest, et Jupiter ise liigub mööda taevavõlvi. Sel asjaolul oli väga suur tähendus Kopernikuse õpetuse kinnitamisel, kuna selle õpetuse vaenlased väitsid, et ainult Maa võib olla taevakehade tiirlemise keskuseks. Peale selle peeti võimatuks, et Kuu ümber Maa tiireldes suudaks tema järele jõuda Maa tiirlemisel Päikese ümber.

Huvitav on ära märkida üht Galilei vastaste tüüpilisemat vastuväidet, mis esitati sihiga tõestada Jupiteri kaaslaste olemasolu võimatust. Kinnitati, et planeetide arv ei saa erineda seitsmest (neid aga sai koos Kuu ja Päikesega peale Jupiteri nelja kaaslaste avastamist kokku üksteist), kuna inimese näos on seitse avaust: kaks ninasõõret, kaks silma, kaks kõrva ja suu. Kuid ka selliste absurdsete vastuväidetega tuli sel ajal arvestada, kuna nende taga seisis võimas katoliku kirik, valmis hukutama igäüht, kes kavatses kallale tungida kristlikule maailmakäsitusele.

Vaatamata kõigi Aristoteelse õpetuse pooldajate vastutöötamisele, oli Galilei avastuste mõju tema kaasaegsetele tohutu. Ja see juhtis kohe enda peale katoliku kiriku esindajate tähelepanu. Mõned tollaegseist teoloogidest hoiatasid Padua kodanikke soovi eest vaadelda taevakehi läbi Galilei pikksilma, kinnitades, et see on kuradi leiutus, ning tõid oma sõnade kinnituseks Matteuse evangeeliumi teksti: „Taas võttis kurat teda enesega ühe väga kõrge mäe peale ja näitas temale kõiki maailma kuningriike . . .” Üks teoloogidest, kes hästi suhtus Galileisse ja tundis oma kaasvendade kavatsusi, hoiatas teda: „Olge äärmiselt ettevaatlik oma sõnadega, sest kui te räägite mingistki sarnasusest maise ja Kuul oleva looduse vahel, siis on teine teist targem ja hakkab rääkima, nagu oleksite väitnud, et Kuul elavad inimesed, ja hakkab siis arutama sellest, mil viisil nad

said Aadamast pärit olla, kas olid nad Noa laevas ja hakkab igasuguseid sobimatusi välja mõtlema, millest te ei unistagi." Need sõnad näitavad, mida kristlik kirik kartis, kui ta võitles teadusliku maailmavaate vastu.

Kuid hoolimata kirikumeeste ähvardustest ja hoiatustest jätkas Galilei kogu energiaga oma tööd taevakehade vaatluste alal. Varsti pärast Firenzesse asumist 1610. aastal avastas ta planeet Veenuse faasid (joon. 16), see aga csutab, et Veenus on nagu Maa ja Kuugi tume keha, mis valgustab



Joon. 16. Veenuse faaside tekkimise seletus.

peegeldunud päikesevalgusega. Veidi hiljem avastas ta päikesekettal laigud, mis lükkas ümber Aristotelese vaate taevakehade absoluutse muutumatuse kohta.

Viimase avastuse ümber, mille Galilei tegi mitme teise astronoomiga ühel ajal, tõusis vaidlus nii selle üle, kellele kuulub laikude avastamise esmaõigus, kui ka nende loomuse üle. Jesuiit Scheiner väitis, et need ei kuulu Päikese külge, vaid on Päikese ümber tiirlevad planeedid. See seletus vabastas Päikese „häbistavaist“ laikudest ja kõrvaldas küsimuse muudatustest tema pinnal. Kuid Galilei kummutas lihtsate geomeetriliste konstruktsioonide abil hiilgavalt Scheineri väited ja näitas, et laigud peavad asuma Päikese pinnal ja et nende liikumine Päikese pinnal osutab viimase

EX LIBRIS
 RAHMATU
 RAHMATU

pöörlemisele. Viimane oli ilmselt kinnituseks Maa pöörlemise võimalusele oma telje ümber.

Järgnevail aastail olid mitmed teoloogide ülesastumised nii suuliselt kui trükisõnas sihitud sellele, et tõestada Kopernikuse õpetust kinnitavate Galilei avastuste vastuolu „pühakirjaga“. Galilei kaitses ennast kõigiti, öeldes, et looduse seaduste uurimisel tuleb lähtuda mitte „pühakirja“ tekstist, vaid katseist ja teaduslikest tõenditest. Sellest hoolimata kuulutas „püha inkvisitsiooni kohtuasju ettevalmistav teoloogide kogu“ välja kategoorilisel kujul otsuse Kopernikuse õpetuse vastuolu kohta „pühakirjaga“. Selles otsuses oli öeldud: „Õpetus, et Päike asub maailma keskuses ja on liikumatu, on vale ning absurdne, ketserlik ja räägib vastu pühakirjale. Õpetus aga, nagu poleks Maa maailma keskpunktis ja liiguks ning nagu oleks tal peale selle ööpäevane pöörlemine, on vale ja absurdne filosoofilisest vaatekohast, teoloogilisest vaatekohast aga on vähem ekslik“.

Sellele otsusele järgnes Kopernikuse tööde kandmine keelatud raamatute nimekirja kuni vajalike „paranduste“ ettevõtmiseni nendes. Galilei aga, kellele oli tehtud hoiatus Kopernikuse õpetuse propageerimisest loobumise vajalikkuse kohta, pidi tahes-tahtmata arvestama ligineva hädaohuga olla ketseriks tunnistatud ja kõigi sellest järgnevate tagajärgedega. Sellepärast väljendus ta väga ettevaatlikult ja segaselt, kui ta 1623. a. esines trükisõnas vaidlusküsimuse üle mitu aastat enne seda ilmunud kolme komeedi kohta, kasutades tõendeid, mis põhjenesid Kopernikuse õpetusel. Näiteks võib olla selline täielik tinglikkus ja hädaohust hoidumise püüd tema töö katkes: „Kuna Maale omistatav liikumine, mida mina kui aus katoliiklane pean valeks ja olematuks, seletab suurepäraselt tervet hulka mitmesuguseid nähteid, siis arvan ma, et kogu oma valelikkuse juures seletab ta teatava määrani komeetide ilmumist“.

Mitte rahuldudes kirjutamisega üksikute astronoomiliste küsimuste üle, mis enamasti ainult kaudselt puudutasid Kopernikuse õpetust Maa liikumisest, kavatses Galilei kirjutada suure teose, milles ta tahtis ära tuua kõik väited, mis kinnitavad Kopernikuse vaateid. Kuid tekkinud olukorras polnud mõeldagi sellise sisuga raamatu trükkimisele. Rääkimata juba sellise raamatu autori vältimatust tagakiusamisest, ei olnud seda lihtsalt võimalik trükkida kirikliku tsensuuri tõttu, mis sel ajal Itaalias võimutses. Sellepärast otsustas Galilei väljenduda mitte enda isiku kaudu, vaid ühe kaudu kolmest väljamõeldud vestlejast, kelledest üks — Salviati — oli Kopernikuse pooldaja, teine — Simplicius — Ptolemaiuse pooldaja ja kolmas — Sagredo — kuigi ta on vaidluses teisejärgulise tähtsusega, oli igal sobival juhul nõus Salviati arvamisega.

