

Populaarteaduslik
väljaanne

J. A. Jurev

UNIVERSUMI
ÜHTSUS



RK • Pedagoogiline Kirjandus • Tallinn

A-16583

POPULAARSETE BROŠÜÜRIDE SEERIA ASTRONOOMIA ALAL

G. A. GUREV

UNIVERSUMI ÜHTSUS

POPULAARTEADUSLIK ÜLEVAADE

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS“

TALLINN 1947

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

1. MIDA ÕPETAB MEILE TAEVATEADUS.

Küsimused universumi ehitusest, loodusest, selle üksikute osade tekkimisest ja kujunemisest on erakordselt huvitavad ja on erutanud sügavasti inimõtet iidsetest aegadest alates. Muidugi on need küsimused äärmiselt rasked, erakordselt keerulised, ja veel tänini on neist paljud ebaselged, selgitamata. Ometi on väljaspool kahtlust, et universumi käsitavad teadused (astronoomia, füüsika, keemia jt.) on teinud viimasel ajal tohutuid edusamme, ja see, mida neil juba on õnnestunud avastada ja kindlaks teha, hämmastab kõige julgematki kujutelu. Seejuures nende teaduste ajalugu, näidates kujukalt inimõistuse võime arengut, veenab meid kogu looduse materiaalses ühtsuses ja annab täielikema aluse arvata, et meie tunnetusel pole ega saagi olla mingeid ületamatuid piire.

Universumi uurimisega tegeleb peamiselt astronoomia — teadus taevakehadest ja taevanähtustest, olles üheks vanemaks ja huvitavamaks loodusteaduse haruks. Mitte ainult vanal ajal, vaid veel võrdlemisi hiljuti tegeles see teadus ainult taevakehade liikumise uurimisega, püüdes leida just selle liikumise juhtivaid seadusi, et ennustada nende põhjal mõningaid taevanähtusi, näiteks päikese- ja kuuvarjutusi. Nüüdisajalgi kulutab astronoomia palju aega mitmesuguste taevakehade asendi ja liikumise uurimisele, sest uurimisel saadud andmed omavad suurt teaduslikku tähtsust. Astroonoomilised ennustused taevanähtuste suhtes on niivõrd täpsed, et ütlus «astronoomiline täpsus» on muutunud täiesti õigus-

tatult kõnekäänuks, kuna loodusteaduse ajaloos astronoomia sai eeskujuks kõigile teistele teadustele. Praegusel ajal on selle teaduse põhimine eesmärk ometi võrreldamatult laiem: see seisneb nii universumi ehituse kui ka universumi moodustavate kehade kulgemise ja arengu tunnetuses.

Miks haarab astronoomia nii laia ala? Miks on ta julgenud asuda selliste raskeimate ülesannete lahendamisele, mis on seotud meie maailmavaate põhiliste küsimustega? Sellepärast, et sellel teadusel osutus võimalikuks täpselt ning üksikasjaliselt uurida isegi hiigelkaugustes asetsevad iga-suguseid kosmilisi kehasid¹⁾, nagu: tähti, planeete, komeete, udukogusid jne., samuti nende mõõtmeid, massi, tihedust, heledust, temperatuuri, keemilist koosseisu ja muud sellist. Nende erakordselt tähtsate uurimuste usaldatavust tagab tõik kas või sellest, et astronoomilised uurimused viiakse läbi sageli samade võtetega, mida topograafid, füüsikud ja keemikud kasutavad maapealsete esemetega tegeldes. See muidugi tõendab seda, et universumi materia allub looduse muutmataile seadusile, et universumis pole midagi üleloomulikku, imeväärset jne. Just sellepärast on osutunud, et isegi küsimus Maa ja teiste taevakehade tekkimise kohta on puhtteaduslik küsimus, et see on lahendatav rangelt materialistlikult, s. o. loomulike seaduspärasuste alusel, ilma et küsimusse tarvitseks segada mingeid mittemateriaalseid kõigjale sissetungivaid «vahendajaid».

Pole imestada, et astronoomia on mäginud tohutut osa teadusliku maailmavaate arengus ja võitluses ebaususe ning eelarvamustega. Ta on õpetanud meid keelduma usaldamast kinnisilmi meie meeleorganeid, vaid kriitiliselt, põhjalikult ning igakülgsest uurima iga nähtust, otsides selle seost teiste nähtustega. See teadus tegi esimesena kaheldamatuks järel-

¹⁾ „Kosmiline“ tuletub vana-kreeka sõnast „kosmos“ ja tähendab „maailm, universum“.

duse, et looduses on kõik vastastikuses seoses; vastastikuses mõjustusvahekorras, s. o. allub kindlatele seadustele. Uurides piiritu universumi mitmesugustes kohtades toimuvaid nähtusi, on astronoomia näidanud selgesti, et sarnased põhjused sarnaste tingimuste puhul kutsuvad esile sarnased tagajärjed. Sel teel on astronoomia teinud kindlaks universumi materiaalse ühtsuse ja sellesamaga soodustanud materialistliku maailmavaate tugevnemist, looduse tõelikku teaduslikku mõistmist.

Kuid ka nüüdisajal on astronoomia ideeline osa väga suur, sest astronoomia alal uuritavad universumi probleemid kutsuvad meis esile nende vastu pideva huvi. Viimastel aastatel on see teadus saavutanud kolossaalset edu mitmesuguste taevakehade olemuse uurimisel ja universumi horisondi laiendamisel. See, mida oleme teada saanud astronoomia abil universumi ehitusest, ületab isegi kõige kaugemale ulatuva kujutluse ja laseb teha küllaltki tähtsaid filosoofilisi järeldusi.

On iseloomulik, et nüüdisaegne astronoomia on lähedalt seotud füüsikaga: see side on niivõrd tihe, et sageli on raske, kui mitte otse võimatu tõmmata piirjoont nende kahe teaduse ainealade vahel. Isegi sel juhul, kui astronoom tunneb huvi ainult taevakehade liikumise vastu, ei saa ta loobuda füüsikast, sest ta peab ju kasutama pikksilma või teleskoopi — puht-füüsikalist seadist. Ja sellest ajast alates, kui füüsikute poolt leiutati veelgi tähelepanuväärsem seadis — spektroskoop, on tekkinud uus, väga laiaulatuseline ja erakordselt tähtis ning keeruline astronoomia haru — astrofüüsika, s. o. taevakehade füüsika. Sellest ajast alates on avanenud astronoomil võimalus uurida seda, mis sünnib kõige kaugematel taevakehadel, määrata nende füüsikalist olemust, kindlaks määrata aineid, milledest nad koosnevad jne. Viimasel ajal on astronoomid läinud isegi niikaugemale, et katsetavad oma laboratooriumides esile kutsuda mõningaid nähtusi, mis on sarnased nendega, mida nad on tähele pannud taevakehadel.

Astrofüüsika, mis tekkis alles XIX sajandi keskel, areneb praegusel ajal hoogsamalt kui mõned teised astronoomia harud (taevamehhaanika jm.) ja meelitab ennast jälgima mitte ainult teadlasi, vaid ka teisi haritud inimesi. On nimelt nii, et see universumi käsitlev teaduseharu pakub meile tohutut materjali teadusliku kosmogoonia jaoks, selle huvitava astronoomia haru jaoks, mis tegeleb taevakehade (nende hulgas ka meie Maa) tekkimis- ja kujunemisprobleemidega. Lisaks sellele on astrofüüsika lahutamatu seotud uusimate füüsikaliste uurimustega materia ehitusest, elektronide teooria õpetusega radioaktiivsusest, relatiivsuse teooriaga, kvantide probleemidega jne. Seejuures on erakordselt tähelepanav see, et astrofüüsika võimaldab uurijal vabaneda maapealsete nähtuste piiratud ringist ja asuda gigantsesse, hõlmamatusse «universumi laboratooriumi» — kogu loodusesse selle tervikus. Leiame ju siin materiat sellises seisundis, s. o. sellistes hõrenduse-, tiheduse-, temperatuuri- jne. seisukordades, millised on Maa peal täiesti olematud.

Niiviisi võlgneb füüsika küllaldaselt määralt astronoomiale: ainete omaduste uurimisel on astrofüüsikalised vaatlused tarvilikuks täiendusmaterjaliks meie maapealsetes laboratooriumides korraldatud katsete tulemustele. Seepärast iga uus ulatuslik, kogu maailma haarav füüsikaline vaatepunkt ei saa kunagi arvestamata jätta astrofüüsikalisi andmeid — oma lõppstaadiumis ta kontrollitakse ikkagi astronoomide poolt. Ja kõik see, mida teame seni taevakehade mehhaanikast, füüsikast ja keemiast, kinnitab ümberlökkamatult materialismi õpetust maailma materiaalse ühtsuse kohta.

Järgnevas esitame mõned neist astronoomilistest faktidest, mis tutvustavad meid selle õpetusega. Kuid kõigepealt näitame, kuidas tekkis see õpetus astronoomias sellal, kui vanad kujutlused «maast ja taevast», s. o. universumist kordkorralt kokku varisesid.

2. MAAILMA VANA JA UUS SÜSTEEM.

Aastatuhandete vältel valitses selline usk, et Maa on inimkonna jaoks ja kogu muu maailm eksisteerib ainuüksi Maa jaoks. Selle usu alusel tekkis niinimetatud «geotsentrism» — õpetus, mis asetab Maa universumi tsentrisse — kui täiesti erilise, täiesti erandliku, eelistatud taevakeha maailmaruumis. See vaade püsis väga kaua inimeste teadvuses, sest kõigile näis, et see on tõenäoliselt õige, kuna seda nägi igaüks ise oma silmadega. Näeme ju seda, et tähed, Päike ja Kuu ringlevad ümber Maa, mis püsib liikumatuna, nii et tõesti võib järeldada nagu oleks Maa kõige keskus, kõige eksisteeriva keskpunkt. Enim väljatöötatud kuju geotsentrismile andis II sajandi astronoom Ptolemaios, kes pidas Maad keraks, mis asetseb liikumatult universumi tsentris ja mille ümber liiguvad ringjooni mööda ning täiesti ühtlaselt kõik taevakehad: kõigepealt Kuu, seejärel planeedid Merkuur ja Veenus, järjekorras Päike, siis planeedid Marss, Jupiter ja Saturn, lõppeks tähed. See kujutus maailmast tõmbas teravad piirjooned «maa» ja «taeva» vahel, mispärast Maa peal kehtivaid loodusseadusi ei peetud taevakehade puhul üldse rakendatavaiks. See oli sanktsioneeritud kiriku poolt, kes õpetab, et «taevariik» erineb põhiliselt maapealsest maailmast.

Muuseas oli Ptolemaiosel teada, et mõningad vanaaja teadlased oletasid ka Maa liikumist, kuid nagu Aristoteles eitas Ptolemaioski nende oletusi otsustavalt, lähtudes oma aja vääradest mehhaanikalistest kujutlustest. Näiteks ta väitis, et kui liiguks Maa, siis jääksid õhk ja kehad, mis lendavad õhus, Maast maha.

Ptolemaiose ja teiste vana- ja keskaja astronoomide ülesanne seisnes selles, et anda vastav seletus nende planeetide mõistatusliku liikumise kohta, mida nimetati «hulkuvateks taevakehadeks». Need taevakehad, vastuoksa kõigile teistele taevakehadele, ei joonista taevas mitte ringe, vaid «silmu-

seid» ja kõverikke, aeg-ajalt seisma jäädes ja seejärel alates liikumist vastassuunas, s. o. läände. Selle omapära seletuseks oletas Ptolemaios, et mitte iga planeet ei liigu lihtsalt ringjooneliselt ümber Maa, vaid mõned neist liiguvad erilist väheldast ringi mööda, mida nimetatakse epitsükliks, ja selle epitsükli tsenter liigub omakorda Maa kui keskpunkti ümber suurt ringi mööda, mida nimetatakse deferendiks. Muidugi rikkus epitsüklike sissetoomine tunduvalt kogu Ptolemaiiose süsteemi lihtsust ja harmoonilisust, kuid võimaldas arvutada planeetide edaspidist asetust täpsusega, millest peaaegu piisas tolle aja ebatäiuslike vaatlusvahendite jaoks.

Kuid keskaja lõpuks, kui astronoomilised instrumendid ja vaatlusvõtted olid juba täienenud, avastati planeetide liikumises rida kõrvalekaldumisi ühtlasest liikumisest, mispärast hakkasid tekkima kahtlused Ptolemaiiose «maailmasüsteemi» õigsuses. Et kohaneda täpsemate vaatlustega, pidid teadlased iga planeetide liikumises uuesti avastatud ebaseadusepärasuse seletuseks vahetpidamata tarvitusele võtma üha uusi epitsükleid — uusi täiendavaid, üksteise peal kulgevaid ringe. Lõppude lõpuks muutub Ptolemaiiose geotsentriline süsteem liiga keeruliseks, ja ikkagi kujutas ta väga ebatäiuslikult planeetide vaadeldavat liikumist.

