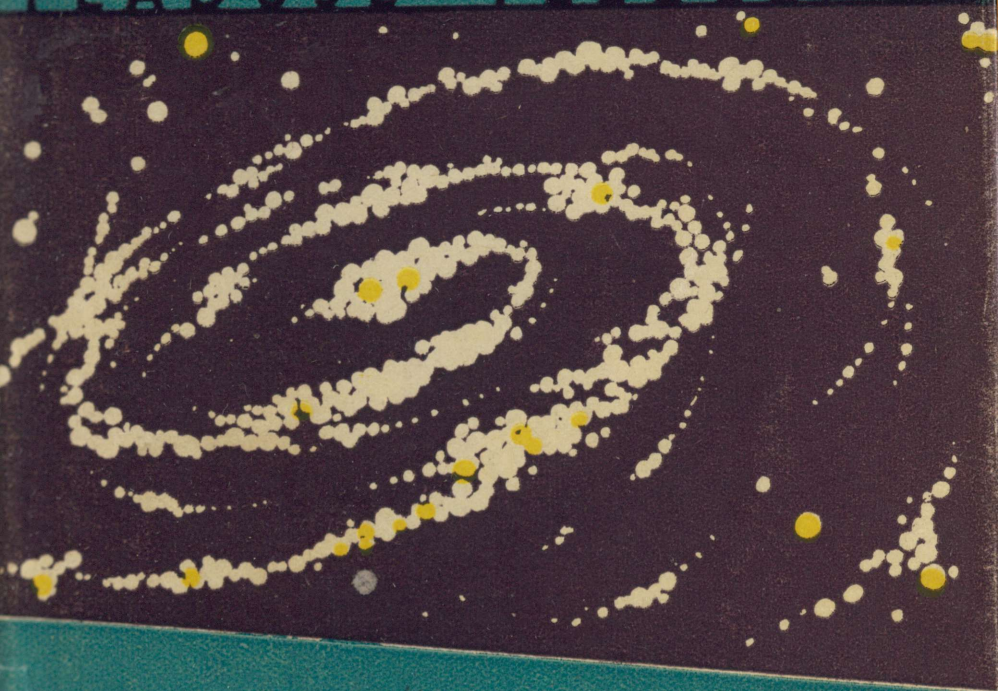


TEADUSE TEEDELT



H. SHAPLEY

**Tähtedest
ja inimestest**

H. Shapley

TÄHTEDEST JA INIMESTEST

Juba iidsest ajast on inimkonda huvitanud küsimus, kas kusagil maailmaruumis on veel teisi maailmu, kus elavad arukad olevused. Raamatu autor, ameerika silmapaistev astronoom, toetudes materialistlikule teadusele, annab sellele küsimusele jaatava vastuse. Võttes aluseks nõukogude teadlase akadeemik Oparini teooria elu tekkimisest tuleb ta järeldusele, et lõputus kosmoses peab eksisteerima suur hulk planeete, kus on elu ja leidub arukaid olevusi.



TÄHTEDEST
JA INIMESTEST

189650



TEADUSE
TEEDEL

A-25757_{IV}

H. SHAPLEY

TÄHTEDEST JA INIMESTEST

INIMESE REAGEERIMINE
PAISUVALE UNIVERSUMILE

UOOLJÜ UTRAT
UOOLJÜ UTRAT

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1964

· Originaali tiitel:
Of stars and men
Human Response to an Expanding Universe
Harlow Shapley
Beacon Press Beacon Hill Boston
1958

Tõlkinud *R. Lias*
Kaane kujundanud *E. Tali*

2

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

189659

EESSONA

H. Shapley raamat «Inimesed ja tähed» on pühendatud probleemile, mis paljude sajandite jooksul on erutanud inimkonda — küsimusele elu levikust universumis.

Tänapäeval on huvi selle probleemi vastu jälle tugevasti tõusnud, sest seoses inimese esimeste kosmoselendudega selgus, et teiste päikesesüsteemi planeetide külastamine on juba lähema tuleviku küsimus.

Raamatu autor, väljapaistev ameerika astronoom Harlow Shapley (sünd. 1885) on tuntud oma töödega muutlike tähtede, välisgalaktiliste kauguste skaala, eriti aga galaktika ja metagalaktika ehituse alal. Astronoomid tunnevad hästi H. Shapley 1957. aastal ilmunud ingliskeelset monograafiat «Sisemine metagalaktika» ja koostöös A. Amesiga 1934. aastal valminud heledate galaktikate kataloogi.

Käesolev H. Shapley raamat, nagu ta ise eessõnas rõhutab, pole kirjutatud ei astronoomide ega teiste teadusvalade spetsialistide jaoks: see on määratud harilikule lugejale ja paistab silma probleemi haardelaiuse, esitusviisi arusaadavuse ja hea elava keele poolest. Et raamatu mõistmist kergendada, tuleb võib-olla tähelepanu juhtida ainult mõningatele autori esitusviisi ja terminoloogia iseärasustele.

1. Sõnaga «kosmograafia» seostub meie lugejal tavaliselt õppeaine revolutsiooni-eelses koolis, mis hõlmas kindla miinimumi teadmisi astronoomiavallast. H. Shapley tarvitab seda terminit tunduvalt laiemas tähenduses, lähtudes sõna täht-tähelisest mõttest (kosmograafia — kosmose, universumi kirjeldus). Autori poolt sellesse terminisse kätketud mõte langeb ligikaudu kokku termini «kosmoloogia» tähendusega meie kirjanduses.

2. «Kosmose» all mõistetakse sageli meid ümbritsevat universumi osa. Sõltuvalt kontekstist võib see olla niihästi

Maa vahetu naabrus, kogu meie Galaktika või miljardeid galaktikaid sisaldav ruumiosa. Kuid «kosmose» all mõistetakse ka kogu lõputut universumit. H. Shapleyl on sõna «kosmos» tavaliselt viimases tähenduses, kuid nähtavasti peab ta universumit ruumis lõplikuks. Tähtede ja elementaarosakeste arvu kindlaksmääramine universumis (lk. 70 ja mujal) on seotud just niisuguse ettekujutusega.

Kuni 1920. aastani oli H. Shapley koos paljude kolleegidega valmis väitma, et meie Galaktika («täheuniversum») ongi kogu universum. Peagi selgus, et Galaktika, vaatamata tema mõõtmete fantastilisele grandioossusele, on ainult tibatillukeseks kübemekeseks galaktikatest koosnevas süsteemis, mida H. Shapley ise soovitas metagalaktikaks nimetada. Näis, et see kogemus (mitmes küll juba!) pidi iga astronoomi viima arusaamisele, kuivõrd ebaloogiline on oletada, et nähtav universumi osa ongi kogu universum (või isegi kümnendik, sajandik, miljardik osa sellest). Kuid lootusest universumi «piirideni jõuda» ei loobunud selgi korral. Muuseas, H. Shapley arvab, et mõiste «metagalaktika» «on praktiliselt identne... kogu materiaalse universumi mõistega» («The Inner Metagalaxy», lk. VII).

Kui H. Shapley nüüd väidab, et eksisteerib vähemalt sada miljonit asustatud planeeti, suurema tõenäosusega küünib nende arv aga saja triljonini, siis tuleb lisada «nähtavas (või mõõtmelalt sellele lähedases) metagalaktika osas». Kogu lõputus universumis on asustatud planeete lõpmata palju. (Arvestus tehakse eeldusel, et iga triljoni tähe kohta tuleb vähemalt üks, mis omab elu tekkimiseks ja arenemiseks sobivate tingimustega planeete, kuid üks triljondik lõpmatusest on samuti lõpmatus.)

3. H. Shapley lähtub paisuva universumi kontseptsioonist (ühendades sellega kujutluse Lemaître'i «ürgaatomist»), s. o. sellest, et «tolmu ja tähtedega asustatud metagalaktika reaalne algus ning universumi paisuma hakkamise moment olid olemas». Kuid on kerge näha, et, esiteks, H. Shapley, erinevalt paljudest teistest Lääne teadlastest, ei absolutiseeri seda hüpoteesi; teiseks, ja see on meile praegu kõige olulisem, tema põhijäreldus asustatud maailmade rohkearvulisusest ei sõltu tegelikult milgi määral selle hüpoteesi tunnistamisest või tagasilükkamisest.

Paisuva universumi hüpoteesiga on vahetult seotud ainult H. Shapley kosmogooniline hüpotees — tema kujutlused Maa ja planeetide päritolust. Kuid H. Shapley ise näitab, et see hüpotees on ainult üks paljudest võimalikest ja et milline ka poleks «tekkimise viis (kahtlemata on mängus olnud mitmesugused tegurid), peaksid plaanidid olema kõikide tähtede tavalisteks saatjateks».

4. H. Shapley on stiihilise loodusteadusliku materialismi veendunud pooldaja. Võrdlemisi selgelt väljendub tema vaadetes ka stiihiline dialektika.

H. Shapley kriipsutab korduvalt alla, et elu tekkimiseks ja arenemiseks ei ole vaja üleloomulike jõudude sekku-mist. Elu vaatleb ta kui looduslikku makromolekulide taastekitamise biokeemilist protsessi. Tuginedes nõuko-gude teadlase akadeemik A. I. Oparini uurimustele, S. Milleri, F. Abelsoni jt. eksperimentaalsetele töödele, näitab autor, et elu peab tekkima ja arenema igal pool, kus selleks leiduvad vaid sobivad füüsikalise-keemilised tingimused. Ta näitab ka, et just religiooni dogmadest vabanemine avas loodusteaduse jaoks «analüüsi rajad ja mõtte prospektid». Kuid arvestades ilmselt Ameerika lugejaskonna hulgas levinud eelarvamusi, ei riski H. Shapley täielikult sulgeda ust mittemateriaalsete, üleloomulike jõudude ees. See avaldub eriti asjaolus, et nelja materiaalse entiteedi kõrval, millega ta opereerib (ruum, aeg, aine ja energia), lubab ta mingi viienda, mõnevõrra müstilise entiteedi eksisteerimist — nimetatagu seda siis «ülemaaailmseks liikuma panevaks jõuks», «kõikvõimsaks tahteks» või «teadvuseks». H. Shapley vihjab kaudselt isegi sellele, et lugeja võib viendat entiteeti soovi korral jumalaks pidada. Kuid niisugune fantastiline entiteet ei seostu praktiliselt kuidagi H. Shapley teooriate ja järeldustega ning on tegelikult ainult raamatu «dekoratiiv-seks» elemendiks.

Lõpuks on meeldiv märkida, et H. Shapley raamat — jutustus «tähe maailma teadaolevatest faktidest ja inim-konna saatusest», nagu seda autor ise on nimetanud — on läbi imbunud tõelisest humanismist, püüdest rahu ja sotsiaalse progressi poole. Raamat lõpeb «optimistlikult». Näidanud veenvalt (vastupidi sellele, mida sageli väide-takse Lääne populaarteaduslikus kirjanduses), et inim-sugu ei ähvarda mingi oht kosmosest, kuna tõsiseks ohuks võib olla ainult inimese enda tegevus, resümeerib

autor: «Elamine sellel hästi kindlal planeedil on üldiselt üsna mõnus ning võib muutuda veelgi paremaks.»

Probleemide haardesügavuse, esitusviisi veenvuse ja arusaadavuse poolest tuleb meie ees olev raamat tõenäoliselt kaasaegse populaarteadusliku kirjanduse parimate näidete hulka arvata ja seda võib soovitada kõige laiemale lugejaskonnale.

G. Naan

AUTORI EESSONA

Käesolev uurimus ei ole kirjutatud astronoomidele ega teistele eriteadlastele. Seepärast on ta varustatud vaid väheste kirjandusviidetega ega sisalda tehnilisi üksikasju, välja arvatud mõned 5., 6. ja 9. peatüki osad. Kui ma kasutan väljendit «kosmose kohta teada olevad faktid», siis palun lugejat mitte liiga ranget tähendust omistada sõnale «faktid» — see, mis täna näib faktina, võib homme vajada edasist täpsustamist. Arutluste ja formuleeringute kordamine mitmetes peatükkides ei ole tingitud hooletusest. Sellega tahetakse rõhutada neid seisukohti, mis väärisksid rohkem tähelepanu.

Tahaksin tänada proua Shapleyd, kes on kannatlikult tunginud esitatavate mõtete sisusse ja nende sõnastusviisi ning aidanud käsikirja ette valmistada.

Kui see raamat oleks pühendatud tema esmastele ja peamistele inspireerijatele, oleksid austust pälvinute hulgas tõenäoliselt tähtede valgus, putukad, galaktikad ja kivistunud taimed ning loomad, sest kõik nad koos on sisendanud autorile need seisukohad ja ideed, mis siin on kirja pandud.

Harlow Shapley

SISSEJUHATUS

Käesolevas raamatus on olemasolevate andmete põhjal püütud kujundada kindel ning mõistuspärane süsteem, mis haaraks inimese ja universumi. Viimaste aastate jooksul on tunduv osa vanast maailmapildist kokku varisenud. Selle lammutamist tuleks veelgi jätkata. Eriti peame edaspidigi üle parda heitma tubli annuse inimlikku edevust ja palju antropotsentrilisi seisukohti. Ja arvatavasti vajab meiegi süsteem üsna peatselt uuendamist. Paratamatult oleme sunnitud töötama omas ajas ja oma aja jaoks. Peame kasutama mõisteid, mis praegu on käibel, ja neid, mida saab loogiliselt tuletada.

Teiste sõnadega, selle väikese raamatu eesmärgiks on anda mõningaid teadmisi ja esitada ideid, nii uusi kui ka vanu, inimkonna asendi kohta aine- ja aistingute maailmas. See on maailmavaateline essee koos, võiks öelda, proovinekroloogiaga antropotsentrismile meie maailmapildis.

Ülevaade sellest olulisest, mille uuriv inim mõistus on päevavalgele toonud, viib loomulikult spekulatiivsetele mõttemõlgutustele, hämmastusest tulvil kujutlustele, ebateadlikele otsingutele nii objektiivse kui ka introspektiivse (subjektivistliku) filosoofia valdkonnas. Kuid valdavalt kavatsen siin esitada ainult fakte ja kõige ilmsemaid järeldusi nendest. Lugeja kasutagu neid nagu soovib oma hoiaku kujundamiseks materiaalses ja võib-olla ka mittemateriaalses maailmas. See on koostöö ettepanek kirjutaja ja lugeja, aruandja ja arvustaja vahel.

Näiteks, mina rõhutan elusorganismide rea pidevust, pikka katkematut ahelat anorgaanilistest molekulidest keeruliste orgaaniliste molekulrühmituste kaudu primitiivsete taimede ja loomadeni, sealt edasi müriaadide veel keerulisemate bioloogiliste vormide kaudu inimeseni kõrgeimal arengutasemel, — evolutsiooni miljardi aasta ja

pikemagi aja vältel. Ma rõhutan just seda pidevust. Lugejad võivad, kui soovivad, juurde mõelda koha, kus nende arvates «hing» sisenes eluvoolu. Mina kirjeldan paisuvat galaktikate maailma, teised võivad teha oletusi selle kohta, millest ja miks paisumine algas.

Essee kirjutamine tähemaailma teadaolevate faktide ja inimkonna saatuse kohta on tõsine ülesanne. Sõnal «saatus» on pahaendeline kõla ja faktid on sageli häirivad ning rusuvad. Et edasi lükata võimaliku masendustunde tekkimist meie osatähtsuse ja funktsioonide hindamisel universumi mastaabis, võiksime kõigepealt rõhutada elu häid külgi olemasolevates tingimustes. Sissejuhatuse võiksime kirjutada optimistlikus laadis ning alles hiljem heita pilk ka tegelikkuse süngematele külgedele.

Paljud meist võivad ümbritseva maailmaga rahul olla. Loodus on mõõdukalt helde ja heasoovlikkus on üldinimlik joon. Maailmas on laialt levinud ilu, meeldiv korrapärasus, koostöö, seaduslikkus, progress — kõik sellised väärtused, millest peab lugu inimene-mõtletaja, ehkki mitte alati inimene-loom. Kui me ei kannata nälga ega külmeta, kui meid ei rõhu inimeste häbiteod, kaldume rahulolule ja kergemeelsussegi.

Kuid meie ees seisvate ülesannetega sobib paremini, kui kergemeelse ja mõnevõrra põikleva hoiaku asemel kohe algusest peale käitüksime küpsete uurijatena, kes otse ja kartmatult astuvad vastu kosmosefaktidele. Väike suurepärase inimene silm silma vastu tohtu suurepärase universumiga!

Alustame sellest, et püüame leida lühikese ja ülevaatliku vastuse küsimusele: mis on kosmos?

Neli või rohkem põhientiteeti

Teadlased, kelle mõtiskluste ja uurimuste objektiks on kosmograafia, samuti mõned filosoofid, kelle arutlused haaravad kosmoloogiat, jõuavad peagi järeldusele, et füüsikaline maailm koosneb neljast põhientiteedist või on nende abil ulatuslikult kirjeldatav. Võime ka väita, et oma teadmised maailma kohta saame nelja põhientiteedi kaudu. Need põhisuurused on teatud määral üksteisest eraldatavad ja neile on võimalik nime anda. Võib-olla on põhientiteete rohkemgi, kuid lihtsuse mõttes piirdume

kogu füüsikalise ja vahest ka bioloogilise maailma kirjeldamisel neljaga. Need on: ruum, aeg, aine ja energia. Tuntakse mitmeid muidki, nn. kvaasientiteete, nagu liikumine, kiirus, ainevahetus, entroopia, organismide sünd ja paljunemine, kuid need on neljast eelmisest tuletavad või nende kombinatsioonid.

Kas võiksid eksisteerida mõned, võib-olla veel tähtsamad entiteetid, mis on meile seni tundmata ja teiste hulgast välja eraldamata? Ning eriti, kas eksisteerib mingi muu materiaalse maailma omadus, mis on oluline universumi funktsioneerimiseks? Midagi liikumisetoloogilises abstraktses mõttes? Küsimuse võiksite formuleerida ka isiklikumas laadis: kui teile antaks neli põhientiteeti, kui teil oleks võimalust ning tahtmist ja teile kuuluks kogu võimutäius, kas te siis saaksite ruumist, ajast, ainest ja energiast luua samasuguse universumi, nagu praegu eksisteerib? Või vajaksite veel mingit viiendat entiteeti, mingit muud põhiomadust või -toimet?

Nähtavasti oleme liiga põhjalikult selle küsimuse juures peatunud, ent mõnevõrra müstilist viiendat entiteeti peame edaspidigi rohkem kui üks kord mainima. Selles, et ta eksisteerib, võime vist vaevu kahelda. Kas on see kõrgeim entiteet, võib-olla põhilisem kui ruum ja aine, ja sisaldades neid mõlemaid, midagi sootuks erinevat neljast eelmainitust? * On ta hädavajalik? Midagi niisugust, mis n.-ö. käivitab tähtede, organismide ja loodusseaduste maailma, kuna vastasel korral oleks see paigale tardunud?

Mõnel lugejal mõlgub meeles ehk jumal, kuid me ei tohiks siiski olla liiga ennatlikud nii sügava ja tõsise asja puhul. Ärgem kulutagem seda tähtsat ja kõikehaaravat mõistet ainult universumi ühe osa peale või millelegi, mis on taibatav juba meie algelise mõistusega. Kosmograafiaga ** tegeldes piinab meid ikka teadmine, et maailmas võivad eksisteerida mingisugused meie pilkude eest varjule jäänud omadused. Need karakteristikud võivad alluda mõnesugusele, kõigest muust sõltumatule ülemaailmsele liikuma panevale jõule, mida võiksite nimetada

* Soovi korral võiksite need neli ka paarikaupa kokku võtta — aeg-ruum ja aine-energia — ning otsida viienda põhientiteedi asemel kolmandat.

** Jämedates joontes on kosmograafia kosmose suhtes sama mis geograafia Maa suhtes.

sihiks (*Direction*), korraks (*Form*), ajendiks (*Drive*), kõikvõimsaks tahteks (*the Will of Omnipotence*) või teadvuseks (*Consciousness*). Kuid ükskõik, kas see on ajend või teadvus, sel mõistel peab olema kosmiline ulatus. Kosmograafias on täieõiguslik koht üksnes sellel, mis pole seotud ainult inimesega või ainult Maaga.

Mis? Kuidas? Miks?