Galilei raamat, mida ta nimetas „Jutuajamine kahest tähtsamast maailmasüsteemist — Ptolemaiuse ja Kopernikuse omast” ja mille ta lõpetas 1629. a., ilmus üsna pikkade sekelduste järel ja pärast mõningaid parandusi 1632. a. trükkist. Sellest hoolimata võtsid Galilei rohkearvulised vaenlased katoliku teoloogide hulgast kohe pärast tema raamatu ilmumist kõik abinõud tarvitusele, et võtta Galileid oma „Jutuajamise” eest vastutusele. Asi oli selles, et Galilei kirjutas oma raamatus Ptolemaiuse maailmasüsteemi pooldajat Simpliciuist väga haledana, muutes ta jutukaaslaste naljatuste märklauaks. Teiselt poolt pani Galilei Salviati suhu hiilgavas vormis kogu selle argumentatsiooni Kopernikuse süsteemi poolt, mis tal endal oli.

Tema raamat avaldas kaasaeglastele ebatavaliselt tugevat muljet, muidugi mitte mingisugust kahtlust jättes selles, et tema autor ise on Kopernikuse vaadete pooldaja.

Peale raamatu läbivaatamist erikomisjonis keelati Galilei raamat ära ja teda ennast kästi Rooma ilmuda. Püüdes selle sõidu üsna ilmsete tagajärgede eest hoiduda, põikles Galilei

käsu täitmisest kõrvale, mispeale järgnes paavstilt uus korraldus, — tuua Galilei Rooma vägisi, nagu roimar, raudadesse aheldatult. Selle peale otsustas Galilei sõna kuulata ja astus 1633. aasta alguses rooma inkvisitsiooni kohtu ette. Peasüüdistus, mis tema vastu tõsteti, seisis selles, et ta „uskus ja toetas õpetust, mis on vale ja vastu pühale ja jumalikule kirjale“. Kohtuprotsessi esimestel päevadel käitus Galilei kindlalt ja otsustavalt, aga kui ta veendus, et tema kangekaelseks jäämisel tuleb vältimatult piinamine ja surmanuhtlus, jättis mehisus ta maha ja ta oli nõus inkvisitsiooni nõudmisel pühalikult loobuma Kopernikuse õpetusest. Häbi-väärses seisukorras, kaltsudega kaetud, oli 70-ne aastane suur teadlane sunnitud ära needma selle teadusliku teooria, mille õigsust ta ise hulga hiilgavate tõestustega oli kinnitanud.

Vaatamata sellele, et Galilei oma õpetusest loobus, ei jätnud katoliku kirik teda rahule. Mõistetud eluajaks vangi, mis muudeti erilisest armust koduseks arestiks tema linnast väljas olevas villas, kus ta elas inkvisitsiooni valve all, ei julgenud Galilei enam tegelda teda kõige rohkem huvitavate teaduslike küsimustega. Kaotades varsti pärast seda silmanägemise, suri ta 1642. a., kulutades oma viimased kümme eluaastat peamiselt raamatute lõpetamiseks, milles ta esitas oma avastused mehaanika alal.

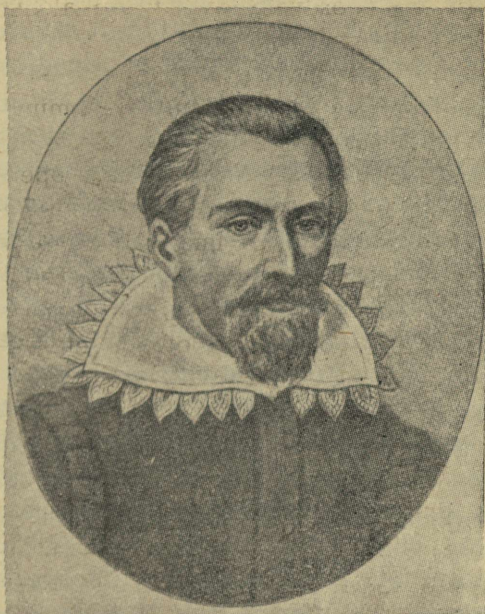
IX. KEPLER.

Kui XVI ja XVII sajandi vahetusel vaba mõte oli Itaalias lõplikult feodaalse reaktsiooni surve all lämbumas, siis oli olukord ka teistes Lääne-Euroopa maades ainult veidi talutavam.

Saksamaal, mis sel ajal koosnes paljudest eri riikidest, möllasid sisesõjad ja usutülid katoliikliku ja protestantliku

rahvastiku-osa vahel, kelle elu möödus alatiste segaduste ja rahunuste keskel.

Sellistes vaba teadusliku loomingu jaoks ebasoodsais tingimustes möödus ühe kõigi aegade suurima õpetlase — Johann Kepleri elu.



Johann Kepler (1571—1630).

Kepler sündis Württembergi linnas Beilis 1571. a. Olles lapsena haiglane, avaldas Kepler siiski väga noorelt silmapaistvat andekust. Kooli lõpetanud, astus ta Tübingeni protestantlikku teoloogiakolleegiumi ja väljendas varsti suurt huvi matemaatika ja astronoomia vastu. See huvi muutus eriti kindlaks salajase Kopernikuse poolehoidja matemaatikaõpetaja Mestlini mõjul, kes tutvustas Keplerit eraviisiliselt heliotsentrilise maailmasüsteemi alustega. Kolm

aastat pärast Tübingeni kolleegiumi lõpetamist sai Kepler, kes oli rikkunud oma reputatsiooni kohalike teoloogide silmis ettevaatamatute ütelustega Kopernikuse süsteemi poolt, ainult Mestlini kaasabil õpetaja koha Grazi linna. Siin oli ta alguses sunnitud äärmiselt viletsate elutingimuste tõttu tegelema astroloogiliste ennustustega, mis talle isegi teatud kuulsuse löid, kuna neil poliitiliselt rahutuil aegadel, mil ta elas, pidasid valitsevad klassid astroloogiast eriti lugu.

Varsti peale Grazi kolimist avaldas Kepler oma esimese töö — „Kosmograafilised saladused“, mis hoolimata tõsise teadusliku väärtuse puudumisest ilmutas autori sügavaid astronoomilisi teadmisi ja tema hiilgavaid võimeid.

