

**POPULAARTEADUSLIK  
SARI**

**M. F. SUBBOTIN**

**MAAKERA  
TEKKIMINE JA IGA**



**РК «ТЕАДУСЛИК КИР'АНДУС»**



Diplom

PROF. M. SUBBOTIN

MAAKERA  
TEKKIMINE JA IGA



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“  
TARTU, 1947

Tõlgitud teose järgi: Проф. М. Ф. Субботин, Происхождение и  
возраст Земли, Государственное Издательство Технико-Теоретической  
Литературы, Москва/Ленинград 1945.

Tõlkija: A. Joaste.



12992

A-16558

## Sissejuhatus.

Üks tähtsamaid küsimusi, mis inimkonnal looduse uurimisel esile kerkib, on kahtlematult Maakera tekkimise ja saatuse küsimus. Juba kõige kaugemal muinasajal, oma teadliku elu koidikul, tegid inimesed katset vastata sellele küsimusele. Selliseid katseid korrati inimkonna kogu ajaloo kestel sel määral, mil arenev teadus võimaldas vaadata üha sügavamale mitte ainult ruumi, vaid ka aja sügavikesse nii minevikus kui ka tulevikus.

Meie Maa kauge mineviku, samuti ka tema kauge tuleviku küsimus kuulub loodusteaduse raskeimate probleemide hulka. Pole ju sellest ammu möödunud ajajärgust, mil gaasi- või tolmukujulisest ainest moodustus Maakera, säilinud peaaegu mingisuguseid tunnistusi. Kas võime neil tingimustel tõendada, et Maa tekkis nimelt nõnda, aga mitte teisiti? Kas võime öelda, millal see toimus? Kas Maakera tekkimise küsimus on üldse lahendatav?

Teaduse ajalugu näitab, et lahendamatuid probleeme ei ole, kui probleemid on ainult õigesti asetatud. Ent keerukad loodusteaduse probleemid lahendatakse järk-järgult, mitte kunagi korruga lõplikult. Nende lahendamine meenutab muistset linna, mida ehitasiq mitmed sugupõlvad, laiendades, parandades ja ümber tehes seda, mis oli ehitatud varem; paljugi varemtehtust tuleb seejuures lammutada, et ehitada vabanevale kohale midagi paremat. Et õigesti

mõista niisugust keerukat inimõtte loomingut, nagu praegusaegne vaade meie Maa minevikule ja tulevikule, on kõige parem minna ajaloolist teed ja algusest lõpuni samm-sammult järele uurida, kuidas see vaade on kujunenud. Alles siis võime õiglaselt hinnata resultate, mis teadus on saavutanud inimkonna käsutuses olnud tähtsusetu ajavahe- miku jooksul. Pole ju teaduse tekkimisest möödunud veel kolme tuhat aastatki, aga püüda vastata Maakera tekki- mise küsimusele, see tähendab uurida nähtusi, mis on meist miljardite aastate kaugusel.

## 1. Kujutlus maailmast inimkonna teadliku elu koidikul.

Kuidas eelajaloolistel aegadel kujutleti maailma ehitust ja tekkimist, selle üle võime otsustada muinasrahvaste meieni säilinud usundiliste õpetuste järgi. Iga usund, püüdes anda täielikku ja terviklikku maailmakäsitust, pidi omama enam-vähem kindlat vaadet maailma ehituse ja saatuse kohta. Loomulikult osutus selleks sama vaade, mis oli teatava usundi kujunemise ajal üldiselt omaks võetud. Muutudes usundidogmaks, s. o. pimedaks usuks, ei võinud see vaade enam muutuda, hoolimata tsivilisatsiooni edasisesest arenemisest. Seepärast võisidki väga vanaaegsed vaated kui inimhõlme esimeste välgatuste mälestised muutumatu kujul meieni säilida. Näiteks annab babüloonia või sellest veidi erineva piibllilise maailmaloomismüüdi uurimine meile võimaluse otsustada selle üle, kuidas inimesed mõni tuhat aastat tagasi kujutlesid ümbritsevat maailma.

Maailmkonda kujutlesid nad ümmarguse, laperiku Maana, mis on ülalt kaetud kuplisarnase taevavõlviga. Taevavõlvi all liiguvad pilved ja taevakehad. Mitte teades, et taevavõlv on ainult silmapete, kujutlesid tolleaegsed inimesed seda kui midagi väga vastupidavat, nende võlvide sarnast, mis olid inimesele tuntud ehitustehnikast. See võlv hoidis nende arvates ülal seda «ülemist» vett, mis sajab alla vihma näol. Piibllis öeldaksegi nõnda: «Jumal lõi taeva-

laotuse ja eraldas veed, mis asuvad selle all, vetest, mis asuvad selle peal.» Nõnda polnud tollal veel kujutlust vee ringkäigust looduses: ei teatud, et vesi aurab, pilvedeks tiheneb ja vihma ning lume kujul maha sadades uuesti meredesse ning jõgedesse tagasi tuleb.

Märgime veel ühte huvitavat joont neil naiivseil kujutlustel. Inimesed ei aimanud tollal, missugust suurt tähtsust Maa valgustamisel omab atmosfäär, hajutades Päikese valgust ja tekitades hommikuse koidiku ning õhtuse vidviku nähtused. Nähes, et päev algab juba ammu enne Päikese tõusu, et tema loojumise järel kaugeltki mitte kohe ei pimene, et ka kõige sompjama ilmaga, kui Päikest üldse näha pole, päev ja öö siiski reeglipäraselt vahelduvad, ei pidanud inimesed neil ammu möödunud aegadel Päikese ilmumist päeva alguse põhjuseks. Nende arvates oleks Päike oma tõusuga nagu kaunistanud juba alanud päeva. Vastavalt sellele süütab vana-kreeka müütides jumalanna Aurora hommikuse koidu enne seda, kui päikesejumal Phoibos oma tulivankril taevale sõidab. Samuti loob jumal vana-heelrea müüdis maailma loomisest, mis on ka kristliku kiriku poolt omaks võetud, esimesel päeval valguse ja eraldab selle pimedusest; alles neljandal päeval loob ta Päikese.

Sellel arenemisastmel, kõige vanemal neist, mille kohta on säilinud andmeid, otsustasid inimesed, omades veel niivõrd puudulikke, lapselikult naiivseid kujutlusi maailma ehitusest, lapselikult ka tema tekkimise küsimuse. Tuul, äike, mere lainetus, taimede kasvamine — ühe sõnaga kõik loodusnähtused kirjutati tollal inimeste- ja loomade-sarnaste, kuid palju vägevamate jumalate ja vaimude otsese vahelesegamise arvele. Mõeldi, et maailm on loodud ühe või mitme jumala poolt.

Huvitav, et kultuuri algastmeil leiame kujutluse maailma loomise kohta mingist juba olemasolevast materjalist —

veest, ürgkaosest jne. Alles palju hiljem tekkis mõte maailma loomisest «ei millestki», teisiti öeldes, mõte aine loomisest. See mõte pole kooskõlas terve mõistusega. Temas avaldus aga juba väljakujunenud usundi püüe arendada lõpuni jumaluse kõikvõimsuse ideed, omistada talle imet-tegevat jõudu, võimet luua kõike «ei millestki».

## 2. Teaduse tekkimine.

Hädavajalike praktiliste tarvete rahuldamine, mis sunnib loodust tähelepanelikult vaatlema ja uurima, on alati olnud teaduse arenemise kõige tugevamaks ajendiks. Mitte tühine uudishimu ega ka lihtne teadmishimu ei sundinud ürgaja rahvaid hoolikalt Päikese ja Kuu liikumist jälgima, vaid tungiv vajadus kalendri järele.

Kui inimesed olid sunnitud küttimiselt ja karjapidamiselt, mis olid alguses ainsateks elatumisvõimalusteks, põlluharimisele üle minema, siis ei saanud nad enam läbi ilma küllalt õige kalendrita, mis võimaldas teha põllutöid õigeaegselt. Seepärast saigi mõni tuhat aastat e. m. a. Mesopotaamia, Egiptuse, India ja Hiina viljarikastes orgudes tekkinud põllumajanduslikes riikides preestrite üheks tähtsaimaks kohustuseks süstemaatiline taevakehade vaatlemine. Pärast mitu sajandit kestnud hoolikaid päikesevaatlusi õnnestus neil tundma õppida Päikese ümberasetumist tähtede suhtes ja kindlaks määrata aasta kestus, mis sai kalendri aluseks. Kuu vaatlemine, seaduste avastamine, millede järgi ta tähtede seas liigub, oli vajalik selleks, et kindlaks teha seost uue päikesekalendri ja Kuu faaside järgi ajaarvamise vahel, millega inimesed olid harjunud, kui nad elatusid küttimisest ja karjapidamisest.

Vajadus osata täpselt aastaegade saabumist ennustada oli esimeseks põhjuseks, mis sundis inimesi hoolikalt jälgima Kuu ja Päikese liikumist. Selle puhul tähelepanud taeva-

nähtuste korrapärane vaheldumine ehk, nagu meie nüüd ütleme, perioodilisus andis esimesena inimestele kujutluse loodusseadustest. Nad hakkasid aru saama, et ümbritseva maailma nähtused toimuvad mitte jumalate tuju, vaid kindlate ja muutmatute seaduste järgi.

Kauplemise ja laevasõidu arenemine andis looduse tundmaõppimisele uue, võimsa tõuke, sest kaugeid reise, eriti ulgumerel, oli võimalik teostada ainult hoolikalt tähistaevast uurides ja tähtkujude järgi orienteeruda osates. Foiniikia ja kreeka kaupmehed, jõudnud ühelt poolt kuni praegusaja Prantsusmaa ja Inglismaa rannikuni ja teiselt poolt Egiptuse lõuna-piirkondadesse ning India ookeani, veendusid peagi selles, et Maakera ei või olla laperik. Kui nad reisisid põhja poole, muutusid taeva lõunaosas asetsevad tähtkujud nähtamatuks, nende lõuna suunas liikudes aga ilmusid nähtavale uued tähtkujud. Reisid lõunasse näitasid, et on kohti, kus keskpäevane vari vertikaalsest esemest suvel kas üldse kaob või isegi langeb lõuna poole, mitte aga põhja poole, nagu meil. Kõik see osutus sobimatuks kujutlusega Maast kui lamedast kehast ja valmistas ette mõtet tema kerakujulisusest.

Aga seni, kui taevakehade liikumist uurisid ainult preestrid, kes hoolitsesid kalendri täpsuse eest, ja kaupmehed-meresõitjad, keda huvitas ainult oskus leida teed tähtede ja Päikese järgi, ei võinud veel tekkida teadust selle sõna praeguses mõttes. Nii preestrid kui ka meresõitjad esindasid suletud rühmitisi, kes polnud sugugi huvitatud oma avastuste levitamisest. Vastupidi, kogutud teadmised osutusid tavaliselt saladuseks, mida hoiti templites ja kaubakontorites kättesaamatuna asjasse pühendamatuile. Aga peasi — nii ühed kui ka teised olid vaid piiratud praktikud, kes ei tegelnud avastatud nähtuste üldistamise ja selgitamisega.

Teaduse rajamise teene kuulub vanadele kreeklastele. Ehkki babüloomlased, egiptlased ja hindud hakkasid enne

kreeklasi loodusnähtusi süstemaatiliselt vaatlema ja nende üle järele mõtlema, ei jõudnud nad tõelise loodusteaduseni. Nad ei suutnud kunagi vabaneda oma usundilis-müstilistest vaadetest, tõusta mõnteni loodusnähtuste loomulikust seaduspärasusest ega tegelda nende põhjusliku seose väljaselgitamisega. Vastupidi hakkasid kreeklased, kelle elus usundilised kujutelmad ei omanud nii valitsevat mõju kui idamaa rahvastel, õige varakult otsima nähtuste tunnetatavat seost, aga mitte «jumalate tahet».