Eespool on mitmes kohas juttu olnud meie teadmiste piiratusest universumi kohta. On lausa hämmastav, kui vähe teame, võrreldes sellega, mis peaks meie uurivale mõistusele lõpuks kättesaadav olema. Ja kui väike on tõenäoliselt seegi saavutatav osa, võrreldes sellega, mis jääb temast väljapoole. Eelarvamused ja ustavus dogmadele on hoidnud meid peaaegu kõige primitiivsemate vaadete tasemel. Kujutlegem, kuhu oleksime võinud jõuda, kui meid poleks aheldanud usulised eelarvamused, teatud ühiskondlikud konventsioonid ja rahvuslik piiratus. Milline võinuks olla meie intellektuaalne arengutase käesolevaks momendiks, kui näiteks aineliste hüvede asemel oleksime rohkem rõhutanud vaimseid vajadusi. Meie teadmiste pagas ei tohi olla nii vilets nagu praegu, kui tahame leida vastuse kolmele põhiküsimusele:

Mis on universum?

Kuidas ta funktsioneerib?

Miks universum on olemas?

Esimesele küsimusele — mis? — võime vastata üsna lihtsalt ja anda vapralt osalise seletuse, pomisedes midagi ainest, gravitatsioonist, ajast, protoplasmast. Teise küsimuse puhul — kuidas? — söandame rääkida midagi looduseadustest, soojusesurmast, galaktikate hajumisest. Kuid küsimuse puhul — miks universum on olemas? — tõenäoliselt hüüatame: «Jumal ise teab!», ja see on ilmselt «piiratud» informatsioon. Olles teataval määral parandamatud, hakkame iseendalt küsima, miks see «Miks?» universumi olemasolu kohta on piiratud ja miks peaksime leppima mõttega, et mõistatused, mille lahendamisest oleme tänapäeval kauaol, jäävadki igavesteks saladusteks. Palju antiikaja inimesele seletamatut on ju

meie jaoks igapäevane ja arusaadav. Salapärasuse element on haihtunud. Kui töötame edaspidigi pingeliselt, mõtleme selgelt ja sügavalt, kas me siis ei suuda vastata nii mõnelegi universumi peamistest «miks'idest»? Filosoofid ütleksid arvatavasti — ei —, mina aga jätan küsimuse lahtiseks.

Esituse kava

Selleks et suhteliselt lühikese kirjutise raames esitada põhilisi seisukohti vaadeldavas küsimuses, piirduksime mõningate punktidega, mis aitavad meie mõtteviisil kohaneda nn. kosmose faktidega (võib-olla oleks õigem kasutada sõna «andmed» liigset kindlust väljendava sõna «faktid» asemel). Meie arutlus koosneb järgmistest etappidest.

1. Inimese asendit kosmoses ja tema funktsioone puudutavate vaadete revideerimise vajalikkus. Kas on küllalt alust rikkuda meie niigi kasinat meelerahu selle pärast, mida teadusel on meile öelda? Vastus on kindlasti jaatav. Me peaksime oskama näha meie ees avanevat uut tegevusvälja ja arvestama uusi võimalusi.

2. Maa (ja inimkonna) füüsilise asendi kindlaksmääramine universumis, lähtudes meeleanorganite abil saadud andmeist ja kasutades loogilisi järeldusi. Võtame aluseks neli põhientiteeti ja otsime oma kohta niihästi ruumi kui ka aja ning aine ja energia suhtes. Küsimine, kas inimene on juhtpositsioonil, tavaline rivisõdur või sabassörkija, kelle on unustanud tema olemasolu lähteks olnud tähed. Edaspidi näitame, et inimese füüsiline asukoht on praegu kindlalt piiritletud ja teatud mõttes polegi ta üsna tähtsusetu.

3. Maakera päritoluga ja eluvõimalustega planeetide arvu ning jaotusega seotud küsimused.

4. Aistimisvõimeliste elusorganismide iseloomu ja leviku probleemid. Kas elu on eritingimustes tekkinud kohalik nähtus, mis on arenenud ainult selle ühe planeedi pinnal (või pinna lähedal), või on ta laiemalt levinud. (Elu päritolu ja tähendusega seotud üksikasjades ei ole meil veel täit selgust, ent on ju keerulisemaidki lahendamata probleeme.)

5. Neljas põhjalik murrang Maaga seotud inimese vaa-

detes kosmosele ehk nn. neljas kohandumine. Vaenulikust ümbrusest tingitud ürgse egotsentrismi juurest on inimene jõudnud kujutluseni universumist, mis on kooskõlas astronoomiliste ja bioloogiliste andmetega. Looduse vaenulikkuse kontseptsioon ei ole enam otstarbekas.

6. Inimsoo liigimälu ja meeleorganite kui kosmograafilisteks uuringuteks sobivate tunnetusvahendite esialgne analüüs.

7. Lõpuks mõned oletused inimese kui maapealsete loomade hulgas valitseva olendi tuleviku suhtes. See on viljakas valdkond igasugusteks hüpoteesideks, nii lootusteks kui ka meeleheiteliks, rahuloluks ja kahtlusteks. Me jõuame mõtteni liikide säilivusest ja inimkonna eesmärkidest ning kujundame vastavalt oma filosoofilised tõekspidamised.

Kokkuvõttes võiks öelda, et selles peatükis oleme esitanud inimese asendit ümbritsevas maailmas käsitlevate arutluste üldise eesmärgi ja plaani, arvesse võttes kaasaegse teaduse edusamme, eeskätt täppisteaduste alal. Oleme ära märkinud materiaalse maailma neli põhientiteeti ja avanud ukse elu struktuuri ning tähenduse tundmaõppimiseks. Eelseisvateks uuringuteks valmistudes oleme lugeja ette püstitanud kosmoselossi sõrestiku või vähemalt mõnesuguse skeemi. Järgnevatel lehekülgedel peame lisama detaile. Loomulikult ei jõua me lõplikult valmis ehituseni. Ma pole isegi kindel, kas rajame vundamenti või töötame katuse kallal. Väga võimalik (ja see oleks ka meie tgasihoidlikuks sooviks), et püstitame alles töökoda, mis peab eelnema tõelisele hoonele.

Kuidas võiksimme nimetada seda ehitust, millega praegu tegeleme? See ei ole teadus tavalises tähenduses. Kas see on metafüüsika, religioon, inimlikud püüdlused, resignatsioon, lootus? Esialgu võiksimme seda nimetada «kohandumiseks arusaamise kaudu».

UUELE OLLELE UUS VAAT

Alustame järgmisest küsimusest: kas praegusel hetkel on küllaldast alust, et revideerida seniseid vaateid inimkonna asendile ja tähtsusele maailmas. Sellele vastame viivitamata: «Jah!» Kaasaegsete teadmistega rikastunud õpetlane, hämmeldunud võhik ja arvatavasti ka mõned filosoofid vastavad kindlasti jaatavalt. Seniste seisukohtade ümberhindamise algpõhjus peitub üsna hiljuti teatavaks saanud Päikese, Maa ja teiste planeetide «nihkumises» keskselt või küllalt tähtsalt kohalt tähemaailmas hoopis kõrvalise pealtvaataja asendisse ühe tavalise galaktika nõrga spiraalharu väga silmapaistmatus osas.

See põhjus on elementaarne, kuid määrava tähtsusega, kuna just selletõttu pidid varasemad teooriad maailma ehituse kohta — geotsentriline ja heliotsentriline süsteem — loovutama koha praegu üldtunnustatud nn. ekstsentrilisele süsteemile. Sellega oleme astunud suure sammu kosmose tundmaõppimisel, sammu, mis ei võimalda enam tagasipöördumist. Peame harjuma faktiga, et asume perifeerias, et liigume koos oma tähega — Päikese — ühe galaktika ääremail, kusjuures see galaktika ise on üks miljarditest täherikastest galaktikatest.

Kui meie ruumilises või ajalises asendis ongi midagi suursugust, siis mul ei ole õnnestunud seda leida. Usun, et meie kuulsuse allikas peab peituma kuskil mujal. Kas me ei peaks ka avalikult küsitavaks tunnistama kaunis edeva ja tüütu dogma, mille kohaselt inimene on midagi väga erilist, kõigest muust kõrgemal seisvat? Ta võib ju olla. Loodan, et ta seda ongi. Kuid kindlasti mitte oma koha tõttu ruumis või ajas, mitte ka oma energiasisalduse või keemilise koostise poolest. Temas ei ole midagi silmapaistvat nelja materiaalse põhientiteedi — ruumi, aja, aine ja energia seisukohalt. Tema füüsilistes

mõõtmetes, keemilises koostises ja toimingutes pole midagi unikaalset ega hooplemist pälvivat, samuti mitte ajajärgus, milles ta eksisteerib. Inimene on muidugi keerukas ja huvitav nähtus, kuid me ei tohiks sellepärast heldida ega anduda enesevaatlusele, vähemalt esialgu mitte. Ka hiljem tuleb selles punktis tagasihoidlikuks jääda. Vabanenud illusioonidest inimese ülemaailmse tähtsuse kohta, suudame paremini analüüsida tema mõistust, hinnata selle võimsust, tähtsust ja efektiivsust kosmoses toimuvate protsesside mõistmisel.

Egotsentrism ja kalduvus antropotsentrismi on kaua valitsenud meie mõtteid ja ähmastanud meie loogilisi järeldusi. Võimalik, et see on paratamatu. Oleme ju inimesed ega suuda olla täiesti objektiivsed. Maailma peame tundma õppima omaenda meeleeelundite kaudu. Meil pole lihtne kujutada sitikaid, prootoneid või komeete kosmose vaatevinklist. Kuid tuleb mõnda, et subjektiivne lähenemine — kui mõtleme ja tegutseme ainult iseenda või ka inimkonna seisukohalt — on äärmiselt piiratud ja tulvil ohte. Objektiivsus on ainus pintsel, millega võime maalida tõepärase ja rahuldava pildi kosmosest ning selgelt ja täpselt piiritleda inimkonna asendit.

Inimese kui loomariigi esindaja oletatav üleolek, eelarvamus elu, eriti inimelu tähtsusest kogu universumi ulatuses ja väide või veendumus, et käesolev geoloogiline ajastu on kuidagi tohutult tähtis aja kulus, — kõik need kergekaalulised postulaadid tuleks asetada kahtluse alla. Selleks et tõlgendajale tõlgendatava suhtes õiget hinnangut anda ja kuigivõrd meie loomupärast egotsentrismi pareerida, peaksime võib-olla liigne kord rõhutama galaktikate ja tähtede, nende «külmade tulede osatähtsust, millel siiski on võime põleda ja põletada inimesse tema tühisuse tulemärk».

Ent meie tähtsusetuses materiaalses mõttes ei tohiks siiski olla midagi eriti alandavat. Kas meid alavääristavad varblase suurem kiirus, jõehobu massiivsus, koera teravam kuulmine, putukate peenem haistmine? Me harjume kergesti kõigi nende meie väiksematest võimetest rääkivate faktidega ja säilitame seejuures oma tähtsus- ning heaolutunde. Järelikult peaksime toime tulema ka tähtedega ja muganduma kosmosefaktidega. See on ju nii- või suurepärane maailm, et selles tasub etendada isegi tähtsusetut osa!

Paljud mineviku silmapaistvad isiksused on kiretult rääkinud õrnast inimesest, kes kaitseb end universumi külmuse vastu. Mõned on sattunud väljapääsmatusse meelegeitusesse, teised jälle jõudnud veendumusele, et kosmilises draamas on mõtlevale inimesele juhtunud vale osa: inimene on varustatud suurepärase mõtle- ja tegutsemisvõimega, leiab end aga lootusetult Maaga seotuna, lühiealisena, orjastatud nii põlisdžunglist pärinevate instinktide kui ka vahetatult eelkäijatelt pärandatud dogmade poolt.

Kuigi mõned uurijad on jäänud avarapilguliseks ja säilitanud lootuse, et inimese piiratud mõistus tuleb üha edukamalt toime universumi probleemidega, on paljud mõtlejad, võib-olla isegi enamik, varem või hiljem taandunud, et troosti leida teoloogia dogmades.

Kuid arvestades meie käsutuses olevaid uusi põhilise tähtsusega andmeid universumi ehituse kohta, on küllalt põhjusi, miks kaasaegne inimene võiks ja peaks suutma hoopis üksikasjalikumalt ning mõistlikumalt seletada maailma, kui see oli näiteks jõukohane Moosesele, Lucretiusele või Spinozale, Locke'ile või Pascalile, kelle kosmoloogilised teooriad olid geo- või heliotsentrilised ja igati piiratud. Meil on sügavad teadmised ja palju otsustava tähtsusega informatsiooni, mis polnud kättesaadav möödunud sajandite filosoofidele. Kontrollitavate andmete kogumises oleme jõudnud kaugele, isegi väga kaugele. Ja seda tuleb ikka meeles pidada: kui meile on osaks saanud tsiviliseerituks jääda, ei ole enam mingit tagasipöördumise võimalust. Seepärast peame edaspidi elama, arvestades oma teaduslikke saavutusi. Ei mingid kahtlused üksikasjade suhtes, ei vaatlusandmete täielik eitamine ega teaduse viimaste saavutuste moonutamine suuda hävitada intellektuaalset progressi. Kuidas ka sooviksime, kalleid, kuid surnud hüpoteese taas elustada ei saa.

Pisut aritmeetikat

Makromaailm on nii suur ja elementaarosakesed mikromaailmas nii väikesed, et nende mõõtmete võrdlemine on tülikas, nagu näiteks ilmneb leheküljel 33 esitatud tabelist. Kui tahaksime numbriliselt hinnata universumi aegruumis eksisteerivate fundamentaalosakeste arvu, peaksime kirjutama kaheksakümnest-üheksaküm-

nest numbrist koosneva avaldise. Seda on raske kirja panna ja võimatu on sellest ülevaadet saada. Mingi galaktika on miljon miljon miljon miljon korda suurem amööbist, kuid amööb omakorda on hiiglane, võrreldes elektroniga. Tülikad võrdlused esinevad samuti ajavahemikkude hindamisel. Näiteks spiraalse galaktika pöörlemisperioodi suhe ammoniaagimolekuli võnkeperioodisse on suurem kui kümme miljon miljard miljardit. Ilmselt vajame lihtsamat väljendusviisi.

Pikkade numbriridade asemel osutub otstarbekaks nii suurte kui ka väikeste arvude avaldamiseks kasutada arvu kümme astmeid. See on väga lihtne ja mugav. Kümne teine aste, s. t. 10^2 on sada, 10^3 — tuhat, 10^{-3} — tuhandik, 10^6 — miljon, 10^{-6} — miljondik, 10^{12} — triljon jne. Vesiniku aatomite arv ühes grammis vesinikus on $6 \cdot 10^{23}$, s. t. kuus kahekümne kolme nulliga. Maakoore ligikaudne vanus on $5 \cdot 10^9$ aastat, s. o. viis tuhat miljonit aastat; $3 \cdot 10^{10}$ on valguse kiirus sentimeetrites sekundi kohta; 10^{-29} grammi kuupsentimeetri kohta on aine keskmine tihedus metagalaktilises ruumis. See arv, 10^{-29} on ilmselt palju kenam kui avaldis, kus üks on jagatud miljoniga, millele järgneb veel 23 nulli.

Niisuguste suurte arvude korrutamisel tuleb astmenäitajad lihtsalt liita: $10^{14} \cdot 10^{12} = 10^{26}$. Kui esinevad arvulised tegurid, peame nad korrutama: $2 \cdot 10^7 \cdot 3,1 \cdot 10^7 = 6,2 \cdot 10^{14}$ — see annab sekundite arvu kahekümnes miljonis aastas.

Jagamisel astmenäitajad lahutuvad: $10^{16} : 10^2 = 10^{14}$. Liitmist kasutatakse suhteliselt harva, näiteks $2,4 \cdot 10^7 + 1,5 \cdot 10^6 = 2,55 \cdot 10^7$.

Põhipunktide esialgne loetelu

Üldised edusammud teaduse valdkonnas (teadus laiemas tähenduses) ja meie järkjärguline vabanemine usudogmadest on avanud senitundmatud võimalused analüüsimiseks ja avarad väljavaated teadusliku mõtte arenguks. Kui mineviku uurijad oleksid teadnud kõike seda, mida tunneme meie, oleksid nende kosmoloogilised teooriad kujunenud sootuks teistsugusteks. Kindlasti oleks vastav mõju avaldunud ka nende vaadetes nähtuste algpõhjuste kohta. Uusi avastusi elu, aine ja ruumi oma-

duste kohta loetakse filosoofia seisukohalt üldiselt väga olulisteks. Neist võiks pikalt ja põhjalikult rääkida, ent antud juhul piisab, kui üksikasjadesse laskumata ära märkida mõned uusi suundi tähistavad avastused. Neid võiks nimetada inimese mina osatähtsust kahandavateks avastusteks. Enamikku neist käsitleme detailsemalt järgmistes peatükkides.

1. Loomulik on alustada tähtedest. Praegu teadaolevate päikeste arv ei ole viis või kuus tuhat palja silmaga nähtavat objekti, mis olid tuntud vanadele hindudele ja kreeklastele. Samuti mitte miljon tähte, mida võis avastada väikeste teleskoopidega Galilei ja Newtoni päevil, ega ka paar miljardit, mis olid teada umbes inimpõlv tagasi. Praegustes ülevaadetes figureerib rohkem kui 10^{20} — sada tuhat miljon miljardit tähte, ja iga täht kiirgab eluks vajalikku kütust kõigile planeetidele, mis liiguvad koos temaga läbi ruumisügavuste ja ajaigavike. Inimese koha ja toimingute hindamisel universumi mastaabis on niisuguse tohtu tähtedehulga tähtsus ilmne..

2. Elu tekkimine ei ole enam ligipääsmatuks saladuseks. Üleloomuliku vaheleastumine biokeemilisse arengusse, mida nimetame eluks, pole vajalik. Piisab loomulikest protsessidest, millistest enamikku juba tuntakse. Oleme loonud vähemalt esialgse silla üle elusat ja elutut loodust lahutava kuristiku. Mikrobioloog, kes katsetab elusrakkudega ja liigub elutu aine suunas, ning keemik, kes aatomitelt suundub eluslooduse poole, on jõudnud praktiliselt kokkupuutesse. Kuid veel on palju üksikasju läbi töötamata. Silla juurde viivaid teid tuleb hoolikalt ehitada, konstruktsiooni tugevdada ja alust täita. Keemikud ja bioloogid, s. o. teadlasi, kes uurivad elutu aine muundumist elusaks, abistavad geoloogid, kes analüüsivad kivistisi, astronoomid, kes tõestavad eelkambriumi-perioodi pikaajalisust, statistikud, kes näitavad, et väga pika aja jooksul, kui ainet on küllaldaselt, võivad toimuda isegi ülimalt ebatõenäosed protsessid, kaasa arvatud niisugused, nagu aminohapete «juhuslik» süntees, mida lähemalt vaatleme 9. peatükis.

3. Teadmisel, et meie psühhozoikum* on maapealsete

* Psühhozoikum vastab pleistotseenile. Seda vaatleme hiljemases inimese evolutsiooniga.

bioloogiliste vormide arengu ajaloos lühike periood, ja Maa perifeerse asendi tunnustamisel on olnud (või on lähemas tulevikus) väga kasulik tagajärg. Nimelt mõtleva inimese egotism on asetatud (või asetatakse lähemas tulevikus) piisava kontrolli alla, mille tulemusena inimene suudab vaadelda kogu maailma märksa objektiivsemalt kui seni. Tal pole mingit vajadust ega õigust jääda mõtlemisviisilt ainult Maaga seotuks.

4. Kuna universumis on tõenäoliselt väga palju kõrgelt arenenud eluvorme, kaasa arvatud närvisüsteemiga varustatud olendid, peame iseennast ja meid ümbritsevaid elusorganisme vaatlema kui vaid ühte bioloogilise arengu kompleksi ning seejuures nähtavasti mitte kui kõrgeimal arengutasemel olevat, ükskõik mida sõna «kõrgeim» ka tähendaks. Sest elu (hiljem käsitleme seda põhjalikumalt) tekib ning areneb paratamatult igal pool, kus on sobivad keemilised, geoloogilised ja kliimatilised tingimused.

5. Võime oletada, et väga suure tõenäosusega eksisteerivad meeled ja meeleeelundid, mida inimene praegu ei tunne. Nende olemasolu on tõepoolest nii iseenesest mõistetav, et näib aprioursena. Nüüd, kus osaliseltki oleme vabanenud oma üleolekukompleksist, on nende tähtsus meie kujutlusvõimele vaieldamatu. Paljugi reaalsest tegelikkusest võib jääda väljapoole Maaga seotud inimolendite tajusfääri lihtsalt seetõttu, et oleme piiratult varustatud meeleeelunditega. Seda kontseptsiooni tuleks tõsiselt kaaluda.

6. Võimalus kasutada elektromagnetilist kiirgust, mille energiaspekter ei piirdu mitte ühe oktaaviga (violettsest punaseni), vaid haarab rohkem kui viiskümmend oktaavi, on avardanud meie teadmisi mikrokosmose üksikasjade suhtes ja toonitanud selle nähtamatu maailma rikkust ning kosmilist tähendust.