Sattudes austria katoliiklaste tagakiusamise alla, kes „püha neitsit“ oma generalissimuseks kuulutades vandusid protestantismi Austriast hävitada, oli Kepler sunnitud Ungarisse põgenema. 1600. a. asus ta Prahasse ja sai seal tollaegse suurima astronoomi-vaatleja Tycho de Brahe abiliseks. Tycho de Brahe (sündis 1546. a.) oli taanlane. Ule kahekümne aasta toimetas ta oma kodumaal astronoomilisi vaatlusi observatooriumis, mis oli tema näpunäidete järgi ehitatud ja parimate tollaegsete riistadega varustatud, millest paljud olid tema enda leiutatud. Tycho de Brahe vaatluste täpsus oli täiesti erandlik, ületades märksa nii oma kaasaegsete kui ka enne teda olnud vaatlejate mõõtmistäpsuse. 1577. aastal ilmunud komeeti vaadeldes õnnestus tal näidata, et see liigub Maast vähemalt kolm korda kaugemal kui Kuu ja Maa vaheline kaugus, mis kummutas sel ajal olnud arvamuse, nagu liiguksid komeedid Maa atmosfääris, ja andis tunduva hoobi kristalsete taeva-sfääride olemasolu pooldajate vaateviisile.

Sellest hoolimata, et Tycho de Brahe tundis hästi Kopernikuse õpetust, ei olnud ta selle pooldajate hulgas, peamiselt sellepärast, et ta ei suutnud oma püüdmise peale vaatamata avastada tähtede aastast parallaktilist liikumist.

See veenis otsustavalt Tycho de Brahet Maa liikumatuses, kuna ta ei võtnud omaks Kopernikuse arvamist tohutusuurtest kaugustest, mis tähti Maast lahutavad.

Pidades Maad maailma keskuseks, jagas Tycho neid sügavaid astroloogilisi eksiarmamisi, mis tekkisid usust taevanähtuste ja rahvaste ning üksikute väljapaistvate inimeste saatuste vahelisest seosest. Kuid just need eksiarmamised ergutasid Tychot erilise hoolikusega mõõtma planeetide asukohti, mis olid astroloogidel juba vanast ajast peale peamisteks tuleviku ennustamise vahenditeks. Kepleri Prahasse tuleku ajaks oli Tychol määratu hulk vaatluste üleskirjutusi mitmesuguste planeetide kohta ja nende märkmete läbitöötamiseks kutsuski ta teiste abiliste hulgas ka Kepleri oma juurde.

Kuid Kepler ei saanud kaua Tycho abilisena töötada, kuna see suri 1601. aasta lõpul. Peale Tycho surma õnnestus Kepleril oma korraldusse saada kõik tema vaatlusandmed. Nende uurimisega tegeles Kepler kogu oma ülejäänud eluaja erakordse töökuse ja leidlikkusega, mis viis ta planeetide liikumise kolme põhiseaduse avastamisele.

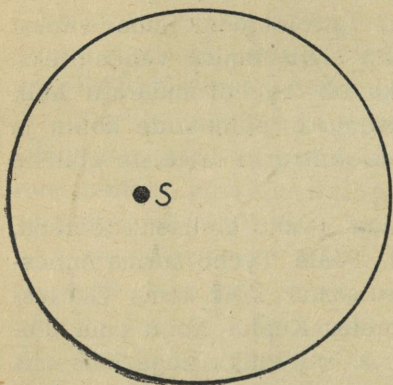
Eelpool oli juba juttu taevakehade liikumise tabelite koostamisest („Alfonsi“, „Preisi“ jt. tabelid), mille järgi sai ette määrata igaks ajamomendiks Päikese, Kuu ja teiste planeetide asendit teiste tähtede suhtes. Tabelid olid mitmesuguse headusega, kuid alati osutus, et mõne aja möödudes hakkasid nende abil tehtud arvutused andma tegelikkusest tugevasti erinevaid tulemusi. Isegi „Preisi“ tabelid, mis olid koostatud Kopernikuse teooria alusel, andsid jämedaid vigu.

Kepleri suurimaks teeneks oli see, et ta nägi täiesti õieti tabelite viga juba vanadel kreeklastel kindlaks kujunenud ekslikus veendumuses, et taevakehad saavad liikuda ainult ringjoonelisi teid mööda.

Urvides Tycho vaatluste põhjal planeet Marsi liikumist,

mis andis arvutatud tulemustest kõige suurema erinevuse, tegi Kepler neid lahkuminekuid kõrvaldada püüdes tohutu hulga tulemusteta katseid, enne kui tal õnnestus Marsi orbiidi tõelist kuju kindlaks määrata.

Hoolikalt mitmesuguseid ringide kombinatsioone läbi vaadates ja neid üksteise järel kõrvale heites, asus Kepler teiste kinniste kõverate juurde ja tegi lõpuks peale uut rida proove kindlaks, et täielik kooskõla tekib arvutuste ja vaatluste vahel siis, kui oletada, et Marsi orbiit on ellipsikujuline. See järeldus, mida Kepler pärast kõikide teiste (sealhulgas ka Maa) peale laiendas ja mis igal juhul kinnitust leidis, sai tema esimeseks seaduseks, mis määras ära planeetide orbiitide kuju.



Joon. 17. Planeet Merkuuri orbiit.

Joon. 17 on kujutatud planeet Merkuuri orbiit, mis on ellipsikujuline. Nagu sellest joonisest näha, erineb ta väga vähe ringist, vaatamata sellele, et ta on päikesesüsteemi üheksa planeedi orbiidist piklikkuse poolest teisel kohal. Päike (tähega S märgitud) ei asu mitte ellipsi tsentris, vaid veidi kõrval, ühes neist kahest punktist, mida „fookusteks“ nimetatakse ja mis ellipsi kõvera joonistamisel suurt osa etendavad.

Planeetide orbiitide kuju uurimise kõrval tegeles Kepler kiiruste muutumise uurimisega, millega planeedid oma orbiidi eri osades liiguvad. Kepler tegi kindlaks, et iga planeet liigub seda kiiremini, mida lähemale ta Päikesele tuleb. Selles seisabki teine planeetide liikumise seadus, millele Kepler andis täpse matemaatilise kuju.

Kuid jäi veel selgitamata ilmselt olemasolev seos Päikese ja planeedi vahelise kauguse ja planeedi ümber Päikese tiirlemise aja vahel. Ka selle küsimuse lahendas Kepler edukalt, andes sellele ammendava lahenduse oma kolmanda

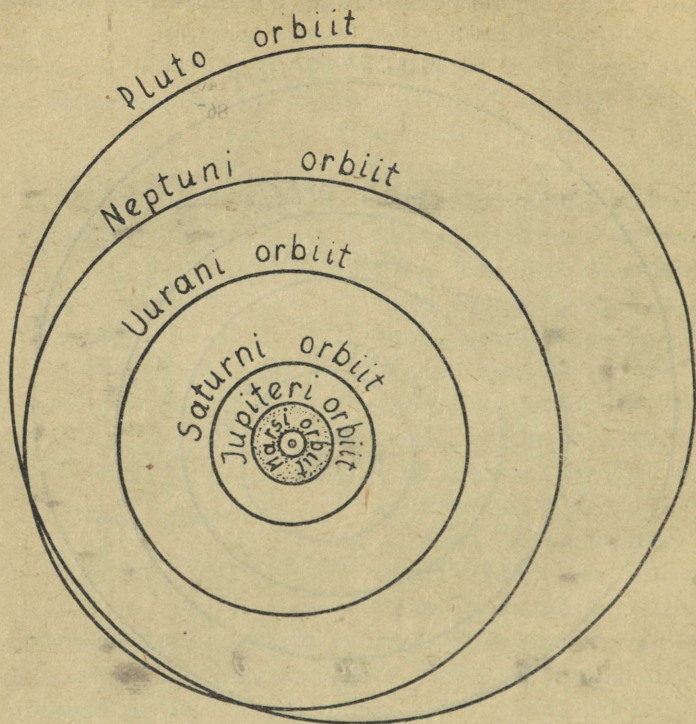


Joon. 18. Merkuuri, Veenuse, Maa ja Marsi orbiit.

ja viimase seadusega. Kepler tegi kindlaks, et iga planeedi paari puhul võrdub nende Päikese ümber tiirlemise aegade ruutude suhe nende keskmiste kauguste kuupide suhtele Päikesest.