Vahemere kallastel laiali asetsevais Kreeka riikides ja kolooniates läheb juba umbes 6—7 sajandit enne meie aegkonna algust juhtiv osa teadmiste arendamises preestritelt filosoofidele üle. Filosoofideks (kreeka keeles «tarkuse armastajaiks») kutsuti tollal inimesi, kes tegelesid teadusega ja õpetamisega. Seda aega, mil teaduslikud uurimused lõplikult eraldusid nii usundist kui ka käsitööst, võibki pidada teaduse tekkimise ajaks.

Kuid tekkiv teadus ei leidnud kaugeltki mitte otsekohe õiget teed looduse tundmaõppimiseks. Selle asemel et hoolikalt läbi uurida üksikuid nähtusi ja järk-järgult jõuda üldiste looduseaduste avastamiseni, katsusid esimesed õpetlased ühe suure haardega mõista kogu maailma ehitust. Mitte rahuldudes edasiliikumiseega ettevaatlike sammudega — lühikeste, kuid õigetega — püüdsid nad leida üldisi põhimõtteid looduse seletamiseks tervikuna. Thales Mileetosest õpetas, et «kõigi esemete alguseks on vesi, veest tekib kõik ja veeks muutub kõik jälle». Anaximandros pidas kõigi asjade alguseks mingit esmast ainet, mis omaduselt on määratlematu, hulgaltpid lõpmatu, igavene ja ammutamatu. Sellest ebamäärasest ainest eralduvad soojuse ja külma alged, nende ühinemine annab niiskuse, millest kuivamise teel tekib maa, siis õhk ja tuli, viimasest aga taevakehad. Anaximenes pidas algaineks õhku, arvates, et õhk muutub

tihenemisel veeks, aga vesi — maaks; õhu hõrenemine annab tule.

Kõrvuti selliste naiivsete katsetega ümbritsevast loodusest aru saada (mis omasid kaasaeglaste seas määratut edu) arenes aegamööda ka täpne teadus. Suurimat edu saavutasid kreeka õpetlased geomeetrias, mis nende käsitlusel sai varsti oma tervikkuse, harmoonilisuse ja peamiselt veenvuse poolest eeskujuks kõigile teistele teadustele. Geomeetria arenemine võimaldas palju tähtsaid tulemusi ka astronoomias. Niisiis asetub ümbritseva maailma tunnetamine kindlale alusmüürile.

### **3. Vabanemine teaduse teed tõkestavaist eelarvamustest.**

Teadusliku mõtte esimestest välgatustest, mis hakkavad esinema umbes kaks ja pool tuhat aastat tagasi, kuni nüüdisaegse teaduse suurejoonelise arenguni oli veel väga palju maad. Inimkonnal tuli läbi käia pikk ja raske tee, enne kui ümbritseva maailma tunnetamine niivõrd laienes, et sai võimalikuks asetada mõistlikult küsimus Maakera tekkimisest. Oli ju selleks kõigepealt vaja selgitada, mida meie Maa endast kujutab, millist kohta omab maailmaruumis. Nende küsimuste lahendamine aga oli võimalik ainult täieliku vabanemise tingimusel tervest reast eelarvamustest, mis olid igivanast ajast peale inimeste teadvuses juurdunud. Tähtsaimad neist eelarvamustest olid: kujutlus Maast kui laperikust kehast, sügav usk tema liikumatusse ja vahest veel sügavam veendumus selles, et maailmaruum on olemas vaid Maakera ja teda asustavate inimeste jaoks, et Maa on maailmaruumi keskpunkt.

Esimese tähtsa sammu astusid siin kreeka õpetlased, kellel juba mõned sajandid enne meie ajastu algust

õnnestus kindlaks teha Maa tõeline kuju. Olles tõestanud Maa kerakujulisuse, hakkasid inimesed maailmale hoopis teisiti vaatama. Kujutus Maast kui vabalt ruumis rippuvast ja mitte millelegi toetuvast kerast esitas neile hulga uusi, väga tähtsaid küsimusi. Küsimus antipoodidest (s. o. Maakera vastaspunktide elanikest), kellele «ülal» on see, mis meile on «all», ja vastupidi, — see küsimus tegi esmakordselt selgesti tuntavaks meie kujutluste suhtelisuse välismaailmast.

Järgmine niisama tähtis ja võrratult raskem samm seisnes Maa liikumise kindlakstegemises, sellesama Maa liikumise, mis iidsest ajast peale oli olnud liikumatuse sümboliks.

Et Maakera pöörleb oma telje ümber, põhjustades sellega taevakehade näilise ööpäevase liikumise, ja ühtlasi tiirleb Päikese ümber, tehes täie tiiru ühe aasta jooksul, — seda õpetasid filosoofid-pütaagorlased (Pythagoras'e järelkäijad) juba 400—500 aastat enne meie ajaarvamist. Kuid see õpetus oli tollal vaid geniaalne oletus, mida polnud võimalik tõestada mõnevõrragi kaaluvate arutlustega ega ka kooskõlastada tolleaegse teadusega. Seepärast pole ka ime, et kõige väljapaistvamad kreeka õpetlased — Aristoteles, Archimedes, Hipparchos, Ptolemaios — ei pooldanud neid vaateid, kuigi nad neid hästi tundsid.

Kui vaadelda Ptolemaiuse kuulsat teost «Almagest» — seda antiikaja astronoomilise kirjanduse suurimat mälestist, mis võtab kokku kõik kreeka teaduse saavutused astronoomia alal, — siis leiame seal põhjendeid Maa liikumatuse kohta. Need põhjendid, olles suunatud filosoofide-pütaagoriaste õpetuse vastu, näisid väga veenvaina mitte ainult Ptolemaiuse kaasaeglastele, vaid ka veel väga pika aja jooksul pärast seda.

Alles selle järel, kui palju sajandeid kestnud ehituskunsti, käsitöö ja sõjakunsti arenemine viis märkimisväärsete teadmiste kogunemisele praktilise mehhaanika alal ja

sellega valmistas ette üldiste liikumisseaduste avastamist, alles peale seda hakkas mõte Maakera pöörlemisest oma telje ümber näma vastuvõetavam kui kujutlus kogu maailmaruumi tiirlemisest tähtsusetult väikese Maa ümber. Nimelt hakkas veel mitte väljendatud, kuid oma põhijoontes juba oletatavate mehhaanikaseaduste vaatekohalt paistma mittetöenäolisena kogu taevalaotuse ööpäevane tiirlemine, kusjuures nii Päike, Kuu kui ka tähed, liikudes kujutlematult suurte kiirustega, peavad rangelt kooskõlastatult tegema oma ringe Maakera ümber.

Veel enam jõupingutusi tuli inimkonnal kulutada selleks, et veenduda Maa aastases liikumises. Veendumus Maakera liikumatuses, tihedas seoses usuga, et Maa osutub maailmaruumi keskpunktiks, oli meie vahetus loodusetunnetamises nii sügavalt juurdunud, et oli vaja mitmesajandilist ettevalmistust ning ägedat võitlust vabanemiseks sellest eelarvamusest. Meenutagem, kuidas see toimus.

Niipea kui hädavajalikud tarvidused sundisid inimesi tegelema tähistaeva hoolika tundmaõppimisega, märgati õige varsti, et tohutu hulga kinnistähtede (s. o. oma vastastikust asendit mittemuutvate tähtede) hulgas, mis moodustavad meile kõigile hästi tuntud tähtkujud, leidub viis heledat tähte, mis muudavad oma asendit liikumatute tähtede seas. Need viis tähte — Merkuur, Veenus, Marss, Jupiter ja Saturn —, mis said nimetuse planeetidid (kreeka keeles «ümberuitavad», «rändavad»), esitasid oma liikumisega mõistatuse, mille lahendamine osutus kogu meie maailma-vaatele väga tähtsaks.

Kuna Päike ja Kuu liiguvad kogu aja ühes suunas peaaegu püsiva kiirusega, on planeetide liikumine võrratult keerukam. Iga planeet, liikudes tähtede suhtes tavaliselt samas suunas kui Päike ja Kuu (s. o. läänest itta), peatub aeg-ajalt ja alustab siis liikumist vastupidises suunas.

Sellele tagurpidi-liikumisele järgneb pärast uut peatust jällegi edasiliikumine jne.

Luuu Päikese ja Kuu liikumise teooria, mis võimaldas rahuldavalt nende asendit taevavõlvil ette välja arvutada, õnnestus juba kreeka astronoomidel rohkem kui kaks tuhat aastat tagasi. Kuid võti planeetide liikumiste lahendamiseks leiti kõigest 400 aasta eest, kui Kopernikus näitas, et planeetide liikumise kogu keerukus, kõik need silmused, mida planeedid taeval moodustavad, tekivad sellest, et meie vaatleme neid liikuvalt Maakeralt, et Maa ise pole midagi muud kui üks planeetidest, mis, samuti kui Merkuur, Veenus, Marss, Jupiter ja Saturn, tiirleb Päikese ümber.

Selle fakti tunnustamine tähendas hiiglasuurt edu, sügavaimat revolutsiooni kogu maailma mõistmises. See tähendas, et kummutati lõplikult arvamus, mis vastandas «taeva» ja «maa».

Selle arvamuse järgi, mis oli kogu antiikaja filosoofia aluseks, oli omaks võetud kristliku kiriku poolt ja osutus kuni XVI sajandini kogu maailmavaate nurgakiviks, jagunes maailmaruum kaheks, omadustelt täiesti erinevaks osaks: maapealseks maailmaks — meie Maaks, kus kõik allub sündimise, muutumise ja surma seadusele, kus iga liikumine peatub, iga tuli kustub, kus kõik on ebatäiuslik, ja taevaseks maailmaks, kus kõik on igavene, muutumatu ja täiuslik, kus kustumatud taevakehad oma muutumatu liikumisega teostavad sfääride harmooniat.

Kuid uus vaade maailmaruumile, tunnustamine, et «maapealne maailm» ja «taevas» alluvad ühtedele ja samadele looduseadustele, et nende vahel pole mingisugust printsiipiaalset erinevust, — see arvamus ei kujunenud kaugeltki mitte otsekohe, vaid ainult ägeda võitluse tulemusena. Isegi Kopernikus veel arvas, et taevakehad võivad liikuda ainult ringjooneliselt (pidades ringjoont kõige täiuslikumaks kõverjooneks, mis otsekui väljendab igaviku-

ideed) ja ainult püsiva kiirusega, sest igasugune muu liikumine oleks tema arvates olnud «taevakehadele ebavääri-line». Kopernikusele, samuti kui Ptolemaiosele, oli maailm piiratud liikumatute tähtede sfääriga, olgugi et ta Ptolemaiosest erinevalt arvas, et liikumatud tähed asuvad meist erakordselt kaugel. Esitades oma õpetust, eraldab Kopernikus tunnetusele kättesaadava sellest, «mida meie ei või teada».

Mitte ainult Kopernikusele, vaid ka tema suurele järglasele Kepler'il, kes tegi lõplikult kindlaks planeetide liikumisseadused, seisis küsimus Maakera tekkimisest alles väljaspool teadust. Neile mõlemaile oli maailm muutumatu — samasugune, nagu ta oli loodud. Maailmkonna arenemise ideed veel ei olnud. Et võiks tekkida kosmogoonia, s. o. teadus maailma arenemisest, planeetide, tähtede ja tähesüsteemide tekkimisest, oli vajalik tugev murrang kogu maailmakäsituses. See murrang, mis tähistas üleminekut keskaegselt feodalismilt tema kiriklik-skolastilise maailma-vaatega uuele ajale, avaldus ilmekalt Descartes'i filosoofias.