Esitatud lühiülevaade põhimomentidest, mis aitavad inimesel orienteeruda kosmoses, on saadud hiljutise visa uurimistöö tulemusena. Kuigi mitmete seisukohtade kontuurid olid visandatud juba varasemate avastustega ja nii mõndagi on alati kuidagi intuiitiivselt tunnetatud, on puhkenud hoogne areng alles pärast mitmete kirikutegelaste mõtiskluste ja teoreetiliste arutluste avaldamist ning enamiku formaalse filosoofia süsteemide loomist.

Resümeerides võiks öelda, et eluks sobiva universumi ulatuslikkuse avastamine, kasvav veendumus, et üleloomuliku vahelesegamine elusorganismide tekkimises ja arengus on ülearune, samuti värsked ideed, mis kasvavad välja inimese muudest tegevussfääridest, peaksid olema küllaldaseks õigustuseks, et aeg-ajalt revideerida küsimust inimese asendist ja funktsioonidest kosmoses.

INIMESE TÄHTSUSEST

Eespool öeldut arvestades peame otstarbekaks edasi uurida inimese suhet faktide ja seisukohtadega, mida kaasaegne teadus on päevavalgele toonud. Esimese samana universumi kohta püstitatud kesksetele küsimustele — s. o. küsimustele «mis, kuidas, miks» — lähene misel vaatleme lühidalt kosmograafia ainevalda. Muude eesmärkide kõrval püüab kosmograafia kui teadusharu lahendada kõige põnevamat probleemi — määrata inimese asend ruumi, aatomite ja valguse maailmas. Meie jõupingutuste tulemuseks võib tegelikult olla ainult ligikaudne kujutus inimese kohast kosmoses, mitte aga lõplik vastus. Vastuseta jäävad küsimused on meie uurin güid pidevalt saatvateks kõrvalproduktideks.

Defineerime — jälle mitte väga rangelt — kosmograafia kui uurimisvälja, millel on kosmosega samasugune vahekord nagu geograafial Maaga.* Niisugune definitsioon nõuab eelnevat kosmose defineerimist ja see on juba raske ülesanne. Hiljem näeme, et kosmos tähendab midagi enamat kui lihtsalt füüsikalist universumit. Kuid sellest hoolimata, et kosmograafiat ei saa rangelt piiritleda, jääb ta oma spetsiifikaga teaduseks. Kui ta ajuti meenutabki pisut teaduslikku filosoofiat või isegi mingi religioosse õpetuse faasi, siis seda parem. Religioonile ja filosoofiale ei tee paha, kui neisse imbuvad tähed, aatomid ja ringikompavad** ainuraksed.

* Kosmogoonia ja kosmoloogia on sugulassõnad, mida sageli segatakse ära kosmograafiaga, ja nendelgi pole ilmselt ühest tähendust, isegi leksikograafide jaoks mitte. Esimesega neist tähistatakse üldiselt teadust, mis püüab seletada taevakehade tekkimist, teist defineeritakse tavaliselt kui metafüüsika ühte haru. (Nõukogude kirjanduses mõistetakse kosmoloogia all teadust universumi üldistest seaduspärasustest. *Tõlk.*)

** Väljendisse «ringikompavad» tuleb suhtuda teatud ettevootusega. Ainuraksed pole ainsad elusolendid, kes liiguvad kombates.

Kosmose tundmaõppimisel püüame, vähemalt esialgu, jääda puhtkirjeldavale pinnale. Kuigi kosmograafia selisena, nagu seda siin esitame, on elementaarne teadus, nõuab ta küllaldast intellektuaalset pingutust kogenumaltki uurijalt ja võib kohutada pealiskaudset vohikut.

Olenemata sellest, millise tähenduse me kunagi elule ka omistaksime, on ilma pikemata selge elusorganismide uurimise tähtsus kosmograafiales. Väljapaistvaks näiteks on klorofüllil vahetu seos päikese ja tähtede ea ning struktuuriga. See kummaline assotsiatsioon seob fotosünteesi komplitseeritud keemilise protsessi taevakehade seesmise ehitusega. Arhaikumil primitiivsed taimed — rohelised vetikad — teostasid fotosünteesi enam kui tuhat miljonit aastat tagasi. Ka hilise kivisöeajastu taimede keerulised lehed annavad tunnistust Päikese võimsusest, mis on kuni meie päevini säilinud olulises osas konstantsena. Paleozoikumil taimede lehed näitavad, et kolmsada miljonit aastat tagasi erines päikesekiirgus vähe (kui ta üldse erines) sellest, mida praegu tunneme. Niisiis saab tähtede, vähemalt ühe tähe — Päikese pikaldane evolutsioon ilmsiks kivisöeajastu sõnajalgade kaudu. Aeglase evolutsiooni olemasolu on kindlaks tehtud, ent kuidas see toimub? Mis võib olla Päikese võimsuse allikaks, kui arvestada, et Päike kiirgab igas sekundis ruumi energiahulga, mis on ekvivalentne rohkem kui nelja miljoni tonni ainega, ja seejuures on ta energiavarud jäänud ammendamatuks miljonite aastate vältel?

Kogu lugu on selle raamatu jaoks liiga pikk. Võtame lihtsalt teatavaks, et ürgvetikate ja paleozoikumil puusõnajalgade varustamiseks energiaga, samuti kaasaegsete taimede ning taimede arvel eksisteerivate loomade (kaasa arvatud meie) elutegevuse alalhoidmiseks muundab Päike vesinikku heeliumiks ja kiirguseks, andes sellega külluslikult energiat. Meie õnneks eraldub kiirgusenergia isereguleeriva protsessi tulemusena.

Nende nähtuste seletamisel tuleb hästi ilmsiks mitmesuguste teadusharude vastastikune seos. Geokeemia, radioloogia, stratigraafia, aatomifüüsika ja astronoomia koos näitavad, et aine võib muunduda kiirguseks. Fossiilsed taimed (ja loomad), mida uurib paleontoloogia, annavad tunnistust Päikeselt lähtuva soojusvoo muutumusest. Teoreetilise füüsika ja astronoomia abil on sel-

lest faktist võimalik teha järeldusi tähtede seesmise struktuuri kohta.

On teisigi näiteid, kus elutu universumi tundmaõppimisel kasutatakse bioloogia abi. Jälgides sipelgate jooksu, võime mõõta energiavoogu, mis sõltub temperatuurist samasugusel määral kui kaugete tähtede energiaemisioongi. Et põhjalikult tundma õppida meie planeedi varasemat kliimat, peame kõrvutama tosina teadusharu meetodeid ja tulemusi, millest mõned kuuluvad bioloogia, teised füüsika valdkonda. Kui näeme, et elusrakud ja keemilised molekulid alluvad paljuski samadele looduseadustele ja kui võtame omaks oletuse (hiljem peatume selle juures üksikasjalisemalt), et eksisteerib miljoneid planeete kõrgelt arenenud eluvormidega, peame mõönma, et elunähtusi tuleb käsitleda kosmograafilise programmi osana.

Kosmograafia, kui seda uurida koguulatuses ja -sügavuses, haarab palju komplitseeritud küsimusi. Probleemide ring on liiga ulatuslik, et kõike põhjalikult käsitleda lühikeses kirjutises. Ent asi osutub lihtsamaks, kui vaadelda kosmograafiat peamiselt vahendina inimese asendi määramisel. Järgnevalt püüamegi anda visandliku ülevaate materiaalsest maailmast, asetades pearõhu põhientiteetidele ja sellele, mil määral nende uurimine ja kasutamine aitab fikseerida inimese kohta üldises skeemis.

Meie meeleelundite arv ja tundlikkus on oluliselt piiratud ning meie kogemused kosmose saladuste lahtimõtestamisel ulatuvad ainult vähestesse aastatuhandettesse — see ületab vaevu aja, mille vältel kõige välimine planeet Pluuto sooritab tosin tiiru ümber Päikese. Liiga paljut ei maksa meilt oodata. Oleme kosmiliste nähtuste tõlgendamisel algajad. Meie saavutused näivad üsna tublidena, kui silmas peame minevikku, aga kas me siiani pole keritanud ainult Kosmoseraamatu esimese lehekülje servakest?

Meie praeguse teadmiste taseme juures loeme materiaalse maailma põhientiteetideks, nagu märkisime eesimeses peatükis, lihtsaini tunduvaid «omadusi» või suurus — ruumi, aega, ainet ja energiat. Nendest neljast aine ja energia on sama asja kaks kuju, mis on omavahel seotud ühe tänapäeva kõige populaarsema võrrandiga (peale $2+2=4$), nimelt $E=Mc^2$. See võrrand ütleb, et

massi M muundamisel energiaks E või ümberpöörduvalt sisaldab vastav kvantitatiivne seos ainult kõige põhilisemat looduslikest konstantidest — valguse levimise kiirust c . Kooskõlas relatiivsusteooriaga ühendatakse tavaliselt ka ruum ja aeg üheks aegruumiks. Antud juhul osutub otstarbekaks mitte arvestada neid ekvivalentsuse postulaate, mis rühmitavad põhientiteedid kaheks paariks, ja vaadelda igähte eraldi. Kuid eelkõige mõned märkused lihtsate vahendite kohta, mida inimesed kasutavad üksteise mõistmiseks.

Neli elementaaralfabeeti

Ajalugu näitab, et inimkultuurid on möödunud paari aastatuhande jooksul suurel määral baseerunud mõnedel lihtsatel sidepidamisvahenditel. Nimetame neid vahendeid alfabeetideks, avardades selle sõna tähendust ja mõistes alfabeedi all rohkemat kui tavalist tähestikku. Ilma niisuguste alfabeetideta ei saaks me hästi küsimusi esitada ega anda kõrgetasemelisi vastuseid. Ka ei saaks me luua silda oleviku ja tuleviku vahel. Alfabeetide leiutamist või tekkimisest saadik on nad võimaldanud paremini koordineerida inimeste teadmisi ja ideid ning mõista meid ümbritseva keerulise maailma paljusid nähtusi. Nad on soodustanud näiva kaose vähendamist ja aidanud rajada aluse indiviidide ning rühmituste vaheliseks tsiviliseeritud koostööks. Tänu alfabeetidele on saanud võimalikuks ka mitmesuguste kultuuride arenemine ja püsivate inimühiskondade tekkimine.

Primitiivne mõisemine, kiunumine ja žestikuleerimine, mille inimene tõi kaasa džunglist, osutusid peagi ebapiisavaiks tolle mõistusele areneva primaadi jaoks. Tal ei olnud oma kaaslastega suhtlemiseks selliseid imepäraseid tundlaid nagu sipelgatel, kes kasutavad neid oma keerukalt organiseeritud ühiskondade rajamisel. Arenev inimene, kui ta tahtis ellu jääda ja kosmiliste nähtuste tõlgendamiseni jõuda, pidi välja mõtlema ja kasutusele võtma teatud sümbolid teiste omataolistega suhtlemiseks. Ning seda pidi ta tegema märksa tulemusrikkamalt kui teised loomad ja ta enda eelkäijad džunglis. Efektivsemaks suhtlemiseks pidi ta siduma need sümbolid teatud helide ja kujutlustega. Ta vajab sümbolite

tabeleid (ja on neid korduvalt loonud), et hõlbustada ühiskondlikku koostööd. Lühidalt, et rajada asundusi ja lõppude lõpuks terveid riike haaravaid kultuure, pidi inimene leiutama ning kasutusele võtma kirjutamise, lugemise ja arvutamise.

Mõned aastatuhanded tagasi hakkasid ilmuma elementaaralfabeedid. Need tekkisid tähestike ja numbritena. Tähtedest võis mõtete väljendamiseks moodustada sõnu ja mitmesugustes isoleeritud kultuurides sõnad standardiseerusid. Neist moodustati sõnaühendeid, sõnaühendeist omakorda lauseid. Mõnes kõrgema kultuuriga ühiskonnas ühendati laused loogiliselt seotud kirjutisteks, ilmusid raamatud ja raamatukogud.

Numbrialfabeet oli põhilise tähtsusega algelise majanduselu tekkimiseks ja aitas koos tähestikega lõpuks kujundada kaasaegset ökonomikat sellele omaste ärioperatsioonidega. Numbritest kasvas välja kaasaegne kaalude ja mõõtude süsteem. Ilma nende alfabeetideta — tähtede ja numbriteta — oleksime kultuuriliselt vaevalt kaugemale jõudnud lindudest, mesilastest või inimahvidest.

Ka kaks teist alfabeeti on juba ammu eksisteerinud. Üks neist on seotud aja, teine ruumi olemusega. Need on vastavalt päevade, nädalate, kuude ning aastate kalendariid ja maakaardid, mis kajastavad geodeetiliste mõõtmiste tulemusi, s. t. maapealseid laiusi ja pikkusi — põldude, linnade ja riikide piiristamise alust.

Kuid need elementaaralfabeedid pole enam kaugeltki piisavad kosmograafilisteks uuringuteks ega üldiseks taotluseks mõista maailma, mille kohta on kogunenud tohutu hulk andmeid. Nad vastasid meie vajadustele ehk umbes sajandi eest. Informatsioonihulga kasvades aga on vajalikuks osutunud elementaaralfabeetide täiendamine ja teatud loogiliste klassifikatsioonide kasutusele võtmine. On loodud otstarbekalt koostatud väikesed klassifikatsioonitabelid, et hõlbustada tähtede, aatomite, taimetiku, kivimite jne. kohta käiva informatsiooni omandamist. Neid tabeleid võib teatud määral vaadelda väiksemate spetsialiseeritud alfabeetidenä.

Oma edaspidise uurimistöö kergendamiseks konstrueerime ühe suurema, kõikehaarava alfabeedi iga nelja entiteedi — aja, aine, ruumi ja energia jaoks. Nende tabelite kasutamine lihtsustab asjade loomulikku komplitse-

ritust, mis on tingitud suure hulga üksikandmete olemasolust. Õnneks on kaks nendest põhitabelitest viimistletud kujul juba olemas ja spetsialistide kasutuses. Need on elementide perioodilisuse süsteem aine ja geoloogiliste ajastute skaala aja jaoks. Esimene käsitleb ainet selle algosakeste kujul, teine — aega suurte intervallidena. Ent meie alustame uuest tabelist, mis on spetsiaalselt loodud selleks, et määrata meie orientatsiooni ruumis. Enne aga teeme ühe kõrvalepõike.

Kosmograafia eesmärkidest

Teadlaste ja unistajatena huvitab meid meie asend universumi üldises plaanis. Huvitab ka «planeerimine» ja vahel räägime planeerijastki. See on paeluv tegevus. Mõttemõlgutused kosmograafia üle ja spekulatiivsed kaalutlused inimkonna saatusest stimuleerivad meie kujutlust ja pakuvad lõpuks teatud rahuldustki.

Küsimus inimese asendist kosmoses on muidugi väga kõitev probleem osaliselt sellepärast, et inimene on kohmakas ja mõnevõrra edev olevus, kuid rohkem selletõttu, et ta teadlikult või ebateadlikult pürib tähtede poole. Kui julm ja hoolimatu ta oligi oma džungliaegses lapsepõlves ning eelühiskondlikul perioodil, on ta nüüd instinktiivselt kõlbeline, mitte niivõrd sellepärast, et voorus võiks meeldida tema «suguharujumalatele», vaid sellepärast, et kõlbelisus on majanduslikult ja ühiskondlikult kasulik. Tal on tahtmine kõike mõista. Veel enam, etteruttavalt võime väita, et inimene on saanud teadlikuks oma küllalt tähtsast ja komplitseeritud rollist suure evolutsiooni võidujooksus. Ta sammub edasi, tavaliselt üsna reipana, koos niisuguste saatjatega, nagu võnkuvad aatomid, kiirgavad tähed, kondenseeruvad udukogud, ringikompavad ainuraksed ning igihaljad laaned nendes ringilendlevate lindude ja liblikatega.

Kosmograafidena naudime kosmilise mängu mõne reegli dešifreerimist. Me tervitame bioloogilise võistluse võitjaid, kui nad ära tunneme. Nende hulka kuuluvad näiteks kalad ja karukollad, mille muutumatutena püsinud vorme võime jälgida läbi paljude geoloogiliste ajastute. Püüame mõista ka kaotajaid, kelle hulka kuuluvad näiteks varase paleozoikumi trilobiidid, saja miljoni aasta eest elanud dinosaurused ja neandertali inimene.

Vahetevahel sõandame läheneda teaduse piirimaile, et saada sügavamaid vastuseid ja kaalutleda küsimust, milised on meie väljavaated jätta tulevastele aegadele midagi rohkemat kui oma kivistunud koljude kilde. Loomulikult oleme uhked inimõtte ja -tegevuse mitmekesise ilu üle, uhked oma luule ja muusika üle. Oleme näitlejad suure kosmilises näitemängus, milles esinejate hulka kuuluvad aatomid, galaktikad ja miski igavesti tabamatu.

Vana-Iisraeli prohvetid tundsid mõnikord uhkust universumi suurejoonelisuse üle, mis nende ajal oli muidugi koondunud inimese ümber. Need ajad olid aga teaduslikus mõttes väga varased ja kronoloogiliselt võib-olla rohkem kui kolmandik tagasi teest, mis on käidud inimkultuuride algusest tänapäevani. See, mis uuriv mõistus tollest ajast alates on päevavalgele toonud, oleks vanadele prohvetitele uskumatuna tundunud. Nüüd me näeme, et nad olid lühinägelikud. Ka meie nägemisvõime on kahtlemata puudulik, kuid me vähemalt tunnistame, et võtame osa mängust, mis on hoopis suurejoonelisem kui vanasti arvati. Kaks-kolm tuhat aastat tagasi tehtud ennustused näitavad, et tollal alahinnati tunduvalt kosmilise draama ulatust. Harras aukartus toetus siis kujutlustele ja eelarvamustele. Kuid kaasajal ületavad juba üldtunnustatud faktidki kaugelt kõiki üsna lähedase mineviku väljamõeldisi. Nii näib see vähemalt neile, kes suunavad pilgu alla aatomitele ja bioloogilistele rakkudele ning üles tähtede poole. Aukartuseks ei vaja me nüüd enam mingeid ebausuvahendeid.

Võrreldes oma kosmoseuuringuid muistsete filosoofide küündimatusega võime osutada hooplejateks. Kuid meie uhkus kahaneb tubli annuse võrra, kui arvestame, et umbes sajand hiljem võidakse meiegi teadmisi ja mõtlemist algelisteks lugeda. Tõepoolest, aatomite ja galaktikate uurimise kaks peamist eesmärki on praegu sellised, nagu peaksid olema teistelgi teadusharudel, nimelt, tugevdada seda faktidest koosnevat baasi, millele võiksime rajada oma arusaamise maailmast, ja oma uurimistööga kaasa aidata praegu nii kallite hüpoteeside võimalikult kiirele aegumisele. Loodame, et tulevikus on meie teadmised laiemad ja ideed mõistlikumad. Kindlasti tulevad sügavamad mõtted, avardub mõistuse haare, muutuvad täielikumaks oskus hinnata inimaju funktsioone ja

kõrgemaks inimese ambitsioonid, kes võtab osa looduse suurimast, kosmilise dimensiooniga operatsioonist, mida võiks nimetada lihtsalt arenguks.

Pärast seda lühikest kõrvalepõiget pöördume tagasi kosmograafia põhialfabeetide juurde, selle juurde, mida võiks nimetada täiuslikuma orientatsiooni tabeliteks.

Ruumilised mõõtmed — looduses esinevate organisatsioonide alfabeet

Looduses esinevate organisatsioonide vaatlemist alustame mitmesugustest inimühiskonna vormidest, meelitades sellega olendite rühma, kellel on vähe muid esikohti.

Lihtsaim organisatsioon on perekond. Perekonnad grupeeruvad tavaliselt küladeks või asulateks, säilitades olulistest punktides oma individuaalsuse. Vastutasuks eelistele, mida pakub see kõrgem organisatsioonivorm, ei tule ohverdada eriti palju loomulikke vabadusi. Kuid külad ja asulad jäävad harva üksteisest täiesti sõltumatuks. Nad moodustavad riike ja rahvaid. Kõrgemal tasemel olevate assotsiatsioonide arenemisega kaotab indiviid üha rohkem oma esialgsest vabadusest ja autonoomiast. Peale rahvusriikide võib sel planeedil tekkida lõpuks mõnesugune maailmariik või vähemalt ülemaailmse ulatusega tsivilisatsioon.