Seda Kepleri seadust seletab järgnev tabel. Tabeli esimeses veerus on antud kõikide Kepleri ajal tuntud planeetide nimed.

Teises veerus on antud planeetide tiirlemisajad aastates väljendatult, s. o. teiste sõnadega: teiste planeetide tiirlemisaegade suhted Maa tiirlemisajaga.



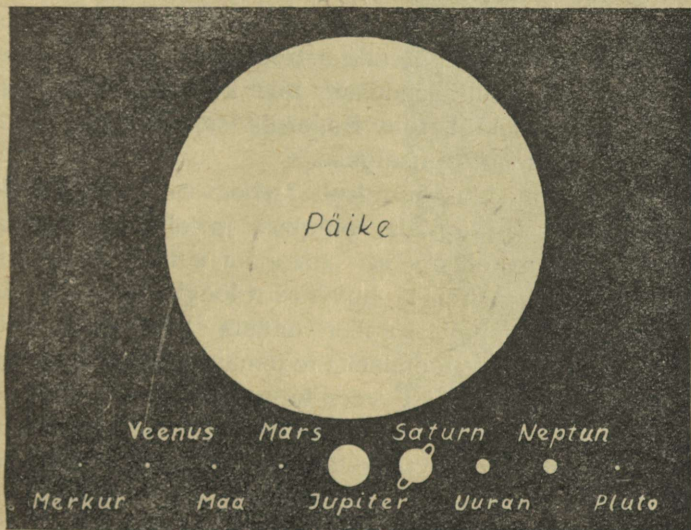
Joon. 19. Marsi, Jupiteri, Saturni, Uurani, Neptuuni ja Pluto orbiidid.

Kolmandas veerus on toodud planeetide keskmiste kauguste suhted Päikesest, võrreldes Maa kaugusega Päikesest.

Neljandas veerus on teise veeru arvude ruudud ja viiendas on antud kolmanda veeru arvude kuubid.

Võrreldes neljanda ja viienda veeru arvusid, näeme, et esimese nelja planeedi puhul on arvud üksteisega täpselt

Planeedid	T	a	T ²	a ³
Merkuur	0,241	0,387	0,058	0,058
Veenus	0,615	0,723	0,378	0,378
Maa	1,000	1,000	1,000	1,000
Marss	1,881	1,524	3,54	3,54
Jupiter	11,862	5,203	140,7	140,8
Saturn	29,457	9,539	867,7	867,9



Joon. 20. Päikese ja planeetide võrdlevad suurused.

võrdsed ja erinevad väga vähe Jupiteri ja Saturni puhul ⁶⁾. Oma avastuste tulemused avaldas Kepler 1608. kuni 1619. aastani reas teostes, mis on selle poolest tähelepanuväärsed, et neis vaheldusid tihti erakordse tähtsusega

⁶⁾ Kepleri seaduse mittetäielik täpsus seletati peale Newtoni ülemaailmse gravitatsiooni seaduse avastamist.

teaduslikud järeldused mitte millegagi põhjendatud fantaasiaga.

Tohutut mõju avaldas Kepleri kaasaegsetele tema raamat „Lühendatud Kopernikuse-astronoomia“, mille ta avaldas 1618.—1621. aa. Selles raamatus esitas ta lühidalt ja arusaadavalt Kopernikuse teooria, seda oma avastuste põhjal täiendades ja muutes. See raamat jagas Kopernikuse ja Galilei raamatute saatust, sattudes paavsti tsensuuri — „keelatud raamatute nimekirja“.

Kepler on täiesti ära teeninud „taeva seadusandja“ nime-tuse, mis järeltulevate põlvete astronoomid talle omistasid, kuna tema avastatud seadused, mis kõrvaldasid lõplikult Ptolemaiose epitsüklid, tõid Kopernikuse maailmasüsteemi täieliku korrapärasuse ja selguse.

Kepleri elu möödus äärmiselt raskeis tingimustes. Kan-natades kogu aeg ainelist puudust ja elades nappidest almustest, mis talle annetati „maailma suurte“ poolt, kes avaldasid palju suuremat huvi astroloogia kui teaduslike avastuste vastu, pidi Kepler endale teadusliku tööga tegelemise võimaluse loomiseks tegema astrooloogilisi ennus-tusi, kuigi oli sügavasti veendunud nende valelikkuses. „Astronoomia-ema oleks pidanud nälgima, kui mitte astro-loogia-tütar ei teeniks talle leiba“, nende sõnadega püü-dis Kepler ise õigustada oma tegelemist astroloogiaga.

Olles korduvalt kiriku poolt taga kiusatud, mis lõppes tema kirikust väljaheitmisega ja osa tööde põletamisega, pidi Kepler saama peaaegu oma ema hirmsa hukkamise tunnistajaks. Süüdistatuna nõiduses, mille abil ta olevat üht oma naabrinnat haigeks teinud, pääsis ta piinamisest ja tuleriidalt ainult oma poja energilise vaheleastumise tõttu, kes ruttas oma emale ennastsalgavalt appi.

Kepler suri 1630. aastal. Temast jäi järele veidi riideid ja mõnedkümmend eksemplarid tema kirjutatud raamatuid.

X. ULEMAAILMSE GRAVITATSIOONI SEADUS.

Ei Kopernikus, kes rajas praegu maksvate teaduslike arvamiste alused päikesesüsteemi ehitusest, ega Kepler, kes Kopernikuse alustatud töö lõpule viis, ei seletanud, miks planeedid liiguvad ümber Päikese mööda kinnisi teid ega lenda temast eemale. Tõsi küll, Kepler katsus sellega hakkama saada ja mõned tema ideed olid tõele üsna lähedal, kuid siiski ei suutnud ta seda ülesannet lahendada. Seda tegid teised teadlased, kes elasid Keplerist tunduvalt hiljem, kui matemaatika ja mehaanika olid saavutanud kõrgema arengutaseme.