Aluseks Descartes'i filosoofiale, mis XVII sajandi keskel kujundas uue vaate maailmale, oli sügav veendumus, et mõistus iseenesest, sõltumatult igasugustest autoriteetidest, ka kiriku ja usu autoriteedist, võib tunnetada tõtt. See filosoofia oli läbi imbunud püüdest nähtusi põhjuslikult seletada. Oma «Filosoofia alustes», mis ilmus 1644. aastal, püüdis Descartes ehitada suurejoonelist teooriat, mis pidi seletama maailma arenemise, alates aine algelisest homogeensest olekust kuni päikesesüsteemi ja kogu maapealse elu nüüdisaegse keeruka ehituseni. Tema kavatsuse järgi pidi see teooria haarama kogu maailmkonna ajaloo, kaasa arvatud Maakera, taimede, loomade ja inimese ajalugu. Maailmkonna arenemise aluseks pidas Descartes aine osakeste keerisetaolist liikumist.

Käsitades algeelist maailma kui liikumises oleva aine kaost, lähtus Descartes veendumusest, et loodus ise suudab selle kaose keerulisuse selgitada ja aine osakesed harmooniliselt korraldada. Aine osakeste liikumise ja vastastikuse hõõrdumise tõttu rikutakse alatiselt tema homogeensust ja vahetpidamatult tekivad keerised. Nende keeriseliste liikumiste mõjul kaob algaine kogumuste vormitus, kusjuures kõige väiksemad aineosakesed sadestuvad keeriste keskpunktides, moodustades Päikese ja tähed.

Descartes'i poolt loodud keeristeteooria püüdis (analoogiliselt mõningate vana-kreeka filosoofide õpetusega) ühe üldise, kõikehaarava põhimõttega seletada nii maailmkondade tekkimist maailmaruumis kui ka neid protsesse, mis toimuvad temas praegusajal. Keeriste abil katsus Descartes seletada planeetide liikumist Päikese ümber, planeetide pöörlemist, kaaslaste tiirlemist planeetide ümber ja lõpuks päikesesüsteemi kujunemise kõgu protsessi.

Keeristeteooria, mis annab harmoonilise ja kõikehaarava pildi maailmast tema ajaloolises arenemises, avaldas kaasaeeglastele määratu suurt muljet. See teooria hävitas esimesena täielikult kirikliku maailmavaate, mis oli jagamatult valitsenud mitme sajandi vältel. Selles oli Descartes'i teooria positiivne tähtsus ja tolle entusiasmi põhjus, millega suhtusid temasse paljud, mitte üksnes XVII sajandi, vaid ka XVIII sajandi alguse väljapaistvad õpetlased (Huygens, Leibniz, Bernoulli).

Kuid otsest tähtsust teaduse arenemisele keeristeteooria ei omanud, sest ta oli ekslik juba oma alustes. Selle asemel et vaatluste põhjal esile tuua jõudusid, mis toimivad kehade vahel, lähtus Descartes keeriste olemasolu meelevaldsest oletusest. Selle asemel et anda tõelist teaduslikku teooriat, mis lubaks teha täpseid arvestusi, mida saaks kõrvutada vaatlustega, piirdus Descartes vaid üldiste arutlustega, mis ei vii arvuliste resultaatideni.

1686. a. avaldas Newton oma kuulsa teose «Loodusfilosoofia matemaatilised alused», milles kõik taevakehade liikumised allutatakse ühele üldisele põhimõttele — kogumaailmse gravitatsiooni seadusele. Selle seaduse kohaselt kõik kehad maailmaruumis, samuti kui kõik kehad Maa peal, tõmbuvad üksteise poole seda tugevamini, mida suuremad on nende massid; kehade vahemaa suurenemisega väheneb see tung kiiresti. Newton andis keeristeteooriale surmahoobi. Kuid võitlus kogumaailmse gravitatsiooni seaduse pooldajate ja Descartes'i filosoofia pooldajate (nn. kartesiaanide) vahel kestis veel mitmeid aastakümneid.

Newton ja tema pooldajad tõendasid ümberlukkamatult, et kogumaailmse gravitatsiooni seadus mitte ainult ei seleta täielikult, kõigis üksikasjus taevakehade liikumist, vaid seletab ka need nähtused, mis aastatuhandete jooksul olid jäänud lahendamatuiks mõistatusteks, nagu mere tõus ja mõõn ning pööripäevade ettenihkumine ehk pretsessioon. Pööripäevade ettenihkumise avastas juba Hipparchos, kes leidis, et aasta kui ajavahemik kahe kevadise pööripäeva vahel (nn. troopiline aasta) on 20 minuti 40 sekundi võrra lühem kui ajavahemik, mille jooksul Päike jõuab tähtede suhtes endisesse asendisse (tähe- ehk sideeriline aasta). Kopernikus näitas, et selle nähtuse põhjustajaks on Maakera telg, mis muudab aeglaselt oma suunda, moodustades 26 000 aasta jooksul koonuse. Newton tõestas, et Maakera telje selline liikumine osutub kogumaailmse gravitatsiooni seaduse paratamatuks järelduseks. Veel enam, kogumaailmse gravitatsiooni seadus viis otsekohe uute nähtuste (näiteks Maa lapikuse pooluste kohal) avastamisele.

Ometigi jäi kogumaailmse gravitatsiooni — selle huvitava tungi, mis sunnib ükskõik kui kaugel asuvaid aineosakesi üksteise poole tõmbuma, — olemus täiesti arusaamatuks. Seepärast arvasid kartesiaanid, et kogumaailmse gravitatsiooni seadus ei lahenda taevakehade liikumise

mõistatust, vaid ainult asendab selle teisega, kuna keeriste-teooria andis, nagu neile näis, maailma ehituse täieliku ja lõpliku seletuse.

Kuid matemaatiliste tõendite võitmatule jõule tuli kartesiaanidel õige pea järele anda. Kogumaailmse gravitatsiooni seadus seletas nii lihtsalt ja loomulikult kõik planeetide liikumiste omadused, näitas nii veenvalt, et neid liikumisi juhtiv tung on seesama raskustung, mida igaüks tunneb lapsest saadik. See seadus ennustas nii üllatava täpsusega uusi nähtusi, et polnud võimalik kahelda selles, kas meil on tõesti tegemist loodusseadusega.

Mis puutub aga gravitatsiooni olemusse, siis seda õppisime tundma alles 1915. a., mil Einstein, luues üldise relatiivsusteooria, näitas, et kogumaailmse gravitatsiooni seadus osutub selle teooria üheks paratamatuks järelduseks. Niisiis, alates momendist, mil kogumaailmse gravitatsiooni seadus sai füüsika ja astronoomia aluseks, kuni gravitatsiooni (ehk raskustungi, mis on sama) olemuse selgitamiseni oli möödunud 230 aastat täis väsimatuid katseid lahendada selle tungi saladust. See on suurepärane näide selle kohta, et teadus ei anna mitte alati otsekohe vastust meid huvitavaile küsimustele. Kuid varem või hiljem annab ta selle siiski.

Ex lib. univ. Tart.

#### 4. Teadusliku kosmogoonia tekkimine.

Kogumaailmse gravitatsiooni seadus hajutas keeriste-teooria — selle viimase katse tungida maailma arenemise saladustesse ühekorraga, fantaasia üheainsa võimsa lendutõusuga, selle asemel et lahendada neid aeglase ja visa tööga, kiskudes looduselt tema saladusi välja terakeste kaupa. Kuid seesama kogumaailmse gravitatsiooni seadus sai ühtlasi kindlaks aluseks teaduslikule kosmogooniale,

s. o. säärasele kosmogooniale, milles maailmaruumi arenemise pilt tuletatakse täpselt kindlakstehtud loodusseadustest rangete matemaatiliste kaalutluste abil.

Esimese sellise katse tegi kuulus filosoof Kant oma teoses, mis ilmus 1755. a. pika nimetuse all «Üldine looduse lugu ja taevateooria ehk katse käsitleda kogu taevaalaotuse ehitust ja mehhaanilist tekkimist Newtoni seaduste alusel».

Kant lähtus oletusest, et kogu aine, mis moodustas Päikese ja planeedid, oli esialgu praeguse päikesesüsteemi piirides ühtlaselt jaotatud ja korratus, kaootilises liikumises. Järgnevalt püüdis ta näidata, et aine osakeste vastastikune külgetõmbumine viis lõpuks suure keskse massi — praeguse Päikese moodustumisele ja kogu ülejäänud aine ringikujulisele liikumisele ümber Päikese; see aine pidi Kant'i arvates hiljem külgetõmbejõu mõjul moodustama planeedid.

Kant'il oli õigus ses suhtes, et ruumis ühtlaselt jaotatud aine on ebastabiilses olekus ja peab gravitatsiooni mõjul üksikuiks osadeks jagunema. Kuid ta tegi jämeda vea arvates, et osakeste korratust liikumisest võib tekkida üldine keerlev liikumine, sest see on vastuolus mehhaanika ühe põhiseadusega — pöörlemishulga jäävuse seadusega. Mingisuguse massi pöörlemishulk arvutatakse kõigi tema osakeste pöörlemishulkade summamana. Ringjoonel liikuva üksiku osakese pöörlemishulk võrdub kolme suuruse — osakese massi, tema kiiruse ja ringi raadiuse — korrutisega. Pöörlemishulka nimetatakse ka liikumishulga momendiks. Pöörlemishulga jäävuse seaduse järgi, mis omab kosmogoonias esmajärgulist tähtsust, võib ükskõik millisele ainehulgale omane pöörlemishulk muutuda ainult vastaval välisel mõjustusel. Sisemised tungid aga (antud juhtumil — üksikute osakeste vastastikused külgetõmbejõud) ei saa üldist pöörlemishulka muuta. Et osakeste kaootilise liikumise puhul üldine pöörlemishulk võrdub nulliga, siis jääb ta ka alatiselt nulliks ja midagi sarnanevat meie päikesesüsteemiga, mis

omab suurt pöörlemishulka (tänu Päikese enese pöörlemisele ja planeetide tiirlemisele Päikese ümber samas suunas, milles pöörleb Päike), tekkida ei või.

Tollal alles oma tegevust alustava Kant'i raamat ei äratanud tähelepanu ja tema arendatud hüpotees päikese-süsteemi tekkimise kohta jäi kauaks ajaks märkamatuks. Mitte midagi sellest teades esitas Laplace, kes oli juba omandanud kuulsuse hiilgavate avastustega astronoomias ja matemaatikas, 1796. a. analoogilise, kuid märksa täielikuma hüpoteesi.

Laplace nähtavasti ei omistanud oma hüpoteesile kuigi suurt tähtsust. Ta piirdus selle esitamisega seitsmendas märkuses oma populaarse raamatu «Arutlus maailmasüsteemist» viimasele peatükile ega pöördunud oma arvukais teaduslikes töödes enam kunagi selle hüpoteesi arutlemisele tagasi. Seda esitades märkis ta, et teeb seda «veendumuse puudumisega, mida peab sisendama kõik see, mis ei tulene vaatlustest ega arvutustest».

Laplace'i kosmogooniline hüpotees, hoolimata autori sellisest suhtumisest temasse, pööras otsekohe enesele nii eriteadlaste kui ka kõige laialdasemate ringide tähelepanu. Kogu XIX sajandi jooksul kalduti nägema selles päikese-süsteemi tekkimise küsimuse peaaegu lõplikku lahendust, mis vajas parandust vaid mõningais üksikasjades. See oli tingitud mitte Laplace'i autoriteedist, vaid ka sellest hiilgavast vormist, milles ta oma hüpoteesi esitas: tema mõttekäik oli nii selge ja loogiline, et see ka ilma matemaatiliste arvutusteta avaldas väga veenvat muljet.

Laplace seadis endale ülesandeks mitte päikese-süsteemi tekkimise saladuse lahendamise — see saadakse arutluse kõrvaltulemusena —, vaid nende seaduspärasuste põhjuse väljaselgitamise, milliseid me temas täheldame ja mis seisnevad järgmises:

1. Peaaegu kogu päikesesüsteemi mass on keskendunud Päikesesse; kõigi teiste planeetide osaks langeb vaid üks seitsmesajandik üldmassist.

2. Orbiitide tasapinnad kõigil planeetidel ja nende kaaslastel langevad peaaegu ühte nii omavahel kui ka Päikese ekvaatori-tasapinnaga.