Sellele asjaolule juhtis tähelepanu astronoom Kopernikus, kes mõistis selgesti lähtepunkti ekslikkust Ptolemaiiose kujutluses Maast kui universumi liikumatust keskpunktist. Teades, et juba vanal ajal oli tekkinud mõte Maa liikumisest, püüdis ta enesele selgitada, kuidas paistaks Maa pealt vaadatuna planeetide liikumine, kui maailma keskpunktiks pole mitte Maa, vaid Päike, mille ümber ringlevad nii Maa kui ka planeedid. Kopernikusele näis, et sel juhul on planeetide liikumine lihtsalt seletatav, mispärast ta hülgas geotsentrismi ja esitas uue õpetuse maailmast — heliotsentrilise. Vastavalt sellele 1543. aastal avaldatud õpetusele liiguvad planeedid ümber Päikese sellises järjekorras: Merkuur, Veenus, Maa, Marss,

Jupiter ja Saturn. Niisiis on meie Maa üks planeetidest ja, vastupidi, planeedid on lihtsalt teised «maad». Meie poolt täheldatavad planeetide looklevad keerulised liikumised on säärased vaid sellepärast, et asendit Päikese suhtes ei muuda mitte ainult planeet, vaid ka Maa ise, kusjuures planeedi liikumistee igat nähtavat «sõlme» põhjustab Maa ringlemine ümber Päikese.

Pidades Maad üheks maailmaruumis liikuvaks planeediks, kummutas Kopernikus vanad sajandite-pikkused arvamused meie asendist universumis. Seda tunnustas eriti meelsasti filosoof Bruno, kes elas peatselt pärast Kopernikust ja tegi uuest maailmaõpetusest terve rea teaduslikule maailmavaatele küllaltki tähtsaid järeldusi. Nii rääkis ta, et kogu päikesemaailm pole midagi rohkemat kui liivatera, mis hõljub maailmaruumide avaruses; et iga täht on teine eemalolev päike, mille ümber arvatavasti ringlevad niisama planeedid; et paljud arvutuid planeetidest on asustatud mõistuslike olenditega; et universum on piiritu ja tema maailmad on arvutud jne. Kõik need ideed näisid Bruno ajal (1584—1600) meeletult julgeina, nad pimestasid paljude meeli. Isegi tolle aja väljapaistvatel teadlastel hakkas «pea ringi käima» (nagu nad ise kirjutasid), lugedes Bruno teoseid. Bruno ideede aluseks oli vana maailmakujutluse kahe peamise põhimõtte eitamine: universumi keskpunkti olemasolu ja maapealse ja taevase põhiline eristumine. Vana õpetuse pooldajad ei leppinud sellega ja 17. veebruaril 1600. aastal põletati Bruno elusalt tuleriidal, kuna ta ei tahtnud loobuda oma ideedest, deklareerides: «Suren vabatahtlikult märtrina.»

Varsti pärast seda esitas füüsik ja astronoom Galilei rea tõendeid selle kohta, et Maa tõesti tiirleb Päikese ümber ja on vaid üks planeetidest. Katsete najal leidis ta, et omaette jäetud kehad ei taotle paigalolekut, vaid säilitavad muutmatult neile omase liikumise. Sellega oli tagasi lükatud peamine vastuväide Maa tiirlemise kohta, sest kõik meid ümbritsevad kehad

peavad iseenesest säilitama neile kui Maa osadele omase liikumise. Kuid eriti tähtis on see, et Galilei ühena esimestest konstrueeris pikksilma. Suunanud selle taeva poole, tegi ta rea hämmastavaid avastusi, mis tõendasid suurepäraselt Kopernikuse õpetust. Näiteks avastas Galilei ühelt poolt mäed ja orud Kuul ja näitas sellega, et meie teekaaslane mitmes suhtes meenutab Maad; teiselt poolt avastas Galilei, et planeet Veenus («ehatäht») nagu Kuugi võib mõnikord olla sirbi-kujuline. See viis paratamatult järeldusele, et planeedid on Maa-sarnased valguskiirguseta kehad. Nad on nagu Maagi tumedad kerad, mis valgustavad vaid Päikese peegelduva valgusega. Üldiselt rääkisid Galilei avastused veenvalt nende järelduste õigsusest, mida oli teinud Bruno Kopernikuse õpetuse põhjal. Ega asjata kannatanud Galilei raskesti oma ideede pärast (1633. aastast oli ta inkvisitsiooni vang).

Sellest nähtub, et Kopernikuse õpetus päikesesüsteemist oli niihästi suureks pöördeks astronoomias kui ka suureks inimõtte revolutsiooniks, sest ta kõigutas vana maailmavaate põhialuseid. Seepärast Engels, alla kriipsutades seda tähtsat sündmust, kirjutab: «Revolutsiooniliseks aktiks, millega looduseuurimine deklareeris oma sõltumatust, just nagu korrates paavsti bulla põletamist Lutheri poolt, oli surematu teose väljaandmine, milles Kopernikus esitas — kuigi aralt ja nii-öelda surivoodil olles — väljakutse kiriku autoriteedile looduse küsimusis. Siit peale alustab oma ajaarvamist looduse vabanemine teoloogiast, kuigi nende vahe üksikute vastastikuste pretensioonide selgitamine on veninud meie päevini, ja mõnedes peades pole see veel kaugełki lõpule viidud isegi praegu» («Looduse dialektika», 1941. a. väljaanne, lk. 7).

On tarvis silmas pidada, et oletus Maa aastase ringkäigu kohta Päikese ümber eemaldas kõik need Ptolemaiase süsteemi epitsüklid, mis olid välja mõeldud planeetide seisakute ja tagurpidi liikumiste seletuseks. «Oli vaja pühkida taevast

ära see ämblikuvõrk,» nii formuleerib Maxwell piltlikult Kopernikuse vaatepunktiga ühinenud astronoomide ülesannet. Kuid esialgselt omas Kopernikuse süsteem olulist puudust: ta polnud vaba mõnedest epitsüklitest, kuna ta põhialuseks oli pandud seesama täiesti eelarvamuslik, mitte millegagi tõestatud oletus, mis oli Ptolemaiuse süsteemis ja mis tugines usule põhilisest erinevusest maapealsete ja taevaste liikumiste vahel. See on oletus, et taevakehade liikumine on rohkem «täiuslik» ja seepärast peaks toimuma täpselt ringjooneliselt ning täiesti ühtlase kiirusega. Astronoom Kepler avastas planeetide liikumise seadused, mis lõplikult tühistasid selle omavolilise oletuse, ja sellega parandas ta Kopernikuse süsteemi, võimaldades selle edaspidise arengu.

Aastal 1609 tõestas Kepler, et planeedid ei tiirle Päikese ümber mitte mööda ringjooni vaid ellipseid, mispärast iga planeedi kaugus Päikesest muutub teatud piirides. Seejuures osutus, et planeetide liikumine mööda elliptilisi orbiite toimub ebahühtlaselt, kusjuures see kiirus on seda suurem, mida ligemal on planeedid Päikesele. Lõppeks tõestas Kepler, et planeetide tiirlemine Päikese ümber on kindlas sõltuvuses nende kaugustest Päikesest, nii et kui on teada mingi planeedi tiirlemise aeg, siis selle järgi on kerge leida ta keskmine kaugus Päikesest.

Esimesel pilgul Kepleri seadused, s. o. ringjoone asendamine elliptisiga ja ühtlase liikumise asendamine ebahühtlasega, ei hämmasta meid teadusliku mõtte julgusega. Kuid on tarvis silmas pidada, et kui Maa liikumatuses kaheldi kaua enne Kopernikust, siis selles, et taevakehad peavad liikuma ainult mööda ringjooni ning seejuures ühtlaselt, ei kahelnud keegi, isegi mitte Kopernikus. Kepler, lükates ümber selle eelarvamuse planeetide liikumise kolme seaduse avastamisega, andis täieliku võimaluse määrata planeedi asukoha orbiidil ükskõik millise momendi puhul sellise täpsusega, mis oli absoluutselt

saavutamatu niihästi Ptolemaiiose kui ka Kopernikuse teooria abil tema esialgsel kujul.

Kepler esitas selge ning arusaadava kujutluse planeetide liikumiste iseloomust, kuid ei avastanud nende liikumiste põhjusi, ei selgitanud neid liikumisi põhjustavat seadusepärast — «tungi». Ta oletas, et planeetide-maailm on süsteem, mis on seotud mingi «ühtsa tungiga», mille allikaks on Päike, kuid avastada selle tungi iseloomu ja mõju seadusi ta ei suutnud. See teostati pool sajandit hiljem Isaac Newton'i poolt, kes avastas põhilise loodusseaduse, mida nimetatakse «kogumaailmse gravitatsiooni seaduseks» ja millele on rajatud «taevamehhaanika».

3. MAA- JA TAEVAMEHHAANIKA ÜHTSUS.

Niisiis nägime, et Kopernikus otsekui ühendas «Maa» «taevaga», näidates Maale koha planeetide, s. o. taevakehade hulgas ja sel kombel õieti hävitas põhilise «maalise» ja «taevalise» erinevuse. Muuseas kinnitas ta, et ringliikumine, mis on omane kõigile taevakehile, peab olema omane ka Maale. Kuid eriti tähelepanuväärne on tõik, et see suur teadlane väljendas mõtte, et raskus on kõigi asjade omadus, ükskõik kus need ka ei asetseks. Sel viisil astus Kopernikus esimese otsustava sammu universumi materiaalse ühtsuse tunnustamise suunas ja soodustas sellega materialismi tugevnemist. Selles on tema «maailmasüsteemi» kustumatu ajalooline tähtsus teadusliku maailmavaate kasuks.

Järgmise suure sammu astus 1687. aastal Newton, kes otsekui lõplikult ühendas «t a e v a» «M a a g a», näidates, et taevakehad liiguvad põhiliselt samade meile tuntud seaduste kohaselt, mis kehtivad raskete kehade langemisel Maa peale. Vana kujutlus Maa ja taeva vastandlikkusest, samuti müstiline piir, mis eraldas vanaaegsete inimeste kujutluses taeva

(«kuupealne maailm») ja Maa («tege'lik maailm»), kadusid lõplikult. Järelikult avanesid inimese pilgule universumi ühtsus, tema mitmesuguste osade ühtsus ja vastastikune olenevus, s. o. nende allumine ühtedele ja samadele loodusseadustele.

Mõtiskledes planeetide ja nende kaaslaste (kuude) liikumise üle, kerkib tahtmatult küsimus: mispärast kõik need kehad ei liigu mitte sirgjoont, vaid kinnisi, peaaegu ringteid mööda? Teadlased ja filosoofid, kes elasid enne Kep'eri ja Newtonit, ei teinud sellist küsimust, sest Aristoteelse aegadest näis kõigile, et taevakehade ringliikumised on iseenesest arusaadavad ega nõua edasist põhjendamist. Kuna vaatlused näitasid, et välismõjudest vabad liikumised Maa peal, erinevalt taevastest liikumistest, on sirgjoonelised, siis järeldasid teadlased, et taevased liikumised on midagi täiesti «erilist», mis ei oma midagi ühist maapealsete liikumisseadustega. Kuid Kopernikuse õpetus rääkis vastu sellele kujutlusele: kui Maa pole universumi keskne keha, vaid ainult üks planeetidest, siis võivad Maa peal valitseda ainult need liikumisseadused, mis kehtivad ka planeetide-maailmas, nii et planeetide eneste liikumine peab alistuma samadele seadustele. Mis seadused need siis on?

Kep'ler, avastanud planeetide liikumise iseloomu, tegi kindlaks, et Päike asetseb iga planeedi elliptilise orbiidi fookuses ja et planeedi kiirus ja tema täistiiru kestus oleneb ainult tema kaugusest Päikesest. See viis vältimatult mõttele, et tung, mis paneb liikuma planeedid, mis hoiab neid orbiitidel, «lähtub» Päikesest, kusjuures see tung väheneb seoses kaugusega. Teisest küljest avastas Ga'ilei katsete varal inertsiseaduse, vastavalt millele iga liikuv keha, mida väljastpoolt ei mõjustata, liigub sirgjooneliselt ning ühtlaselt, muutes ainult siis kiirust või oma liikumise suunda, kui tema peale mõjub väline põhjus, s. o. kindel «tung». Siit on selge, et planeetide liikumise suhtes pole mitte tarvis otsida seda põhjust, mis tekitab liikumise, vaid põhjust, mis muudab sirgjoonelise teekonna

kõverjooneliseks, s. o. tungi, mis hoiab planeedi ta orbiidil. Seepärast tuli tunnustada, et kui planeedid ei liigu mitte sirgelt, vaid kõveraid jooni, s. o. ellipseid mööda, siis toimub see erilisel põhjusel, teatava välise mõjustuse tõttu, mis «lähtub» Päikesest. Kuid mis põhjus ehk tung see on?