Aristoteelse autoriteedile tundes tõstsid uue maailmakäsituse vastu võitlevad teoloogid esile teiste vähem kaalukate vastuväidete seast Maa liikumise vastu väite, et kõik liikuva Maa pinnalt eraldunud esemed (lendav kivi, lind jne.) peaksid eemale kanduma. See täiesti omavolilisele looduse seaduste tõlgendamisele rajatud väide oli põhiliselt juba Galilei poolt mehaanika valdkonnas tehtud avastustega ümber lükatud. Kuid täiesti ilmseks sai ekslikkus alles siis, kui suur inglise matemaatik Isaac Newton üldistas Galilei mehaanikaalised avastused ja neid edasi arendas Kepleri seaduste alusel ning formuleeris uue seaduse, mis tõi täie selguse kõigisse taevakehade liikumisega seoses olevaisse küsimustesse.

Newton sündis 1643. aastal, ligi aasta pärast Galilei



Isaac Newton (1643—1727).

surma. Tema elutingimused erinesid täielikult neist tingimustest, milles möödus tema eelkäijate elu, kes võitlesid kristliku kiriku julma survega. Kaubandusliku ja tööstusliku kapitali tugevnemine Lääne-Euroopas, mis oli lahutamatult seoses tehnika ja täppisteaduste arenguga, andis kapitali esindajaile, kuigi veel mitte poliitilise, siis iga-ahtes tunduva majandusliku võimu.

Kui XVI sajandi ja isegi XVII sajandi alguses võidi veel leppida Vana-Kreeka õpetlaste välja mõeldud looduseadustega, siis nõuti füüsikalt ja mehaanikalt XVII sajandi teisel poolel otsustavalt praktiliste nõuete rahuldamist. Aristoteelse maailmakäsituse pooldajad pidid paratamatult jääma tahaplaanile, kuna nende füüsika ega mehaanika ei olnud mingil määral kooskõlas tegelikkusega — teaduslike katsetega. Ja kristlik kirik pidi vastu oma tahtmist ning oma ilmseks kahjuks kui mitte veel leppima maailmakäsituses toimunud revolutsiooniga, siis igal juhul nõrgendama oma võitlust selle vastu.

Juba kahekümneaastase noorukina hakkas Newton mõtlema planeetide liikumise üle ja püüdis avastada põhjusi, mis neid liikumisi tekitasid. Väga kiiresti jõudis ta otsusele, et kõikide esemete vahel valitseb vastastikune külgetõmbejõud, mida ta nimetas gravitatsioonitungiks. Gravitatsioonitung sunnib keha kukkuma Maa pinnale, Maa keskpunkti suunas, sama tung hoiab planeete nende orbiitidel ega lase neid Päikese juurest ära minna. Selle tungi suuruse määramiseks kasutas Newton Kepleri seadusi ja leidis, et ta peab vähenema võrdeliselt kauguse ruuduga. See tähendab, et kui Maa läheks Päikesest kaks korda kaugemale kui ta praegu on, siis väheneks Maale mõjuv gravitatsioonitung neli korda; kui Maa eemalduks kolm korda kaugemale, siis väheneks gravitatsioonitung üheksa korda jne.

Kuid see järeldus polnud Newtoni arvates küllalt vee-

nev, seni kui ta selle Kuu liikumisega kontrollis. Kuna vahemaa, mis Kuud Maast lahutab, on võrdne 60-nele Maa raadiusele, siis gravitatsiooniseaduse põhjal peaks tung, mis Kuud tema orbiidil hoiab, olema $60^2 = 3600$ korda väiksem Maa pinnal esinevast raskustungist. Sellest järeldas ta, et Kuu kukkumine Maa poole, mis ei lase Kuud tema liikumisel Maa juurest ära minna, peab toimuma 3600 korda aeglasemalt kui esemete kukkumine Maa pinnale.

Peale selle kui Newton sai küllaldase täpsusega teada Maa raadiuse, leidis ta oma arvutustes tehtud järeldustele täieliku kinnituse. Siis rakendas ta gravitatsiooniseadust planeetide tiirlemisele Päikese ümber ja Jupiteri ning Saturni kaaslaste liikumise kohta ja sai kõikjal täieliku kooskõla. Gravitatsiooniseadust rakendades võrdles ta Päikese, Maa ja planeetide masse, kuna ta täiendas seda seadust väitega, et gravitatsioonitug on seda suurem, mida suuremad massid vastastikku külgetõmbejõudu avaldavad. Sama seaduse abil järeldas ta, et Maa pole korrapärase kera kujuline, vaid on poolustelt veidi kokku surutud, mis leidis hiljem kinnitust täpsemate Maa suuruse mõõtmistega. Lõpuks, Newton rakendas oma seadust ka komeetide liikumisele ja näitas, et nad liiguvad kas väga piklikke ellipseid või parabooliks nimetatud lahtist kõverat mööda. Newtoni seaduse rakendatavus kõikidel juhtudel taevakehade liikumises, mis ka hiljem alati kinnitust leidis, ühendas tema nimega ülemaailmse külgetõmbejõu nimetuse. See seadus on üheks tänapäeva loodusteaduse põhiliseks seaduseks.

Newtoni tööd, milles ta esitab ülemaailmse gravitatsiooni seaduse ja võtab kokku kõikide eelkäijate saavutused mehaanika ja astronoomia alal, trükiti 1687. aastal ja kandis pealkirja „Loodusfilosoofia matemaatilised alused“. See raamat oli aluseks, millel põhjeneb ja tekkis kogu teoreetiline osa meieaegsest päikesesüsteemi ehituse õpetusest.

XI. TÄNAPÄEVA ARVAMISED PÄIKESESUSTEEMIST JA TEMA KOHAST MAAILMARUUMIS.

Sellest hoolimata, et Kepleri ja Newtoni tööd kõrvaldasid Kopernikuse teooriast kõik udused kohad, polnud astronoomidel kuni 1838. aastani (nagu sest juba eelpool juttu oli) otsest tõendit Maa liikumise kohta, mis oleks põhjendatud tähtede parallaksile. Kuid juba märksa varem, 1728. aastal avastati ootamatult teine nähtus, mis oli nii-sama veenvaks tõenduseks Maa tiirlemisele Päikese ümber.

See valguse aberratsiooni nähtus avaldub väikeses tähtede nihkumises taevavõlvil selletõttu, et Maa liikumise kiirus ümber Päikese pole valguse kiirusega võrreldes mitte lõpmatult väike suurus ⁷⁾.

Kuid aberratsioonilise hälbe suurus on kõigile tähtedele ühesugune, kuna parallaktiline hälve on seda suurem, mida kaugemal on täht Päikesest. Peale selle on aberratsioon märksa suurem (ligi 30 korda) kõige suuremast parallaktilisest hälbest. Sellega on mõistetav, miks aberratsioonist tingitud hälve avastati hulk aega enne parallaktilist.