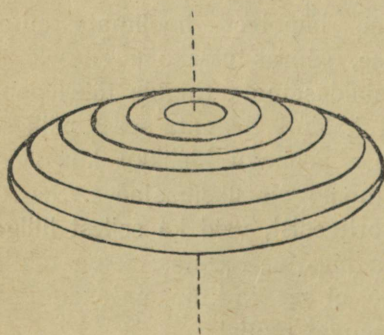
3. Kõik planeedid tiirlevad ümber Päikese ühes ja samas suunas, nimelt selles, milles Päike pöörleb oma telje ümber.

4. Oma telgede ümber pöörlevad planeedid samas suunas; samuti tiirlevad ka kaaslasted planeetide ümber.

5. Planeetide ja kaaslaste orbiidid erinevad väga vähe ringjoontest.

6. Ühel planeetidest — Saturnil — on peale kaaslaste veel lame, väga õhuke, kuid lai rõngas, mis asetseb planeedi ekvaatori-tasapinnas.

Et seletada kõiki neid seaduspärasusi meie planeetide-süsteemi ehituses, millised silmanähtavalt ei või olla juhus-

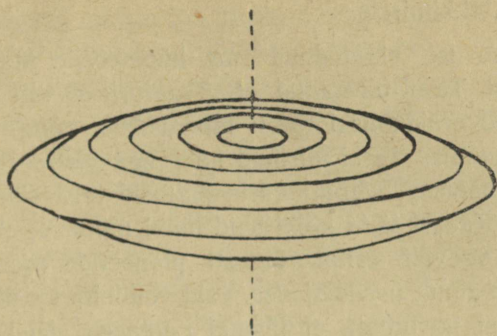


Joon. 1.

likud, oletas Laplace, et meie süsteem kujutas endast kunagi suurt gaasisarnast udukogu, mis ulatus üle kõige kaugema planeedi orbiidi piiride ja pöörles aeglaselt oma telje ümber. Udukogu jahenemisele ja tihene-misele vastavalt pidi tema pöörlemiskiirus üha suurenema. Pöörlemise

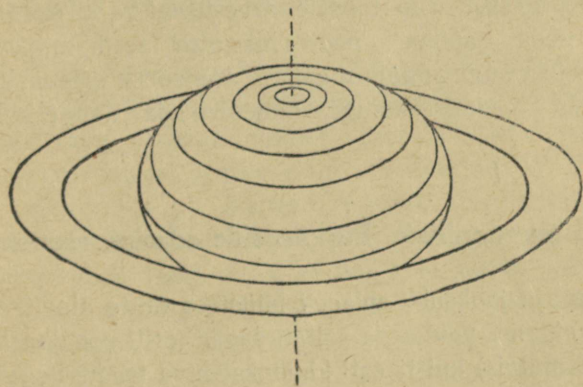
üldhulk pidi, nagu juba varem näidatud, jääma samaks, ja seepärast pidi osakeste kiirus suurenema vastavalt nende ja pöörlemistelje vahelise kauguse vähenemisele. See viibki udukogu pöörlemise nurkkiiruse suurenemisele. Kuid pöörle-

miskiiruse suurenemisel muutub udukogu üha lapikumaks (joon. 1) ja omandab viimaks läätsetaolise kuju (joon. 2). Pöörlemiskiiruse edasisel suurenemisel muutub tsentrifugaal-



Joon. 2.

tung ekvaatoril külgetõmbetungist suuremaks ja udukogust eraldub gaasrõngas (joon. 3). See protsess kestab edasi ja



Joon. 3.

lõpuks saame rea rõngaid, mis asetsevad udukogu ekvaatori-tasapinnas. Siis peavad need rõngad katkema ja üksikud ainetombud liituma üheks kambaks, mis pöörleb oma

telje ümber ja jätkab tiirlemist ümber Päikese sama teed mööda, millel varem asetses rõngas. Laplace'i arvates tekiksid planeedid nõnda; samasugune protsess viis planeetide kaaslaste tekkimisele.

Laplace ise ei andnud oma hüpoteesile matemaatilist põhjendust. Ta ei tõestanud, et ekvaatoril olevad aineosakesed võivad eraldumisel tõesti moodustada rõnga ega haju lihtsalt ruumis. Ta ei uurinud ka rõnga planeediks muutmise mehhanismi, samuti mitte paljusid teisi siin tekkivaid küsimusi. Katsed täita kõiki neid lünki näitasid, et Laplace'i hüpotees vaevalt esitab õigesti planeetide moodustumise pildi, mitte ainult üksikasjades, vaid võib-olla ka põhijoontes. Kuid sellest hoolimata ei jäänud Laplace'i ideed viljatuiks. Vastupidi, tema hüpoteesi ilmutumisele võib vaadata kui tõeliselt teadusliku kosmogoonia tekkimisele, sest Laplace näitas õige tee. See tee seisneb selles, et teaduse poolt kindlakstehtud faktidest lähtudes teha vaid selliseid oletusi, millele tõepärasust võib täpsete arvestuste varal kontrollida. Ainult seda Laplace'i poolt märgitud teed minnes võib tungida üha sügavamale maailma arenemise saladustesse ja laiendada teadmisi kauge mineviku ja kauge tuleviku kohta.

## **5. Kosmogooniliste hüpoteeside edasine arenemine.**

Pika aja jooksul Laplace'i hüpotees mitte ainult ei tekitanud kahtlust, vaid seda esitati sageli (eriti populaarteaduslikes raamatuis) kui täiesti kindlakstehtud teaduse-saavutust. Kuid sel määral, kuidas arenes vaatlev astronoomia, sel määral, kuidas täiustusi teleskoobid, hakkasid planeetide ja nende kaaslaste liikumises ilmnenema sellised iseärasused, mis sobisid halvasti Laplace'i poolt kujutatud päikese-süsteemi arenemise pildiga.

Juba 1815. aastal, s. o. veel Laplace'i eluajal, tehti lõplikult kindlaks (algul uskumatuna näiv) fakt, et Uurani neli kaaslast tiirlevad tema ümber mitte selles suunas, nagu kõik päikesesüsteemi planeedid, vaid vastupidises. Veel enam, osutus, et need kaaslased liiguvad tasapinnas, mis on peaaegu perpendikulaarne sellega, milles liigub Uurani ise. Niisiis ei allu Uurani kaaslased sugugi neile seaduspärasustele, millest lähtus Laplace, luues oma hüpoteesi.

Kui 1847. a. avastati Neptuuni kaaslane, siis selgus, et ka see tiirleb vastupidises suunas. Fotograafiliste vaatlusmeetodite rakendamine astronoomias võimaldas edaspidi näidata, et nii Jupiteril kui ka Saturnil on väga väikesed kaaslased, mis liiguvad vastupidises suunas.

Niisiis, kui Laplace oma kosmogoonilise hüpoteesi loomisel pidi selgitama, mispärast kõik planeedid ja kaaslased liiguvad ühes suunas, siis tuleb nüüd seletada juba hoopis keerulisema liikumise pilti. Me peame näitama põhjused, mis ühel juhul tekitavad otsese, teisel — vastupidise liikumise.

Marsi kaaslaste avastamine 1877. aastal tõi esile teist liiki raskused. Laplace'i hüpoteesist järeldub, et iga kaaslaste tiirlemise aeg planeedi ümber peab olema samasugune nagu rõngal, millest see kaaslane on tekkinud. Kuid pärast seda, kui rõngas oli planeedi küljest eraldunud, jätkus planeedi kokkutõmbumine ja järelikult ka tema pöörlemisaja vähenemine (sest et pöörlemise nurkkiirus suurenes). Niisiis peab kaaslaste tiirlemise aeg olema alati pikem kui planeedi pöörlemise aeg telje ümber. Ometi ei kehti see Phobose — Marsi kahest saatjast lähema — kohta, mis teeb tiiru ümber planeedi 7 tunni 39 minutiga, sest Mars pöörduv oma telje ümber 24 tunni 37 minuti 23 sekundiga.

Saturni rõngas, mida Laplace pidas oma hüpoteesi parimaks tõendiks, osutub analoogiliseks nähtuseks. Kui spektraalanalüüs võimaldas määrata rõngast moodustavate

osakeste liikumiskiiruse (seda tegi A. A. Belopolski Pulkovo observatooriumi 30-tollise refraktori abil), siis selgus, et rõnga esimese ääre tiirlemisperiood võrdub kõigest kaheksa tunniga, kuna Saturn teeb täispöörde oma telje ümber 10 tunni 14 minuti 24 sekundiga.

Kõiki neid fakte sai Laplace'i hüpoteesiga kooskõlastada vaid mitmesuguste täiendavate, enam-vähem kunstlike oletuste teel. Näiteks võib Phobose ettejõudmist Marsi pinnast oma kiire liikumise tõttu seletada oletusega, et Marss pöörles kunagi palju kiiremini, et tema pöörlemisperiood oli väiksem Phobose tiirlemisperioodist, kuid et hiljem, tõusu ja mõõna mõjul (mida tekitas veel mitte tardunud Marsil Päikesese külgetõmbejõud), Marsi pöörlemine aeglustus. Ometigi kerkivad siin üles uued raskused. Arvutused näitavad, et aeg, mis on vajalik selleks, et tõusud aeglustaksid Marsi pöörlemist nõutaval määral, on liiga pikk.

Veel raskem on tõusu ja mõõnaga seletada Saturni pöörlemise aeglustumist, sest Saturnil, mis asetseb umbes kuus korda Päikesest kaugemal, on tõus ja mõõn 250 korda väiksemad kui Marsil.

Mitte vähem tõsiseid vastuväiteid kutsus Laplace'i hüpotees esile ka teoreetilisest küljest, kui hakati teda täpsete arvutuste abil kontrollima. Juba möödunud sajandi keskel näitasid Roche'i uurimused, et rõngaste eraldumise protsess, vaadelduna ka ainult puhtmehhaanilisena, on hoopis keerulisem, kui esialgu arvati. Veel rohkem raskusi kerkib esile, kui seda protsessi vaadelda kui füüsikalist, s. o. arvestada mitte üksnes udukogu moodustava aine liikumist, vaid ka tema füüsikalist olekut.

Oletagem, et rõngas on nii või teisiti eraldunud. Kas ta võib siis üheks tervikuks koonduda ja planeedi moodustada? Jeans näitas, et niisugune rõnga planeediks muutumine on võimalik ainult täiesti erandlike tingimuste puhul, milliste esinemist ei või oodata. Juba varem olid näidanud Roche'i

uurimused, et Saturni rõngad, mida peeti alati Laplace'i hüpoteesi näitlikuks tõendiks, ei või kaaslast moodustada. Vastupidi, pigem tuleb neid käsitada kui planeedile liiga lähedale läinud ja selle külgetõmbejõu poolt puruks kistud kaaslaste jäänuseid.

Hoolimata rohkearvulistest parandustest ja täiendustest, mis tuli teha Laplace'i hüpoteesis sellega mittedobivate faktide avastamisel, ei julgenud teadus kogu XIX sajandi jooksul seda hüpoteesi teisega asendada. Küsimus sellisest asendamisest kerkis alles XX sajandi lõvel, kui saadi täielikult teadlikuks ühest päikesesüsteemi ehituse väga tähtsast iseärasusest, mida üldse ei õnnestunud Laplace'i hüpoteesiga kooskõlastada. See iseärasus seisneb selles, et peaaegu kogu pöörlemishulk, mida omab päikesesüsteem, on seotud nelja kõige massiivsema planeedi — Jupiteri, Saturni, Uurani ja Neptuuni — orbiidilise liikumisega. On kerge välja arvutada, et nendele planeetidele langeb rohkem kui 98 protsenti pöörlemise üldhulgast. Niisiis jääb Päikesele, mille mass on 700 korda suurem kõigi planeetide kogumassist, alla kahe protsendi pöörlemise üldhulgast. Pöörlemishulga selline jagunemine, mis tuleneb planeetide orbiitide väga suurtest mõõtmetest ja Päikese väga aeglasest pöörlemisest, ei sobi kuidagi Laplace'i hüpoteesiga.