Sellele tähtsale küsimusele vastas Newton, kes range matemaatilisusega näitas, et selliseks põhjuseks on päikese tõmbetung. Tõmbetung kallutab kogu aja planeeti kõrvale sirgjoonelisest liikumisest (inerti tõttu). Järelikult Päike muudab kõveraks iga planeedi orbiidi ja sunnib sellega kõiki planeete lakkamatult tiirlema ellipseid mööda enese ümber. Mida lähemal on planeet Päikesele, seda tugevamini tõmmatakse teda viimase poolt, seda märgatavam on tema kiirus orbiiti mööda ja järelikult seda väiksem on tema tiirlemise periood. Nagu osutus, väheneb Päikese tõmbetung, mis mõjub planeetidele, võrdeliselt kauguse ruuduga (niisamasugune on olukord valgusega, häälega, elektriga, magnetismiga ja paljude teiste füüsikaliste nähtustega). Analoogiline tung lähtub ka planeetidest ja põhjustab nende kaaslaste ringlemise ümber planeetide. Raskustung, mis on tuntud meie Maa peal, väheneb sama, nagu räägitakse, njutonliku tõmbeseaduse järgi, mida võib sõnastada nii: materia iga kaks osakest tõmbuvad vastastikku tungiga, mis on võrdeline nende massiga ja pöördvõrdeline nende kauguste ruuduga.

Newton tõestas, et see Päikesest ja planeetidest lähtuv tõmbetung omab sama loomust kui meie igapäevase kogemuse järgi tuntud raskustung, mis sunnib õuna kukkuma puult, kivi — kaljurünkalt, vihmapiisku pilvest jne. Tõmbetungi hakati nimetama lõppeks «kogumaailmseks gravitatsiooniks», sest ta on omane igale kehale ja igale kehaosale, tähendab on iga aine üldine omadus.

Kogumaailmse gravitatsiooniseaduse avastamine kinnitab suurepäraselt ammu väljendatud mõtet, et geeniuse jõud seisneb oskuses siduda ühte tervikusse seda, mis tavalistele ini-

mestele näib isoleerituna ja lahutatuna. Juba enne Newtonit järgisid miljonid inimesed kehade langemist ja pidasid seda täiesti arusaadavaks ja tavaliseks nähtuseks, mille üle pole midagi mõtiskella. Newton vaatas sellele asjale teisiti ja sidus need arusaadavad maapealsed nähtused tema ajani täiesti arusaamatute taevaste nähtustega. Ta tegi kahelemaatuks selle fakti, et taevakehade lakkamatu liikumine ellipseid mööda ja Maa pinnal täheledatavad liikumised on tingitud ühest ja samast põhjusest, tähendab on esile kutsutud «tungi» kui ühise põhjuse poolt. Sel teel röövis ta taevastelt liikumistelt selle saladusrikkuse, mis neid varem oli emmanud. Kõik taevakehade mitmekujuised liikumised õnnestus tal viia selliste tavaliste nähtusteni, nagu on aine tõmbetung ja inerts.

Pole raske jälgida seda teed, mis viis Newtoni maapealsete nähtuste juurest taevaste juurde — õuna, kivi ja teiste kehade kukkumisjuhtudest Maa pinnal Maa tõmbetungi tõttu kuni planeetide ja nende kaaslaste liikumiseni. Newton esitas endale küsimused: kuidaugele ulatub meie poolt jälgitava raskustungi ehk Maa tõmbetungi mõju? kas ei ulatu see Kuuni ja veelgi kaugemate taevakehadeni? kas pole see tavaline, kõigile tuntud «tung», mille mõjul kõik vabad, s. o. ei mingit tuge omavad esemed langevad Maa peale, seesama «tung», mis hoiab Kuu ta orbiidil ja takistab teda eemaldumast Maast (orbiidi puutuja suunas) sirgjoonelise, vastavalt inertsiseadusele? Et vastata neile küsimustele, oli tarvis kindlaks teha, kui suur on tung, mis on vajalik Kuu hoidmiseks ta orbiidil, ja siis võrrelda seda raskustungi suurusega Kuu kaugusel. Nii tegigi Newton, pidades silmas, et tungi suuruse järgi võib välja arvutada nii langeva keha kiirenduse (Maa peale) kui ka Kuu kiirenduse (Maa poole). Osutus, et Kuu langemisel Maa poole on kiirendus 0,0027 meetrit sekundis (täpselt väljendades 0,0027 m/sek²).

Määrame nüüd Maa raskustungi kiirenduse suuruse Kuu kaugusel. Newton oskas ka selle välja arvutada Maa pinnale

vabalt langevate kehade kiirenduse kohta käivate andmete ja samuti Kuu ja Maa vahelise kauguse tundmise alusel. Tema arvutuse resultat oli järgmine: raskustungi kiirenduse suurus Kuu kaugusel peab täpselt võrduma 0,0027 meetriga sekundis.

Niisiis üks ja seesama tung — raskustung — hoiab Kuud ta orbiidil.

Õeldu alusel saab järeldada, et Maa ja teised planeedid tiirlevad Päikese ümber sellesama tungi — Päikesest «lähtuva» tõmbetungi — mõjul. Planeedid ei kuku neid külgetõmbava Päikese peale ainult oma liikumise inertsitõttu, samuti selle tõttu, et maailmaruumis liikudes pole neil tarvis ületada mingit takistust. Päikesest ei lenda planeedid eemale aga selletõttu, et nende tee ei saa olla sirgjooneline: Päikese tõmbetung kõverdab katkestamatult planeetide teed ja seepärast nad liiguvadki elliptilisi orbiite mööda.

Niiviisi, tänu kogumaailmse gravitatsiooniseaduse tundmaõppimisele, kadus taevaste liikumiste saladuslikkus, sest oli täielikult kummutatud vana kujutus «maapealse» ja «taevase» vastandlikkusest. Sai selgeks, et planeedid, nende kaaslased jm. on lihtsalt rasked kehad, mis liiguvad samade seaduste kohaselt kui maapealsed esemed, kuid ainult täiesti teistes tingimustes. Lühidalt, tuli tunnustada, et ainete omadused, mida meie avastame katsete abil Maa peal, on seletuseks paljudele nähtustele, mis toimuvad ka kaugemal taevakehil, sest looduses peavad samade tingimuste puhul toimuma täiesti ühesugused nähtused.

Sellega kindlustas Newton tugevasti materialismi põhialuseid, mis õpetab, et maailm on ühtne ja et maailma ühtsus seisneb tema materiaalsuses. Kogumaailmse gravitatsiooni seadus viis tõesti vältimatu järelduseni, et taevas pole sugugi ebaloomulike jõudude ja olendite varjupaigaks: tuli tunnustada, et looduses on kõik loomulik, s. o. et universum eksisteerib iseenesest, säilib iseenesest ja «on juhitud» iseenda poolt

— kõik temas on «ise liikuv». Alates Newtoni ajast konstateeribki tõeline teadus, et kogu loodusest peab aru saama tema enda järgi, tema enda seadusepärastuste järgi, s. o. tuntud materia vastastikuste olenevuste, vastastikuste mõjude järgi. Pole imestada, et mõned ebatäpsete vaadete pooldajad tungisid Newtonile kallale sellepärast, et ta «jättis jumala ilma oma loomingu otsesest mõjustamisest, nagu pühakirjas kaljukindlalt on omistatud temale, ja asendas jumaliku tahte tõmbetungiga».

On tarvis märkida, et «tung» mõiste mehhaanikas on iga «liikumise põhjuse» üldine nimetus. Nende «põhjuste» loomust ei uurita mitte mehhaanikas, vaid teistes teadustes, sest mehhaanikale (Newtoni seadus kuulub mehhaanika valdkonda) on tähtis ainult nende mõju. Kuid ei tarvitse mõelda, et «tung» on mingi «varjatud olemus», mis mingisugusel saladuslikul viisil tekitab liikumise. Engels näitas selgesti, et «tung on aktiivne liikumine», s. o. ta ei tekita liikumist, vaid ainult kannab seda üle ühelt kehalt teisele. Rahu liikku materiat pole ja seepärast iga «rahu», iga tasakaal omab ainult suhtelist tähtsust, ol'es liikumise erijuhtumiks. Liikumine pole ainult kehade asendi muutumine: ta esineb mitmesugusel kujul ja on materia eksisteerimise vormiks, kuna pole liikumist ilma materia ja materiat ilma liikumiseta. Tähendab, liikumine ei lisandu materiaale mingi väljastpoolt pärinevana, ebamateriaalsena: materia ja liikumine moodustavad lahutamatu ühtsuse, s. o. niipalju kui materia eksisteerib, ta liigub, toimib, muutub jne. Kuid see väga tähtis tõde, mis tuleneb dialektilis-materialistlikust maailmavaatest, polnud teada Galileile, Newtonile ja teistele teoreetilise mehhaanika rajajaile.

Selle tulemuseks oli see, et Newton andis puht-mehhanistliku kujutuse planeet-süsteemi ehitusest, mitte mõeldes sellele, et maailmas kõik muutub. Mehhanistlik loodusteadus, mis konstateerib looduse absoluutset muutumatust ja mis on suurel määral Newtoni töö tulemuseks, ei võimaldanud oma

metafüüsikalise piiratuse tõttu sellel teadlasel püstitada küsimust planeet-süsteemi tekkimise ja arengu kohta ja vabaneeda «looja» ideest. Newton pidas võimatuks seletada loomulike põhjustega planeet-süsteemi tekkimist (ta arvas, et planeedid said oma liikumiseks algtõuke «jumala sõrmest»). Juba Buffon, Kant, Laplace jt. avastasid Newtoni arutlustes vea. Nad näitasid, et päikesesüsteem (nagu kõik maailmas) kujutab enesest midagi ajas arenenut, et ta omab väga pikka ajalugu. Kuid see ei vähenda Newtoni avastuse tähtsust: kogumaailmse gravitatsiooni seadus sai tähtsaks teetähiseks materialismi ajaloos, sest ta kindlustas tugevasti kujutlust universumi materiaalsest ühtsusest, sest selle seaduse alusel loodud eriline teadus — «taevamehhaanika» — näitas, et ei saa olla juttu mingite «kõrgemate väimsete jõudude» omavolilisest vahelesegamisest kosmilistesse nähtustesse, ja sai järelikult materialistliku maailma vaate ilmekaks tõendiks.

4. KOGUMAAILMSE GRAVITATSIOONI SEADUSE UNIVERSAALSUS.

Kogumaailmse gravitatsiooni seaduse avastamine on inimteeniuse suuremaid saavutusi, on üks hämmastavamatest sündmustest loodusteaduse ajaloos pärast Kopernikuse õpetuse esilekerkimise momenti. Tulemused, mida see seadus võimaldab saada, on niivõrd täpsed, et ainult tänu temale on astronoomia oma ennustuste ja järelduste täpsuse poolest saanud juba ammu eeskujuks, ideaaliks kõigile loodusteadustele.

Järgnevad faktid näitavad küllaldase selgusega, kui suur on Newtoni seaduse osatähtsus astronoomias.

Juba Newtoni ajal oli teada, et Kepleri seadused on õiged vaid umbkaudselt, kuna planeetide liikumistes esineb häireid täpse liikumise suhtes ellipseid mööda. Newton seletas neid

«kõrvalekaldumisi» planeetide liikumises selle tõmbetungiga, mida planeedid avaldavad üksteisele. Tõesti Päike, planeedid ja planeetide kaaslasted tõmbavad vastastikku üksteist ligi ja nende mitmesuguste vastastikuste külgõtõmmete tõttu muutuvad katkestamatult nende orbiidid, s. o. teataval määral rikutakse nende liikumise seadusepärasus. Teiste sõnadega, Newtoni seaduse kohaselt vastastikused tõmbed planeetide, nende kaaslaste ja Päikese vahel kutsuvad esile planeetide ja nende kaaslaste elliptilises liikumises häireid, mida teaduses nimetatakse «perturbatsioonideks».