Peale inimühiskonda iseloomustavate rühmituste on kõrgemaks ühiskondlikuks organiseerimisvormiks nn. liitunud ühiskond. See esineb *volvox*-tüüpi ainuraksete juures, kus organiseerimise ja koordinatsiooni tase on äärmiselt madal, ja kõrgeimal organisatsioonilisel tasemel olevate ühiskondlike putukate (mesilaste, herilaste, sipelgate, termiitide) juures.

Ükskõik, kus me organisatsiooniga kokku puutume, võime oletada, et eksisteerib organiseeriv jõud või põhjus. Perekonnas on siduvaks jõuks armastus laiemas mõttes, suurematest rühmitustest koosnevates assotsiatsioonides — küladest kuni riikideni — põhiliselt julgeoleku vajadused, aga samuti kultuurilised taotlused ja majandusliku külluse soov. Sotsiaalsete putukate juures on siduv jõud komplitseeritud ja meile seni veel mitte täiesti mõistetav nähtus, kuid kahtlemata on siin mängus

maitsmisorganid, sipelgatel aga allaneelatud toidu vastastikune vahetamine.

Mikrokosmilises elutaaine maailmas valitsevad organiseerimistendentse elektrostaatilised jms. jõud. Fundamentaalosakesed (elektronid, neutronid jne.) organiseeruvad alguses aatomiteks, aatomid molekulideks ja molekulüsteemideks ning need omakorda suuremateks ja keerukama struktuuriga kristallideks ning kolloidideks.

Nagu inimühiskonnas, nii kaasneb siingi iga kõrgema organisatsioonistmega algsete vabaduste ahistamine. Võrreldes näiteks intergalaktilise ruumi vaakuumis viibiva aatomi praktiliselt piiramatul liikumisvabadusega, on suletud ruumi õhu koosseisu kuuluvate hapniku- ja lämmastikumolekulide vabadus tunduvalt väiksem. Esiteks on õhk Maaga seotud gravitatsioonijõududega, teiseks ei lase lakkamatud molekulidevahelised põrked ühelgi molekulil kuhugi välja jõuda. Minu pliiatsi tahkete osade koosseisu kuuluvad atomaarsed üksused on aga niivõrd ahistatud, ruumiliselt piiratud ja ohjeldatud, et mul tõepoolest on pliiats olemas. See koosneb elektronidest, protonitest ja neutronitest, mis ei saa vabalt haihtuda interplanetaarsesse ruumi. Näeme, et alati on organisatsiooni hüvede hinnaks elementaarsete vabaduste kaotus. Tsiivilisatsiooni eest tuleb näiteks kallilt maksta üksikisikute vabadusega, kuna liigsed vabadused tooksid kaasa julgeoleku ja tsiivilisatsioonihüvede puudumise. Tahaksin siinkohal meenutada näiteks, et vabalt uitavatel ja politsei järelevalveta dinosaurustel ei olnud veevärki.

Kui vaatleme edasi suuremaid ja massiivsemaid organisatsioone eluta looduses, hakkame kolloididest alates juba mikrokosmosest välja jõudma. Siseneme makromaailma, kus valitsevaks teguriks on gravitatsioon. Tähtedekuningriigis leiame tolmukübemeid, mis ühinevad prototähtedeks, kus gaasi rõhk ja kiirgus hakkavad toimima gravitatsiooniga vastassuunas. Tähtede hulgas esineb sageli kaksik- ja kolmiktähti. Täheparved ning -pilved on suuruselt järgmised täheorganisatsioonid ja need omakorda, koosnedes laiali pillatud üksik- ja mitmiktähtedest, moodustavad suuri kosmilisi üksusi, mida nimetatakse galaktikateks. Nii leiame pideva organisatsioonide jada aatomitest kuni metagalaktikani.

Materiaalsete süsteemide klassifikatsioon

- 5.
- 4. Korpusklid (fundamentaalosakesed)

α.	η. Mesonid, 1 kuni x
β. Kiirguskvandid	Θ. Neutriinod
γ. Elektronid	ι. Antineutriinod
δ. Prootonid	κ. Antiprootonid
ε. Neutronid	λ.
ψ. Positronid	
- 3. Aatomid, 0 kuni 101 +
- 2. Molekulid, 1 kuni n
- 1. Molekulsüsteemid

I Kristallid
II Kolloidid

- 0. Kolloidsed ja kristallilised agregaadid
 - α. Anorgaanilised (mineraalid, meteoriidid jne.)
 - β. Orgaanilised (organismid, kolooniad jne.)
- +1. Meteoriitide assotsiatsioonid
 - 1. Meteorivoolud
 - 2. Komeedid
 - 3. Kosmilise tolmu pilved
- +2. Kaaslaste süsteemid
 - I. Maa-Kuu tüüpi
 - II. Jupiteri tüüpi
 - III. Saturni tüüpi
- +3. Tähed ja täheperekonrad
 - α. Kaaslastega tähed
 - I. Krooni, meteoride ja komeetidega
 - II. Hõredate ümbristega
 - III. Planeetide ja satelliitidega
 - β. Mitmiktähed
 - I. Lähiskaksikud (või lähismitmikud)
 - a. Varjutusmuutlikud e. fotomeetrilised kaksikud
 - b. Spektraalsed kaksikud
 - II. Laiad paarid või laiad mitmiktähed
 - (α) Füüsilised
 - [(β) Optilised]
 - III. Liikuvad ühendused
- +4. Täheparved
 - α. Hajusparved
 - [a. Tähevälja ebakorrapärasused]
 - b. Assotsiatsioonid
 - c. Hõredad e. vaesed parved

- d. Kompaktsed parved
- e. Tihedad parved
- β. Kerasparved
 - I. Suurima kontsentratsiooniga tsentri suunas
 - II.
- XII. Vähima tähtede kontsentratsiooniga tsentri suunas
- +5. Galaktikad
 - A. Heledad
 - I. Korrapäratud (I)
 - II. Spiraalsed (S)
 - α. Anomaalsed spiraalsed (Sp)
 - β. Varbspiraalsed (SB)
 - (I). Lahtised (SBc)
 - (II). Vahepealsed (SBb)
 - (III). Kontsentreeritud (SBa)
 - γ. Tavalised spiraalsed (S)
 - (I). Väga laialt paiknevate harudega (Sd)
 - (II). Laialt paiknevate harudega (Sc)
 - (III). Ligistikuste harudega (Sb)
 - (IV). Väga ligistikuste harudega (Sa)
 - III. Elliptilised e. lapikud (E)
 - a. Väga lapikud (E7)
 - b. Vähem lapikud (E6)
 -
 - g. Vähim lapikud (EI)
 - h. Kerakujulised (E0)
 - B. Nõrgad (Bruce'i klassifikatsioon)
 - kontsentratsioon ja kuju
 - a1 a2 a3 a10
 - b1 b2 b3 b10
 -
 - f1 f2 f3 f10
- +6. Galaktikate agregaadid
 - 1 Kaksikgalaktikad
 - 2. Mitmikgalaktikad
 - 3. Galaktikate parved
 - 4. Galaktikate pilved
 - [5. Välja ebakorrapärasused]
- +7. Metagalaktika
 - α, Organiseeritud taevakehad ja süsteemid
 - 1. Meteoorid
 - 2. Kaaslased
 - 3. Planeedid
 - 4. Tähed
 - 5. Täheparved
 - 6. Galaktikad
 - β. Kosmiline plasma e. maatriks
 - (α). Tähtedevahelise aine osakesed
 - 1. Kosmiline tolm ja meteoorid
 - 2. Tumedad difuussed udukogud

(β). Tähtedevaheline gaas

1. Korpusklid

2. Aatomid

3. Molekulid

(γ). Kiirgus

(δ).

+8. Universumi aegruumi kompleks

+9.

Alajaotuste tähistused:

α , β , γ erinevused sõltuvad tugevasti põhiloomusest;

0, 1, 2, 3, . . . erinevused sõltuvad suurusest või massist;

I, II, III, . . . erinevused sõltuvad struktuurist;

A, B, a, b, . . . erinevused sõltuvad vaateleja asendist.

Kolm rühma nurksulgudes on juhuslikud ühendused, mitte gra-
viteerivad süsteemid.

Nagu näha, on looduse põhitendentsiks rühmituste üha suuremateks organisatsioonideks korraldumine. Kasutades seda omadust, võime koostada tähtsa alfabeedi — tabeli meie endi koha, meie oma orientatsiooni määramiseks ruumis.

Tabelis I on esitatud materiaalse maailma organisatsioonide süsteem. See tabel sisaldab kõike, mis koosneb aimest, kaasa arvatud seni avastamata fundamentaalosakesed ja transtsendentsed üliorganisatsioonid. Kõikide klasside jaoks on antud peamised alajaotused. Nagu hiljem detailsemad alajaotusi vaadeldes näeme, osutub järjekorranumbriga —3 märgitud klass — aatomid — omakorda aine alfabeediks sadade erinevate liikidega.

Selline organisatsioonide järjestus, mille aluseks on vastavate objektide keskmiste mõõtmete kasv, osutub sobivaks taustaks, et saada kujutlust sunni- ja külgetõmbejõududest, mis toimivad indiviidide (nii füüsikaliste kui ka bioloogiliste) rühmitumise protsessis.

Mõnede tabelis loetletud organisatsioonide alajaotused on küllalt laiaulatuslikud ja nende lähem vaatlemine väga õpetlik. Siia kuuluvad näiteks bioloogilised rühmitused, mis on märgitud ainult sulgudes klassi 0 allklassis β . Kui tahame säilitada õigeid vahekordi, võime kosmiliste organisatsioonide tabelis lubada organismidele vaid üsna kasina ruumi. Andmeid on liiga palju, et tabuleerida kõiki bioloogilisi vorme. Näiteks inimese sugupuu

täielikul esitamisel peaksime kasutama kümnet üha kitseneva mahuga kategooriat, millest igäüks sisaldaks veel omakorda alajaotusi:

Maapealne elusloodus (taimed, loomad, ainuraksed)

Riik: loomariik

Hõimkond: keelikloomad (*chordata*), (üks umbes 15-st loomariigi hõimkonnast)

Alahõimkond: selgroogsed

Klass: primaadid

Selts:

Sugukond: inimlased (*hominidae*) (siinkohal inimene eraldub ahvist)

Perekond: inimene (*homo*)

Liik: *homo sapiens*

Tõug või rass: näiteks kaukaasia

Indiviidid.

Peale selle on mitmesugused vahepealsed kategooriad, nagu allklass, üliperekond jne.

Materiaalsete süsteemide tabelis negatiivsete numbritega märgitud rühmitused kuuluvad järjestuse sellesse osasse, mida nimetatakse mikrokosmoseks. Positiivsete numbritega märgitud grupeeringud moodustavad makrokosmose. Nagu eespool mainitud, valitsevad mikrokosmose rühmitusi elektrostaatilised ja molekulaarsed jõud, makrokosmoses — gravitatsioon. Molekulaarsetele ja gravitatsioonilistele tõmbejõududele toimivad vastupidiselt hajutavad jõud: kiirus, gaasi rõhk, elektrostaatiline ja «kosmiline» tõukejõud. Viimase all mõistame mõnevõrra ebaselget tegurit, mis põhjustab galaktikate üliorganisatsioonide hajumist, välja arvatud galaktikaparvede piirkonnad, kus avaldub veel nõrk gravitatsiooniline külgetõmme.

Küsitavana võib tunduda numbri —4 — fundamentaalosakesed — paigutamine materiaalsete süsteemide loetelusse. Kas need korpusklid on tõelised organisatsioonid või jagamatud üksused? Oleme nad siia sisse lülitanud organisatsioonidena arvestusega, et submikroskoopilise analüüsi abil võib ilmsiks tulla ka näiteks elektroni ja prootoni struktuuri olemasolu. Vaadeldakse ju neutroneid juba praegu teatud mõttes struktuuriga osakestena. Igal juhul tuleks fundamentaalosakesed lülitada tabelisse kas või selleks, et saada tuntud materiaalsete struktuuride täielikku süsteemi.

Praegu tühjad klassid -5 ja $+9$ on väljakutseks tulevikule. Klassi 0 sulgudesse paigutatud allklass β sisaldab nii palju põnevat ja erutavat, et oleks ebamõistlik sulgeda ukseid tulevastele avastustele selle rea mõlemas otsas. Samuti jätame tühje kohti võimalikeks avastusteks fundamentaalosakeste valdkonnas, aga ka tähtedevahelise ruumi koostisosade hulgas. Mis puutub fundamentaalosakesesse, siis tühjad kohad väljendavad siin küsimust: kas ei eksisteeri midagi veel fundamentaalsemat kui kiirguskvandid või kas ehk pole niisuguseid fundamentaalosakesi, mis meie ulatuslikus loetelus ei sisaldu? Tähtedevahelist ruumi täitva aine liigitamisel (järjekorranumber $+7$, alajaotus β) tühjaks jäänud alapunkt (δ) kajastab seda, et me pole kindlad, kas tähtedevahelises ruumis ei leidu peale partiklite, gaasi ja kiirguse veel midagi iseloomulikku, mida on ka võimalik mõõta.* Kõigest inimiga tagasi vaadeldi ju aatomeidki ainult elektronidest ja prootonitest koosnevate süsteemidena. Heitkem aga nüüd pilk fundamentaalosakeste loetelule! Üksnes mesonite kategooria, kuhu ma arvan ka V-osakesed (K-mesonid), sisaldab juba tosina või rohkem lühiealisi, kuid siiski fundamentaalseid osakesi.

Geoloogilised ajastud — aja kõrgem alfabeet

Kui vaatleme uuesti materiaalsete süsteemide loetelu, mis ulatub subelektronidest kuni aegruumi kompleksini ja kaugemalegi, hakkab silma tõsiasi, et kõikjal selles pikas reas on tähtsal kohal liikumine. Kõik liigub. Liikumine toimub mitmesuguste nullpunktide või koordinaatide suhtes, nii sama tüüpi kui ka erinevate kehade suhtes. Kiirguskvant näiteks kujutab endast valguse kiirusega toimuvat energia edasikandumist ruumis. Ka elektronid aatomites liiguvad, kooskõlas üldtunnustatud aatomimudelitega, tohutute kiirustega. Kuid niisugused suured kiirused ei ole tavalised. Mõned suhtelised liikumised, nagu kristallide nihkumine kivimites, on vaevu märgatavad. Muude aeglaste liikumiste näitena võib tuua tai-

* Võib-olla ruumi kvandid? Aja instonid? Emergonid? Psühonid? (inston — he'ke kvant, emergon — tekke kvant, psühon — «hinge», psühüka kvant. — Tõlk.)

mede ja loomade liikumist planeedi pinnal. Vahepealsete hulka kuuluvad komeedi kiirus ümber tähe liikumisel ja lähedaste galaktikate paakiirus paisuvas universumis.

Hoolimata oma universaalsusest, on mehaaniline liikumine vaevalt materiaalse maailma fundamentaalne omadus või põhientiteet. See tähendab asukoha muutumist ja selle muutumise kiirus on mõõdetav kui ruumi (pikkuse) jagatis ajaga. Järelikult liikumise üldisus rõhutab, et aeg on materiaalsete süsteemide arengus üheks põhiteguriks. Kasv ja lagunemine on seotud ajaga. Organisatsioonid võivad kaduda. Komeedid näiteks hajuvad laiali; hajusad täheparved kaotavad aegamööda oma liikmeid gravitatsiooni eemale rebiva jõu tõttu; molekulid dissotsieeruvad kiirguse toimetel; orgaanilised kehad kõdunevad ja rahvused lagunevad. Niisamuti on ka kõik organisatsioonid, nii füüsikalised kui ka bioloogilised, tekkinud aegade jooksul mitmesugusest korrastamata eelainesest. Enamik neist muutub aeglaselt keerukamaks ja suuremaks, mõned aga kiiresti, mutatsiooni teel.

Aja element sisaldub kõikjal universumis. Asjade algust ja kasvu, lagunemist ning surma on hoopis hõlpsam mõista, kui loome ajaintervallide alfabeedi, samuti nagu ruumiliste mõistete puhul on tõhusaks vahendiks materiaalsete süsteemide tabel.

Et täielikult kirjeldada materiaalses maailmas toimuvaid protsesse, mida iseloomustab ajaline järjestus, vajame väga mahukat kalendrit. Tegelikult peaks meil olema palju kelli ja kalendreid, mis oleksid kohandatud väga mitmekesisteks vajadusteks. Nendest, mis meil ripuvad kontorites ja kodudes, poleks mingit kasu, et mõõta näiteks vesinikuaatomite heeliumiks muundumise aega laboratorsetes katsetes või plahvatuslikku aatomienergia vabanemist tähtedes. Teiselt poolt poleks need kalendrid otstarbekad ka näiteks mardikate suhteliselt aeglase arenemise või galaktikate pöörlemise jälgimiseks. Ajavahe-
mikud oleksid liiga jämedad elektronide jaoks, liiga peened aga mägede tekke kirjeldamiseks. Viimaseks puhuks on siiski käepärast kõige suurepärasem kalender — geoloogiliste ajastute tabel.

Uurimistöös osutab meile tõhusat abi (peale inimese suure ajukoore) õnnelik asjaolu, et inimene on arenenud äärmiselt vana planeedi pinnal. Tõenäoliselt olid esimesed eluvormid ja kindlasti ka maakoore vanimad

kivimid olemas juba meie paisuva universumi väga varajasel perioodil. Kui madalates meredes domineerisid triobiidid, olid galaktikad palju tihedamalt koos kui praegu. Paljud meie heledamatest tähtedest tekkisid, nagu nüüd arvatakse, hulk aega pärast mesosoikumi suurte sisalike kadumist. Soovi korral võiksime kasutada oma geoloogilist kalendrit astronoomias ja rääkida näiteks pliotseeni tähtedest või kriidiajastu galaktikatest.

Kui meie planeet ja tema aistimisvõimelised elusolendid, kaasa arvatud inimene, oleksid olnud tähtedemaailma hiljutise, näiteks 5000 aastat tagasi toimunud sündmuse tulemuseks, mitte aga tekkinud $5 \cdot 10^9$ aastat tagasi aset leidnud tormiliste protsesside tagajärjel, oleks meil olnud raske avastada tähtede energiaallikaid ja hinnata tähtede vanust. Meie ajaskaala oleks olnud liiga lühike. See on tõepoolest õnn, et oleme end sisse seadnud suhteliselt stabiilse ja väga vana maakoore pinnal.

Eelajaloolistest aegadest peale on Maa pöörlemine ümbritsevas tühjas ruumis tuntud parima ajanäitajana. Enne Kopernikut tõlgendasid peaaegu kõik seda nähtust valesti kui Päikese päevast teekonda ümber paigalseisva Maa. Ent see oletus kandis ajamääramise funktsioonid ainult Päikesele ja tähtedele. Maa pöörlemist mõõdeti ja mõõdetakse praegugi kaugete tähtede suhtes, mida kasutatakse paigalpäisiva taustsüsteemi punktidenäitajana. Pöörlemise periood — ööpäev — on teada hämmastama paneva täpsusega — kuni miljondik sekundit. Kuid kaasaege teaduse jaoks pole see enam küllaldane. Maa ühtlast pöörlemist häirib pisut polaarlume ja -jää aastast aastasse muutuv jaotus. Maapinna all toimuvad kivimi-kihtide ümberpaigutused, mis võivad samuti mõjutada pöörlemise korrapärasust. Veel enam, Kuu, tekitades loodeid, mõjub rotatsioonile pärssivalt. Sama kehtib Päikese kohta, kuigi selle mõju on suurema kauguse tõttu väiksem.

Asjaolu, et Maa ei kõlba kõrge täpsusega ajanäitajaks, on stimuleerinud väga leidliku konstruktsiooniga ajanäitajate arengut, nagu pretsiissed pendelkellad ja kristallide ning ammoniaagimolekuli aatomite võnkumisel baseeruvad kellad. Tänapäeval on väljaarendamisel veel teisigi aatomikelli.

Pulseerivad ja varjutusmuutlikud tähed, samuti Jupiteri ja Saturni ümber tiirlevad kaaslased, kuuluvad tae-

vaste ajanäitajate hulka, kuid praktiliselt on nende täpsus väike. Meie Päikese tiirlemisperiood ümber galaktika tsentri annab ajaühiku suurusjärgus kakssada miljonit maa aastat, kuid seejuures ebatäpsusega mitte sekundites, päevades või kuudes, vaid miljonites aastates. See suur ajaühik — kosmiline aasta, kuigi ta on teada vaid ligikaudu, pakub huvi, kui vaatleme ühte tüüpi galaktika muundumist teiseks. See osutub sobivaks ka siis, kui tahame näiteks ette arvutada, millise aja jooksul Plejaadide tähtkuju laiali hajub, või püstitame hüpoteese Linnutee ea kohta.