Nii on tänapäeva teadusel ümberlүkkamatud tõendid Maa liikumise kohta ümber Päikese, mis kõrvaldavad iga-suguse võimaluse Maa vaatlemiseks taevakehade tiirlemise paigalseisva keskpunktina. Teadusliku ettekujutuse arene-mine maailmaehitusest sundis kristlikku kirikut kivine-nud piibellikku maailmakäsitust uuendama ja seda mood-samaks tegema. Muuseas pidi ta leppima Kopernikuse õpe-tusega.

Alles 1819. a. võis rooma-katoliku kiriku poolt välja-antavas „Keelatud raamatute nimestikus“ leida Kopernikuse raamatuid, Galilei „Jutuajamisi“ ja Kepleri „Lühendusi“, kuid juba 1831. a. kaotati rooma paavsti poolt nende raa-

⁷⁾ Maakera keskmine liikumise kiirus ümber Päikese moodus-tab valguse kiirusest ligi $\frac{1}{10000}$ osa.

matute keeld, millel tegelikult ei olnud enam mingisugust reaalselt tähendust, kuna isegi katoliiklikus Itaalias keegi seda „keeldu“ juba ammu enam ei arvestanud.

Olles sunnitud leppima Kopernikuse õpetusega, jätkas kristlik kirik siiski endise kangekaelsusega võitlust teadusliku maailmakäsituse edasiarenemise vastu. Kuid kõikidest takistustest hoolimata läks teaduslik mõtlemine oma teed ja võitis looduselt samm-sammult ühe saladuse teise järel.

Meie praegused ettekujutused nii päikesesüsteemi kui ka kogu maailma ehitusest erinevad tublisti nii Kopernikuse enda kui ka tema lähemate järglaste vaadetest.

Nagu juba öeldud, peeti Kopernikuse ajal kõige kaugemaks planeediks Saturni, mis on Päikesest ligi 9,5 korda kaugemal kui Maa. Möödus ligi kaks ja pool sajandit Kopernikuse surmast, enne kui avastati esimene kaugem planeet.

1781. aasta kevadel toimetas üks kirglik astronoomia harrastaja William Herschel, kes hiljem sai üheks kõigi aegade suuremaks astronoomiks, süstemaatilist tähistaeva vaatlust omatehtud peegelteleskoobi abil. Vaadeldes rühma nõrku tähti Kaksikute tähtkujus, oli Herschel rabatud ühe ebatavalise tähe nägemisest, mis erinevalt teistest tähtedest oli kettakujuline ⁸⁾. Esiteks arvas Herschel, et ta oli avastanud ilma sabata komeedi, kuid varsti selgus, et tema avastus oli võrratult suurema tähtsusega. Avastatud taevakeha muutis üsna kiiresti oma asukohta tähtede suhtes, orbiidi arvutused näitasid, et ta on planeet, mis liigub ümber Päikesele umbes kaks korda kaugemal kui Saturn. See planeet nimetati Uuraniks.

Uuran avastati peaaegu sada aastat pärast seda, kui Newton oli rajanud taevamehaanika alused, see on astro-

⁸⁾ Tähed kujutavad vastupidiselt planeetidele isegi kõige tugevama is moodsais teleskoopides ainult vilkuvaid valgustäppe ja erinevad üksteisest ainult oma heleduselt.

noomia haru, mis uurib planeetide liikumist, mitte üksi Päikese külgetõmbe mõjul, vaid ka nende vastastikuse külgetõmbe mõjul. Rida XVIII sajandi õpetlasi arendas taevakehade liikumise teooria nii täiuslikuks, et see võimaldas näiteks prantsuse matemaatikul Claireaux'l (loe: Kläroo) üsna täpselt arvutada Newtoni kaasaegse ja sõbra — Edmund Halley nime kandva komeedi orbiidi ja ilmunisaja (1759). 1682. a. Päikesele lähenenud komeedi orbiit oli Halley poolt ligikaudselt välja arvutatud, ja Halley tegi kindlaks, et enne komeedi ilmunist 1682. aastal oli see juba mitu korda varem Päikesele lähenenud umbes 76-aastaste ajavahemikkude järel. Sellele tuginedes ennustas Halley komeedi järgmist Päikesele lähenemist umbes 1758. aastal ja ta ei eksinud. Selle ennustuse täitumine, peale selle ajaliselt väga lähedaselt Claireaux' arvutuste tulemusest saadud tähtpäeval, oli taevamehaanika ja selle aluseks oleva ülemaailmse gravitatsiooniseaduse suureks võiduks.

Teiselt poolt täienes lakkamatult ühel ajal taevakehade liikumise teooria arenguga astronoomiliste mõõtmiste tehnika, milletõttu määrati taevakehade asukohad taevavõlvil ikka täpsemini ja täpsemini.

On täiesti loomulik, et paljud astronoomid uurisid suure huviga äsjaavastatud planeedi liikumist nii teoreetiliselt kui ka vaatluste abil. Ja on kerge kujutleda nende meeolehärmi, kui selgus, et Uurani teoreetiliselt määratud liikumine erineb kangekaelselt tema vaatlusest saadud liikumisega tähistaevas. See lahkumine planeedi teoreetilise ja vaadeldud liikumise vahel tundus nii seletamatuna, et leidis õpetlasi, kes avaldasid kahtlust ülemaailmse gravitatsiooniseaduse tõepärasuse kohta. Kuid teised õpetlased vaatasid asjale teisiti. Nad esitasid oletuse, et Uurani liikumise korrapäratuse põhjustab tundmatu planeedi külgetõmbejõud, mis liigub ümber Päikese Uranist veel kaugemal. Kaks noort astronoomi, prantslane Leverrier ja inglase Adams teostasid

iseseisvalt selle aja kohta erakordselt keerukad arvutused tundmatu planeedi orbiidi ning selle koha määramiseks taevavõlvil, kus see pidi paistma maistele vaatajatele. Uue tundmatu planeedi otsingud lõppesid hiilgava eduga. Planeet leiti (1846. a. sügisel) Leverrier' andmete järgi juba esimesel õhtul ning ainult ühe kraadi võrra osutatud kohast eemal. Selle uue, Neptuuniks nimetatud planeedi avastamine oli jällegi ülemaailmse gravitatsiooniseaduse uueks triumfiks. Ta kaugus Päikesest oli Maa kaugusest 30 korda suurem. Kuid 1930. a. suurenes päikese-süsteem veelgi. Selle aasta jaanuaris avastati veel kaugem planeet — Pluto, mis liigub ümber Päikese mööda orbiiti, mis on Maa orbiidist 40 korda suurem.

Suur vahe Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel (vt. päikese-süsteemi tabel) ergutas rühma astronoomide XVIII sajandi lõpul otsima planeeti, mis nende arvates pidi liikuma selles vahes. Kuid seekord osutusid uue planeedi otsimise tulemused üsna ootamatuks. Peale 1801. aastat avastati Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel mitte üks, vaid üle 1500 planeedi. Tõsi küll, need planeedid on väga väikesed. Suurim neist on 770 km läbimõõduga ja järelikult on ta ruumalalt umbes 4500 korda Maast väiksem. Kuid suuremal osal seal avastatud planeetidest on ainult mõnekümne kilomeetriline läbimõõt.