Muidugi on need häired tähtsuseta, sest planeetide mõju üksteisele moodustab ainult väikese, mitteolulise osa Päikese tõmbetungist planeetidele, kuna planeetide massid on üsna väikesed võrreldes Päikese massiga (kõigi planeetide üldine mass moodustab umbes ainult $\frac{1}{750}$ osa Päikese massist) ja planeetide omavahelised vahemaad on väga suured võrreldes nende mõõtmetega. Lisaks sellele liiguvad planeedid peaaegu ringteid mööda ja seepärast ei satu nad üksteisele liiga lähedale. Just selletõttu on planeetide perturbatsioonide väljaarvutamine erakordselt raske ülesanne, moodustades terve teaduse — «taevamehhanika» — peamise sisu. Isegi planeetide liikumise kindlaksmääramise ülesanne Päikese ja ainult ühe «häiriva» planeedi mõju järgi (nn. «kolme keha ülesanne») on niivõrd raske, et ta seni on lahendamata sel kujul, mis kõlbaks praktiliste arvutuste jaoks.¹⁾

Tegelikult aga iga planeedi liikumisele mõjub palju rohkem häirivaid kehasid ja seepärast suurenevad ülesande raskused veelgi.

Nagu teada, koostavad astronoomid erilisi tabeleid planeetide asukoha leidmiseks taevas, et ette teada, kus nad peavad

¹⁾ Soome matemaatik Sundmann lahendas selle ülesande rangelt matemaatilises mõttes, kuid tema poolt antud matemaatilised read, nagu demonstreeris Belorizki (Prantsusmaa), on niivõrd keerulised, et neid ei saa kasutada praktikas.

täpselt asetsema ükskõik millisel momendil, ja neid vaadelda. Muidugi arvestatakse nende arvutuste puhul rangelt — kui võrd see on võimalik — kõigi meile tuntud planeetide häirivat tegevust. On osutunud, et kõik planeedid liiguvad täielikus kooskõlas arvutustega, mis on rajatud Newtoni gravitatsiooni-seadusele, peale ühe — Uurani. Avastatud 1781. a. astronoom William Herscheli poolt, käitus see planeet astronoomide silmis kuidagi imelikult ja arusaamatult. Nimelt samal ajal, kui vaatlused Saturni, Jupiteri ja teiste planeetide suhtes kooskõlastusid täielikult nende teoreetiliste asupaikadega väljaarvatud tabelite järgi, ei eksisteerinud Uurani jaoks säärast kooskõla: selle planeedi suhtes konstateeriti kogu eelmise sajandi kestel vahet arvutatud ja tegelike asupaikade vahel taevas. Tõsi küll, see vahe oli tühine, kuid ükski astronoom ei salli lahkuminekut mingi taevakeha kohta käiva arvutatud ja vaadeldava asukoha vahel, ja kui ta leiab sellise vahe, siis ei rahune ta enne, kui ei avasta selle erinevuse põhjuse.

Milles seisneb see põhjus, mis «avatleb» planeedi Uurani oma teekonnalt kõrvale? Et seda kõrvalekaldumist väljaarvutatud orbiidist ei saanud seletada kõigi tolle ajani tuntud planeetide tõmbega, siis arvasid mõned teadlased, et Uran oma liikumisega tõendab seda, et Newtoni gravitatsiooniseadus ei laiene päikesesüsteemi kogu alale ja et järelikult see seadus pole üldine, kogumaailmne. Kuid ometi lükkas teadus otsustavalt tagasi selle oletuse ja avastas Uurani imeliku «käitumise» tõelise põhjuse.

Nimelt tõestasid möödunud sajandi neljakümnendail aastail, seejuures teineteist vastastikku mõjustamata ja peaaegu üheaegselt, astronoomid Leverrier ja Adams, et Uurani kallutab kõrvale väljaarvutatud teekonnast teadusele veel tundmata planeet, mis peab asetsema Päikesest kaugemal kui Uran. Uurani orbiidi häirete ja arvutuste najal õnnestus isegi määrata selle tundmatu «Uurani-taguse» planeedi asukoht taevas. 1846. aastal avastati see planeet astronoom Galle poolt ja täpselt

«antud aadressil», s. o. tõesti taeva tolles kohas, mida näitasid arvutused. See planeet nimetati Neptuuniks. Siin on meie ees hämmastav näide astronoomiliste ennustuste usutavusest ja täielikust põhjendatusest: tuginedes kogumaailmsele gravitatsiooniseadusele, astronoom «oma sule otsaga» avastas terve maailma, mis asetseb meist miljardite kilomeetrite kaugusel. Tahtmatult meenub Lenini suurepärase märkus: «Imede ennustus on muinsjutt, teaduslik ennustus on fakt» (Kogutud teosed, XV köide, lk. 330).

Neptuuni avastamine polnud ainult Newtoni külgetõmbe-seaduse, vaid ka Kopernikuse maailmasüsteemi triumfi, kuna see seadus tõestati kehade uurimisel, mis kuuluvad päikesesüsteemi koosseisu. Märkides seda asjaolu ütles Engels: «Kopernikuse päikesesüsteem jäi kolmesaja aasta jooksul vaid oletuseks, ülimal määral tõenäoliseks, kuid ikkagi oletuseks. Kui aga Leverrier selle süsteemi andmete alusel tõestas, et peab eksisteerima veel üks tema ajani tundmata planeet, ning ühtlasi arvutuste abil määras taeva laotuses selle tähe koha ja kui pärast seda Galle tõesti leidis selle planeedi, oligi Kopernikuse süsteem tõestatud» (Marx, Valitud teosed, I köide, lk. 330).

Peale Neptuuni avastamist ei saanud enam olla kahtlust selles, et gravitatsiooniseadus kehtib kogu meie planeet-süsteemis. Aga kas laieneb see seadus kogu universumile, s. o. kas on ta tõesti universaalne, kogumaailmne seadus? Anda sellele küsimusele vastus tähendab tõestada, et seesama gravitatsiooniseadus, mis on täiesti rakendatav meie planeet-süsteemis kõigile vaadeldavaile liikumistele, on rakendatav ka tähtedele, s. t. omab kohta ka kõigis teistes maailmasüsteemides. Kas on võimalik seda teha? On osutunud, et see on täiesti võimalik. Asi seisneb selles, et mõned tähed on asetatunud üksteisele nii ligidale, et moodustavad ühe sugulusgrupi ehk süsteemi, s. o. nad on seotud omavahel üldise tõmbetungiga. Vaadeldes neid «kaksiktähti» pika aja vältel, on õnnes-

tunud kindlaks teha, et üks tähtedest, nimelt vähem massiivne, tiirleb alati teise, massiivsema ümber; õigemini, mõlemad tähed tiirlevad oma ühise raskuspunkti ümber. Seejuures on osutunud, et nende orbiidid omavad üldiselt samasugust elliptilist kuju nagu päikesesüsteemigi planeetide teed. Järelikult liikumine sääraseid orbiite mööda toimub Newtoni seaduse järgi, s. o. ka seal tähte-kaaslast liikuma panev tung on pöörvdõrdeline kauguse ruuduga. Lühidalt, kaksiktähtede (ja üldse «liittähtede») maailmas toimub seesama mis Kuu liikumisel ümber Maa või Maa liikumisel ümber Päikese: tõmbetung hoiab üht tähtedest teise juures.

Seoses sellega on eriti tähelepanuvääriv Siiriuse ja Procyoni nähtamatute kaaslaste avastamise ajalugu. Astronoom Bessel, märganud 1834. a. tähtede Siiriuse ja Procyoni liikumises korrapäratusi (mõlemad on teleskoobiga nähtavad kui üksiktähed), mõistis, et need korrapäratused pole midagi muud kui häired, mis on esile kutsutud nende tähtede ümber liikuvate nähtamatute kaaslaste külgetõmbega, nii et need tähed tegelikult on kaksiktähed. Varsti pärast seda astronoomid, tuginedes kogumaailmse gravitatsiooni seadusele, arvutasid nende nähtamatute kaaslaste tiirlemise perioodid, nende asendid, massid jne. Siiriuse jaoks tegi seda Auwers, Procyoni jaoks Peters. Ja mis juhtus? Mõõdusid aastakümned ja need «nähtamatud» kaaslased avastati suurema vaevata võimsate teleskoopide abil, nii et Besseli oletused täitusid kõige hiilgavamal kujul.

Planeedi Neptuuni kui ka Siiriuse ja Procyoni kaaslaste avastamisega sai alguse uus ja küllaldaselt tähelepanuvääriv peatükk universumiteaduse ajaloos, nn. «nähtamatu astronoomia». Kõige viimastel aastatel astronoomid Holmberg, Strand ja Reil, töötades täiesti iseseisvalt, avastasid sääraseid väiksemaid, perioodiliselt korduvaid häireid mõningate meie lähedaimate tähtede liikumises, mis kahtluseta viitavad sellele, et neil tähtedel on vähekdased tumedad planeedi tüüpi kaaslased.

Järelikult ei saa nüüdisajal enam juttugi olla sellest, et meie planeet-süsteem on omaette midagi erakordset: meie päikesesüsteemi taolised süsteemid on küllaltki sagedased nähtused universumis.

Sellesamaga on tõestatud, et Newtoni seadus on looduse universaalne seadus; teisiti üteldes, ta on üldine seadus kogu universumi jaoks; järelikult on teda täiesti õigesti nimetatud kogumaailmse gravitatsiooni seaduseks. Seejuures on küllaltki tähelepanuväärt järgmine asjaolu: see, mis alguses näis sobivat tema ümberlökkamiseks, sai tema suurimaks triumfiks.

Tõmbetung ilmneb kõikjal, kus on vaid mingi keha, mingi aine, järelikult on ta tähtsaimaks «loodusjõuks». Seepärast on kogumaailmse gravitatsiooni seadus astronoomia põhiliseks seaduseks: ta haarab ühe lihtsa valemiga korraga lõputu faktoriite-valla. Kuid on tarvis silmas pidada, et tõmbetungi olemus, loomus on seni tundmata. Newton ainult näitas, kuidas see aine omadus mõjub, kuid ei andnud tema kohta sisulist seletust. Seepärast Engels, kõneldes Newtoni tõmbetungist, ütles: «Parim, mida saab tema kohta ütelda, on see, et ta ei seleta, vaid ainult näitlikult esitab planeetide liikumise nüüdisaegse olukorra» («Looduse dialektika», 1941. a., lk. 221). Katseid seletada gravitatsioonitungi on tehtud korduvalt (enim huvitav ja julgem säärasteist seletustest kuulub kuulsale füüsikule Einsteinile), kuid seni pole seesugust seletust olemas, mida krooniks lõplik edu. Leida õige seletus on nüüdisaja teaduse (füüsika ja astronoomia) hädavajalikumaid ülesandeid.

5. AINE ÜHTSUS UNIVERSUMIS.

Me nägime, et Newton, viinud lõpule Kopernikuse töö, sidus astronoomia mehhaanikaga, s. o. taevase maapealsega: ta näitas, et nähtused universumis (taevakehade liikumised) ja mehhaanilised nähtused Maa peal (kivi kukkumine) on iseene-

sest väga sugulaslikud nähtused, mis on seotud ühtede ja nende samade meie uurimisele kättesaadavate looduseadustega, millele igal pool allub materia.

1859. a. leiutati spektroskoop, mis pani aluse spektraalanalüüsile — hämmastava't täpsele meetodile taevakehade keemilise koostise ja füüsikalise seisundi määramiseks nende spektrite uurimise, s. o. nende valguse lahutamise põhjal. Spektroskoop võimaldas astuda edasise tähtsa sammu universumi materiaalse ühtsuse avastamise teel, sest see suurepärase instrument andis võimaluse siduda astronoomia füüsika ja keemiaga. Tekkis astronoomia tähtis haru — astrofüüsika, mis ühendas taeva füüsika ja keemia Maa füüsika ja keemiaga. Osutus, et kuigi Päike, tähed, udukogud, komeedid ja muud taevakehad omavad erinevat keemilist koostist, on seal neid samad keemilised elemendid, mis on tuntud Maa pealgi, s. o. loodus on ühtne seal ja meil. Nii on nüüdisajal spektraalanalüüsi abil kindla't tõestatud, et Päikesel on üle kuuekümne keemilise elemendi, nende hulgas: hapnik, vesinik, lämmastik, süsinik, liitium, boor, baarium, magneesium, alumiinium, räni, fosfor, väävel, kaalium, kaltsium, titaan, kroom, mangaan, raud, koobalt, nikkel, vask, tsink, inglistina, plaatina, hõbe, kuld, toorium jne.