Kõige efektiivsema ja kasulikuma kalendri kosmograafia seisukohalt annab aga uraani, tooriumi jt. maakoore kivimites leiduvate radioaktiivsete elementide looduslik spontaanne lagunemine. Tundub paradoksaalsena, et radioaktiivsete aatomite muundumiste mikro-mikrosekundid on kasutatavad geoloogilise kalendri konstrueerimisel, kus ajaühikuiks on aastatuhanded. Me kasutame lühimat, et mõõta pikimat.

Nagu aja määramisel galaktikate rotatsiooni abil, nii ka geoloogilist kalendrit kasutades pole protsentuaalne täpsus suur. Sellest hoolimata on see ajastute kalender üks informatsiooni juhtniite, mille inimene on visa tööga lahti harutanud.

Radioaktiivsetes kivimites, kus automaatselt lagunevate uraaniaatomite arv aja jooksul kahaneb, lõppproduktide — heeliumi ja plii — hulk aga kasvab, leiame ka ürgsete eluvormide kivistunud säilmeid. Leiame mõnikord luid, koorikuid, lehtede kontuure, seemneid ning jälgi ürgaegses kivistunud liivas või mudas. Me oletame õigusega, et nendel fossiilidel on sama iga nagu kivimitelgi, mille vanust mõõdame radioaktiivsuse kaudu. Need möödunud ajastute loomad ja taimed on iseenda vaatepunktist täiesti surnud, kuid meie poolt rekonstrueeritava bioloogilise evolutsiooni kulu ja tempo määramise seisukohalt äärmiselt elavad. Fossiilide jaotus, loomus ja vanus aitavad lahendada ka meie planeedi päritolu mõistatusi ja tungida selle varasemate päevade saladustesse. Märgime jälle, et mõned kivimites esinevad fossiilsed taimed annavad ilmekat tunnistust sellest, et päikesevalgus on püsinud pikka aega muutmatult samasugusena, nagu teda praegu tunneme.

Geoloogiliste aegkondade tabel

Aegkond ja ajastu	Aeg 10 ⁶ aastais ajastu algusest	Esindajad ja domineerivad organismid
Psühhosoikum pleistotseen	1	Primaadid, putukad, lilled, kalad, linnud
Kainosoikum		
pliotseen	15	Imetajad, rohud, linnud, putukad, õistaimed, kilpkonnad, kalad, ussid, krokodillid
müotseen	35	
oligotseen	50	
eotseen	60	
paleotseen	70	
Mesosoikum		
kriit	120	Esimesed linnud, imetajad, lilled, lehestikku vahetavad puud, dinosaurused, kalad, tsikaadid, putukad, ammoniidid (limused)
juura	170	
trias	200	
Paleosoikum		
perm	220	{ Kalad, sõnajalad, konnad, korallid, meriliiliad, varajased okaspuud, esimesed putukad { Vetikad, korallid, meritähed, meriliiliad, esimesed sõnajalad, esimesed kalad, molluskid, teod, trilobiidid
pennsylvania	240	
mississippi	260	
devon	310	
silur	350	
ordoviitsium	400	
kambrium	500	
Eosoikum (Proterosoikum)	(1000)	Vetikad ja esimesed käsnloomad
Arhaikum	(2000)	Esimesed vetikad
Kosmiline	(5000)	Eelorgaanilised ühendid

Praegusel kujul geoloogide, radioloogide, paleontoloogide, geofüüsikute ja geokeemikute poolt väljatöötatud geoloogiline ajatabel annab päris hea kalendri kuni kambriumi ajastu alguseni viissada miljonit aastat tagasi (tabel II). See võimaldab jämedates joontes hinnata ka palju vanemate vulkaanilise päritoluga kivimite iga, kus on säilinud kõige ürgsemad ähmased jäljed primitiivsetest vetikatest ja seentest. Neid jälgi on napilt ja nad pole alati kindlalt identifitseeritavadki, kuid nad annavad

alust oletada, et päikesevalgust energiaallikana kasutunud organismide iga ulatub vähemalt tuhande viiesaja miljoni aastani.

Kuigi uraan, raadium, toorium, heelium ja plii olid peamised elemendid, mida kasutati esialgu radioaktiivsusel põhineva kosmilise kalendri koostamisel, on tänapäeval teaduse käsutuses mitmeid teisigi keemilisi elemente fossiilide, kivimite ja inimese valmistatud esemete vanuse määramiseks. Nimetagem näiteks kaaliumi, mis laguneb kaltsiumiks ja argooniks, rubiidiumi, mis muundub strontsiumiks, ning suhteliselt levinud hapniku ja süsiniku isotoope. Tõenäoliselt lisanduvad neile seoses meetoodika täiustumisega veel muudki kasulikud elemendid. Selle tulemusena ajatabeli paikapidavus järjest kasvab.

Tabelis II on esitatud geoloogiliste aegkondade ja ajastute kestus ning andmed vastavate bioloogiliste vormide kohta ilma edasiste alajaotusteta. Siin pole peatutud ka kivimite vanuse tähtsusel kosmograafia seisukohalt.

Aatomite liikide perioodilisuse süsteem

Kolmas meie neljast tabelist on tõenäoliselt kõige kompaksem ja sisukam teaduslike saavutuste kompilatsioon, mille inimene on kunagi välja mõelnud. Keemiliste elementide perioodilisuse süsteem tähendab aine jaoks sedasama, mis geoloogiliste aegkondade tabel kosmilise aja jaoks. Selle ajalugu on jutustus inimese suurtest võitlustest mikrokosmoses. Järgides Newlandsi, Mayeri ja eriti Mendelejevi teed rajavaid töid, on rühm keemia ja füüsika alal töötavaid entusiaste viinud selle põhilise aatomite klassifikatsiooni suure täiuslikkuseni (vt. tabel lk. 43).

Tabelis on esindatud praegu teada olevad aatomite liigid, korraldatuna vertikaalsetesse rühmadesse ja horisontaalsetesse ridadesse. Kui niisugune tabel on esitatud täielikul kujul, annab ta palju informatsiooni aatomite struktuuri kohta. Tabel sisaldab kõiki elemente alates vesinikust järjekorranumbriga 1, edasi heelium, süsinik, hapnik, raud, hõbe, kuld, uraan järjekorranumbriga 92, kuni mitmete uraanist raskemate ebastabiilsete elementideni, mida valmistatakse aatomireaktorites ja laboratoo-

Tabel III

Elementide perioodilisuse süsteem

1 H																	2 He		
3 Li	4 Be	5 B	6 C													7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si													15 P	16 S	17 Cl	18 A
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
55 Cs	56 Ba	57:72 La:Hf		73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Ei	100 Fm	101 Mv	...				

riumides. Viimased kolm, alates järjekorranumbrist 99, on nimetatud Einsteini, Fermi ja Mendelejevi auks.*

Möödunud saja aasta jooksul konstrueerisid teadlased selle täiusliku ja süstemaatilise aine kahedimensioonilise alfabeedi, ja valmistades ning identifitseerides tosinat viisi isotoope, löid nad talle ka kolmanda dimensiooni. Tänu peamiselt kaasaegsete «aatomipurustajate» muundamisvõimele võib saada kõikide aatomite mitmesuguseid isotoope, s. o. kaalult erinevaid tuumi. Näiteks looduslikult radioaktiivne uraaniaatom võib kaaluda kas 238 või 235 ühikut. Elavhõbedal on kümme isotoopi, millest seitse on stabiilsed. Tinal on kümme stabiilset ja seitse radioaktiivset isotoopi. Paljud isotoobid esinevad looduses, kuid veel rohkem on tehisisotoope. Kuigi ühe elemendi eri isotoopidel on erinevad aatomkaalud, jääb tema elektronkatte struktuur ja seega ka keemilised ning spektroskoopilised omadused isotoobilt isotoobile oluliselt samaks.

Enamiku elementide tsüklotronides valmistatud tehisisotoobid on lühiealised ja lagunevad radioaktiivselt

* Käesolevaks ajaks on saadud ka elementide 102 ja 103 isotoope. — Tõlk.

sekundi mürdosa vältel. Vesinikupommi ohtlik kõrvalprodukt — strontsium 90 — on aga paraku mitte just lühike eega isotoop. Aastakümned pärast pommi plahvatust jääb Sr 90 kõike mürgitada ähvardavaks ohuks.

Paljude igapäevaste elementide radioaktiivsetel isotoopidel baseeruvad märgitud aatomite menetlused, mis on tänapäeval väsa võimsaks vahendiks niihästi meditsiinilises diagnostikas ja ravis kui ka bioloogilises uurimistöös. Selle meetodi tähtsus kasvab ka geoloogias. Kasutades analoogiat võime öelda, et radiumi, plii, rubiidumi jt. ainete märgitud aatomid võimaldavad diagnoosida kivimite vanust ning vastavate fossiilsete taimede kaudu taastada pilti Päikese tegevusest möödunud aegadel.

Ilma perioodilisuse süsteemi rühmade ja ridade koostamisel aluseks olnud printsiipide ja praktiliste teadmisteta poleks mõeldav kaasaegne tööstussajand. Ja kui asja vaadata «mittepraktilisest» küljest, võime väita, et ükski tabulatsioon ei saaks paremini illustreerida kõrgemate alfabeetide väärtust inimese orientatsiooni määramisel universumis.

Mitmesugustel põhjustel peaks kosmosekeemia õppija olema tuttav heledate tähtede ja nende spektritega. Tähed on mõjutanud inimese filosoofilist mõtlemist kõige varasematest tsivilisatsioonidest alates. Nendega puutub inimene kohe kokku, kui ta asub välja selgitama oma kohta universumis. Nad on ühtlasi kõrge temperatuuri laboratooriumid, kus kontrollitakse niihästi aatomite omadusi kui ka teadlase-spektroskopisti osavust.

Üle kuuekümnne sajast maapinnal tuntud aatomiliigist on registreeritud ka Päikese spektris. Sama kehtib tähtede spektrite kohta. Kahtlemata on Päikesel ja tähtedes teisigi elemente, kuid neid pole nii lihtne avastada. Paljud tehisisotoobid on aga tõenäoliselt ainult maised, või kui neid leidubki Päikesel, siis mitte tema pinna läheduses.

Meil pole seni andmeid tundmatute keemiliste protsesside kohta üle kogu ruumi laiali pillatud tähelaboratooriumides. Kaltsiumi- ja vesinikuaatomid kõige kaugemates, meist eemalduvates galaktikates näivad reageerivat täpselt samuti nagu Päikese pinnal või teadlaste laboratooriumides Maal. Isegi tehiselement tehneetsium — perioodilises süsteemis järjekorranumbriga 43 — on nüüd

identifitseeritud mõne omapärase kaugel tähe atmosfääri spektris. Et tehneetsium on suhteliselt lühiealine radioaktiivne aine, peab teda pidevalt tekkima mõnesuguses seni avastamata protsessis, mis toimub tähe pinna läheduses, võib-olla «täheplekkides».

Kogu meile kättesaadaval universumil näib olevat ühesugune keemiline koostis (kuigi elementide suhteline levik on tähelt tähele erinev) ja kõikjal käituvad aatomid ühtemoodi.

Argooni ülemaailmne ringlus

Heeliumi, neooni, argooni, krüptooni jt. inertseid gaase, mis asuvad perioodilise süsteemi viimases veerus, leidub alati vähesel määral Maa atmosfääris. Erinevalt hapniku ja lämmastiku aatomitest, mis moodustavad kombinatioone paljude elementidega (eriti süsinikuga, mille ühendid on elu aluseks), ei astu inertsed gaasid keemilistesse reaktsioonidesse. Välja arvatud argoon, esinevad need niinimetatud vääriskaasid ainult vaevumärgatavates kogustes, kokku umbes üks tuhandik protsenti Maa õhkonnast.

Argooni aatomid aga moodustavad umbes pool protsenti kõikidest aatomitest meie atmosfääris. Nad on põhjalikult segunenud hapniku ja lämmastikuga ning saanud vahendajateks kõikide õhku hingavate organismide vahel minevikus, olevikus ja tulevikus. Nad ei hävi ega ühine molekulideks. Nad ei haihtu ka tähtedevahelisse ruumi nagu kergemad vesiniku ja heeliumi aatomid. Nad tekivad kaaliumi ühe loodusliku isotoobi radioaktiivse lagunemise tulemusena.

Iga hingetõmbega inhaleerib inimene või mis tahes inimesesuurune loom nelikümmend tuhat miljon miljardit argooni aatomit ja hingab nad seejärel uuesti ilma kadudeta välja, kuna nad ei ühine millegagi. Tuultega ja difusiooni toimel kanduvad nad kiiresti laiali üle kogu maa atmosfääri. Mõni argooni aatomitest, mida hingas sisse Adam või kes tahes ürgaegsetest inimestest oma esimesel elupäeval, on meie kõikide järgmistes hingetõmmetes. Mõned meie tänase hingetõhuga hulgas olnud argooni aatomid on saja aasta pärast vastsündinute esimestes õhuahmides. See argooni ringlus sisendab mitmesuguseid mõtteid, ta viitab maailma kummalisele ühtsu-

sele ega tunne rahvuslikke piire nagu päikesepaistegi. Ta on teatud mõttes siduvaks lüliks meie ja ammu möödunud aegadel elanud ning kauges tulevikus elavate loomade vahel.

Eetrispekter — energiaalfabeet

Peamiste kosmograafia abivahendite kollektiooni lõpetuseks esitame tabeli, mis lihtsustab energia käsitlemist. Niisugune tabel on tuletatav nn. eetrispektrist * e. elektromagnetilise kiirguse spektrist. See ei sisalda nii rikkalikult andmeid ega ole nii arusaadav ja rahuldaval tasemel nagu tabelid ruumi, aja ja aine kohta. On näiteks niisuguseid energialiike, nagu gravitatsiooniline ja mehaaniline energia, mida ei saa otseselt lülitada kiirgusenergia jaoks koostatud järjestusse. Kuid kogu universumi uurimiseks ja sellest arusaamiseks on kõige olulisemad need energialiigid, mis sisalduvad elektromagnetilise kiirguse spektris. Oli ju kiirgusenergia see, mille tõttu sai võimalikuks elu tekkimine Maa peal ja selle jätkumine. Meie olemasolu, soojus, mida saame, meie toit ja enamik meie teadmisi sõltub päikeseenergiast, mis on kiiratud üsnakitsas spektrilõiguses. (Atavistlik päikeseikumdamine peaks meie puhul üsna loomulik olema.)

Jättes välja alajaotused esitame lühidalt ja lihtsal kujul kiirguste tabeli.

Tabel IV

Kiirguste spekter

Kosmilised kiired		
primaarkiirgus	(— 20)	Nähtav valgus (— 6,4 kuni — 6,2)
sekundaarkiirgus	(— 15)	Infrapunane (— 6,2 kuni — 4)
Gammakiirgus	(— 12)	Mikrolained (— 3 kuni +1)
Röntgenikiired		Raadiolained (+1 kuni +4)
diagnostikas kasu-		Tööstuslik ja
tatavad	(— 10)	valgustusvool (+ 7)
pehmed	(— 8)	Makrolained (+8...)
Ultraviolettkiirgus		
kalk	(— 7)	
pehme	(— 6,5)	

* Käesoleva sajandi alguseni peeti valgust lainetusprotsessiks spetsiifiliste omadustega keskkonnas, mida nimetati eetriks (maailma- e. valguseetriks). — Tõlk.

Sulgudes olevad arvud on kümne astmed, mis ise-loomustavad vastava kiirguse lainepikkusi meetrites (vt. lk. 20).

Märgiksime sügava lugupidamisega inimese mõistuse ja töökuse vastu, et inimene ise on kunstlike «meeleorganite» abiga laiendanud jälgitavat spektrit kaugele väljapoole neid nähtava valguse piire, mida tunti kogu inimesoo ajaloo vältel kuni möödunud sajandi keskpaigani. Inimese teadmised kiirgusenergia kohta ja selle kasutamisoskus ei piirdu enam kitsa spektriribaga violetsest punaseni. Violetse valguse suunas ulatub spekter üle ultravioletse ja röntgenikiirguse gammakiirguseni, punase suunas üle infrapunase raadio- ja makrolaineteni, mis tekivad tööstus- ja valgustusvooluvõrkudes. Inimese täiendavate «meeleorganite» hulka, mis on võimaldanud niisugust kiirgusspektri laiendamist, kuuluvad fotoemulsioonid, termopaarid, fotoelemendid, transistorid, ostsilloskoobid, Geigeri loendajad, udukambrid ja terve rida teisi elektronseadmeid. Üsna tubli saavutus alles äsja arengu näitelavale astunud primaadi jaoks!

Energia kui põhientiteedi täielikuks analüüsimiseks tuleks vaatluse alla võtta palju teaduse viimaseid edusamme, mis puudutavad kosmograafiat. See annaks üksikasjaliku pildi füüsikute, astronoomide ja inseneride poolt läbitud etappidest spektrite tundmaõppimisel, mis ulatuvad lühilaineliste energiarikaste kiirgusteni. See jutustaks, kuidas inimese nägemisorganeid — silmi — on järk-järgult täiendatud ülalmainitud teravmeelselt konstrueeritud abivahenditega. Looduse seatud piirid on kaugetelt ületatud.

Kümned senitundmatud elektromagnetilise (kiirgus)pektri oktaavid, nii vasakule kui ka paremale varem tuntust, on nüüd läbi uuritud. Röntgenikiired avastati kuuskümmend aastat tagasi ja nad rakendati kiiresti inimkonna tervise ning teadmiste teenistusse. Nähtamatu ultraviolettkiirgus on muutunud tööstuse ja meditsiini tööriistaks ning abivahendiks molekulide ja bioloogiliste rakkude uurimisel. Sama tähtsaks inimkonna teenimisel ja tööstuse arendamisel on osutunud esialgse üheoktaavilise ulatusega nähtava valguse spektri laiendamine suuremate lainepikkuste suunas. Pikemalainelisel kiirgusel baseeruvate raadio- ja radarseadmete areng ning gammakiirte purustavad energiad ultralühilainelises

osas on loonud uue kultuuri — aatomitsivilisatsiooni. Väheste lühikeste aastakümnete jooksul on energia ja aine entiteetide uurimine muutnud inimese eluviise ning avaldanud sügavat mõju tema maailmavaatele. Selle raamatu üheks põhiteesiks ongi oletus, et võib-olla sunnivad need teaduslikud avastused ja neile rajatud tehnika progress põhjalikult revideerima vanu filosoofilisi süsteeme ja tõekspidamisi. Nad viitavad mõningate põhisuhtekohtade radikaalse muutmise võimalikkusele. Seda mõtet arendame kaudselt edasi järgmistes peatükkides.

Kiirgusspektri uurimine ja kasutamine on seotud paljude teiste väljapaistvate saavutustega, nagu 1) Maa atmosfääri osoonikihi uurimine rakettide abil, mille ehitamist ajendasid sõjad; 2) aatomite muundamise kaas- aegne alkeemia, kus kasutatakse tuumade pommitamist energiarikaste footonitega või suure kiirusega elektronide, prootonite, neutronite jt. osakestega; 3) raskete aatomite lõhustumine ja kergete fusioon (liitumine), mida teostatakse aatomienergia saamise huvides nii õnnisturikka rahu kui ka hukatust toova sõja tarbeks.

Mõnede elektromagnetilise spektriga seotud küsimuste juurde peame hiljem tagasi pöörduma seoses kosmograafia faktide kaas- aegsete tõlgendustega ja tulevikku puudutavate ennustustega. Nad võivad aidata lahendada meie asendi probleemi.

Kosmograafia väiksemad tabelid

Otstarbekas on nelja põhitabelit veel mõningate ülevaatlike abivahenditega täiendada. Mõned neist sisalduvad põhitabelite alajaotustes, nagu näiteks galaktikate tüübid ja fundamentaalosakeste liigid. Kasulikuks osutuvad veel järgmised viis suhteliselt väikest tabelit:

1) *Päikesesüsteemi planeedid*, nende kaugus, suurus, aastate ja päevade kestus, — kõik see on oluline Maa tekkimise probleemi käsitlemisel.

2) *Loomade ja taimede peamised hõimkonnad*; kõik nad on päikesepaiste ja ürgaegsete madalate mere- de «kõrde» maapealsed järe- tulijad.

3) *Imetajate klassid* alates vaaladest kuni nahkhiirte; lehmade ja antropoidideni.

4) *Tähtede spektraalklassid*. Tähtede värvust ja temperatuuri arvestav järjestus alates sinakast kuumast

Riigelist Orioni tähtkujus kollaka Kanoopuse * ja Päikeseni ning edasi allapoole mööda temperatuuriskaalat kuni punaka Betelgeuseni * ja Antareseni *.