Loomulikult tekkis arvamus, et see määratu pöörlemishulk, mida planeedid Päikesega võrreldes omavad, on toodud päikesesüsteemi väljastpoolt. See arvamus sai aluseks uutele kosmogoonilistele hüpoteesidele, mis asendasid XX sajandil Laplace'i hüpoteesi. Kõik nad põhinevad oletusel, et planeedid on moodustunud sellest ainest, mis paiskus Päikesest välja kas kokkupõrkel mõne teise tähega või mõne teise tähe möödumisel liiga lähedalt.

Nendest hüpoteesidest, mis on tuntud katastroofihüpoteeside üldnimetuse all, levis kõige laialdasemalt Jeans'i hüpotees.

Jeans käsitleb Päikese ja teise tähe tiheda lähenemise juhtumit. Teise tähe külgetõmbejõu mõjul eraldub Päikese pinnalt joana määratu hulka ainet, mis hakkab tiirlema ümber Päikese. Osa sellest aineist hajub ja moodustab läätsekujulise gaasitaolise udukogu, mis ümbritseb Päikest. Kuid sellele joale tihedamad ja massiivsemad osad moodustavad kambad, mis hiljem muutuvad planeetideks.)

Oma külgetõmbejõuga koguvad kambad, liikudes ümber Päikese, hajunud ainet. Ühtlasi muutuvad nende esialgselt väga piklikud orbiidid selle hajunud aine vastupanu mõjul üha enam ringjoonekujulisteks, s. o. niisugusteks, nagu neid näeme planeetidel.

See hüpotees, üksikasjaliselt arendatud Jeans'i ja Jeffreys'i poolt, seletas meie planeetidesüsteemi ehituse paljusid põhijooni paremini kui Laplace'i hüpotees. Ent ka see hüpotees sattus varsti ületamatuile raskustele.

Kõigepealt, mida täpsemaid arvutusi tehti (mis olid väga keerukad), seda enam veenduti, et tekkivate planeetide pöörlemishulk oleks olnud ikkagi tunduvalt väiksem sellest, mis esineb tegelikkuses. Selgus, et missuguseid tingimusi me Päikese ja tähe kohtumisel ka oletaksime, ei saaks me kunagi nii suuri orbiite, nagu me võime täheldada. Eriti suured raskused kerkisid esile planeetide tekkimise protsessi füüsikalise külje uurimisel. Päikese pinnalt äraarebitud ainekämp oleks nii kõrge temperatuuriga ja jaheneks niivõrd aeglaselt, et ta riskiks ruumis enne hajuda, kui jõuaks moodustada planeedi.

Niisiis ei õnnestunud ei Laplace'i nebulaarset (ladina sõnast *nebula* — udukogu) hüpoteesi, mis käsitleb Päikest ühes kogu planeetidesüsteemiga kui pöörleva udukogu seaduspärase arenemise tulemust, ega ka katastroofihüpoteesi, mis käsitlevad planeete kui kahe juba väljakujunenud tähe kokkupõrke (või peaaegu kokkupõrke) saadust, kooskõlastada täheldatavate faktidega.

## 6. Mida võib praegusel ajal Maakera tekkimise kohta öelda?

Maa tekkimise saladuse lahendamise katsete ajalugu lühidalt esitatuna näitab, kui raske on see küsimus. Me nägime, et enam-vähem edukalt lahendamisele asuda osutus võimalikuks alles siis, kui aastatuhandete jooksul oli tehtud hiiglasuur ettevalmistustöö. Alles viimasel ajal võimaldasid teaduse poolt kogutud teadmised teha esimesi tõsisid katseid planeetide, nende hulgas ka meie Maa tekkimisele viiva protsessi üldisegi iseloomu selgitamiseks.

Kui meie teleskoopide võimsus mõnisada korda suureneb (et see aja jooksul teostub, selles ei tule kahelda), lihtsustub meie ülesanne tugevasti. Siis võime näha lähemaid tähti ümbritsevaid planeetidesüsteeme. Nende süsteemide uurimine, nende võrdlemine üksteisega ja meie päikesesüsteemiga annab kaheldamatult väga palju planeetidesüsteemide tekkimise ja arenemise protsessi selgitamiseks.

Ent käesoleval ajal ei võimalda tehnika veel näha teisi planeetidesüsteeme. Suurim saavutus, mida praegu võime loota, on tõendada, et sellised planeetidesüsteemid on tõeliselt olemas, et meie Päike ei ole erand. Selles suunas on mõndagi juba tehtud. Viimaste aastate jooksul on õnnestunud kindlaks teha, et mõningail meie lähemaist tähtedest esinevad õige väikesed perioodilised kohamuutused. Neid kohamuutusi võib seletada vaid nende tähtede ümber tiirlevate väikeste nähtamatute kaaslaste külgetõmbejõuga. Peab aga tähendama, et kõigil hästi uuritud juhtumel osutusid need nähtamatud kaaslased meie planeetidest märksa suuremaiks. Nende mass oli mitte vähem kui 2—3 protsenti tähe massist, kuna Jupiteri kui meie planeetide hulgast kõige suurema mass ei moodusta isegi ühte kümnendikku protsenti Päikese massist. Niisiis on seni suudetud kindlaks teha

süsteemide olemasolu, mis ei sarnane küll täielikult meie omaga, kuid temast ka vahest põhimõtteliselt ei erine.

Selliste tingimuste, s. o. täieliku võimatuse puhul teisi planeetidesüsteeme praegusel ajal tundma õppida tuleb toetuda ainult sellele, mida võib meile anda meie päikesesüsteemi omaduste tähelepanelik uurimine, ja minna kosmogooniliste hüpoteeside püstitamise teed.

Poolteise sajandi jooksul, mis on möödunud Laplace'i nebulaarse hüpoteesi ilmumisest, on esitatud palju kosmogoonilisi hüpoteese. Nii veenvad kui mõned neist ilmumisel näisidki, ei kannatanud ükski neist välja kehtvat teaduslikku kriitikat. Vaatleva astronoomia uued avastused ühest küljest, üksikasjaline teoreetiline arutlemine teisest küljest näitasid korduvalt, et nende ees seisev probleem on väga keeruline ja et meie küll läheneme selle lahendamisele, kuid pole oma eesmärgi veel saavutanud.

Muidugi ei ole asjatu see töö, mis kulutatakse kosmogooniliste hüpoteeside loomiseks ja nende kriitiliseks analüüsiks. Isegi teaduse poolt tagasilükatud hüpoteesid valgustasid siiski peaaegu alati küsimuse mõnda külge õigesti, ja seepärast jäävad neist üksikud osad, mida teadus võib kasutada oma edaspidises arenemises. Täie kindlusega võib öelda, et teadus on Maakera tekkimise küsimuses õigel teel, et osa sellest teest, võib-olla kõige raskem osa, on juba läbi käidud ja et meie kogu aja liigume edasi.

Praegusel ajal katsub teadus minna kahte erinevat teed. Võib-olla ühtivad need teed tulevikus, kuid seni omab kumbki neist oma pooldajaid.

Üks tee on saanud alguse Laplace'i nebulaarsest hüpoteesist ehk õigemini selles peituvast mõttest, et planeedid osutuvad tähe normaalse arenemisega kaasnevate sisetiste protsesside saaduseks. Seevastu seob teine tee planeetide tekkimise välise tingimuste mõjuga tähe arenemisele.

Esimese tee aluseks on veendumus, et planeetide kujunemise protsessi ei saa uurida isoleeritult, vaid kui osa võrratult grandioossemast protsessist, milles tekkisid tähed ja need gigantsed tähesüsteemid, mis on tuntud galaktikate nime all ja millede uurimine nüüd alles algab. Ainult siis, kui mõistame nende tähesüsteemide arenemisprotsessi ja neid süsteeme moodustavate üksikute tähtede tekkimise ja arenemisprotsessi, võime, vastavalt sellele vaatekohale, teada saada, kuidas tähtede ümber võisid tekkida planeetidesüsteemid, kuidas võis tekkida meie päikesesüsteem temale iseloomulike omadustega ja kuidas, lõpuks, teiste planeetide hulgas võis tekkida meie Maa, millel on samuti oma individuaalsed iseärasused.

Ei tule arvata, et selline ülesande laiendamine teda ka tingimata raskendab. Sageli juhtub, et üldprotsessi on kergem mõista kui selle protsessi üksikut osa, kui seda vaadeldakse tervikust lahus.

Igal juhul omame tähtede arenemisprotsessi uurimiseks väga rikkalikku faktilist materjali, sest meil on võimalus uurida tohutut hulka tähti, mis on oma arenemise kõige mitmesugusemail astmel. See võimaldab otsekui näha tähe kogu arenemisteed. Sest selleks et uurida tamme arenemist, pole tingimata vaja tõru mullasse panna ja mitu sajandit oodata, kuni tõrust kasvav tamm välja areneb, vananema hakkab ja lõpuks pehkiivaks kännuks muutub. Selle asemel võime minna metsa, kus leidub igaaalisi tammesid — alates vaevast tärkavast idust kuni oma elutsükli lõpetavate puudeni. Seda teed lähebki teadus, uurides tähtede arenemist.

Me teame, et kõik tähed koosnevad ühtedest ja samadest keemilistest elementidest — samadest, millest koosneb ka meie Maa. Kuid aine füüsikaline olek, mitmesugustel tähtedel on täiesti erinev. On olemas väga tuliseid tähti, mille väliskihtide temperatuur ületab 30 000°. On ka võrdlemisi

külmi tähti, mis kiirgavad soojust nagu keha, mis on kuumendatud umbes kuni 2000<sup>o</sup>-ni. Meie Päike omab vahepealset temperatuuri: tema väliskihvide temperatuur on umbes 6000<sup>o</sup>. Keskpunkti suunas tõuseb Päikese temperatuur kiiresti. Teoreetilised arvestused näitavad, et keskpunktis peab see ulatuma 20 miljoni kraadini. Selline temperatuuri tõus keskpunkti suunas esineb kõigil tähtedel.

Veel enam erinevad tähed üksteisest oma tiheduse poolest. On tähti, mille keskmine tihedus on vee tihedusest 40 000 korda suurem. Kuid on ka tähti, mille keskmine tihedus on vee omast 100 000 korda väiksem (ligikaudu 100 korda väiksem meid ümbritseva õhu tihedusest). Ka siin on Päike nende äärmuste vahel: tema keskmine tihedus ületab vee tiheduse poolteisekordselt.

Äärmiselt erinevad füüsikalised tingimused, milles on mitmesuguste tähtede aine, seletuvad muidugi nende tähtede ea erinevusega. Kuid missugust tähte tuleb pidada nooremaks ja missugust vanemaks? Sellele küsimusele sai kindel vastus võimalikuks alles kõige viimastel aastatel, kui hakkasime mõistma neid protsesse, mis toimuvad tähtedel ja hoiavad ülal nende kiirgamist. Aga see omakorda sai võimalikuks alles seejärel, kui füüsika avastas aatomite sees toimuvate nähtuste saladused.

Tähe kogu arenemisprotsess osutus väga tihedalt seotuks nõndanimetatud tuumareaktsioonidega, s. o. ühe keemilise elemendi aatomite muutumisega teise elemendi aatomiteks. Selgus, et selle kujutlematult suure energiahulga põhiliseks allikaks, mida kiirgavad tähed (sealhulgas ka meie Päike), on vesiniku aatomitest heeliumi aatomite moodustumine.

Tähe aines toimuvate tuumareaktsioonide teooria annab meile üldpildi tähe arenemisest. Akadeemik V. G. Fessenkov näitas hiljuti, et sellesse üldpilti mahub väga loomulikult ka planeetidesüsteemi moodustumine tähe juurde. Niisiis ava-

nevad kosmogoonias täiesti uued võimalused Maa ja planeetide tekkimise seletamiseks, kui käsitada neid Päikese loomuliku arenemise tulemustena, aga mitte kui katastroofiliste nähtuste, nagu teise tähega kokkupõrke resultaati.