On raske kindlasti öelda, kas lähemas tulevikus avastatakse üks või mitu Plutost kaugemal olevat planeeti. Praegu pole teadusel andmeid, mis lubaksid järeldada selliste planeetide olemasolu, ja meie ajal tunnevad õpetlased huvi mitte niivõrd uute planeetide avastamise vastu kui juba avastatud planeetide liikumise teooria täiendamise ning nende pinnal valitsevate füüsiliste tingimuste uurimise vastu moodsate hiigelteleskoopidega.

Kuid on möödas need ajad, mil astronoomide huvi- piirkond piirdus peamiselt ainult päikese-süsteemiga.

Juba XVII sajandi algusest peale, ühel ajal teleskoopilise astronoomia arenguga, äratasid astronoomide tähelepanu kinnistähed, mis vana-aja õpetlaste meelest olid püsivuse ja muutmatuse sümboliks. Nii osutusid „kinnistähed“ samuti liikuvateks, ainult võrratult vähem kui „rändtähed“ — planeedid. Tänapäev on läbi uuritud mitmekümne tuhande tähe liikumised, mis toimuvad mitmesugustes suundades ja mitmesuguse kiirusega.

Varsti pärast Uurani avastamist hakkas William Herschel tähtede liikumist uurima. Kuigi tema ajal mõõdeti küllaldase täpsusega ainult 13 tähe liikumine taevavõlvil, siiski tegi ta kindlaks, et nende tähtede liikumisel (rääkides üldiselt, mitte kõikidel tähtedel ühesugune) on ühine omadus. Kõik lähevad nad teatud tähistaevapunktist eemale, mis asub Herkulese tähtkujus, ja koonduvad teise otse vastasolevasse punkti. William Herschel eeldas täiesti õieti, et sellise üldise omaduse põhjuseks tähtede liikumisel on meie päikesesüsteemi liikumine, mis kihutab tähtedevahelises ruumis Herkulese tähtkuju suunas.

Herscheli tehtud päikesesüsteemi liikumise avastamist kinnitasid hiljem paljud järeltulevate põlvete astronoomide tööd, kes tegid kindlaks, et selle liikumise kiirus (Päikesele kõige lähemal olevate tähtede suhtes) on veidi alla 20 km sekundis.

1838 avastatud ühe tähe parallaktiline nihkumine oli mitte ainult tõenduseks Maa liikumisele ümber Päikese, vaid andis ka esimest korda teaduse ajaloos võimaluse mõõta tähtede kaugust. Sest, nagu juba öeldud, on tähe parallaktiline nihe seda suurem, mida lähemal on täht. Järelikult saab parallaktilise hälbe põhjal otsustada ka kauguse üle.

Saja aasta jooksul, mis on möödunud esimesest tähe kauguse määramisest, on teadlastel õnnestunud mõõta mitme tuhande tähe parallaktilist hälvet. Peale selle leiti ka teisi viise tähe kauguse määramiseks, mis suurendas väga

palju meie teadmisi tähtede maailma kohta. Tähelepanda-
vaks faktiks oli juba see, et isegi meile kõige lähem täht on
270 000 korda kaugemal kui Maa Päikesest. See kaugus
on nii suur, et isegi valguse kiired tulevad sealt üle nelja
aasta. Kuid selgus, et on olemas veel võrratult kaugemaid
tähti, mille valgus jõuab alles mitmekümne tuhande aasta
pärast Maale.

Selgel, kuupaisteta ööl võib näha taevas nõrgalt helen-
davat korrapäratu kujuga riba, mis läheb üle tähistaeva. See
on nõndanimetatud Linnutee. Tema kahvatu helendus tuleb
mitme miljardi tähe valgusest, mida palja silmaga pole või-
malik eraldada. Kuid teleskoobi abil (nagu seda esimesena
tegi Galilei) saab Linnutee lahutada üksikuiks tähtedeks,
seda nõrgemateks, mida suurem ja parem on teleskoop. Juba
enne seda, kui hakati tähtede kaugusi määrama, tuli Wil-
liam Herschel Linnutee ehitust uurides arvamisele, et Linnu-
tee on näiv lapiku, tohutu suure tähekogumiku pilt, mille
keskel asetseb meie Päike. Lähemad tähed sellest kogu-
mikust on ka palja silmaga hästi nähtavad, kaugemad moo-
dustavad Linnutee.

Praegune teadus kinnitab täielikult Herscheli arvamist.
Tohutu tähtede kogumik on nii suur, et valguse kiir kulutab
ligi 100 000 aastat selleks, et jõuda tema ühest äärest teise
(mööda suuremat läbimõõtu). Seda kogumikku moodusta-
vate tähtede üldarv on mitukümmend miljardit. Nad kõik
tiirlevad ülemaailmsele gravitatsioonile alludes ühise ras-
kuskeskme ümber, mis asetseb kogumiku keskkoha lähedal.
Meie Päike võtab koos oma lähemate tähtedega samuti osa
liikumisest ümber kogumiku raskuskeskme. Arvutused näi-
tavad, et selle liikumise kiirus on tohutu: see küünib
270 km-le sekundis.

Tähtede kogumikku, millesse meie Päike kuulub, nime-
tatakse harilikult Linnutee süsteemiks ehk Linnutee tähe-
süsteemiks. Tal on väga keerukas sisemine ehitus, mida

praegusel ajal on veel vähe uuritud. Selle-eest on märksa paremini läbi uuritud teiste tähesüsteemide ehitus, milledest mõnel on niisama hiiglaslikud mõõted nagu Linnutee süsteemilgi.

Mitmesugustes suundades võib tähtede vahel näha võimsate teleskoopide abil väikesi, nõrgalt helendavaid laiike, mida juba ammu on hakatud nimetama udukogudeks. Udukogude uurimine näitas, et rõhuv enamik neist koosneb tähtedest ja on iseseisvad tähesüsteemid, kaugel väljaspool Linnutee süsteemi piire.

Kõige lähemad tähesüsteemid on Linnutee süsteemist lahutatud kaugustega, millised valguse kiir läbib umbes ühe miljoni aastaga. Maailma suurimate teleskoopide abil tehtud fotograafilistel võtetel on näha nende ehituse üksikasjad. Selgub, et suuremal osal neist on kahe tsentraalsest tihedusest väljuva spiraalse haru kuju. See sunnib oletama, et ka Linnutee süsteem on spiraalikujuline. Tõsi küll, osa tähesüsteemidest on kera- ja pikliku (ellipsoidse) kujuga, ja vahest ka lihtsalt korrapäratu kujuga. Sellepärast ei saa oletust Linnutee spiraalsest kujust lõplikuks pidada.

Tänini on avastatud umbes üks miljon tähtede süsteemi. See arv kasvab kogu aeg koos teleskoopide ja vaatlusmeetodite täienemisega. Avastatud tähesüsteemidest on seni kõige kaugemad meist eemal kauguse võrra, mille valguskiir läbib mõnesaja miljoni aasta jooksul.