5) *Loomade ühiskonnad*. Siin võib anda ka teatud järjestuse alates lõhekalast koos tema marjaga monogaamse leevikeseni, piisonite karjani, inimühiskonnani ning edasi mesilaste ja sipelgate ühiskondlike organisatsioonideni, mis on võib-olla loomariigi ühiskondade kõrgeimaks vormiks.

Kokkuvõte inimese kohast ruumis, ajas, aines ja energias

Et lõpetada ülevaadet meie asendiprobleemist, vaadake korraks, kus me siis asume põhientiteetide suhtes. Jutt on muidugi ainult materiaalsest maailmast. Ma kujutlen vaevu, kuidas saaksime fikseerida oma kohta milleski, mida võiks nimetada «mõtete vooluks», või lokaliseerida end mingi müstilise hingelise kategooria suhtes. Seepärast teeme kokkuvõtte ainult oma kohast ajas, ruumis, energias ja aines.

1) Aeg. Ilmselt oleme ajalises mõttes täpselt mineviku ja tuleviku vahel. Tuleviku suhtes võime teada olevaid fakte pisut ekstrapoleerida, kuid ettevaatlikult. Mis puutub planeetidesse, tähtedesse ja galaktikatesse, siis pole ette näha mingit materiaalse universumi lõppu. Võime teha ainult ebatäiuslikele teooriatele toetuvaid oletusi. Mineviku puhul on selgemaid tunnuseid, mis viitavad sellele, et kuskil möödunud viie ja viieteistkümnne miljardi aasta vahel oli teatud ajastu T_0 , millel on erakordne tähtsus meie füüsilise maailma ajaloole. Me usume, et minevikus oli olemas täpselt piiritletav «loomise» moment (või ajajärk), millega võrreldavat ei ole tulevikus. Seega oletame tinglikult teatud lõplikkust areneva maailma mineviku, lõpmatust aga tuleviku suhtes.

Kui me ei eita ajamomendi T_0 olemasolu ja oletame, et «loomine ajas», tolmu ja tähtedega asustatud metagalaktika reaalne algus ning universumi paisuma hakkamise moment olid olemas, jõuame järeldusele, et ajalises mõttes oleme noored. Meie ajastu ei ole maailma lõpu lähedal ega isegi mitte poolel teel. Vesinikukütust, mis annab

* Tähed vastavalt Kiilu, Orioni ja Skorpioni tähtkujudes. — Tõlk.

tähtedele energia, on väga palju. Meie, s. t. galaktikad, tähed, organismid, oleme just teele asunud. Meie 10^{10} aastat on lühike, tähtsusetult väike ajavahemik, võrreldes muidugi tulevase igavikuga.

Loomulikult on ka teine hüpotees, mille kohaselt algse, kõike sisaldava «superaatomi» plahvatus on illusoorne, ja mis väidab, et minevik on niisama lõpmatu kui tulevikki. Selle üsna tingliku hüpoteesi põhjal, mis lõhnab pisut teoloogia ja vanaaegsete dogmade järele, peab toimuma pidev aine tekkimine eimillestki, et tasa teha seda, mis materiaalse universumi paisumise tõttu läheb «üle maailma ääre» kaduma. «Algaatomi» teooria kuulub kanoonik Lemaître'ile, kusjuures see teooria on kooskõlas paljude vaatlusandmetega. «Pideva tekke» hüpotees on seotud peamiselt Jordani, Bondi, Goldi ja Hoyle'i nimedega. Kuigi sellel hüpoteesil on teatud esteetiline võlu, jääb esialgu vajaka teda kinnitavatest vaatlusandmetest. Käesoleval hetkel võime julgesti oletada pikka minevikku ja sama suurt või pikematki tulevikku.

2) Ruum. Lihtsam on määrata meie kohta universumis suuruse järgi. Osutub, et inimene on ligikaudu sama palju suurem vesinikuaatomist, kui palju Päike on suurem inimesest. Matemaatiliselt väljendades oleme teatud geometriliseks keskmiseks tähtede ja aatomite vahel, s. t.

$$\frac{\text{täht}}{\text{inimene}} = \frac{\text{inimene}}{\text{aatom}}$$

See suhe kehtib jämedates joontes niigraammides mõõdetava massi kui ka sentimeetrites väljendatavate pikkuste (diameetrite) puhul. Inimese kohta ruumis tähtede ja galaktikate hulgas vaatleme lähemalt seitsmendas peatükis.

3) Energia. Meie paigutamine energiatabelisse ei oma praktiliselt mingit tähendust. Me võiksime arvutada energiahulga, mis vastaks meie kehade massidele, ja võrrelda seda tähtede ning aatomite massidele vastavate energiatega. Kuid sellise võrdluse teostasime tegelikult juba siis, kui otsisime oma kohta materiaalsete organisatsioonide süsteemis. Me võiksime oma asendi mõnevõrra fikseerida selle energiahulga abil, mis on meie käsutuses ja mis näib tohutuna, võrreldes meie esiisade energiavarudega. Meil on nüüd kütuse abil käitatavad dünamod, hüdroelektrijaamad ja hiljuti alistasime vähemalt osa aatomienergiast. Ent kui liidaksime kõik need maapealsed energiavarud ja väidaksime, et nad esinda-

vad meie kohta energiakategoorias, osutuksid nad eimil-
lekski, võrreldes keskmise tähe hetkelise kiirguse ener-
giaga. On välja arvatud, et üks põhjalik maavärin, mis
ei allu inimese kontrollile, võrdub energeetiliselt tuhande
aatomipommiga. Ühe korraliku päikese protuberantsiga
võrreldes kahanevad meie uhked suurlinnad energeetili-
ses mõttes säraküünalde mõõtmeteni. Lühidalt, kosmose
energeetiliste protsesside ja potentsiaalsete võimaluste
seisukohalt pole inimesel ning tema tegevusel mingit
tähtsust.

4) Aine. Teatud edevast ja suurustlevast vaatenurgast
vaadatuna võiksime aine kategooria suhtes pretendeerida
märksa paremale positsioonile maailmas. Kui ajas, ruu-
mis ja energias olemegi väevumärgatavad ning eba-
olulised, tõuseme siiski esile selle poolest, et jagame
kõige mitmekesisemaid aatomeid universumi vägeva-
tega — elutute planeetide, tähtede, galaktikate ja kosmi-
lise tolmuaga. Inimene on teatud mõttes tehtud täheainest.
Tema koostises on olulise tähtsusega terve rida elemente,
mida on leitud maakoos. Mõned keemilised elemendid
sisalduvad ta kehas väga suurtes kogustes, teistest leidub
vaid jälgi. Kõige tähtsamad aatomid loomsete (imetajate)
kehade koosseisus koos ligikaudse protsentuaalse suh-
tega on järgmised:

hapnik	65 %,	kaltsium	2 %,
süsinik	18 %,	fosfor	1 %,
vesinik	10 %,	muud	1 %.
lämmastik	3 %,		

Päikese ja päikesesarnaste tähtede atmosfääride jaoks
annab kaasaegne teooria järgmise aine jaotuse:

vesinik	81,76 %,	räni	0,006 %,
heelium	18,17 %,	väävel	0,003 %,
hapnik	0,03 %,	süsinik	0,003 %,
magneesium	0,02 %,	raud	0,001 %,
lämmastik	0,01 %,	muud	0,001 %.

Astrofüüsika andmete ühe teise tõlgenduse ja vastava
teooria järgi on Päikese koostis selline:

vesinik	87,0 %,	lämmastik	0,02 %,
heelium	12,9 %,	hapnik	0,025 %,

süsinik	0,01 %,	raud	0,001 %,
magneesium	0,003 %,	väävel	0,001 %,
räni	0,002 %,	muud	0,038 %.

Maakoores, kaasa arvatud õhk ja ookeanid, sisalduvad:

hapnik	49,2 %,	naatrium	2,6 %,
räni	25,7 %,	kaalium	2,4 %,
alumiinium	7,5 %,	magneesium	1,9 %,
raud	4,7 %,	vesinik	0,9 %,
kaltsium	3,4 %,	kõik muud	1,7 %.

Ent Maa kui terviku koostise kohta, arvestades ka hüpoteetilist raud-nikkelsüdamikku, saame järgmise hinnangu:

raud	67 %,	nikkel	4 %,
hapnik	12 %,	muud	10 %.
räni	7 %,		

Kõiki inimkehas leiduvaid elemente on loomulikult ka maakoore sees või peal ja enamik, kui mitte kõik, on identifitseeritud kuumades täheatmosfäärideski. Loomsetes kehas pole leitud ühtegi niisugust aatomi liiki, mis poleks hästi tuntud nende anorgaanilises ümbruskonnas. Ilmselt on inimene tehtud tavalisest täheainest ja peaks selle üle väga uhke olema.

Ühes suhtes on loomad ja taimed siiski tähtedest ees. Nimelt ületavad elusorganismid elutu maailma atomaarseid ühendeid oma molekulide ja molekulühendite keerkuselt. Päikese kuum atmosfäär ja samuti tema sisemus osutuvad keemiliselt struktuurilt suhteliselt lihtsaks, võrreldes mõne rööviku keha orgaaniliste ühenditega. Seetõttu suudamegi paremini mõista tähti kui putukate tõuke. Esimeste tegevus allub peamiselt gravitatsiooni, kiirguse ja gaaside liikumise seadustele, millele vastavalt tekivad rõhud, tihedused ja temperatuurid. Organismid kujutavad endast aga lootusetut segu gaasidest, vedelikest ja tahketest ainetest, lootusetut selles mõttes, et meil ei õnnestu anda nende kirjeldamiseks korralikke ja viimistletud matemaatilisi või füüsikalisi-keemilisi valemeid. Seepärast näivad astrofüüsiku ees seisvad ülesanded lihtsatena, võrreldes biokeemiku probleemidega.

TEISTE MAAILMADE TUNDMAÕPPIMINE

Enne kui võiksime pretendeerida iseenda ja oma saatuse tähtsusele universumis, peaksime pöörama tähelepanu protoplasma võimalikule eksisteerimisele ja üldisele levikule kogu kosmilise ruumi ja aja ulatuses. Meid ei rahulda enam hüpotees, mille kohaselt elusorganismid on seotud ainult Maaga. Kuid enne mainitud probleemide juurde asumist peame leidma vastuse küsimusele elutegevuseks sobivate kohtade olemasolust ja levikust kosmoses. Esmaseks probleemiks pole mitte see, kas niisugused kohad on ka tegelikult asustatud, vaid küsimus, kas peale Maa on olemas muid asustamiskõlblikke taevakehi, s. t. selliseid, millel elu võiks edasi areneda, kui ta seal kord on tekkinud. Pole haaravamad uurimistegevust kui otsida mõnda teist inimkonda või midagi inimkonna sarnast saladuslikel õnnemaadel teisel pool tähtedevahelise ruumi barjääre. Aga kas niisugused õnnemaad on ka tõepoolest olemas?

Teised tähed, teised planeedid

Kõik praktilised inimesed on üldiselt arvamusel, et me eksisteerime. Äärmiselt vähesed selle küsimuse üle juurdlejad avaldavad kahtlust, et võib-olla me ei eksisteerigi, et kõik see on vaid unenägu, illusioon, komplitseeritud pettekujutus. Mingem koos enamusega ja tunnustagem nii teie kui ka minu ning samuti meid ümbritseva maailma olemasolu. Asjade lihtsustamiseks oletagem esialgu, et eksisteerib ka mittefüüsiline maailm, olgu sel siis mis tahes omadused. Sõnade «mittefüüsiline», «mis tahes omadused» ja «eksisteerib» ümber võiks lüüa palju lahinguid, kuid relvadeks oleksid peamiselt ainult sõnad, mitte ideed.

Kuna elame maa peal koos rohkem kui miljoni erineva

loomaliigiga, kes kõik nautides (või kannatades) võtavad osa samast biokeemilisest arenguprotsessist, hakkame paratamatult mõtlema selle protsessi olemuse üle, mida nimetatakse eluks. Me näeme eluvormide suurt mitmekesisust ja elamistingimuste äärmist eripärasust, märkame ka inimese laialdast kohanemisvõimet. Loomulikult kerkib küsimus: kas on meiesarnaseid olendeid mujalgi? See küsimus esitatakse mõnikord pastorile või filosoofile, kuid harilikult süiski astronoomile. Astronoomia nimel söandan otsida sellele ka vastust. Kuid selles peatükis vaatleme esialgu peamiselt küsimust: kas leidub mujalgi planeete, mis sarnanevad meie omaga?

Inimese keha koosneb üldtuntud keemilistest elementidest ja ei millestki muust. Eelmises peatükis olid ära toodud tabelid loomade kehas esinevate tähtsamate aatomiliikide kohta. Ja pidagem meeles, et inimese keemiline koostis on sama mis loomadelgi. Umbes 65% meie kehast koosneb hapnikust, 18% on süsinikku, 10% vesinikku, 3% lämmastikku, 2% kaltsiumi, ülejäänud kahe protsendi hulka kuuluvad räni, fosfor, naatrium, väävel, raud ja tosinavõrra teisi elemente — kõik elemendid, mis on ühised niihästi maakoorele kui ka Päikese pinnale. Protsentuaalne sisaldus on mõnevõrra erinev näiteks rotil ja apteegikaanil, sültjal oktopusel ja koorikulisel korallil. Üle keskmise sisaldavad kaltsiumi kondised selgroogsed, rohkem räni brahhiopoodid, rohkem vett meduusid, kuid kõik loomad koosnevad kõikidest laialt levinud aatomitest. Elemendid, mis on haruldased kivimites, nagu kuld, plaatina, raadium, on ebavalised ka inimese kehas.

Tähtedel ei ole elu

Tähed koosnevad samast ainest, mis moodustab Päikese ja mida leidub maakoos. Nad on ehitatud samadest materjalidest nagu maapealsed organismidki. Nii palju kui teame, valitsevad kõikjal samad füüsikaseadused. Samad reeglid kehtivad nii Linnutee tsentris, kaugetes galaktikates kui ka Päikese naabruses asuvatel tähtedel.

Kas me ei peaks arvama, et loomi ja taimi leidub kõikjal, kui peame silmas kogu kosmoses kehtivaid ühtseid füüsika- ja keemiaseadusi? Selline oletus näib täiesti

mõistlikuna. Nagu edaspidisest selgub, võime väita, et see tundub isegi paratamatuna. Kuid orgaanilise elu tegelikku olemasolu teistel planetaarsetel süsteemidel on praegu võimatu tõestada sellepärast, et tähed on liiga kaugel ja meie kui Maaga seotud taevauurijad oleme veel liiga jõuetud tähemaailma tegelikkuse ees. Kuid elusorganismidele sobivate planeetide esinemise suurt tõenäosust pole raske sedastada, kasutades statistilise analüüsi meetodeid. Statistilised kaalutlused on tegelikult märksa veenvamad kui üksikud juhuslikud vaatlusandmed.

Edasise arutluskäigu selguse huvides alustaksime kahe üldtuntud seisukoha meenutamisega.

1) Elu all mõistame nähtust, mida oleme harjunud maapealsetes tingimustes eluks pidama, s. o. biokeemilist protsessi, millest võtavad osa süsinik ja hapnik ning kus kasutatakse vett vedelas olekus. (On mõeldavad ka teistsugused protsessid, näiteks niisugune, kus räni asendab süsinikku või väävel hapnikku. Sellised protsessid on küll mõeldavad, kuid ebatõenäolised.)

2) Marss ja Veenus on seetõttu meie päikesesüsteemi ainsad planeedid peale Maa, mis üldse oleksid kohased elusorganismidele. On küllalt veenvaid tõendeid selle kohta, et Marsi eluvormid, kui nad üldse eksisteerivad, on madalal arengutasemel, sarnanedes samblikega. Veenuse pind on veel lahendamata probleemiks, kuid tema atmosfääri surmava keemilise koostise tõttu on seal rohkem šansse elu vastu kui poolt.

Paljude elu definitsioonide hulgas on ka niisugune külm ja range versioon: «Materiaalsed organisatsioonid, mis pidevalt taastekitavad oma organisatsiooni.» Rõhk on väljendil «pidevalt taastekitavad». Võib-olla paremini kõlaks see nii: «Elu on materiaalse organisatsiooni poolt oma materiaalse organisatsiooni pidev taastekitamine.» Seda definitsiooni võib sama hästi kasutada nii indiviidide kui ka liikide ja samuti ühiskondade puhul. Kõik nad on elavad. Nad kõik surevad, kui kasutada sobivalt defineeritud surma mõistet. Ent näiteks vilkad surematud aatomid meie hingeõhus ja kehaes ei ole selle definitsiooni järgi elusad.

Elu on visa, vastupidav ja püsiv, kui talle ainult aega anda muutuvate välistingimustega kohanemiseks. Me leiame teda geisrites ja kuumaveeallikates. Mõned lilled

õitsevad lume all. Nii taimed kui ka loomad võivad vajaduse korral pikka aega elada kuumades kõrbetes. Mõned seemned võivad lõpmatuseni taluda kuivatamist ja äärmist külma. Elu, nagu teda maa peal tunneme, on väga kohanemisvõimeline. Kuid on ka piirid. Üheks niisuguseks on kuumus ja kiirus tähe pinna lähedal, kus protoplasma molekulid lagunevad.

Vaadeldes elu levikut universumis, peame selletõttu otsekohe loobuma mõttest leida elusorganisme triljonitel kiirgavatel tähtedel. Päikese leegitsev pind on rikas elavatest hapniku, süsiniku, vesiniku, lämmastiku ja kaltsiumi aatomitest — elusa aine põhilistest koostisosadest, kuid füüsikaline elavus ja orgaaniline elusolemine on täiesti erinevad nähtused. Mõne jaheda tähe pinnal, nagu näiteks Antares ja Betelgeuse, ning jahtuvates päikeseplekkides võime leida mõningaid tuntud molekule lisaks paljudele aatomiliikidele, kuid kunagi ei esine seal midagi sellist, mis oleks nii keeruline ja õrn nagu valkained — need molekulühendid, mis on lihtsaima elu aluseks. Ja loomulikult ei ole tähtedes varjul ka mingit vett vedelas olekus.

Meteoridel ja komeetidel ei ole elu

Niisiis jäävad tähed vaatlusest välja, ja nad esindavad tõenäoliselt rohkem kui poolt kogu universumi ainek. Arvatakse, et suurem osa ülejäänust esineb tähtedevahelise gaasi kujul, millele lisandub pisut kosmilist tolmu. Kosmilise tolmu kübemed muutuvad nähtavateks meteoridena, kui nad pörkavad kokku Maa atmosfääriga; samuti moodustavad nad kaugeid tumedaid udugusid Linnutee helendaval foonil, muutes viimase laiguliseks. Ei nendel tillukestel meteorikübemetel ega ka suhteliselt suurematel meteoriitidel pole mingit elu ja nimelt mitmel põhjusel, millistest olgu muuhulgas märgitud järgmised:

- 1) Nende massid on liiga väikesed, et oma raskusjõuga alal hoida mingisugust atmosfääri (isegi meie Kuu ei suuda säilitada hapnikku ja süsihappegaasi, mis on loomadele ja taimedele hingamiseks vajalikud).

- 2) Tähtedevahelises ruumis on meteoride temperatuur liiga madal, selleks et neil võiks leiduda vett vedelas olekus.

3) Kõik nad on täiesti kaitsetud kuumade tähtede surmava ultraviolettkiirguse ees.

Kuidas on lood eluga komeetidel? Samad üldised kaalutlused, mis olid esitatud meteooride ja meteoriidide korral, kehtivad ka siin, kuna komeedid on lihtsalt tolmuse ja killustunud meteooriaine kogumid, läbi imbunud haihtuvate gaasidega. Lisaks öeldule peame arvestama, et enamik päikesesüsteemi suuri komeete tuleb oma suurima heleduse perioodil. Päikesele liiga ligidale (elusorganismide seisukohalt), kuna ülejäänud aja viibivad nad liiga jäises kauguses oma orbiidi välisosal.

Ainult planeedid on asustamiskõlblikud

Järelikult peame elu otsingutel piirduma planeetidega. Need planeedid, millel elu võib tekkida ja areneda, ei tohi olla liiga lähedal oma tähele ega temast ka nii kaugel, et külmust poleks võimalik leevendada. Kui me ei taha rahulduda ainult primitiivsete anaeroobsete eluvormidega (mõned algelised organismid arenevad tingimustes, kus hapnik täielikult puudub), peame püstitama nõude, et planeedid ei oleks liiga väikesed hapnikuatsfääri alalhoidmiseks.

Elukandvate planeetide atmosfäär peab olema ka mittemürgine, neil peab olema tarvitamiskõlblik vesi ja sobiv kõva koorik; kui aga organismidele anda piisavalt aega, kohaneksid nad kahtlemata ka niisuguse ümbrusega, mis Maa peal arenenud eluvormide jaoks oleks mürgine ja elamiskõlbmatu.