Et taevakehad üldiselt koosnevad ühtedest ja neistsamadest keemilistest elementidest, seda on muuseas ilmselt tõendanud meteoriitide, s. o. «taevast» langenud kivide keemilise koostise vahenditu laboratoorne uurimine. Meteoriidid on teatavasti komeetide jäänused, nii et hoides käes selliseid kive, meie katsume seda, mida sisaldavad komeedid, s. o. teatavad taevakehad. On osutunud, et nad koosnevad neistsamust aineist, milledest koosneb meie Maagi: nende koostisse kuuluvad raud, nikkel, fosfor, räni, kloor, alumiinium, vesinik, lämmastik, hapnik, süsinik jm., ilma et ilmneks meile tundmatuid keemilisi elemente. Seejuures meteoriidi peamise massi moodustavad enamikul juhtumeist raud ja nikkel, s. o. needsamad

elemendid, milledest arvatavasti koosneb peamiselt maakera tuum. Sel viisil tõendab «taevakivide» keemilise koostise laboratoorne analüüs sedasama, mis on saavutatud astronoomide poolt spektraalanalüüsi teel, ja nimelt maailma aine on ühtne, s. o. koosneb ühtedest ja neistsamadest elementidest.

Kui õnnestuks kindlaks teha, et väljaspool Maad on mingeid keemilisi elemente, mida Maa peal ei ole, siis ei räägiks see materia ühtsuse vastu, vaid ainult laiendaks meie teadmisi materia mitmekesisusest. Iseloomulik on aga see, et tähtede ja udugude spektrites pole avastatud mingeid tunnuseid Maa peal tundmatute keemiliste elementide olemasolust.

Kord peeti erandlikult «päikese aineks» heeliumi (kreeka-keelsest sõnast «helios» — Päike), mis avastati 1868. a. Päikese spektris. 27. a. hiljem leiti aga heeliumi Maa pealgi ja praegu etendab see gaas küllaltki tähtsat osa meie tehnikas.

Sellest hooimata oletasid mõned astrofüüsikud veel kaua aega udugude, virmaliste, päikesekrooni jne. spektrite tundmatutes joontes uute Maa peal tundmatute keemiliste elementide olemasolu. Nüüd võime aga kindlasti ütelda, et need pole mitte uued elemendid, vaid meile ammu tuntud vanad elemendid, kuid erilises füüsikalises olukorras. Et see on nii, on suurepäraselt näha Bowen'i uurimusest, kes lahendas nebuuliumi spektri mõistatuse.

Asi on nimelt nii, et udugude spektrites leiti juba ammu mõned jooned, millede tekkimine oli meie täiesti tundmatu. Selle põhjal arvasid füüsikud ja astronoomid, et udugudes leidub vähemalt üks keemiline element — nebuulium (ladina-keelsest sõnast «nebula» — udu), mis Maa peal puudub täiesti. Astrofüüsik Eddington arvas siiski, et nebuulium on mingi vana tuttav, mitte uus element: see on juba ammu tuntud element, kuid meie tundmatu erilises olukorras. Ometi jäi see küsimus lahtiseks 1927. a-ni, millal Bowen avaldas oma uurimiste tulemused, milles ta jõudis otsusele, et mingit nebuuliumi kui

uut keemilist ainet, kui uut elementi universumis ei eksisteeri; grupp iseäralikke spektraaljooni on moodustunud tegelikult meile hästi tuntud gaaside, hapniku ja lämmastiku toimel, kuid nad on sääraseis erandlikes tingimustes, mida meie ei saa luua laboratooriumis. Võib ütle da, et nebuuliumi «maski» all eksisteerivad gaasid, mis moodustavad meie õhu, kuid millede aatomid on ioniseeritud, s. o. just kui «kitkutud», ilma jäetud oma paljudest elektronidest ja on erilises (nn. «metastabiilses») olukorras, mis on võimalik vaid valgustava gaasi hõrenduse äärmisil astmel.

Mõningaid Päikese krooni spektri jooni püüti samuti seletada mingi Maa peal tundmata gaasi, nimelt «korooniumi» olemasoluga. Kuid praegu on rootsi astrofüüsik Edlen teoreetiliselt ära seletanud ka Päikese krooni spektri jooned, kusjuures osutub, et peajooned moodustuvad 13-kordselt ioniseeritud raua toimel ja spektri nõrgemad jooned niisama tugevasti ioniseeritud raua, kaltsiumi ja nikli toimel. Järelikult nende mõistatuslikkude joonte tekkeloos mängivad osa meile tuntud ained.

Nagu teada, on tähed universumi päikesed, nii et nad omavad üldiselt sama keemilist koostist nagu meie Päike. Maa peal tuntud 92-st keemilisest elemendist on Päikese peal avastatud üle 60 (62—63) elemendi (eriti palju on seal vesinikku). On täheleatav, et radioaktiivseist elementidest on leitud ainult tooriumi ja et pole avastatud tervet rida teisi Maa peal hästi tuntud elemente. Kuid teatava elemendi joonte puudumine Päikese spektris ei räägi veel sellest, et neid elemente pole tõesti Päikese peal olemas. Asi on nime't nii, et spektraaljooned kutsutakse esile vaid nende elementide poolt, mis leiduvad Päikese välises kestas (atmosfääris), s. o. nad ei avalda midagi selle taevakeha sisemuse skeemilisest koostisest. Tähendab, on küllaltki tõenäoline, et Päikese peal avastamata elemendid (eriti rasked metallid) on koondatud selle taevakeha sügavimatesse kihtidesse, kust valgus meieni ei ulatu, mispärast nad ei anna endist märku spektroskoobis.

Kas võib öeldu põhjal järeldada, et Päike, tähed, udukogud ja üldse kogu universum koosneb ainult 92 elemendist (aatomite tüüpidest), mida tuntakse Maa peal? Selleks pole veel küllaldast alust, sest valgus, mida saame Päikeselt ja tähtedelt (ja mis on uuritav spektroskoobi abil), lähtub vaid nende kõige välisematest kihtidest. Järelikult see valgus ei avalda midagi nende taevakehade sügavama sisemuse keemilisest koostisest (kuna ju ka Maa sügavustes asetsevate aatomite tüüpidest ei tea meie peaaegu midagi). Ja vaevalt võib kahelda selles, et kunagi on moodustunud Maa ainest, mis on eraldunud Päikese pealmistest kihtidest. Järelikult võisid meie planeedi formeerimisest osa võtta ainult need keemilised elemendid, mida võib leida Päikese välisosades ja avaldavad sagegi oma olemasolu Päikese atmosfääris spektraalanalüüsi teel.

6. AINE VAHETUS MAAILMADE VAHEL.

Teaduse areng veenab meid üha rohkem niihästi maailma materia ühtsuses kui ka selles, et ühtne üldine materiaalne side eksisteerib selle vahel, mis on «Maa peal» ja selle vahel, mis on «väljaspool Maad». Näiteks on osutunud, et igalt poolt maailmaruumist sajab vahetpidamata Maa pealispinnale kosmiliste kiirte «vihma», millede olemus pole meile veel täiesti selge. Kuid erilisel tähelepanuväärne on see, et Maa «kasvab», suureneb oma massis «taevase» kosmilise aine arvel: sooritatud vaatluste põhjal on arvutatud, et aasta jooksul saab meie planeet maailmaruumist nn. «langevate tähtede» ja meteoriitide kujul mitu tuhat tonni ainet juurde.

Nagu teada, on Päikese energia kõige Maa peal toimuva põhjuseks, ta on igasuguse elu allikaks meie planeedil. «Kogu energia, mis nüüdisajal avaldab mõju Maa peal, on muundunud päikese soojus,» on märkinud Engels («Looduse dialektika», 1941. a., lk. 199). Seepärast pole imestada, et faktid, mis

puudutavad «Päikese tegevust», s. o. Päikese peal toimuvaid nähtusi (laikude tekkimine, gaaside pursked jne.) on tõmmanud kindlad, sirged niidid «taevast» «Maani».

Igas kohas võtab vabalt riputatud magnetnõel suuna ligikaudu põhjast lõunasse (mil'el põhinebki kompassi kasutamine). Kuid ajuti on võimalik märgata nn. «magnetorme»: magnetnõel hakkab visklema siia-sinna, kaldudes järsult kõrvale normaalasendist (meremeeste keeles «magnetnõel läheb hulluks», «tembutab»). Samal ajal võib märgata polaarmaades (ka meie põhja oblasteis) teisigi nähtusi: kogu taevas lõõmab fantastilistest virmalistest (rahvas räägib, et «virmalised vehklevad»), katkeb telegraafiline ja telefoniline ühendus, samuti raadioside. Osutub, et kõigi nende nähtuste algus langeb alati ühte Päikese peal suure hulga laikude või eriti suurte laikude, s. o. Päikese peal gigantsete elektriseeritud materia keeriste ilmumisega. Toimub see nähtavasti järgmisel viisil.

Päikeselt lahkuvad lakkamatu't väikesimate elektriseeritud osakeste voolud, mis muidu on täheldatavad Päikese krooni kiirte ja «õie'htede» kujul. Päikeselaigud, mis on Hale'i järgi elektrilisteks gaasipööristeks, s. o. hõrendatud gaaside keeristeks, milledes tiir'levad kiiresti elektronid, väljutavad hulga võimsamaid elektriseeritud osakeste voo'le kui Päikese muu pealispind, kusjuures need osakesed läbivad, vahe-maa Päikesest Maani kiiremini kui igasugused mürsud. Kuid üldiselt väljutavad Päikese atmosfääri ülemised kihid pidevalt terveid osakeste pilvi või voo'le, moodustades nn. Päikese «korpuskulaarse kiirgamise», mis suundub planeetidele. Kui nad satuvad Maa atmosfääri ülemistesse kihtidesse, siis kutsuvad nad esile atmosfääri ülemiste väga hõredate gaaside kihtide helendumise: neid nähtusi nimetame virmalisteks.

Nii on mei' tegemist faktiga, kuidas ühelt kosmilise't kehalt teisele, läbi peaaegu 150 miljoni kilomeetrise vahemaa, k a n d u b ü l e m a t e e r i a t e m a v ä i k e s i m a t e o s a k e s t e n ä o l (kübemekesed, molekulid, ionid, elektronid). Kuid jõud-

nud meie Maa atmosfääri, hakkab see Päikese mateeria juba osa võtma Maa looduse tööst, Päikese osake muutub Maa osakeseks. Tähendab, Päike ja järelikult ka tähed üldiselt haju-tavad lakkamatult maailmaruumi mõnesuguse (tõsi küll, et väheldase) osa oma mateeriast. Seepärast ei saa olgigi juttu täiesti tühjast mateeriata ruumist: kogu planeetide-vaheline ja tähtede-vaheline ruum läbistatakse elektronide vooludega, täpsema't — korpuskulaarse kiirgamise võimsate vooludega.

Seoses sellega on tarvis pöörata tähelepanu järgmisele asjaolule. Vastava't uutele füüsikaliste'le seisukohtadele omab kiirgusenergia mitmeid kaalutava mateeria omadusi: raskust, inertsi jne., nii et soojuse ja valguse igasugune kiirgamine mingi keha pool't kutsub esile vastava keha massi kaotuse, kaalu vähenemise. Arvutuse järgi kaotab Päike igas sekundis ligi 4 miljonit tonni massi, mis on umbes 10 korda rohkem sel-lest veemassist, mis läbib ühe sekundi jooksul kuu'sat Niagara koske. Järelikult hajub Päikeselt ja teistelt tähtedelt valguse ja soojuse levitamise näol aeglaselt tohutu hu'k massi maailma-ruumi, nende mass väheneb. See «massi» kaotus ei tähenda mateeria kadumist (mateeria ju ei saa hävida, nagu ta ei saa tekkida ka «ei millestki»), vaid on lihtsa't liikuva mateeria üle-minek ühest vormist teise. Kuid säärasel juhul tuleb kõrvale heita varasem kujut'us, et kosmilised kehad mõjuvad vastas-tikku vaid oma külgetõmbetungiga, vahetamata mingit kaalu-tavat mateeriat. Osutub, et taevakehade vahel, hoolimata neid eraldavast tohutust vahemaast, eksisteerib omamoodi «sild», kuna nende kiirgamise energia vahetus («kiirgamine») tähendab põhilise't liikuva mateeria vahetust. Nii pole valgus kehatu taevakehade saadik, vaid meieni lendav osa nen-dest kaugetest maailmakehadest.