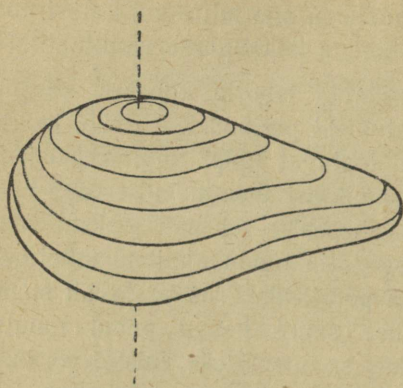
V. G. Fessenkovi arendatud teooria kohaselt koosneb tähe eluiga võrdlemisi kestvatest perioodidest, mille jooksul tähe kiirgamist hoiab ülal teatavat tüüpi tuumareaktsioon, ja vahepealseist võrdlemisi kiireist üleminekuist teist tüüpi tuumareaktsioonile. Selle vahepealse seisundi jooksul väheneb täht kiire jahenemise tõttu tunduvalt oma mõõtmeis, aga see tähendab, et tema pöörlemiskiirus vastavalt suureneb. Kuid pöörlemiskiiruse suure kasvu puhul muutub tähe seisund ebastabiilseks, s. o. selliseks, mis ei või kaua püsida. Mis saab siis tähega?

Algul, vastavalt pöörlemiskiiruse suurenemisele, muutub täht üha lapergusemaks ning omandab joonisel 1 lk. 20 näidatud kuju. Arendades Laplace'i hüpoteesi matemaatiliselt näitas Roche, et edaspidisel pöörlemiskiiruse kasvamisel tekib piki ekvaatorit terav serv (joon. 2, lk. 21), millest tähe aine hakkab välja paiskuma. Sellel serval oleval osakestele mõjub tsentrifugaaltung niisama tugevasti kui külgetõmbejõud.

Niisiis muutuvad need osakesed «mittekaaluvaiks» ja seetõttu kaotavad seose tähega. See väljapaisatud aine moodustabki Roche'i arvates rõnga (joon. 3, lk. 21), mis hiljem muutub planeediks. Nõnda eeldab Laplace'i hüpotees. Tegelikult aga, nagu juba öeldud, hajuvad eralduvad osakesed aegamööda ruumis ega või rõngast moodustada.

Ent nüüd teame, et asi toimub nõnda ainult sel juhul, kui tähel on keskel väga tugev tihendus. Kui aga keskne tihendus pole väga suur, siis omandab täht pöörlemiskiiruse vastaval suurenemisel joonisel 3 näidatud kuju asemel pirnitaolise kuju, mis on näidatud joonisel 4, lk. 32.

A. M. Ljapunov'i uurimised tõestasid, et pöörleva massi pinnitaoline kuju pole stabiilne. Täht võib säärast kuju

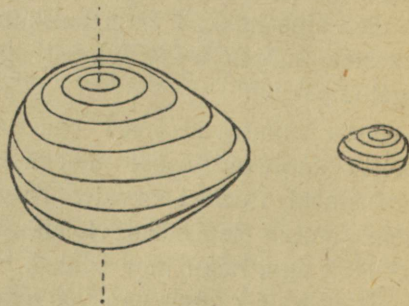


Joon. 4.

omada vaid õige lühikest aega, mille järel temast eraldub osa massi (joon. 5). Pärast seda hakkab täht (otsekui vabanedes sellest liigsest pöörlemishulgast, mis tekitab ebastabiilsuse) pöörlema aeglasemalt. Nüüd on ta juba stabiilses seisundis — vähemalt seni, kuni edasine la- perikuks muutumine

(tekitatud edasisest jahenemisest) suurendab uuesti tema pöörlemiskiirust kriitilise piirini.

Niisiis, ajavahemikkudel, mis lahutavad neid perioode, millal tuumareaktsioon hoiab tähe temperatuuri püsival kõrgusel, eralduvad tähest massid, millest edaspidi moodustuvad planeetidid. Et masside eraldumine toimub ajal, mil täht pöörleb eriti kiiresti, siis läheb planeetidele üle tunduv osa pöörlemise üldhulgast. See on täielikus kooskõlas meie planeetidesüsteemi eespool näidatud iseloomuliku iseärasusega.



Joon. 5.

Selle hüpoteesi läbitöötamine on alles algastmes ja

muidugi tuleb veel ületada palju raskusi. Peab näiteks tõestama, et tekkivate planeetide orbiidid, esialgu väga väikesed, võivad suureneeda nende mõõtmeteni, milliseid näeme looduses. George Darwin'i poolt Kuu liikumise jaoks loodud teooria kohaselt suurendab tõusu ja mõõna mõju eraldunud masside orbiite. Kuid peab veel näitama, et see suurenemine on nimelt selline, mida on vaja teooria ja täheldatavate faktide kooskõlastamiseks.

Kõige viimasemal ajal esitas akadeemik O. J. Šmidt uue kosmogoonilise hüpoteesi. Oma põhi-ideelt ühineb see katastroofihüpoteesidega, sest ta käsitab planeetide tekkimist mitte kui tähe normaalse arenemisega kaasnevate sisemiste protsesside tulemust, vaid kui tähe arenemisele mõningate väliste tingimuste poolt avaldatud mõju tulemust.

O. J. Šmidt kasutab alusena oma hüpoteesile kahte hiljuti avastatud fakti: Galaktika pöörlemist ja tumeda tolmu-kujulise aine tohutute kogumite olemasolu tähtedevahelises ruumis.

Uurides Galaktikat, s. o. seda hiiglaslikku tähtedekoon- dist, mille koosseisu kuulub ka meie Päike, on viimaseil aastail saadud palju uusi ning üllatavaid tulemusi. On osutunud, et saja'd tuhanded miljonid tähed, mis moodustavad Galaktika, tiirlevad tema keskpunkti ümber samal viisil, nagu planeedid Päikese ümber. Meie Päike võtab sellest tiirlemisest osa, tehes Galaktika keskpunkti ümber ringi umbes 200 miljoni aasta jooksul. See Galaktika keskpunkt, mis asub Amburi tähtkuju suunas, on meie eest varjatud tumeda aine tohutute kogumitega.

Oletagem nüüd, et Päike, läbides Galaktika keskmisi piirkondi, läbis tumeda aine pilve ja oma külgetõmbejõuga haaras osa sellest kaasa. Haaratud osakesed hakkavad tiirlema ümber Päikese peaaegu ühes tasapinnas. Suuremad osakesed ühendavad endaga järk-järgult väiksemaid, kuni see protsess lõpeb planeetide kujunemisega. O. J. Šmidti

tehtud arvestused näitavad, et käsitletav hüpotees seletab hästi paljusid meie planeetidesüsteemi omadusi.

Niisiis jätkab nüüdisaja teadus planeetide kujunemise mitme erineva tee uurimist sellepärast, et kui meie planeetidesüsteemi ehituse mõningad iseärasused seletuvad paremini ühe hüpoteesi abil, siis teised iseärasused tulenevad loomulikumalt teisest hüpoteesist. See kõik osutab ainult meie ees seisva ülesande erakordsele keerulisusele ja sellele, et Maakera tekkimise küsimuse lõplikuks lahendamiseks peame veel palju vaeva kulutama. Selle küsimuse otsustamine oleneb esmajoones meie teadmiste laienemisest meid ümbritseva maailmaruumi kohta. Äsja nägime, kuidas hiljutised avastused aatomifüüsika ja stellaar-astronoomia valdas võimaldasid seda küsimust hoopis uut moodi uurida. Kuid siit ei järeldu, et me peame uusi avastusi oodates Maakera tekkimise küsimuse edasi lükkama, selle asemel et katsuda teda lahendada nende vahenditega, mis on praegu meie käsutuses. Kui inimesed oleksid nõnda kannatlikud, siis poleks teadus kunagi tekkinudki.

## 7. Maakera vanus.

Rääkides Maakera tekkimisest, peame muidugi peatuma ka tema vanuse küsimusel. Maakera vanuse määramine osutub teaduse ees seisvaist küsimustest üheks keerukaimaks.

Alles viimaseil aastail on avanenud võimalus enam-vähem täpselt hinnata neid määratu pikki ajavahemikke, millega tuleb tegemist teha selle ülesande lahendamisel. See sai võimalikuks ainult seejärel, kui füüsika, uurides radioaktiivsus-nähtusi, oli tunginud meie Maad moodustavate keemiliste elementide aatomite ehituse saladustesse. Ilmnes, et mõningate elementide aatomid osutuvad omamoodi kella-

deks, mis käivad küll väga aeglaselt, kuid korrapäraselt. Need kellad võimaldasidki meile luua kujutluse vähemalt maapinna ülemiste kihtide vanusest.

Meie vahetule uurimisele on kättesaadav vaid tähtsusetu osa Maakerast. Šahtide ja puuraukude abil on inimene tunnunud Maa sügavusse mitte rohkem kui kaks-kolm kilomeetrit, mis moodustab Maakera raadiusest kõigest kolm kuni viis sajandikku protsenti. Geoloogia võimaldab otsustada ka Maa sügavamate kihtide üle tänu sellele, et mäetekkeseid protsessid, pakse kivimite massiive muljudes, lahti kiskudes ja üksteise peale lükates, toovad neid Maa pinnale, kus uhtumine vihma ja jõgede poolt paljastab sügavalt nende kihtide ehituse. See võimaldab meile kivimite uurimist kuni 20 kilomeetri sügavuseni, mis moodustab umbes 0,3% Maakera raadiusest. Milline on Maa ehitus tema raadiuse ülejäänud 99,7% ulatuses, selle üle võime otsustada ainult kaudsete andmete põhjal, mida hangitakse raskustungi uurimisega maapinna mitmesugustes punktides, maavärinate ja mõningate teiste nähtuste uurimisega. Kõik need andmed viisid meid järeldusele, et Maa sisemus koosneb kolmest peamisest osast:

- 1) umb. 1200 km paksusest välisest kestast, mis koosneb kivimitest;
- 2) umb. 1700 km paksusest vahelmisest kestast;
- 3) umb. 3400-km raadiusega väga tihedast tuumast, mis koosneb nähtavasti rauast ja niklist.

Väline kest koosneb esmajoones setekivimeist (liiv, savi, liivakivid, kiltkivid, paekivid jne.), mis katavad suuremat osa maapinnast kihina, mille paksus ulatub kohati kuni 100 km. Seda kihti nimetatakse maakooreks. Setekivimite kihi all asetseb graniitide ja basaltide kiht, millised on kunagi tekkinud sula aine tardumise teel.

Välise, kivist kesta all on vaheline kest. Seda nimetakse ka maagikestaks, sest on aluseid oletada, et ta on väga rikas rauast, kroomist, niklist ja magneesiumist.

Veel väga hiljuti arvati, et Maa sisemus omab nii kõrget temperatuuri, et aine võib seal olla ainult gaasisarnases olekus. See arvamus põhines asjaolul, et meie uurimisele kättesaadavate Maakera kihtide temperatuur tõuseb vastavalt sügavusele (umbes  $3^{\circ}$  iga 100 meetri kohta). Oletades, et see temperatuuri tõus jätkub peaaegu Maa keskkohani, leiti seal temperatuur olevat umbes 200 000<sup>o</sup>.

Kuid maavärinate uurimine näitas, et Maa sisemised osad reageerivad värinaile nagu tahke keha, mille elastsus ületab terase elastsuse  $2^{1/2}$ -kordselt. Praegusel ajal arvatakse, et meie poolt täheldatav temperatuuri tõus vastavalt sügavusele piirdub ainult õhukese pindmise kihiga ja on seletatav mitte sellega, et Maa sisemus on väga kuum, vaid sellega, et pindmises kihis leiduvad radioaktiivsed elemendid (raadum, uraan, toorium jt.), mis pidevalt soojust eraldavad. Mis puutub keskse tuuma temperatuurisse, siis hinnatakse seda nüüd kõigest 2000—4000<sup>o</sup>-le. Hoolimata kõrgest temperatuurist võib tuuma aine olla tahke keha omadustega, sest ta on väga tugeva rõhu all, mis küünib kolme miljoni atmosfäärini.