Tähtede süsteemide suurused pole kaugeltki ühesugused. On selliseid, mis suuruselt on võrreldavad Linnutee süsteemiga, kuid on ka kümme korda väiksemaid (läbimõõdult). Ka tähtede süsteemides olevate tähtede arv on erinev. Nähtavasti kõigub see mõnesaja miljoni ja mõnekümne miljardi tähe vahel.

Kõik tähtede süsteemid liiguvad üksteise suhtes tohutu kiirusega. Ent kuigi nende liikumises on avastatud mõnesugune seadusepärusus, on veel vara teha järeldusi selle lii-

kumise üldiste omaduste kohta, kuna seda tuleb veel täpsemalt ja mitmekülgsemalt uurida.

Nii on kõik, mis me maailmaruumis näeme, lakkamatus liikumises. Kuid seda liikumist ei tohi mõista mehaanilise asukoha muutmisena ruumis.

Vastupidi Aristotelese arvamistele, kes lahutas igavesed ja muutmatud taevakehad kõigest maisest, mis on lagunev ja mööduv, on praegune teadus kõigutamatult kindlaks teinud, et iga taevakeha muutub lakkamatult. On raske mõne sõnaga iseloomustada isegi tähtsamat olemasolevaist teaduslikest teooriaist, mis on pühendatud taevakehade tekkimise ja arenemise küsimustele. Kuid tuleb hoiatada neid lugejaid, kes tahavad tutvuda nende teooriatega, et ainult need teooriad väärivad tõsist tähelepanu, mille aluseks on õpetus maailma igavesti kestmisest nii ruumis kui ajas. „Materia on igaveses ringkäigus... , milles iga üksik materia olemasolu vorm — ükskõik, kas Päike või udukogu, mõni üksik loom või loomaliik, keemiline ühinemine või lagunemine — on ühtmoodi mööduv ja milles pole midagi igavest, peale igavesti muutuva, igavesti liikuva materia ja tema liikumise ja muutumise seaduste“⁹⁾).

Palju on veel praegusele teadusele täiesti tundmatu, paljut hakkab ta alles uurima. Ja inimeste hulgas pole kaugeltki veel maha jäetud usulised eelarvamused, mis takistavad materialistliku maailmakäsituse arenemist.

Kaugele üle meie päikesesüsteemi piiride minnes, mõõtmatusse kaugustesse tungides, uurib teadlase pilk tohutute astronoomiliste riistade abil ikka uute ja uute maailmade ehitust. Ja ikka selgemaks muutub materialistliku teaduse valgusel pilt maailma ehitusest, milles mitte ainult Maa, vaid ka kogu päikesesüsteem kujutab endast ainult üht luge-matuist tolmukübemeist.

9) „Looduse dialektika“, Partizdat, 1932, lk. 99.

Päikesesüsteemi tabel

Planeet	Kaaslaste arv	Keskmine kaugus Päikesest		Päikese ümber tiirlemise aeg aastates	Keskmine orbiidi liikumise kiirus km/sek.	Nurk, mille all paistab plan. diameeter maalt		Planeedi diameeter		Planeedi ruumala maa ruumalades	Planeedi mass maa massides	Planeedi keskm. tihedus võrreldes vee tihedusega	Raskustung plan. ekv. Maa r-t. võrr.	Pöörlemise aeg telje ümber	Soojuse ja valguse hulk Päikeselt pl. pinnalt. Peale (Maaga võrr.) protsentides	Atmosfääri olemasolu tunnuste esinemine
		milj. km-tes	astronoomilistes ühikutes ¹⁾			Suurim	Vähim	tuhandetes km	maa diameetrites							
Merkuur	—	58	0,39	0,24	48	5"	13"	5,0	0,39	0,07	0,04	3,5	0,3	88 päeva	660	ei
Veenus	—	108	0,72	0,62	35	10	64	12,6	0,99	0,97	0,82	4,7	0,8	?	190	jaa
Maa	1	149,5	1,00	1,00	30	—	—	12,7	1,00	1,00	1,00	5,5	1,0	23 t. 56 m.	100	jaa
Marss	2	228	1,52	1,88	24	3,5	25	6,8	0,53	0,16	0,11	3,8	0,4	24 t. 37 m.	43	jaa
Asteroidid ²⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Jupiter	11	778	5,2	11,9	13,0	30	50	140	11,0	1345	317	1,3	2,3	9 t. 50 m.	3,7	jaa
Saturn	9	1426	9,5	29,5	9,6	15	20	115	9,0	760	95	0,7	0,9	10 t. 14 m.	1,1	jaa
Uuran	4	2869	19,2	84,0	6,8	3,4	4,2	51	4,0	70	15	1,2	0,8	10 t. 49 m.	0,3	jaa
Neptuun	1	4496	30,1	164,8	5,4	2,2	2,4	50	3,9	58	17	1,6	1,1	15 t. 25 m.	0,1	jaa
Pluto	—	5917	39,6	248,8	4,3	?	?	6 (?)	0,5(?)	?	0,5(?)	?	?	—	0,06	?
Päike	—	—	—	—	—	31,5	32,5	1391	109	1300000	332000	1,4	2,8	24,6 p.	—	—
Kuu	—	—	—	—	1,0	29,3	33,4	3,5	0,27	0,02	0,012	3,3	0,16	27,3 p.	—	ei

1) Astronoomiliseks ühikuks nimetatakse Päikese ja Maa vahelist keskmist kaugust, mis võrdub, nagu tabelist näha, 149,5 miljonile kilomeetritele.

2) Asteroidid ehk väikesed planeetid liiguvad Päikese ümber mitmesuguseid orbiite mööda, nende diameetrid on mõnest km kuni 770 km-ni. Üldse on senini avastatud üle 1500 asteroidi.

SISUKORD.

	Lk.
Sissejuhatus	3
I. Egiptuse ja babüloonia preestrid	7
II. Õpetus maailma ehitusest vanas Kreekas	12
III. Astronoomia esimestel kristluse sajanditel	23
IV. Araablaste astronoomia	26
V. Vana-Kreeka teaduse uuestisünd	31
VI. Kopernikus	35
VII. Bruno	41
VIII. Galilei	46
IX. Kepler	54
X. Ülemaailmse gravitatsiooni seadus	63
XI. Tänapäeva arvamised päikesesüsteemist ja tema kohast maailmaruumis	66
Lisa. Päikesesüsteemi tabel	74

Tõlkinud B. Kabur.

Vastutav toimetaja J. Käis.

Keeleline toimetaja M. Küla.

Ladumisele antud 10. VI 1947. Trükkimisele antud 24. VII 1947.
Paber 56:79, ¹/₁₆. Trükiarv 6200. Trükipoognaid 4,75. Trükitähti
trükipoognas 34.140. Arvutuspoognaid 4,0. MB-02549. Trükikoda
„Noor-Eesti“, Tartu, Kastani 38. Tellimise nr. 533.

На эстонском языке.

Р. В. Куницкий. Развитие взглядов на строение солнечной системы.

Rbl. 2.50

509