Nagu teada, on tähti, mis on palju tulisemad kui Päike, kuna viimane kuulub suhteliselt külmade tähtede hulka. Need tulisemad tähed kaotavad ka rohkem osa massist nii kiirgus-energia levitamise kui ka osakeste' voolude väljapaiskamise

tulemusena. Menzel tõestas, et vesiniku, ioniseeritud heeliumi ja teiste gaaside heledate joonte päritolu tulisemate tähtede (Wolf-Rayet' tüüpi) spektreis võib seletada aatomite katkestamatu väljapaiskamisega nende päikeste välispinnalt. Kõik need aatomid kanduvad maailmaruumi kiirgusrõhumise mõjul, sest iga kiir, sattunud aine mingile kübemekesele, hakkab seda rõhuma (selle nähtuse avastas vene kuulus füüsik P. N. Lebedev oma tähelepanuväärsete katsetega). Tänu nende tähtede kõrgele temperatuurile on nende kiirte rõhumine niivõrd tunduv, et aatomite väljapaiskumise kiirus ulatub kuni 2000 kilomeetrit sekundis.

Niiviisi kõik tähed, esmajärjekorras tulisemad, paiskavad välja, hajutavad justkui aine väikesimate osakeste pilvi, nii et meie tähtede süsteemi (Galaktika) paljudes kohtades, peavad kuhjuma tunduvad massid gaasi. Eriti suured massid gaasi paisatakse välja nn. «uute» või «ajutiste» tähtede plahvatuste puhul: aeg-ajalt (arvatavasti kord mitme aastatuhande vältel) süttivad need tähed erakordselt heledasti. On osutunud, et tundmatutel põhjustel nad järsku «paisuvad» ja seejärel uuesti «tõmbuvad kokku», omandades endised mõõtmed, kusjuures selle katastroofi tulemusena eraldub tähtedest osa nende gaasilisest kestast, s. o. nende ümber moodustuvad hõrendatud pilved (gaasilised galaktikalised udukogud).

Muuseas on spektroskoobi abil tõestatud, et mõnede galaktikaliste tähtede vahel on asetunud nähtamatud külmad ja äärmiselt hõrendatud kaltsiumi ja mõnede teiste elementide pilved. See «kosmiline gaas» sai «galaktikalise substraadi», s. o. gaasilise keskkonna nimetuse, nagu on meie Galaktika — Linutee süsteemi — tähtede vahel laialipillutud gaasiline keskkond. Nähtavasti moodustus see tähtede-vaheline keskkond kaltsiumi ja teiste elementide väga tuliste tähtede atmosfääridest väljapaistatud aatomitest.

Mitte ainult Päike ja tähed, vaid ka planeedid hajutavad maailmaruumi oma atmosfääri osakesi. Vaatame, kuidas see sünnib.

On tõestatud, et päikesesüsteemi suured planeedid (Jupiter, Saturn jt.) omavad võimsaid õhkkesti. On samuti teada, et päikesesüsteemis võib kohata sääraseidki kehi (nagu on Kuu ja asteroidid), millel atmosfäär puudub täiesti. Millega on see seletatav?

Sellele anname kül'aldaselt teadusliku vastuse, mis ei tekita mingit kahtlust. Stoney, Rogovski jt. teadlased tõestasid, et planeedid jäävad pikka aega ilma oma atmosfäärist, ja see protsess toimub sedavõrd kiiremini, mida väiksem on tõmbetung nende pealispinnal, s. o. mida väiksem on nende mass. Seejuures kaovad kergemad gaasid kiiremini ja hajuvad planeetide-vahelises ruumis. Nüüdisajal on teada iga planeedi jaoks tema atmosfääri osakeste «haihtumise» kiirus. Maa jaoks see «kriitiline» või piiriline, otsekui «saatuslik» kiirus peab võrduma umbes 12 kilomeetriga sekundis. Kui ainult see või teine gaasi molekul atmosfääri piiril leiduvate hulgast saavutab sellise kiiruse, ületab ta tõmbetungipiiri ja saab vabaks. Ta peab jätma Maa atmosfääri, s. o. ära kanduma, «deserteerima» maailmaruumi. Meie Maa ei suuda hoida oma atmosfääris sääraseid gaasimolekule.

Nagu näha, võimaldavad need lihtsad mõisted meile vähemalt teoreetiliselt määrata, missugused gaasid ei saa püsida selle või teise maailmakeha atmosfääris. Mida kergem on mõne gaasi molekul, seda suurem on muude võrdsete tingimuste puhul tema molekulaarne kiirus, järelikult seevõrd kiiremini võib ta «ära lipsata» mingi kosmilise keha tõmbetungi mõjusfäärist ja haihtuda ümbritsevasse ruumi.

Nii viisi võib iga gaasi tasakaalu kehtestada ainult tingimusel, et hajuvate molekulide hulk kujuneks võrdseks üheaegselt uuesti moodustuvate molekulide hulga. Gaasid aga, mis uuesti ei moodustu, lipsavad kindlasti ära tõmbe-

tungi mõju alt, teisiti öeldes, nad lenduvad järk-järgult kosmilisse ruumi, seejuures seda kiiremini, mida nõrgem on tõmbetung, ja ümberpöörduvalt. Järelikult kui säärased taevakehad nagu Kuu ja asteroidid on täiesti ilma atmosfäärita, siis on nad seda sellepärast, et nende pealispinnal on tõmbetung niivõrd tähtsusetu, et pole suuteline kinni hoidma ühtegi gaasi. Näiteks võivad Kuu pealt gaaside osakesed ära kanduda võrdlemisi vabalt, sest selle keha pealispinnal on raskustung umbes kuus korda väiksem Maa pealispinna raskustungist ja kriitiline kiirus on peaaegu viis korda väiksem. Mis puutub Marsisse, mis on niihästi Kuust kui ka Merkuurist massiivsem, siis vastavalt eestoodule võib see planeet kinni hoida ainult hapnikust, lämmastikust ja raskematest gaasidest, arvatavasti ka veeaurust koosnevat atmosfääri. Tõepoolest atmosfääri (õieti küll palju hõredama kui Maa peal) olemasolu Marsi peal ei kutsu esile mingeid kahtlusi.

Niisiis planeetide, Päikese ja võib-olla meile lähedamal olevate tähtedegi vahel toimub nähtavasti pidev, kuigi üsna aeglane ainevahetus aatomite, korpusklite, kübemekeste jne. näol.

7. MAISE JA TAEVASE FÜÜSIKA ÜHTSUS.

Tänu spektraalanalüüsile omame võimalust uurida aine käitumist erakordselt kõrgete temperatuuride, umbes 3000—140 000° puhul (säärased on tähtede pealispindade temperatuurid). Seesugustes temperatuurides lagunevad kõigi elementide aatomid, purunevad oma koostisosadeks: üksikuteks elektronideks või aatomi tuumadeks, mis enamasti jäävad elektronidest täiesti ilma. Eriti teravalt toimub see protsess tähtkehade sisemuses, kus temperatuur ulatub paljude miljonite kraadideni: seal puuduvad täiesti meile Maa peal tuntud keerulised elektronide ja tuumade ühendid, mida moodustavad keemi-

lised aatomid ja molekulid oma mitmesuguste omadustega. «Ehitada tähe sisemuses terviklik aatom on niisama raske kui ehitada kaardimajake orkaanimöllus,» märkis õigesti astrofüüsik Jeans.

Asi on nimelt nii, et soojuseastet näitav temperatuur on keha molekulide liikumise kiiruse mõõduks. Näiteks toatemperatuuris liiguvad õhumolekulid keskmise kiirusega peaaegu pool kilomeetrit sekundis. Kui õhku soojendada 20—30 miljoni kraadini, siis ületaks kiirus 100—150 kilomeetrit sekundis. Kuid astronoomi ja füüsiku jaoks on sääraseid kiirused kõige tavalisem asi: tähtede ja meteoriidide kiirused saavutavad sageli 100—150 kilomeetrit sekundis, aga lagunevatest aatomitest väljalendavate osakeste kiirus on tavaliselt sadu kordi suurem. Tähendab, pole midagi ebatavalist selles, et tähtkehade sisemuses tõuseb temperatuur mitme miljoni kraadini. Sääraste temperatuuride puhul ioniseeritakse aatomid tugevaimalt, s. o. nad kaotavad kõik oma elektronid, on täiesti «paljaks kooritud», «paljaks kitkutud», nii et meile tuntud aatomite asemel eksisteerivad ainult üksikud tuumad ja üksikud elektronid.

Tähtedes, s. o. taevakehades, mis on analoogilised meie Päikesele, saavutab gaasizoline aine suurima kontsentratsiooni. Seejuures on tähtede tihedus erakordselt mitmekesine, kuna tähed omavad mitmesuguseid mõõtmeid ja masse. Mõnede tähtede tihedus (näiteks gigantse tähe Beteigeuze'i oma) on niivõrd tähtsusetu, et ta on 1500 korda väiksem meie poolt sissehingatava tavalise toatemperatuuri tihedusest. Kuid rööbiti nende hõrendatud tähtedega eksisteerivad väikesed tähed (nn. «valged kääbused»), millede aine on ülitihedas seisukorras. Nii avastas astronoom Kuiper erakordselt väikese tähe, mille tihedus on 36 miljonit korda suurem vee tihedusest, nii et tikukarbitäis seda ainet peab kaaluma ligi tuhat tonni. Selgub see sellega, et nende tähtede aine (väga kõrge temperatuuri tõttu) koosneb peaaegu eranditult ainult aatomituumadest, millede ümber ei ole elektrone. Seepärast tarvitavad aatomid

palju vähem ruumi: neid võib seepärast ligendada võrdlematult tugevamini kui maapealsete tingimuste puhul, mistõttu aine muutub erakordselt tihedaks ja raskeks.

Kosmiline aine, mis ei kuulu tähtede koosseisu, on gaasilises olekus ja omandab tavaliselt igasuguste «pilvede» kuju. Neid kosmilisi moodustusi nimetatakse gaasilisteks ehk difuuseteks (laiali uhutud) udukogudeks; nende ainete tihedus on miljonid korrad väiksem kui tihedus, mida on õnnestunud saavutada meie laboratooriumides. Laboratoorsel teel on muuseas juba saavutatud tihedused, mis on võrdsed maa stratosfääri tihedusega 600 kilomeetri kõrgusel. Difuusete galaktikaliste udukogude mõõtmed on kolossaalsed. Nende udukogude arv Galaktikas (s. o. meie tähtede süsteemis) on väga suur.

Õeldust nähtub, et omame kõiki eeldusi rääkida maise ja kosmilise füüsika ja keemia täielikust ühtsusest, mis on suurepäraselt kindlaks tehtud astrofüüsika poolt. Kuid siit ei järeldu veel, et taevakehade füüsika ja keemia on täiesti samane maise füüsika ja keemiaga, sest maailm pole ainult ühtne, vaid ka mitmekesine: ta kujutab enesest (nagu seda õpetab dialektiline materialism) ühtsust mitmekesisuses. Päike, tähed, udukogud ja muud taevakehad on otsekui grandioossed laboratooriumid, ja kui meie ei suuda juhtida protsesse sääras-tes laboratooriumides, siis kompenseerub see taevakehade tohutu mitmekesisusega. Seepärast pakub astronoomia rikkaimat materjali uute füüsikaliste seadusepäraste avastamiseks, mis võimaldavad seletada paljusid maisi nähtusi.

Pole imestada, et astronoomia mängib väga suurt osa füüsika ja keemia arengus. Meenutagem, et heelium avastati enne Päikese peal ja kaua aega hiljem Maa peal. Materiat üli-tihedas olekus pole Maa peal veel saadud ja meie teame sellest ainult mõningaid tähti («valgeid kääbuseid») uurides.

On muide tarvis arvestada sedagi, et astronoomia edusammud poleks olnud võimalikud ilma nüüdisaegse füüsika saavu-

tusteta, sest palju sellest, mida meie avastame oma laboratooriumides, aitab meid tubisti kosmiliste nähtuste seletamisel.

Niiviisi saavutatakse väga tähtis «vastastikune abi» maise ja kosmilise füüsika vahel.

«Astronoom-füüsikule,» ütleb Jeans, «on iga üksik täht tiiglik, milles materia allub selliste temperatuuride ja rõhkude toimele, mis on täiesti saavutamatud maisele füüsikule. Sel teel on lootust saada teada niisugustest materia omadustest, mis on ligipääsmatud viimasele tema käsutuses olevate füüsikaliste tingimuste piiratuse tõttu. Seepärast on astrofüüsika lõppeemärgiks ühendada kosmiline füüsika maisega nii, et kujuneks kõikehaarav ühtne teadus.»

Eriti kujuka näite maise ja kosmilise füüsika vastastikuse seose, nende ühtsuse kohta leiame neist uusimaist uurimustest, mis on andnud vastuse vanale küsimusele: kust saadakse Päikese ja üldse tähtede energia?