Vahetut vanuse määramist, mis pole seotud selle või teise kosmogoonilise hüpoteesiga, võime teostada vaid Maa kõige pealmiste kihtide suhtes, sest ainult need kihid on laboratoorseks uurimiseks kättesaadavad.

Esimese sellelaadilise katse tegi 1715. aastal inglise astronoom Halley, Newtoni kaasaeglane. Jõgesid toitvad maaalused allikad sulatavad maa sees leiduva soola. Jõgedepoolt ookeani kantuna jääbki see sool sinna, kui teda toonud vesi ära aurab ja vihma näol allikaisse ning jõgedesse tagasi tuleb. Vee sellise ringkäigu tõttu peab soolasisaldus ookeanis aja jooksul suurenema.

Halley tegi ettepaneku määrata ookeani vanus temas sisalduva soola hulga järgi. Sellised arvestused, korratud hiljem paljude õpetlaste poolt täpsemate andmete abil, annavad ookeani vanuseks 90 kuni 350 miljonit aastat. Siiski ei või see meetod, mis põhineb väga vankuvatel arvestustel soola hulga kohta, mis igal aastal jõgede kaudu ookeani kantakse, anda kuigi täpseid tulemusi.

Palju usaldusväärsemad tulemused saadi geoloogilise meetodiga, mis põhineb setete paksuse määramisel. Vihmad uhavad pidevalt jõgedesse mulda, jõed aga kannavad seda merre ja ladestavad seal. Säärane väike jõgi nagu Thames kannab igal aastal merre üle kahe miljoni tonni liiva ja savi. Maakera pinnal kogu tema oleskelu jooksul tekkinud setekivimite kihi paksust hinnatakse 100 km-le. Väga raske on leida setete tekkimise keskmist kiirust. Ühtede arvestuste järgi nõuab 1 m paksuse settekihi tekkimine umbes 3000 aastat, teiste järgi umbes 10 000 aastat. Lähtudes neist andmeist oleks Maakera iga, arvates setekivimite tekkimisaaja algusest, 300 ja 1000 miljoni aasta vahel. Kuid selle meetodi peamine puudus, mis ei luba loota täpseid tulemusi, seisneb selles, et meil pole mingisugust alust pidada setete tekkimise kiirust muutumatuks. Ammu möödunud aegadel, mil setekivimite tekkimine alles algas, olid Maa peal hoopis teissugused tingimused ja seepärast võis ka selle protsessi kiirus olla hoopis teissugune.

Tõeliselt usaldusväärsed Maakera ea kindlaksmääramise viisid said võimalikuks alles pärast radioaktiivsus-nähtuste avastamist. Nende nähtuste olemus seisneb selles, et mõningate, nn. radioaktiivsete keemiliste elementide aatomid on ebastabiilses olekus ja lagunevad, muutudes teise elemendi aatomiteks. See protsess kestab seni, kuni saadakse stabiilsed aatomid, mis moodustavad radioaktiivsust mitteomavaid elemente. Nõnda näiteks muutub uraan, millel esimesena avastati (1896. a.) see aatomite lagunemise nähtus, esmalt

raadumiks (millē avastasid abielupaar Curie'd 1898. a.) ja heeliumiks — väga kergeks gaasiks, mis avastati enne Päikesel ja hiljem leiti ka Maa peal. Heelium enam ei muutu. Raadium aga omakorda osutub radioaktiivseks elemendiks ja tema aatomid lagunevad edasi, kuni nad lõpuks muutuvad seatina aatomeiks. Raadiumi aatomite lagunemine toimub palju kiiremini kui uraani aatomite lagunemine. 1500 aasta pärast muutub üks gramm raadiumi pooleks grammiks raadiumiks ja peaaegu pooleks grammiks seatinaks. Niisiis osutuvad uraani muutumise lõplikeks saadusteks seatina ja heelium. Seatina, mis tekib uraanist, on samade keemiliste omadustega, nagu tavaline seatinagi, kuid natuke teissuguse aatomkaaluga (207,1 asemel 206,0). See annabki võimaluse eristada teda teise päritoluga seatinast.

Uraani seatinaks ja heeliumiks muutumise protsess toimub väga aeglaselt. Kui võtame kilogrammi uraani, siis muutub 66 miljoni aasta jooksul üks protsent, s. o. kõigest 10 grammi uraani 8,65 grammiks seatinaks ja 1,35 grammiks heeliumiks. Järgneva 66 miljoni aasta jooksul muutub üks protsent ülejäänud uraanist, s. o. 9,9 grammi, 8,564 grammiks seatinaks ja 1,336 grammiks heeliumiks. Järgneva 66 miljoni aasta jooksul muutub üks protsent ülejäänud uraanist, s. o. 9,801 grammi, omakorda 8,478 grammiks seatinaks ja 1,323 grammiks heeliumiks jne.

Kõige tähelepanuväärsemaks osutub seejuures asjaolu, et selle protsessi vältus, s. o. radioaktiivsete elementide aatomite lagunemise kiirus, ei sõltu neist tingimustest, milles on aine. Vastavad katsed näitasid, et niihästi absoluutsele nullile ( $-273^{\circ}$  Celsiuse järgi) lähedastel temperatuuridel kui ka mõne tuhande kraadi kõrgustel temperatuuridel toimub aatomite lagunemine ühesuguse kiirusega. Samuti ei mõjusta aatomite lagunemise kiirust ka rõhu tõstmine kuni kümnete tuhandete atmosfäärideni.

Niisiis, teinud mõnes kivimis kindlaks uraanist tekkinud seatina hulga, võime arvutada selle kivimi vanuse, s. o. tema tardumise momendist möödunud aastate arvu. See meetod kõlbab muidugi ainult tahke aine vanuse määramiseks, sest vedelas ja gaasisarnases olekus võib uraani lagunemisel tekkiv seatina oma tekkimiskohast lahkuda.

See vanuse kindlakstegemise meetod andis Maakera pealmisi kihte moodustavate nooremate kivimite suhtes tulemusi, mis väga hästi sobivad nende suhtelise vanuse hinnanguatega, mida tegid geoloogid, lähtudes hoopis teistest kaalutlustest. Kasutades seda meetodit kõige vanemate kivimite puhul, saadi nende vanuseks 1500 kuni 3500 miljonit aastat. Me võime järelikult kinnitada, et Maa tahke kest on tekkinud umbes kolme miljardi aasta eest.

Radioaktiivsus-nähtuste uurimine on alles algamas. Aga me teame juba, kuivõrd tähtsat osa etendavad need nähtused looduses. Ühtede keemiliste elementide muutumine teisteks, millega kaasneb energia määratu eraldumine, osutub üheks põhilisemaks protsessiks maailmas. See protsess annab selle tohutu hulga valgust ja soojust, mida saadavad välja Päike ja tähed paljude miljardite aastate jooksul. Radioaktiivsete ainete tähtsus meie Maakera elus alles hakkab selguma, kuid pole kahtlust, et ta on väga suur.

Radioaktiivsus-nähtuste kujul, mis on looduses nii laialt levinud, et Maakeral ei leidu nurgakest, kus me ei võiks avastada lagunevate aatomite jälgi, on niisiis igal juhul juba leitud suurepärase kell mineviku mõõtmiseks.

### **Kokkuvõte.**

Eelnevail lehekülgedel on jutustatud, kuidas inimesed mitmesuguseil ajastuil katsusid lahendada Maakera tekkimise küsimust. Nüüd tuleb meil teha veel mõned lõppmärku-

sed, mis on vajalikud selleks, et õigesti hinnata saavutatud tulemusi ja enesele täielikult selgitada, mida võime tulevikus teaduselt oodata.

Kõigepealt peab enesele aru andma, kui väikese osa oma elust on inimkond läbi elanud ja kui noor on alles teadus. Seda võib teha järgmise arvestuse abil.

Oletame, et Maakera vanus, arvates tahke koore tekkimisest, on kolm miljardit, s. o. 3000 miljonit aastat. Geoloogilised uurimused veenavad meid väga mitmesugustel teedel selles, et elu Maakeral tekkis umbes 300 miljoni aasta eest. Siirdudes maakoore kõige vanemate kihtide juurest, kus esmakordselt leidub lihtsamate loomade ja taimede jäänuseid, nooremate juurde, näeme, kuidas arenes elu, kuidas tekkisid esialgu karploomad, siis hiigelvähid, kalad, roomajad, linnud ja imetajad. Lõpuks leiduvad Maa kihtides, mille vanust hinnatakse umbes 300 000 aastale, esmakordselt inimese olemasolu jäljed. Niisiis on läinud kõigest 300 000 aastat ehk, teiste sõnadega, umbes 10 000 sugupõlve selleks, et ürgaegne ahvisarnane inimene muutus praeguseks inimeseks.

Meie hariliku mõõdu seisukohalt näib säärane ajavahe-  
mik väga suurena, sest inimkonna kogu ajalooline elu ulatub ainult mõne tuhande aastani. Kuid Maakera elus, nii möödunud kui ka tulevases, osutub inimeste olemasolu aeg, aeg, mille jooksul inimesed on tegelnud teadusega, ainult lühikeseks silmapilguks. Et olukorda paremini kujutleda, kasutame järgmist võtet.

Nimetame kolme miljardit aastat, mida peame Maakera eaks, «suureks aastaks». Jaotame selle «suure aasta» tavalise aasta kombel päevadeks, tundideks, minutiteks ja sekunditeks.

Sel juhul moodustab elu olemasolu kestus, nagu on kerge arvutada,  $36\frac{1}{2}$  «päeva», aga inimese olemasolu aeg — kõigest 52 «minutit» 36 «sekundit».

Teaduse esimesi algmeid leiame umbes kolm tuhat aastat enne käesolevat aega. See tähendab, et teadus on olemas olnud kõigest 31 «sekundit»!

Teleskoop suunati esmakordselt taevale 7. jaanuaril 1610. a., ja alles sellest päevast võis alata meid ümbritseva maailma tõeliselt edukas uurimine. Ent tollest ajast on möödunud kõigest kolm «sekundit»!

Nii noor on meie teadus, kui võrrelda teda Maakera eluga!

Vaatame nüüd teisele poole, tuleviku suunda.

Meil on kõik alused arvata, et need tingimused, milles on praegu Maakera ja mis teevad temal elu olemasolu võimalikuks, ei muutu kuigi palju mõne miljardi aasta jooksul. Selle aja vältel ei muutu märgatavalt ei valguse ega soojuse hulk, mida Päike välja kiirgab, ega ka Maa ja Päikese vahe-maa.

Niisiis, olles õiget viisi tegelnud teadusega kõigest mõni «sekund», omab inimkond enda ees teaduse edaspidiseks arendamiseks terveid «aastaid». Mis on kõik meie teadmised, kõik praegusaegse teaduse saavutused võrreldes sellega, mida inimesed saavad teada nii tohutult pikal ajavahemikul! Sisaldab ju üks «aasta»  $31\frac{1}{2}$  miljonit «sekundit». Niisuguseid «aastaid» aga seisab inimkonnal ees arvatavasti veel väga palju.

Lisame veel juurde, et teaduse arenemise kiirus, samuti kui temast lahutamatu tehnika arenemise kiiruski, kasvab hoogsalt. Ületavad ju näiteks XIX sajandi teaduse ning tehnika edusammud võrratult iga eelnenud sajandi saavutusi. Sel määral, kuidas sotsiaalne kord paraneb ja üha rohkem inimesi saab võimaluse tegelda teadusega, muutub tema edasijõudmine üha kiiremaks.

Niisiis pidagem meeles, et teadus on alles väga noor, et ta teeb ainult esimesi samme looduse tunnetamises. Tema

ees avaneb ääretult avar, pimestavalt hiilgav tulevik. See-  
pärast, kui teadus pole veel kõigis üksikasjus lahendanud  
sellist keerulist ülesannet, nagu on Maakera tekkimise küsi-  
mus, siis ei tule selle üle imestuda. Vastupidi, meie võime  
uhked olla, et juba nüüd on teadus niivõrd arenenud, et ta on  
suutnud õigel viisil asuda selle suure ja keeruka ülesande  
lahendamisele.