Lõpuks peavad elutegevuseks soodsatel planeetidel, kui need on sobiva suuruse, temperatuuri ja keemilise koostisega, olema väikese ekstsentrisusega orbiidid. Väga eks-tsentriliste orbiitide korral, nagu on enamikul komeetidel, satuvad planeedid oma periastris viibimisel tähele liiga lähedale, kuna aga apoastris* eemalduvad liiga kaugele. Sellest tulenevad temperatuurikõikumised oleksid liiga suured elu normaalseks kulgemiseks, võib-olla isegi varajaste eluvormide tekkimiseks ja säilitamiseks. Et vältida

* Vastavalt lähim ja kaugeim punkt tähest planeedi orbiidil (päikesesüsteemi planeetide puhul vastavad neile periheel ja afeel). — Tõlk.

öö ja päeva temperatuuride liiga suuri erinevusi, oleks kõige sobivam, kui planeedid pöörleksid kiiresti ja nende pöörlemisteljed oleksid tugevasti kaldu orbiidi tasapinna suhtes (nagu meie planeedil).

Arvestades eespool loetletud nõudeid küsime: kas leidub palju elutalitlusteks kohaseid planeetide süsteeme? Ja sellega seoses: kuidas planeedid sünnivad?

Genees — kahekümnenda sajandi versioon

Alguses, nagu öeldakse, oli kaos, või kui tunnustame kanoonik Lemaître'i «ürgaatomy» teooriat, mis piltlikult kujutab kogu universumi ainet ja energiat esialgselt koon-datuna ühte kehasse — ühteainsasse superaatomisse —, võime igatahes väita, et varsti pärast paisuva universumi plahvatuslikku algust oli kaos.

Selle kaose varajasel perioodil, umbes viie kuni kümne miljardi meie aasta eest, oli aine keskmine tihedus muidugi väga suur, tähed olid üksteise lähedal, paljud galaktikad tungisid üksteise sisse (kui galaktikad organisatsioonidena tollal üldse eksisteerisid; kui mitte, võime öelda, et moodustuvad protogalaktikad katsid üksteist). Nondel ainega ülekuhjatud kaose aegadel pidid toimuma sagedased kokkupõrked ja sekundaarsed plahvatused. Eemale lendavate gaaside massid sattusid külma ruumi, muutusid kiiresti vedelaks ja siis tahkestusid — jahtusid väga mitmesuguse suurusega planeetidetaolisteks kehadeks. Purunevad ja plahvatavad kehad tekitasid tolmu-teri ja gaase, millest hiljem moodustusid tähed. Kogu see protsess näib loogilisena, kui võtame omaks hüpoteesi, mille järgi maailm oli väike ja kompaktne, enne kui ta kosmilise paisumise tagajärjel laiuli valgus. Pealegi on paremat hüpoteesi praegu raske leida.

Vaatleme seda hüpoteesi lähemalt seoses Maa tekkeprobleemiga. Ülikuumaürgaatomy plahvatamisel välja paiskunud suuremad ainehulgad pidid jääma gaasilisse olekusse. Kui nende massid polnud liiga suured ega liiga väikesed, muutusid nad lõpuks helendavateks tähtedeks. Need aga, mis osutusid liiga kogukateks, selleks et üheainsa keha raames säilitada tasakaalu koondava gravitatsioonijõu ja eemale tõukava kiirgusrõhu, gaaside difu-

siooni ning kiirest pöörlemisest tingitud tsentrifugaaljõu vahel, need ülemäära suured kehad muutusid kaksik- või mitmiktähtedeks või mitmesuguse koosseisuga parvedeks.

Käabused

Meie Päikesest väiksema, kuid planeetidest suurema massiga taevakehad — neid peaks olema miljardeid — moodustavad tähemaailma salapärase, läbiuurimata osa. Astronoomilised vaatlused ei ole ühegi niisuguse keha olemasolu näidanud, kuid kosmilise kella järgi on meie kasutada olnud aeg ju väga üürrike. Nende objektide mass peaks olema küllaldane, et kokku tõmbudes tekitada püsivaid, tiheda atmosfääriga taevakehi, kuid sellest ei piisa, et nende helendust võiks suuremate kauguste taha näha. Taevakehi kõikvõimalike massidega, alates $\frac{1}{50}$ Päikese massist (vastavaid kehi nimetaksime tumedateks käabus-tähtedeks) kuni $\frac{1}{500}$ Päikese massini (neid kehi võiksime nimetada hiidplaneetideks) peaks eksisteerima loendamatul hulgal. Neid võib olla veel rohkem kui teadaolevaid tähti.

Suurimad käabustest peaksid nõrgalt helendama infrapunases spektripiirkonnas ning neid peaks saama avastada, kui nad on küllalt lähedal. Ent enamikus on nad ilma oma valguseta rändurid. Lõpuks peaks teadusliku eksperimendi tehnika areng võimaldama neid avastada näiteks raadiosignaalide kaudu, kui nende nähtamatute kehade atmosfääris toimuvad intensiivsed elektrilised protsessid, või nendel aset leidva tormilise vulkaanilise tegevuse kaudu. Mõni neist võib kunagi hälbida meie planeetide süsteemi, kus ta olemasolu ilmneks temalt peegeldunud päikesevalguse või välisplaneetide ja komeetide liikumistes täheldatavate häirete kaudu. Kohata ühte sellist varajase plahvatusliku perioodi vahepealset produkti oleks väga õpetlik. Nende olemasolu võib vaevalt eitada. Nende hulga kohta puuduvad andmed, kuid tõenäoliselt on neid väga palju. Ka planeetide tekke muude teooriate järgi, mis erinevad siin skitseeritust, peaks käabuste eksisteerimine tõenäoline olema.

Ürgkaos ja korrastumine

Olenemata sellest, kas esialgu eksisteeris üksainus kõikesisaldav «ürgaatom» või mitte, võib vaevalt kahelda, et praegu laiali hajuvad galaktikad oma miljardite tähtedega olid kauges minevikus tihedasti koos. Ülimalt tähendusrikas on fakt, et kivimite radioaktiivsuse kaudu määratud maakoore vanus langeb ligikaudu kokku maailma oletatava paisumise ajaga.

Jätkates Maa tekke skeemi esitamist oletame, et üks moodustuvatest tähtedest (meie proto-Päike) oli tihedalt ümbritsetud esialgses või ka hilisemates plahvatustes tekkinud mitmesuguste kildude seguga. Nendele jahtuvatele sekundaarsetele kehadele pidi mõjuma vähemalt mingi nõrk gravitatiivne tõmme tsentraaltähe poolt. Oletame edasi, et päikese ümber tiirlevate kehade (protoplaneetide) hulgas oli üks-kaks suuremat, mis juba algusest peale koos Päikesega mõjustasid väiksemate liikumist. Kui kaks nendest suurtest sekundaarsetest kehadest, mida võiksime nimetada proto-Jupiteriks ja proto-Saturniks, tiirlesid ligikaudu ühes ja samas tasapinnas ning sama-suunaliselt, võisid nad kujuneda määravaiks väiksemate kehade liikumise ja tuleviku suhtes. Mõned väikesed planeetaarsed kehad — võib-olla enamik — võisid liikuda mööda liiga elliptilisi orbiite; emb-kumb, kas nad neelati Päikese poolt periheelis või kahe suure planeedi poolt orbiidi välispiirkonnas, või siis eemaldusid nad häirete tagajärjel päikesesüsteemist interstellaarsesse ruumi.

Selle «jumalate kolmikveski» miljardeid aastaid kestnud töö tulemusena kõrvaldati gravitatsiooniliste häirete teel ka tagurpidi liikuvad kehad, s. o. niisugused, mis tiirlesid ümber Päikese suurte planeetide tiirlemisele vastupidises suunas. Sel moel koheldakse tegelikult kergeid komeete veel meiegi päevade «puhastusprotsessis». Nende liikumissuunad ja orbiitide ekstsentrised muutuvad vahel tunduvalt, mõned aga «haaratakse» väiksematele orbiitidele. Kauges minevikus võisid suured planeedid nii mõnegi neist igaveseks päikesesüsteemist «välja heita», sest kauguse suurenedes Päikese gravitatsioon kahaneb ja massiivne planeet võib määrata iga komeedi saatuse, mille orbiit toob ta planeedi lähedusse. Üheks võimalikuks «otsuseks» on päikesesüsteemist väljaheitmine.

Vastavalt esialgse kaose ja aeglase korrastumise hüpoteesile osutus protoplaneet Maa soodustatud killuks, mis tekkis Päikese sünnitanud katastroofilises protsessis. Tema orbiit oli ohutult ringikujuline või peaaegu ringias; tema kaugus naaberplaneetidest (Veenus, Marss) oli küllalt suur, nii et häired ei kujunenud tõsisteks.

Sel dramaatilisel perioodil, kui tekkis päikesesüsteem, toimus teiste tähtedega, millest mõned olid päikesele üsna lähedal, samasugune protsess. Noor taevast, tollal tulvil komeete, meteore ja ringiuitavaid planeete, võis pakuda tõepoolest erutavat vaatepilti!

Isegi juhul, kui Maa ja teiste säilinud planeetide orbiidid olid esialgu tunduvalt välja venitatud, pidid nad ümmarduma tänu algsete tolmuosakestega täidetud interplanetaarsele keskkonnale, mida planeedid ümber Päikese tiirlemisel läbisid. Tolmust koosnev keskkond pidurdas planeedi liikumist, orbiidi ekstsentrilisus kahanes ning vähenes kokkupõrgete oht ja võimalus saada suuremate poolt alla neelatud. Enamiku praeguse päikesesüsteemi planeetide orbiidi kalle on lähedane Jupiteri ja Saturni omale. Vaadeldava hüpoteesi järgi on see ammustel aegadel toimunud kokkupõrgete ja gravitatiivse külgetõmbe tulemus, millal kaos järk-järgult asendus korraga.*

Eespool käsitletud oletused päikesesüsteemi planeetide ja teiste tähtedega seotud planeetide tekke kohta esitas autor juba ammu teatud pettumuse ja meeleheite aastail. Kaks tol perioodil domineerinud planeetide tekke teooriat — nebulaarse kontraktsiooni ja loodelise katastroofi hüpoteesid — olid vastuollu sattunud vaatlusandmetega ja kujutlustega tähtedevahelise tolmu loomuse ning käitumise kohta. Faktid on aga kosmogooniliste teooriate vaenlane number üks. Kui me ei teaks nii palju, jääks vähem fakte ära seletada. Ülalesitatud algkaose teooria väldib paljusid tõsiseid raskusi, mille vastu põrkasid varasemad hüpoteesid, mis püüdsid seletada näikesesüsteemi kõiki põhilisi seaduspärasusi. Kuid ka sellel teoorial on

* Parem oleks öelda: «... kui näiv kaos asendus korraga», kuna füüsilises maailmas pole mingit reaalselt kaost: tegelikult valitseb kõikjal kord, kõik toimub füüsikaseaduste kohaselt. Kaos on ainult tunnetamata kord; see sõna näitab inimhõimustuse piiratust ja vaatlusandmete nappust. Sõnad «kaos», «juhuslik», «juhus», «etteöeldamatu» on mugavad kokkulepped, mille taha peidame oma teadmatuse.

omad raskused või pigemini puudujäägid. Ta vajab, nagu kõik teisedki, siit-sealt kohendamist täiendavate abihüpoteesidega. Kaoseteooria tugineb peamiselt kahele järgmisele oletusele.

1) Oletatakse, et tähed, kaasa arvatud meie Päike, tekisid mõned miljardid aastad tagasi katastroofi tulemusena, mis täitis ruumi kõikvõimalikes suurustes gaasiliste, vedelate ja tahkete plahvatuskildudega; kõige massiivsemate kildude gravitatsioon kujunes loomulikuks valitsevaks jõuks teatud piiratud ruumiosas. Meie juhul oli niisuguseks graviteerivaks kehaks Päike.

2) Postuleeritakse, et selles esialgses tolmu, gaasi ja planetoidsete kildude segus, mida valitses proto-Päike, oli üks või kaks suurt protoplaneti, mis tiirlesid kõikesuunava Päikese ümber ligikaudu selles tasapinnas, mis praegu on päikesesüsteemi keskmiseks orbitaaltasapinnaks.

Kõik ülejäänud tuleneb juba täiesti loomulikult — enamiku peene prügi kokku- (või välja-) pühkimine ja väiksemate fragmentide suunamine ohutusse piirkondadesse ning ohututele orbiitidele.

Me ei hakka seda hüpoteesi enam detailsemalt arenadama, vaid märgiksime lihtsalt ära mõned tema puudused. Nagu teisedki hüpoteesid, suudab seegi vaid halvasti seletada säilinud planeetide tähelepanuväärivat ruumilist paigutust. Samuti ei õnnestu rahuldavat seletust leida faktile, et päikesesüsteemi kehade orbiitidel puuduvad peaaegu täielikult suured inklinatsioonid, kuigi pika perioodiga komeetide ning mõningate Marsi ja Jupiteri vahel paiknevate asteroidide orbiitide tasandid on tugevasti kaldu planeetide keskmise tasapinna suhtes.

See hüpotees saaks tõsise hoobi, kui võiksime tõestada, et tähed ei teki mitte täies suuruses (või peaaegu täies suuruses) esialgselt plahvatavast aatomist või hilisemast (supernoova) purskest, vaid moodustuvad interstellaarse udu aeglase kondensatsiooni teel. Samuti osutuks vajalikuks täiendav abihüpotees (või siis hüpoteesist endast lahtiütlemine), kui veenduksime, et Maa tekkis järkjärguliselt väga pika aja jooksul interplanetaarse aine aeglase koondumise tulemusena. Ent siiski on meie hüpoteesil see eelis, et plahvatusest ja nn. kaosest lähtudes võime oletada aine ja liikumise mis tahes esialgsel jaotusel. Praegu mõistatuslik tiirlemis- ja pöörlemiskiiruste jaotus

(impulssmomentide probleem) lakkaks olemast probleem. Vähemalt niikaua, kuni pole loodud ja ainuõige tekke-loona tunnustatud mõni täiuslikum alternatiivne teooria, väärib kaoseteooria kui tööhüpotees säilitamist, kuna ta näitab ühe võimaliku tee planetaarsete süsteemide tekkimiseks.

Eespool kirjeldatud hüpoteesi esitasime küllalt detail-selt sellepärast, et kui see teooria lõpuks õigeks osutuks, tooks ta endaga kaasa tähtsa järelduse, nimelt vihje sellele, et planeetide süsteemid võivad olla sama levinud kui tähedki ning et eluks sobivaid tingimusi leidub kõikjal kosmoses. Siis võiks ka küsimustele — Kas me oleme üksi? Kas oleme ainulaadsed bioloogilised olevused kogu universumis? — vastata vähimagi kõhkluseta eitavalt. Kuid Maa päritolu kohta on muidki teooriaid. Bioloogiliste vormide leviku uurimise huvides märgiksimise ära need, mis tunduvad enam või vähem veenvatena.

Planeetide tekkimise mitmesugused moodused

Vanasti omistati Maa loomise au pigem iga liiki üleloomulikele jumalustele kui «juhusele» või astrofüüsikalisele protsessile. Kuid ka oletus, et Maa on alati eksisteerinud, polnud päris haruldane. Paljud hüpoteesid, mille abil püüti Päikesest, planeetidest, nende kaaslastest, asteroididest, komeetidest ja interplanetaarsest tolmust koosneva süsteemi päritolu mõistuspäraselt seletada, on nüüd kaotanud igasuguse väärtuse. Mõned teooriad käsitlesid ka Päikese tekkimist, teised aga oletasid, et Päike eksisteeris enne planeetide ilmumist. Enamik teooriaid on loodud üsna hiljuti, mis on ka loomulik, arvestades tähtsate teaduslike avastuste kuhjumist möödunud väheste aastakümnete jooksul ning vastavate küsimustega tegeleva andeka kaadri juurdekasvu. Need teadmised, mis kogu maailma astronoomid on viimase neljakümne aasta jooksul kätte võitnud, ületavad palju kordi kõik selle, mida teati varem.

Järgnevas lootelus, mis sisaldab 15 hüpoteesi enam-vähem kronoloogilises järjekorras, on esitatud Iisraeli, Saksamaa, Prantsuse, Austraalia, India, Ameerika, Inglismaa, Venemaa, Rootsi ja Hollandi teadlaste-filosoofide mõtteid planeetide tekkimise kohta.

1) Moosese raamatu kosmogoonia jm. varased religioossed doktriinid.

2) Nebulaarhüpotees — kuulus ja kaua tunnustamist leidnud Kant-Laplace'i teooria.

3) Päikese osaline purunemine põrkest komeediga koos järgnenud planeetide moodustumisega.

4) Päikese pursked, mis andsid ainet planeetide tekkimiseks (aine esines nn. planetesimaalide kujul).

5) Kosmoses või teiste tähtede ümber tiirelnud planeetide haaramine Päikese poolt.

6) Päikese massi loodeline lahtirebimine mööduva tähe poolt ja tekkinud gaasijugade kondenseerumine planeetideks (neljanda hüpoteesi variant).

7) Tähtede perifeerne põrge (kuuenda hüpoteesi variant).

8) Kaksiktähe ühe komponendi purunemine mööduva kolmanda tähe toimel.

9) Hüpoteetilise proto-Päikese plahvatuslik lõhkemine.

10) Ühe pulseeriva ebastabiilse muutliku tähe (tsefiidi) purunemine.

11) Nebulaarhüpoteesi uus variant, mis tugineb gaasi ja tolmu liibumis- ning kuhjumisprotsessi kaasaegsetele teooriatele.

12) Elektromagnetilise päritoluga kondensatsioonitsentrid kokkutõmbuvas udukogus (teise hüpoteesi variant).

13) Noova plahvatamine kaksiksüsteemis, mille tulemusena tekivad teise keha ümber tiirlevad killud.

14) Külmade planetesimaalide hüpoteesi uus versioon, mille kohaselt planetesimaalid liiguvad uduga täidetud keskkonnas (neljanda, üheteistkümnenda ja kaheteistkümnenda variandi kombinatsioon).

15) Plahvatuslik ürgkaos ja «kohanduvate ellujäämine» — minu eespool toodud «hoolimatuse» hüpotees.

Kõikide nende teooriate juures võiks üksikasjalikumalt peatuda. Mõned neist kattuvad. Mõned on kõrvale heidetud nende ilmse küündimatuse või poolikuse tõttu. Näiteks hüpoteesid 1, 3, 4, 5, 9 ja 10 on juba välja langenud. Hüpoteesid 2 ja 6 on puudulikud. Jäävad järele 7, 8, 11, 12, 13, 14 ja 15. Tuleks arvestada ka seda võimalust, et planeedid võisid tekkida mitme erineva protsessi tulemusena. Ei ole tingimata vajalik leida ainult ühte moodust, välja lülitades kõik teised.

Üldjärelدusena peame nentima, et ükski nendest teoo-

riatest ei ole praegusel momendil täiesti rahuldav. Pari-madki vajavad edasiarendamist. Paljud ei tule hästi toime järgmiste täheldatud korrapärasuste ja iseärasuste sele-tamisega.

a) Üheksa suuremat planeeti tiirlevad ümber Päikese samasuunaliselt.

b) Päike ja enamik planeete (nii palju kui teada on) pöörlevad oma telgede ümber ühes ja samas suunas.

c) Planeetide orbiitide kalded on sellised, et süsteem tervikuna (välja arvatud komeedid) on erakordselt lame.

d) Väiksemad planeedid, välja arvatud Pluuto, mis võis olla Neptuuni kunagine kaaslane, on Päikesele suh-teliselt lähedal. Kõikide suuremate planeetide kaugused Päikesest on viis kuni kolmkümmend korda suuremad Maa orbiidi raadiusest.

e) Omadustelt sarnanevad Jupiteri ja Saturni kaaslaste süsteemid Päikese planeetide süsteemiga.

f) Ilmselt on Maa ja tõenäoliselt ka teiste planeetide keemiline koostis sarnane Päikese omaga, kui teha möön-dus haihtuvate atmosfääride osas.

g) Impulssmomendi jaotus planeetide süsteemis osutub komistuskiviks paljudele hüpoteesidele. Emb-kumb, kas Päike pöörleb liiga aeglaselt või siis planeedid liiga kii-resti, et kõne alla tuleks nende ühine päritolu. Selle asia-olu seletamiseks tuleb tavaliselt täiendavate hüpoteeside poole pöörduda.