Päike pole märgatavalt jähnenud isegi miljardi aasta jooksul, hoolimata sellest, et ta kiirgab vahetpidamata igas suunas kolossaalseid soojusehulki: see näitab, et Päikese energia kulu asendatakse pidevalt mingi väga olulise allika poolt. Kuid kõik meile Maa peal tuntud energiaallikad — põlemine, gaasimassi kokkusurumine, radioaktiivsus jm. — osutuvad mittekulaldaseks Päikese kiirgamise püsitamiseks miljardite aastate jooksul. Seepärast köitis kõige hilisema ajani Päikese ja teiste tähtede energia tekkimise probleem tugevasti teadlaste meeli ja oli üheks põhilistest universumi mõistatustest. Kuid nüüd on olukord järsult muutunud: teoreetilise ja eksperimentaalse füüsika saavutuste mõjul on see suur teaduslik küsimus, põhiliselt lahendatud. Kuid sellesamaga saavutati veel üks tähelepanev universumi materiaalse ühtsuse tõend.

Nimelt tõestas nüüdisaegne füüsika ühelt poolt, et kiirusenergia omab massi, ja teiselt poolt tegi ta kindlaks, et eksisteerib teatav massi ja energia ekvivalents ehk võrdvärtuselisus, ja ühendas sellega kaks suurt loodusseadust — massi ja

energia jäävuse seaduse. On osutunud, et energia eraldumine kaasneb massi «kaotusega» ja massi «kaotus» — ümberpöörduvalt — kompenseerub energia eraldumisega, kusjuures vastavalt Einsteini valemile ekvivalentne energia on võrdne massiga, korrutatud valguse kiiruse ruuduga. See tähendab, et ükskõik millise aine ainult ühe grammi massi «kaotus» on ekvivalentne 20 miljardi suure kaloriga, s. o. energiaga, mis on võimeline soojendama 200 tuhat tonni vett 100 kraadini.

Astronoomia, püüdes lahendada tähtede energia tootmise probleemi, ei saanud arvestamata jätta seda tähtsat asjaolu. Pole ju kahtlust, et iga keha, eraldades energiat, peab selle samaga «kaotama» teatava osa massist. Nagu on juba öeldud, näitavad arvutused, et kiirgusenergia, mis on kulutatud Päikese poolt ühes sekundis, kaalub üle 4 miljoni tonni, s. o. see taevakeha kaotab kiirgamise tõttu massi kiirusega 250 miljonit tonni minutis või 15 miljardit tonni tunnis. Kuid Päikese mass on niivõrd suur, et see kaotus võib moodustada ühe tuhandiku osa tema massist alles 15 miljardi aasta järel. Sel põhjusel arvatakse, et tähtede energia põhiliseks allikaks on need protsessid, mis kutsuvad esile tähtede massi muundumise kiirguseks. Kuid kuidas toimuvad need protsessid?

Sellele küsimusele vastas hiljuti füüsik Bethe, kes, arvestades aatomi sisereaktsiooni — tuumade muutumise — eksperimentaalse uurimise uusimaid edusamme, lahendas täielikult tähtede energia probleemi põhilise, kõige tähtsama osa. Osutus, et tähtede energia peamiseks allikaks on aatomi siseenergia, kusjuures see energia on suletud aatomite tuumadesse ja vabaneb tuumreaktsioonide tulemusena, mis kutsuvad esile keemiliste elementide sünteesi — kergeima elemendi vesiniku aatomite muutumise raskema heeliumi aatomiteks. Tähendab, küsimus tähtede energia allikatest on lahutamatult seotud aatomi siseehituse probleemiga, ja ega asjatult öelnud astrofüüsik Emden juba ammu, et «tee tähtede tunnetamiseks läheb aatomi kaudu».

Asi seisneb selles, et 1 heeliumi aatom võib moodustuda 4 vesiniku aatomist, kusjuures 4 prootonit (vesiniku tuumast), mis on kulutatud selles protsessis, kaaluvad aatomühikuis 4,03252. Kuid seejuures näitasid täpsed mõõtmised, et heeliumi tuum (alfa-osake) kaalub kõigest ainult 4,00386, nii et tekib massi kaotus 0,02866 ühiku suuruses — see moodustab $\frac{1}{41}$ (s. o. vähem kui 0,8%) esialgsest massist. Alguses näis see fakt mõistatuslikuna, kuid praegu peetakse vaieldamatuks, et kaotatud mass pole kadunud jäljetult, vaid eraldub energia kujul. Seejuures on tähelepanuvääriv, et «massi defekt» on just võrdne energia selle hulgaga, mis on kulutatud nelja prootoni «pakkimiseks» heeliumi tuuma, s. o. säärase «pakkimise» puhul kaob mass («pakkimise efekt»). Kuid on silmanähtav, et nelja prootoni üheaegne kokkupõrge ja nende üheaegne ühinemine heeliumi tuumaks on absoluutselt ebatõenäoline. Seepärast oli kaua aega täiesti arusaamatu, millisel viisil ja milliste tingimuste puhul võib toimuda vesiniku muutumine heeliumiks, s. o. heeliumi tuuma moodustumine prootonitest. Ainult kõige viimasemal aastail on selgunud, et see protsess on väga keeruline, sest selle teostumine on võimalik vaid ringteid mööda — teed mööda, mida nimetatakse Bethe tuuma ahelreaktsiooniks.

Nagu teada, on tavaliste elementide aatomid (erinevalt radioaktiivsetest) väga vastupidavad ja püsivad, nii et kui püüda saavutada nende muutumist, on tarvilik kasutada minigeid kolossaalseid jõude. Kõige võimsamaid meile tuntud loodusejõude leiame alfa-osakeste näol, mis paiskuvad radiumi aatomi tuuma sisemusest kiirusega ligi 20 tuhat kilomeetrit sekundis, s. o. umbes 30 tuhat korda kiiremini kui lendab vintpüssi kuul. Võis oodata, et kui säärane osake põrkab «näkku» vastutulevale aatomile, siis selle aatomi tuum ei kannata välja lööki ja muutub — laguneb ehk komplitseerub. Just säärasel teel saavutas kuulus füüsik Rutherford 1919. a. väljapaistva avastuse: ta purustas esmakordselt kunstlikult lämmastiku

tuumad — neist eraldusid heeliumi ja vesiniku tuumad, s. o. alfa-osakesed ja prootonid. Tähendab, «pommitades» aatomeid alfa-osakestega, õnnestus saavutada keemiliste elementide kunstlik muutumine, järelikult õnnestus esmakordselt katseiliselt (laboratoorses tingimustes) esile kutsuda tuumreaktsioone, s. o. protsesse, mis moodustavad aatomi sisemise ümberehituse, muutumise.

Viimastel aastatel, tänu erilisele leiutatud aparaadile tsüklotronile, mis tekitab väga kõrget pinget (miljon ja rohkem volt), õnnestus esile kutsuda laboratoorsel teel suurt hulka tuumreaktsioone. Tsüklotron paneb kiiresti liikuma prootonid ja võimaldab pommitada mitmesuguste elementide aatomeid nende kiirelt lendavate positiivselt laetud osakestega. Oma suure energia tõttu lendavad prootonid läbi aatomite, sattudes mõnikord nende tuumadesse (mis ruumala't võtavad enda alla aatomi tähtsuseta osa) ja esile kutsudes nende põhilise muutumise. Selles aatomite sisemises rekonstruktsioonis seisnevadki tuuma reaktsioonid, kusjuures on kahtluseta, et säärased aatomi siseprotsessid peavad toimuma tähtede sisemuses, peamiselt nende tsentraalaladel, kus temperatuur ulatub umbes 20 miljoni kraadini. Seal lendavad tohutu kiirusega (keskmiselt 100—200 kilomeetrit sekundis) mitmesuguste elementide tuumad ja nende hulgas on suur hulk prootoneid — vesiniku tuumi, kuna on tõestatud, et Päikese ja tähtede peal (ja ka üldiselt maailmaruumis) leidub vesinikku eriti tunduval määral. Nähtavasti on Päikese atmosfääris vesinikku sadu kordi rohkem kui kõiki teisi elemente kokku, kusjuures nüüdisajal moodustab vesinik umbes ühe kolmandiku (kui mitte poole) kogu Päikese massist.

Kuidas siis nüüdisajal toimuvad Päikese sisemuses need aatomireaktsioonid, mis kindlustavad päikesekiirguse muutumise?

Laboratoorses tingimuses võib jälgida kaht tüüpi tuumreaktsioone: kas laenguta osakese neutroni või laetud osakese

protoni tungimist mitmesugustesse elementide tuumadesse (nende osakeste massid on ühesugused — võrdsed 1-ga). Aatomite sisereaktsioonid toimuvad kõige kergemini vabade neutronitega, sest laetud tuum ei tõuka neutronit eemale, kuid just sellepärast säärased reaktsioonid Päikese sisemuses peavad nüüdisajal puuduma, sest need toimuvad niivõrd kergesti, et neutronid ühineksid väga kiiresti teiste elementide tuumadega ja tulemusena toimuks peaaegu hetkeline kiirgusenergia eraldumine, mis ammendaks kogu neutronite olemasoleva tagavara. Tuleb järelikult tunnustada, et tähtede materiat tungimusi toimuvad põhilised tuumreaktsioonid ainult vabade protonite abil, millel õnnestub tungida aatomite tuumadesse. See toimub ainult suuremate kiirustega protonite korral, kusjuures mida suurem on tuuma laeng, s. o. mida raskem on aatom, seda rohkem on tarvis energiat, et tungida temasse. Täheb, mida suurem on keemilise elemendi aatomkaal, seda märgatavam peab olema protonite kiirus, järelikult seda kõrgem peab olema gaaside temperatuur, milledest koosnevad tähtede sisemused.

Kuid on iseloomulik see, et protonil ei õnnestu siiski sattuda hapnikust suurema aatomkaaluga keemiliste elementide tuumadesse, vähemalt temperatuuride puhul alla 20 miljoni kraadi.

Kergemini toimub protoni tungimine raske vesiniku tuuma, mis koosneb vaid kahest osakesest — protonist ja neutronist. Pisut raskem on protonil tungida raskemate elementide — liitiumi, berülliumi ja boori — tuumadesse, kuid siiski need reaktsioonid toimuvad suhteliselt kergesti, sest nad nõuavad ainult 2—3½ miljoni kraadist temperatuuri. Et esmajärjekorras toimuvad enam-vähem kergete aatomite reaktsioonid, siis on loomulik arvata, et need reaktsioonid toimusid juba Päikese ajaloo varasemas osas, kutsudes esile kõigepealt olemasoleva liitiumi, seejärel berülliumi ja lõppeks boori tagavarade peaaegu täieliku kadumise. Tõesti tõendab

spektraalanalüüs, et Päikese atmosfääris on nimetatud elemente tähtsuseta hulgal, võrreldes teiste elementidega. Bethe näitas, et nüüdisajal on Päikese tsentraalsetes alades (kus temperatuur, nagu juba öeldud, tõuseb 20 miljoni kraadini) võimalikud ainult keerulisemad tuumreaktsioonid — prootonite tungimine süsiniku tuumadesse. Need reaktsioonid on rajatud niihästi teoreetilistele arusaamadele kui ka katselistele andmetele — nad on tunduval määral teostatud laboratoorseis tingimuses.

Bethe selgitas aatom-(tuum-)reaktsioonid, mis muundavad vesiniku heeliumiks, järgmisel kujul: a) prooton (mass ehk aatomkaal 1) tungib tavalise süsiniku tuuma massiga 12 (koosneb 6 prootonist ja 6 neutronist) ja muundub temas neutroniks, mille tulemusena moodustub uus element — kerge lämmastiku isotoop (elemendi teisend) massiga 13; b) saadud lämmastiku tuum (koosneb 6 prootonist ja 7 neutronist) on püsimatu, s. o. ta on radioaktiivne, iselagunev (säärane element on saadud samuti kunstlikul teel laboratoorseis tingimuses), ta eraldab positroni (positiivse elektroni) ja muundub raske süsiniku isotoobi tuumaks massiga 13; c) toimub uus prootoni tungimine sellesse tuuma ja ta muundub normaalse lämmastiku tuumaks massiga 14; d) edasi moodustub samal viisil hapniku, kerge isotoobi väga püsimata tuum massiga 15, mis eraldab positroni ja muundub lämmastiku, raske isotoobi tuumaks massiga 15; e) järgnev prootoni tungimine lämmastiku isotoobi tuuma viib selleni, et sellest tuumast eraldub alfa-osake (heeliumi tuum), nii et tuum laguneb eelmiseks, süsiniku tavaliseks tuumaks massiga 12, millest algasid märgitud aatomisisesed muutused, ja heeliumi tuumaks massiga 4.