## Andmeid tekstis esinevate isikute kohta.

1. *Anaximandros* (umbes 610—547 enne meie ajaarvamist) — vana-kreeka mõttetarku, pärit Mileetose linnast. Pidas kogu olemasoleva algaineks nn. apeiron'it — mingit piiritut, määramatut, igavest, hävimatut ja ammumamatut ainet.

2. *Anaximenes* (umbes 588—524 enne meie ajaarvamist) — vana-kreeka mõttetarku, pärit Mileetose linnast. Erinevalt oma õpetajast Anaximandrosest pidas ta kogu olemasoleva algaineks õhku, mis hõrenedes muutub tuleks, tihenemisel aga pilvedeks, veeks, mullaks ja kiviks.

3. *Archimedes* (287—212 enne meie ajaarvamist) — vanaaja suurim matemaatik ja füüsik; sündis Sürakuusas, mille kaitsmisel roomlaste rünnaku vastu ta hukkus. Temale kuulub rida avastusi, nende hulgas hüdrostaatika põhiseadus: vedelikku asetatud keha kaotab oma kaalust niipalju, kui palju kaalub tema poolt väljatõrjutud vedelikuhulk (Archimedese seadus).

4. *Aristoteles* (384—322 enne meie ajaarvamist) — kreeka õpetlane, «antiikaja suurim mõttetark» (K. Marx). Tegutses omaaegse teaduse kõigil aladel, millest ta paljud ise läbi töötas ja välja arendas, ehitades üksikuist katkendlikest andmeist harmoonilised teaduslikud süsteemid.

5. Belopolski, Aristarh Apollonovitš (1854—1934) — väljapaistev vene astronoom, NSVL Teaduste Akadeemia liige.

6. Bernoulli, vennad Johann (1667—1748) ja Jakob (1654—1705) — kuulsad matemaatikud, elasid ja töötasid Baselis (Šveitsis). Tegid väga palju matemaatika tähtsaima haru — infinitesimaalarvutuse — ideede läbitöötamiseks ja selle rakendamiseks loodusnähtuste uurimisel.

7. Celsius, Anders (1701—1744) — rootsi astronoom. Laialdaselt tuntud on tema ettepanek jagada termomeetri skaala 100 kraadiks.

8. Curie (Skłodowska), Marie (1867—1934) — väljapaistev füüsik, rahvuselt poolatar, suure prantsuse füüsiku Pierre Curie' (1859—1906) abikaasa, kellega ühiselt avastas raadiumi (1898).

9. Darwin, George Howard (1845—1912) — inglise astronoom ja geofüüsik, suure looduseuuriija Charles Darwini poeg. Tema tähtsaimad tööd on pühendatud tõusu ja mõõna teooriale.

10. Descartes, René (1596—1650) — prantsuse filosoof, matemaatik ja füüsik. Latiniseeritult nimetati teda Cartesius'eks, mispärast tema pooldajaid kutsutakse kartesiaanideks. Descartes on üks analüütilise geomeetria loojaid. Oma keeristeteooriaga katsus ta seletada taevakehade tekimist.

11. Einstein, Albert (sünd. 1879) — väljapaistev kaasaegne füüsik. Töötas Saksamaal, kuid lahkus sealt ja astus Saksa kodakondsusest välja 1933. a. protestiks fašistliku terrori vastu. Lõi relatiivsusteooria, mis täielikult muutis füüsika kujutlused ruumist, ajast ja gravitatsioonist.

12. Fessenkov, Vassili Grigorjevitš (sünd. 1889) — tuntud nõukogude astronoom, NSVL Teaduste Akadeemia liige.

13. Halley, Edmund (1656—1742) — inglise astronoom. Sai eriti kuulsaks komeetide liikumise uurimisega.

14. Hipparchos — kreeka astronoom, elas II sajandil enne meie ajaarvamist. Tema tööd, mis on Ptolemaiose poolt välja arendatud ja lõpule viidud, avaldasid suurt mõju astronoomia arenemisele.

15. Huygens, Christiaan (1629—1695) — hollandi matemaatik, füüsik ja astronoom. Tuntud on tema tööd mehhaanika ja optika alalt (lõi valguselainetamis-teooria), samuti ka rohkearvulised leiutised (pendelkell). Täiendas tunduvalt teleskoopi, mis võimaldas talle teha astronoomias palju avastusi (Saturni rõngas ja kaaslane, Orioni udu jm.).

16. Jeans, James Hopwood (sünd. 1877) — inglise füüsik ja astronoom, tuntud oma töödega kosmogoonia ja tähtede sisemise ehituse teooria alalt. Tema teooriat planeetide tekkimise kohta peeti teatava aja jooksul parimaks.

17. Jeffreys, Harold (sünd. 1881) — inglise geofüüsik, avaldanud palju huvitavaid töid kosmogoonia küsimuste alal.

18. Kant, Immanuel (1724—1804) — saksa filosoof-idealists. Oma tegevuse algeriiodil tegeles loodusteaduslike küsimustega. Esitas tolle aja kohta julge mõtte võimalusest seletada päikesesüsteemi tekkimist ja arenemist mehhaanikaseadustega.

19. Kepler, Johannes (1571—1630) — saksa astronoom. Tema avastatud seadused planeetide liikumise kohta on praegusaegse teoreetilise astronoomia aluseks.

20. Kopernikus, Nikolaus (1473—1543) — poola astronoom. Põhjendas teooria Maakera tiirlemisest ümber Päikese ja pöörlemisest oma telje ümber, seletades sellega aastaegade vahelduse, planeetide näilise liikumise ja taevavõlvi näilise ööpäevase pöörlemise. See heliotsentrilise (*helios* — päike) maailmasüsteemi nime all tuntud teooria, mis käsitab Päikest kui keskpunkti, mille ümber tiirlevad planeedid, põhjustas murrangu teaduses ja inimeste maailmavaates. Ta lükkas ümber Ptolemaiiose õpetuse (mida toetas kirik), et maailmaruumi keskpunktiks on liikumatu Maa.

21. Laplace, Pierre Simon (1749—1827) — kuulus prantsuse matemaatik, astronoom ja füüsik, kes avaldas suurt mõju taevamehhaanika, matemaatilise füüsika ja tõenäosusteooria arenemisele. Suurt tähtsust vaadete arenemises päikesesüsteemi tekkimisele ja ehitusele omas tema hüpotees selle süsteemi tekkimisest algelisest udukogust.

22. Leibniz, Gottfried Wilhelm (1646—1716) — saksa filosoof-idealist ja matemaatik. Kõrvuti Newtoniga ja temast sõltumatult avastas diferentsiaal- ja integraalarvutuse, mis on väga tähtsad matemaatilised vahendid looduse uurimisel.

23. Ljapunov, Aleksandr Mihhailovitš (1857—1918) — silmapaistev vene matemaatik, akadeemik. Tema peamised tööd käsitlevad loodusteaduse väga tähtsaid küsimusi — liikumise püsivust ja vedeliku tasakaalukujundite teooriat.

24. Newton, Isaac (1642—1727) — suur inglise füüsik ja matemaatik. Mehhaanika looja, mille põhiseadused on nimetatud tema järgi. Avastas kogumaailmse gravitatsiooni seaduse, s. o. looduse kõigi kehade, ka taevakehade

vastastikuse tõmbumise seaduse. See avastus võimaldas seletada taevakehade liikumist ja tõusu ning mõõna nähtust ja temal põhineb praegusaegne astronoomia.

25. *Ptolemaios*, Klaudios (umbes 100—178) — kreeka astronoom, teose «Almagest» (Suur ehitus) autor, mis sisaldab toleleaegsete astronoomiliste teadmiste kokkuvõtte ja geotsentrilise maailmasüsteemi põhjenduse, mille järgi Maa (kreeka keeles *ge*) on liikumatu ja asetseb maailmaehituse keskpunktis.

26. *Pythagoras* (umbes 571—497 enne meie ajaarvamist) — vana-kreeka filosoof-idealist ja matemaatik, pidas maailma aluseks arvu. Tema pooldajaid nimetati pütaagorlasteks.

27. *Roche*, Edouard-Albert (1820—1883) — prantsuse astronoom, kes andis Laplace'i hüpoteesi matemaatilise läbitöötuse.

28. *Šmidt*, Otto Juljevitš (sünd. 1891) — nõukogude matemaatik, tuntud polaarmaade uurija, NSVL Teaduste Akadeemia liige. Nõukogude Liidu kangelane, NSVL Ülemnõukogu saadik.

29. *Thales* (VII sajandi lõpp — VI sajandi algus enne meie ajaarvamist) — vana-kreeka mõttetark, pärit Mileetose linnast. Vana-kreeka materialistliku filosoofia rajaja. Pidas vett kõige alguseks, millest on tekkinud kogu loodus ja milleks viimaks muutub jälle kõik.

## Sisukord.

	Lk.
Sissejuhatus . . . . .	3
1. Kujutlus maailmast inimkonna teadliku elu koidikul . . . . .	5
2. Teaduse tekkimine . . . . .	7
3. Vabanemine teaduse teed tõkestavaist eelarvamustest . . . . .	10
4. Teadusliku kosmogoonia tekkimine . . . . .	17
5. Kosmagooniliste hüpoteeside edasine arenemine . . . . .	22
6. Mida võib praegusel ajal Maakera tekkimise kohta öelda?	27
7. Maakera vanus . . . . .	34
Kokkuvõte . . . . .	39
Andmeid tekstis esinevate isikute kohta . . . . .	43

1. trükk.

*Vastutav toimetaja T. Rootsmäe.*

*Tehniline toimetaja H. Seletus.*

Ladumisele antud 23. VII 47. Trükkimisele antud 22. IX 47.  
Paberi kaust 56×79.<sup>1/16</sup>. Trükipoognaid 5. Autoripoognaid 2,1.  
Arvestuspoognaid 2,16. MB-05915. Laotihedus trpg. 35 000. Tiraaž  
5200. Trükikoja tellimus nr. 684. Trükikoda „Noor-Eesti“, Tartu,  
Kastani 38.

*Hind rbl. 2. —*

М. Ф. Субботин, Происхождение и возраст Земли. На эстонском языке. Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.



A

16558

12 992

RK „TEADUSLIKU KIRJANDUSE“ KIRJAS  
1947. AASTAL ILMUNUD POPULAARTEAD  
TEOSED.

	Lk.	Hind
Frolov, J. P., Jutustusi füsioloogiast	140	Rbl. 6.—
Iljin, M., Jutustusi asjadest	343	„ 15.—
Iljin, M., Mäed ja inimesed	240	„ 5.—
Iljin, M., ja Segal, J., Kuidas inimesest sai hiiglane	196	„ 6.—
Joffe, A. F., Elektrilaeng	48	„ 2.—
Keller, B. A., Kuidas tekkis elu Maakeral	44	„ 2.—
Kostõkov, J., Imelamp	120	„ 5.—
Lunkevits, V. V., Kohutavad loodusnähtused	138	„ 8.—
Makarenko, A., Raamat lastevanemaile	410	„ 12.—
Nefšajev, I., Jutustusi elementidest	160	„ 8.—
Subbotin, M., Maakera tekkimine ja iga	48	„ 2.—

Ilmumas:

- Ivanovski, M., Päikese perekond.  
Kunitski, R. V., Päev ja öö. Aastaajad.  
Orlov, V., Leiduri saladus.  
Polak, I. F., Astronoomia kõigile.  
Poljakov, G. I., Närvisüsteemi evolutsioon.  
Russel, H. N., Päikesesüsteem ja selle tekkimine.  
Saveljev, L., Jäljed kivil.  
Svešnikov, M. P., Klaasi saladused.  
Veitkov, F., Elektri edukäik.

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00498147 0