Säärane on Bethe nn. ahelreaktsioon — aatomisisesete muutuste süsiniku tsükkel, mis peab toimuma Päikese ja paljude tähtede tsentraalses alas seal valitsevate kõrgete temperatuuride mõjul. Selle keerulise tsüklilise reaktsiooni lõppresultaadiks on heeliumi moodustumine vesinikust: tavalise süsiniku

tuumadest moodustavad järjekindla tabamise teel aatomtuumadesse neli prootonit ühe heeliumi aatomituuma. Kui seda protsessi jämedalt võrrelda jooneliselt põlemisega, siis võib ütelda, et Päikese sisemuses asetseb just kui «hiigelahi», milles vesinik nagu põleb ära, s. o. tema hulk väheneb ja tema asemele tekib heelium. Seejuures on iseloomulik, et selles protsessis süsinik ei kulu, vaid jääb lõpptulemusena muutuseta ja on säärasel viisil põhiliselt vaid katalüsaatoriks — elemendiks, mille juuresolekul ainult toimubki kirjeldatud reaktsioon.

Kui teravmeelselt tähendas väljapaistev astrofüüsik Russsel: «Kui vesinik on tähes kütteaineks, siis heelium on tema «tuhaks!»» Heeliumi tuumaga ei saa nähtavasti midagi juhtuda igasuguste aatommuutuste puhul: alfa-osake on iseenesest ebataoline vastupidav asi, sest ta koosneb üsna tihedasti «pakitud» kahest prootonist ja kahest neutronist. Säärase «pakkimise» puhul läheb kaduma peaaegu 0,8% lähtemassist ja see «pakkimise efekt» («massi defekt») eraldubki mainitud reaktsiooni ahelas uues vormis — kiirgusenergia näol. Bethe väitis, et kui Päike koosneb vaid 1% ulatuses süsinikust ja lämmastikust (mis on üsna tõenäoline), siis peab tuumreaktsioonide süsiniku tsükkel andma just selle energiahulga, mis kiiratakse Päikese poolt.

Ja nii on päikeseenergia allikad põhiliselt avastatud: Päike valgustab ja soojendab peamiselt sellepärast, et ta sisemuses toimuvad erakordselt kõrgete temperatuuride mõjul pidevalt tuumareaktsioonid, millede puhul vabaneb aatomisise energia. See suure teadusliku probleemi lahendus on maise ja kosmilise, aatomisiseid nähtusi uuriva tuumfüüsika ühtsuse hiilgav tõend.

8. ÜHTSUS MITMEKESISUSES.

Püüdes ühendada maist ja kosmist füüsikat ei pea meie siiski unustama mitmesuguste universumi osade mitmekesisust,

mispärast tuleb olla ettevaatlik, tahtes üldistada kogu universumi ulatuses neid seadusepärasusi, mis on avastatud meie laboratoorseis tingimuses. Kehade langemise seaduse näite najal, mida oleme uurinud Maa peal, veendusime maiste seadusepärasuste eduka ülekandmise võimaluses kogu universumile, ja seepärast peame külgetõmbeseadust universaalseks, kosmiliseks seaduseks. Kõikehaaravaiks seadusteks tunnustame keemilisi seadusi, mis on väljendatud Mendelejevi tabelis, sest võrreldes taevakehade spektreid keemiliste elementide laboratoorsete spektritega, veendume selles, et neid võib laiendada kogu universumile. Kuid katsed laiendada kogu universumile nn. termodünaamika (soojuse mehhaanilise teooria) teist seadust, mis räägib füüsikaliste protsesside «pöördumatusest», soojusenergia võimetusest edaspidisteks muutumisteks, löid ebateadusliku kujutluse universumi lõpust (kogu maailma «soojussurmast»), milline kujutlus räägib järsult vastu termodünaamika esimesele (energia jäävuse ja muutumise) seadusele. See muidugi näitab, et ei saa laiendada universumile eranditult kõiki maise füüsika seadusi: mitte kõik loodusseadused pole universaalsed.

Seoses sellega kriipsutab Engels alla, et kogu meie ametlik füüsika, samuti keemia ja bioloogia on eranditult, geotsentrilised, s. o. nad on arvestatud ainult Maa jaoks. Ta räägib: «Geotsentriline vaatepunkt on piiratud ja lükatakse õigustatult ümber. Kuid sel määral, kuidas meie läheme uurimises edasi, omandab ta üha rohkem õigusi. Meile on võimalikud ainult geotsentriline füüsika, keemia, bioloogia, meteoroloogia jne., ja need teadused ei kaota selle läbi midagi, kui nentida, et nad omavad jõudu vaid Maa jaoks ja on seepärast ainult suhtelised. Kui meie tõsiselt nõuame tsentrita jäetud teadust, siis paneme sellega seisma igasuguse teaduse arengu. Meile on [küllaldane] teada, et ühesuguste asjaolude puhul igal pool [omab kohta] ühesugune . . . » (Engels, «Looduse dialektika», 1941. a., lk. 192).

Selle kokkuvõtte mõte on selge järgmisest Engelsi poolt toodud näitest. Et vesi on 0 kuni 100° C temperatuuris vedel — see on looduse igavene seadus, kuid selleks, et see seadus võiks omada jõudu, peab olema 1) vesi, 2) vastav temperatuur, 3) normaalrõhumine. Päikese ja Kuu peal neid tingimusi pole (Kuu peal pole vett, Päikese peal on vaid teda koostavad elemendid, mispärast nende taevakehade kohta mainitud seadus ei kehti).

Üldse väljendab tees looduse seadusepärasusest vaid seda lihtsat mõtet, et ühesugused põhjused ühtede ja samade tingimuste puhul annavad ühesuguseid tagajärgi. Seda teesi ei või ümber lükata, sest kui seda teha, siis tähendaks see niihästi igasuguse teaduse kui ka kogu tehnika ja kogu meie igapäevaste kogemuste likvideerimist.

Just sellepärast kriipsutab Engels alla, et igavesed loodusseadused muutuvad üha rohkem ajaloolisteks seadusteks. Näidanud, kuidas toimub see muutumine, jõuab Engels järelduseni: «Niisiis kui tahame kõnelda üldistest loodusseadustest, mida võib ühesuguselt kasutada kõigi kehade puhul, alates udukogudest ja lõpetades inimesega, siis jääb püsima vaid raskus ja vahest ka enam-vähem üldine formuleering energia muutumise teooriast, *vulgos*, (või nagu tavaliselt väljendatakse) soojuste mehhaaniline teooria. Kuid see teooria ise, kui teda kasutada järjekindlalt kõigi loodusnähtuste puhul, muutub ajalooliseks kujutuseks nende muutuste tõttu, mis on toimunud üksteise järel mingis maailmasüsteemis selle tekkimisest kuni hukkumiseni, s. o. teooria muutub ajalooks, mille igal astmel valitsevad teised seadused, ühe ja sama universaalse liikumise väljenduse teised vormid — ja niiviisi omab absoluutselt üldist tähtsust üksnes vaid liikumine» (Engels, «Looduse dialektika», 1941. a., lk. 192). Järelikult on loodusseadused ajaloolised selles mõttes, et nad ei kehti mitte alati ja kõikjal, vaid ainult kindlate tingimuste olemas olles. Ometi ei tähenda see seda, et loodusseadused iseenesest on midagi päris meelevaldset, et

nad võiksid olla mõningail juhtudel muudetavad. Seepärast rõhutas Marx: «Loodusseadused üldiselt ei või olla hävitatavad. Olenevalt mitmesugustest ajaloolistest tingimustest võib muutuda ainult vorm, milles väljenduvad need seadused» («Kirjad Kugelman'ile», 1928. a., lk. 50).

Seoses kujutlusega kogu olemasoleva ajaloolisusest on tarvis arvestada järgmist väga tähtsat Engelsi märkust: «Meie loodusteaduse äärmiseks piiriks on seniajani meie universum, ja selleks, et tunnetada loodust, ei vaja me neid arvutuid paljusid universe, mis leiduvad meie universumi piiride taga. Veelgi rohkem, ainult Päike ise teiste miljonite päikeste hulgas ja tema süsteem moodustavad meie astronoomilise uurimise põhilise aluse. Maise mehhaanika, füüsika ja keemia jaoks peame enam-vähem ja orgaanilise teaduse jaoks tervikuna piirduma meie Maaga. Ja see ei too põhilist kahju praktiliselt lõputute loodusnähtuste ja looduse tunnetuse mitmekesisusele, täpselt nii, nagu ei tee kahju ajaloolä analoogiline, kuid tema veelgi suurem piiramine suhteliselt lühikese ajaperioodiga ja väheldase Maa osaga.» («Looduse dialektika», 1941. a., lk. 190).

Universumis kohtume ebatavaliste, meie kujutlustele vaevalt arusaadavate ruumi ja aja mastaapidega, mis on täiesti võrreldamatud meile harjumuslike maiste mastaapidega, mis pärast valitsevad universumis mõned uued Maa peal tundmatud seadusepärased. Nagu selgus, toimub midagi taolist ka üleminekul aatomisisese maailma. Seal kohtume säärase väikeste mõõtmetega, et mõned meile harjumuslikud seadusepärased seal enam ei kehti. Valitseb ju universumis suur mitmekesisus: maailm on ühtsus mitmekesisuses või mitmekesisus ühtsuses.

On tarvis siiski silmas pidada, et **u n i v e r s u m i ü h t s u s** **s e i s n e b t e m a m a t e r i a a l s u s e s**. Universumi materiaalse ühtsuse tõttu eksisteerivad säärase seadusepärased, millede sisu («põhiolemus») jääb muutumatuks kõikide mastaapide puhul. Sääraseks seaduseks on näiteks materia ja ener-

gia jäävuse ja muutumise seadus, mis räägib, et mateeria ja energia ei saa tekkida ei millestki, samuti ei saa jäljetult kaduda, ja et mateeria ja liikumine on lahutamatu ühtsus, s. o. pole mateeriat ilma liikumiseta, nagu pole liikumist ilma mateeriata. Selle seaduse võim (näiteks tema matemaatiline formuleering) on muutunud küll füüsika arenemise mõjul, kuid ta materialistlik olemus, s. o. liikumise ja mateeria loomatus ja purustamatus on jäänud täielikult kehtima. See seadus viib vältimatult universumi igaviku kujutluseni: sellest järeldub, et kogu maailm on lõputu ajas, s. o. pole omanud algust ega oma kunagi ka lõppu, nii et ta pole kunagi kellegi poolt «loodud».

Niiviisi näeme, et astronoomia, füüsika ja keemia on andnud meile tohutu hulga fakte, mis vastuvaidlematult tõendavad universumi materiaalsust. Nad ei tekita kahtlusi selles, et universumis on kõik seadusepärane, kõik loomulik, et kõik lähtub mateeria enesest omandustest, s. o. liikuv mateeria on kõigi loodusnähtuste põhjus. Järelikult on maailma looja niihästi täiesti liigne kui ka täiesti võimatu, kuna looduses kõik — kategooriliselt kõik! — on materiaalne: pole midagi ebamateriaalset, välismaailmset. Lühidalt, universumi materiaalse ühtsuse faktist lähtub vältimatult rangelt materialistliku maailmavaate õigsus, seega ka kõige üleloomuliku «teisemaailmse» eitamine.

SISUKORD.

| | Lk. |
|--|-----|
| 1. Mida õpetab meile taevateadus | 5 |
| 2. Maailma vana ja uus süsteem | 7 |
| 3. Maa- ja taevamehhaanika ühtsus | 12 |
| 4. Kogumaailmse gravitatsiooni seaduse universaalsus | 18 |
| 5. Aine ühtsus universumis | 25 |
| 6. Aine vahetus maailmade vahel | 27 |
| 7. Maise ja taevase füüsika ühtsus | 32 |
| 8. Ühtsus mitmekesisuses | 41 |

Kaanejoonise valmistanud V. Toots.

Vastutav toimetaja: A. Mitt.

Ladumisele antud 6. VIII 1947. Trükkimisele antud 19. IX 1947. Trükiarv 4200. Paber 56×79, ¹/₁₆. Trükipoognaid 3. Arvutuspoognaid 2,6. Trükitähti trükipoognas 34.560. MB-06056. Trükikoda „Tartu Kommunist“, Tartu, Ülikooli 21/23. Tellimise nr. 1450.

На эстонском языке.

Г. А. Гурев — Единство вселенной.

Rbl. 2.—

A

16583

111 4412005

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00441200 5