Paari-kolme erandiga võib eespool loetletud teooriaid liigitada katastroofi- ja rahuliku juurdekasvu hüpoteesi-del baseeruvaiks. Teiste sõnadega, planeedid tekkisid kas mõnesuguses ägedaloomulises protsessis või moodustusid aeglaselt aine järkjärgulise akumulatsiooni tulemusena. Esimestes teoriates oletatakse, et Maa (või vähemalt proto-Maa) oli kord pinnast südamikuni üleni kuum, vii-maste järgi pole Maa pind õieti kunagi olnud täiesti sula-olekus, kuigi massi kasvades südamik loomulikult kuu-menes ja mõjustas ka välimisi kihte.

Mida ütlevad need teooriad Maa-sarnaste planeetide arvu kohta? Kui tunnustada nebulaarhüpoteesi variante, mille kohaselt tähed moodustusid peamiselt külmade gaasi- ja tolmutilvede kondensatsiooni tagajärjel koos planeetide kui kõrvalsaadustega, siis peame oletama, et planeedid, mis sarnanevad meile tuntuiga nii massilt, temperatuurilt kui ka keemiliselt koostiselt, on univer-

sumi arengu loomulikuks ja üsna tavaliseks tulemuseks. Samasugune laialdane planeetide levik järgneks ka algkaose ja pärastise korrastumise hüpoteesist.

Peame alati meeles pidama, et meie Päike on üks kõige tavalisem täht. Sada tuhat miljonist heledamast tähest ei erine oluliselt millegagi meie Päikesest. Me avastame selle sarnasuse, analüüsides tähtede spektreid (seda kirjeldatakse lühidalt peatükis 6), mis jutustavad meile tähtede heledusest, massist, suurusest, liikumisest ja keemilisest koostisest. Paljude tähtede spektrite võrdlus näitab, et Päikese-sarnased tähed moodustavad 10% tähtede üldarvust. Kuid selleks, et tähed omaksid asustamiskõlblikke planeete, ei tarvitsegi nad Päikesega sarnaneda. Kui täht on kuumem, nihkub vedela vee tsoon kaugemale, kui külmem, peavad eluks sobivad planeedid «tähejõuajamale» lähemal olema.

Päike ja mainitud sada tuhat temasarnast tähte ei ole Linnutee süsteemis mingil erandlikul kohal. Nad asetsevad ühe tüüpilise suure spiraalgalaktika välises harus, meta-galaktika aga sisaldab tuhandeid, võib-olla isegi miljooneid samasugust spiraalset tüüpi galaktikaid. Ka teistel Päikese-sarnastel tähtedel (või enamikul neist) on arengulugu, mis algas noil tormilistel aegadel, kui sündisid planeedid. See kõik räägib eluks kõlblike planeetide küluse kasuks.

Kuid on olemas üks oluline tegur, mis sõltumata sellest, millise teooria kohaselt tähed ja planeedid tekkisid, takistab eluks sobivate planeetide moodustumist ja säilimist antud tähe lähedal. Selleks osutub kaksik- ja mitmiktähtede suur arv. Veel sada aastat tagasi peeti kaksik-tähti millekski haruldaseks. Seoses optiliste vahendite võimsuse suurenemisega ja kaksik- ning mitmiksüsteemide avastamise meetodika täiustumisega on pilt põhjalikult muutunud. Nüüd ollakse arvamisel, et 40% tähtedest või rohkemgi esinevad paari- või kolmekaupa. Viiekümne viiest tähest 150 triljoni kilomeetrise raadiusega ruumis ümber Maa on ainult kolmkümmend üks üksiktähte ja mõnegi puhul neist võidakse veel avastada kaastähti. Kaksikute või kolmikute süsteemides on aga vedela vee tsoonis liikuvad planeedid ülimalt ebatõenäosed. Gravitatsiooniseadused on selle vastu — orbiidid oleksid ebastabiilsed. Seepärast peame sobivate hulka arvama ainult üksiktähed ja võib-olla väga laiad dubletid,

kus üks komponent ei ohusta teise tähe planeetide orbii-
tide stabiilsust. Tõenäoliselt peaksime välja jätma ka
kerastäheparvede tihedasti asustatud tsentrid, kui
nõuame, et planeetide süsteem eksisteeriks küllalt kaua.

Põrgete väike tõenäosus

Kokkutõmbuva udu hüpoteesi (näiteks nr. 14) järgi on
eeldused planeetide formeerumiseks ja säilimiseks tõe-
näoliselt kõige soodsamad. Kuid oletagem, et selle asemel
peame õigeks mõnda pörkehüpoteesi. Muidugi mitte nii-
sugust, kus tähega kokkupõrkava kehana vaadeldakse
komeeti, sest komeetide massid on suhteliselt liiga väi-
kesed, et tähekatastroofis olulist osa mängida. Praktiliselt
ei tule planetaarse süsteemi tekke põhjusena arvesse ka
kahe või rohkema tähe kokkupõrge, kuna niisugused pör-
ked oleksid väga haruldased. Praegusel ajal on meie Päike
ja tema naabrid üksteisest nii kaugel, et kokkupõr-
ked on peaaegu võimatud. Sama kehtib kõikide üksik-
tähtede kohta, mis ei asetse parvede tsentrites või galak-
tikate südamikes. 40 triljonit kilomeetrit eraldab meie
Päikest talle lähimast teadaolevast tähest — α Centaurist.
Mis tahes täht, kuigi selle keskmine suhteline kiirus oleks
30 kilomeetrit sekundis, võiks miljoneid aastaid liikuda
galaktikas, ilma et ta teise tähe lähedusse satuks või
sellega kokku põrkaks. Kui planetaarsed süsteemid sellis-
tes väljaarenenud galaktikates, nagu on meie oma, saaksid
tekkida ainult põrgete või tähtede üksteisele lähenemise
tõttu, peaksime järeldama, et meie «juhus» võis olla
ainulaadne — midagi niisugust võis toimuda ainult üks
kord kogu galaktikas. Meie ise aga oleme selle kauge eba-
tõenäolise sündmuse järeltulijad! Siis peaksime oma küsi-
musele vastama: «Me oleme tõepoolest ainsad, oleme
mõnesuguse haruldaste juhtumite hooldamisega tegeleva
kõikvõimsa jõu erilise hoolitsuse osalised.»

Kuid kaks kaalutlust muudavad selle järelduse otse-
kohe vähe usutavaks või isegi kehtetuks. Esiteks ei või me
piirduda ainult antud galaktika 100 000 000 000 tähega,
mis alati üksteist külge tõmbavad, kuid põrkeid siiski
õnnelikult väldivad. Kuna juba meie teleskoopidele on
kättesaadavad miljardid teised galaktikad, peale nende
aga võivad eksisteerida veel triljonid, mille olemasolugi
me ei aima, siis kõik see suurendab tõenäosust selleks, et

kuskil võisid kokkupõrked toimuda. Kõiki neid süsteeme peame loomulikult arvestama, uurides elu kui kosmilise nähtuse tõenäosust. Kui sajast galaktikast ainult ühegi tähtede vahel oleks aset leidnud planeete sünnitav põrge, ulatuks selliste põrgete arv miljonitesse.

Teine ja mõjuvam argument meie olemasolu isoleerituse vastu (jäädes ikka hüpoteesi juurde, et ainult põrked võivad tekitada eluks sobivaid planeetide süsteeme) on suhteliselt uus, kuid kindlatele andmetele tuginev fakt metagalaktika paisumisest. Vaatlused näitavad tegelikult seda, et galaktikad eemalduvad üksteisest kõikides suundades ja et aine keskmine tihedus metagalaktikalisel ruumis pidevalt kahaneb. Tarvitseb vaid nende vaatlustulemuste põhjal kujutleda protsessi, mis toimuks, kui aeg voolaks tagurpidi, ja me jõuaksime järeldusele, et eile olid galaktikad tihedamini koos kui täna, miljoni aasta eest olid nad üksteisele veel lähemal ja mõne miljardi aasta eest olid nad kõik tihedasti kokku surutud, üksteisega segunenud ning kattunud. Siis olid nad lähedal sellele seisundile, mis kannab kanoonik Lemaître'i «ürgaatom» erutavat nimetust. Nondel kaugetel aegadel pidid põrked ja tähtede purunemist põhjustavad lähenemised toimuma miljoneid kordi sagedamini, kui see praegu võimalik oleks. Kogu laias galaktikate maailmas pidanuks ühel või teisel teel tekkima loendamatu hulk planetaarseid süsteeme, mis alguses olid teiste tähtede vahelesegamiste tõttu ebapüsivad, kuid muutusid universumi paisumisega üha stabiilsemaks.

Miljardid planeetide süsteemid

Loendades meie galaktika tähed ja seejärel kõik galaktikad, mis on praeguste teleskoopide nähtavuse piirides, võime kergesti arvutada tähtede hulga universumis. Tulemuseks saame 10^{20} tähte. Igaüks neist võib oma kiirgusega alal hoida fotokeemilisi reaktsioone, mis on taimse ja loomse elu aluseks. Võib-olla ainult mõni protsent neist osutub üksiktähtedeks, millel on potentsiaalsed võimalused planeetide olemasoluks. Võib-olla ainult mõni protsent nendest vähestest arenes taoliselt (nebulaarse kontraktsiooni teel) või omas minevikus sellise soodsa juhuse, et neil praegu võiksid olla alalised planeedid. Ja võib-olla ainult mõnel protsendil viimati mainitutest on

üks või mitu planeeti, millel on sobiv kaugus tsentraaltähest. Nendest parajal kaugusel asetsevatest planeetidest on ehk ainult ühel protsendil soodsalt ringikujulised orbiidid, et võiks säilida piisavalt ühtlane temperatuur. Võiksime jätkata, selekteerides edasiste kitsendustega mõnest protsendist veel mõne välja jne., sest nõutavad on veel mittemürgine atmosfäär ja hüdrofäär ning selle erilise, süsiniku, hapniku, vesiniku ja lämmastiku osavõtul toimuva protsessi tekkimine, mida nimetatakse elutegevuseks. Nende kitsenduste kaudu võiksime eluvõimalustega ja tegelikult «asustatud» planeetidega tähtede arvu peaaegu nullini viia.

Kuid ka need kitsendused ei anna meile praktiliselt mingit alust vaadelda iseennast isoleerituna, millegi ainulaadse ja erilisena, sest tähti on liiga palju. Meie kaalutlused on rajatud kolmele vaieldamatule tegurile: meie Päikese tavalisus, kusjuures see Päike «tuli toime» elu loomisega meie planeedil; tuntud füüsika ja keemia seaduste universaalsus; üle 10^{20} eluvõimaluse, s. o. üle saja tuhande miljoni miljardi tähe eksisteerimine.

Vaatleme veel kord tähtede suure arvuga seotud argumentatsiooni. Oletame, et tähtede dubletsuse, parvedesse kuhjumise, sekundaarsete põrgete jms. tõttu on planeetide süsteem ainult ühel tuhandest tähest. Mina isiklikult usun, et üks viiekümnest annaks õigema hinnangu, paljud nebulaarse kontraktsiooni teooria pooldajad aga väidaksid, et vähemalt üks kümnest tähest on ümbritsetud planeetidega. Kuid olgem konservatiivsed ja oletagem, et ainult ühel tuhandest on planeetide süsteem. Edasi oletame, et ainult ühel tuhandest planeetide süsteemiga tähest on üks või mitu paraja kaugusega planeeti, nii et oleks tagatud protoplasmale vajalik vesi ja soojus (meie päikesesüsteemis asuvad kaks või kolm planeeti niisuguses kauguste intervallis). Oletame edasi, et ainult ühel tuhandest sellisest tähest, millel on sobiva kaugusega planeete, on üks planeet küllalt suur, et säilitada atmosfääri (meie süsteemis on atmosfäärid vähemalt seitsmel planeedil üheksast). See kahandaks sobiva planeedi esinemise tõenäosuse ühe miljardikuni.

Püstitame oma sobivale planeedile veel ühe tingimuse: õhu ja vee keemiline koostis peab olema selline, et looduslikul teel tekkivatest keerulistest anorgaanilistest molekula-

ldest võiksid areneda orgaanilised ühendid. Võib-olla juhtub see ainult kord tuhandest võimalusest?

Võttes arvesse neli nimetatud tingimust, millest igaüks selekteerib tuhandest tähest välja ühe, jõuaksime järeldusele, et ainult üks 10^{12} tähest peaks kõikidele nõuetele vastu. (Usun, et oleme elu tekke šansse tublisti vähendanud, kuid püüdes kindlaks teha oma ainukordsust maailmas ja järelikult ka oma «tähtsust», püstitagem maksimumaalselt ranged nõuded teistele eluvõimalustega planeetidele.) Kui palju eluks kohaseid planeete see ülimalt väike tõenäosus siis annaks? Jagades kogu tähtede arvu miljoni miljoniga saame: $10^{20} : 10^{12} = 10^8$, s. o. sada miljonit planetaarset süsteemi orgaaniliseks eluks sobivate tingimustega. See arv annab muidugi miinimumi. Mina isiklikult soovitaksin, põhjustel, mis on esitatud peatükis 5, seda korrutada vähemalt tuhande, aga võib-olla isegi miljoniga.

Teeme kokkuvõtte. Viimase aja uurimused on rikastanud ja selgemaks muutnud meie kujutlusi asustamiskõlblike planeetide kohta. Meie usk teiste «maailmade» olemasolusse on leidnud kinnitust tänu eeskätt järgmistele astronoomia edusammudele: avastus, et spiraalunud koosnevad tegelikult tähtedest; tähtede ja galaktikatega täidetud ruumi sügavuste sondeerimine, mistõttu tuntud tähtede arv ületab nüüd miljardeid kordi selle, mida varem arvati; universumi paisumise avastamine koos sellest tuleneva järeldusega, et mõne miljardi aasta eest olid tähed ja planeetide aine märksa tihedamini kokku kuhjatud ja turbulentses olekus, võrreldes meie suhteliselt rahuliku perioodiga. Praeguste kujutluste kohaselt on meie oma maailm ühe lihtsa kollaka tähe planeetide süsteemi kuuluva planeedi nr. 3 pind. Täht ise asetseb ühe tüüpilise galaktika välispiirkonnas, kusjuures galaktika sisaldab miljardeid tavalisi tähti; see nn. «kodu-galaktika» on aga omakorda kõikehaarava süsteemi — metagalaktika — liige koos teiste galaktikatega, mille arv ulatub palju desse miljarditesse.

Nii palju meie planeetide süsteemi perifeersusest. Nii palju eluks kõlblike planeetide tavalisusest. Järgmises peatükis tuleme tagasi küsimuse juurde, millised eluks kõlblikud planeedid on tegelikult asustatud.

OHTUDEST ELU KÜNNISEL

Meie põhiväite suhtes ei ole tegelikult oluline, kas bioloogilisteks protsessideks sobivaid paiku on väga palju või piirdub nende arv miljoni planeediga, kus aistimisvõimelised organismid elavad ja reageerivad ümbritseva keskkonna mõjudele. Mis tahes katsel loodust mõista sunnib seegi väike arv planeete kindlasti arvestama maa-välist elu meie kosmosepildis. Seisukoht, et elu on ainult maine nähtus, osutub piiratuks, viljatuks ja tänapäeval praktiliselt iganenuks. Selle, juba laialdast tunnustust leidnud väite kasuks räägivad kolm tähtsat, suhteliselt hiljuti tehtud teaduslikku avastust: eluks vajalikku energiat andvate tähtede ja galaktikate hiiglaslik hulk; suur aine tihedus meile teadaolevas universumis mõned miljardid aastad tagasi (olek, mille tulemusena võisid sündida arvutud planetaarsed süsteemid); keemialaboratooriumides osaliselt püstitatud sild üle kuristiku keerukate elutute looduslike molekulide ja lihtsaimateks elutalitlusteks võimeliste organisatsioonide vahel. Peatükis 7, kus käsitleme inimese «neljandat kohandumist», selgub täpselt nende avastuste tähendus.

Kuigi edaspidi pole vajadust rõhutada protoplasmavormide laiaulatuslikku levikut, on võib-olla siiski otstarbekas üksikasjalisemalt käsitleda elu esinemist, seda ähvardavaid ohte ja tuntuist erinevate eluvormide võimalikkust. Fakt, et elu meie silmapaistmatul planeedil eksisteerib ja et see tekkis siin looduslikul teel, nagu näitame peatükis 9, on juba iseenesest peaaegu küllaldaseks kinnituseks elu kui kosmilise ulatusega ilmingu kohta.

Algperioodil protoplasmat varitsevad ohud

Eelmistes peatükkides esitatud kaalutluste kohaselt on miljardist tähest vähemalt ühel mittegaasilises olekus, kõva koorikuga kaetud planeet, mis igati sobib elusorganismidele. Need tähevalgust kasutavad planeedid peaksid olema elutegevuseks niisama soodsad nagu meie planeetki, kus maismaal ja meredes on aegade jooksul arenenud miljonid taime- ja loomaliigid tänu päikesevalgusele. Vastavalt tähtede loendamise tulemustele kaugemates piirkondades võime kindlad olla, et eksisteerib rohkem kui 10^{20} tähte; järelikult pole neid eluks kohaseid planeete, mida leidub üks miljardi tähe kohta, kogu maailmas sugugi vähe.

Kuid asjaolust, et planeedil on eluks vajalikku õhku, vett, soojust ja mitmesuguste keemiliste ühendite lahuseid, ei järgne veel, et seda tingimata asustaksid kõrgesti arenenud elusorganismid. Sellest ei järgne, et igapähele neist sajast tuhandest elukandvast planeedist oleksid arenenud aistimisvõimelised olendid, kes sarnaneksid maa-pealsete kõrgeimate olenditega või isegi ületaksid neid. Sest protoplasmat varitsevad — eriti elu tekke algperioodidel — väga mitmesugused ohud.

Mõnel planeedil võivad kõik tingimused soodsateks osutada, kuid bioloogilises mõttes midagi tähelepanuväärset siiski ei juhtu. Sellele, kes usub, et elu on nii paratamatu kui ka püsiv nähtus, olgu vaid tingimused kohased (tingimuste kohasus on aga väga avar mõiste), võib eespool öeldu tunduda äärmiselt ebatõenäosena. Kuid oletagem näiteks, et teatud kriitilisel algperioodil tekkis õhus äkki nii palju vaba hapnikku, et see võis «ära põletada» õrnad molekulühendid, mis olid arenemas biokeemiliste elutalitluste suunas. Ehk oletagem, et ruumist tulevad kosmilised kiired olid liiga intensiivsed või liiga nõrgad või neeldusid liiga tugevasti atmosfääri molekulides. Selle tulemusena võis nende aktiveeriv toime alguses osutada mitteküllaldaseks selleks, et ürgatmosfääri metaanist, ammoniaagist, veest ja vesinikust saanuksid tekkida lihtsaimad aminohapped. Ka võisid tingimused kujuneda ebasoodsaiks juba tärganud elu püsimiseks. Mitmesugustel põhjustel olid kõige algelisemad organismid kahtlemata paljudel planeetidel surnud juba sündides.

Meie planeedil tekkis elu universumi paisumise alg-

perioodil. Siia jäi ta püsima ning arenes edasi. Varsti hakkas taimestik osa võtma Maa atmosfääri kujundamisest, soodustades esialgses gaasilises keskkonnas domineerinud veeauru ja vesiniku asendumist praegu külluses leiduva hapnikuga. Hapniku eritumine taimedest on käesoleval ajal osaliselt tasakaalustatud selle tarbimisega loomade poolt. Väljahingatud õhus leiduv süsihappegaas (mis tekib ka taimede kõdunemisel, põlemisel ja vulkaanilistes pursetes) annab taimedele süsivesikute moodustamiseks vajalikku süsinikku.

Töenäoliselt tekkis elu ka Marsil — planeedil nr. 4. Marsi atmosfääri keemiline koostis ja kliimaatilised tingimused on küll tunduvalt erinevad meie omadest, kuid arengutung on — või vähemalt oli — seal sama lootustäratav kui siingi, planeedil nr. 3. Ent hapniku nappuse tõttu on Marsi organismid (kui neid üldse leidub) jäänud madalale arengutasemele. (Peatükis 9 on üksikasjalisemalt käsitletud organismide tekkeraskusi.)

Kui kõrgematele bioloogilistele vormidele sobivate tingimustega planeetide hulgas on tuhande kohta üksainuski, millel biokeemilised protsessid protoplasmas on tegelikult jõudnud inimorganismi talitluste tasemeni, saaksime ikkagi (nagu näitasime eelmises peatükis) vähemalt 10^8 kõrgete eluvormidega planeeti, s. o. enam kui sada miljonit kodupaika kõrgelt arenenud organismidele. Pidagem meeles, et meie Päike on tavaline täht, meie tähesüsteem pole millegi poolest ebaharilik ning meie asetus ruumis pole mingil juhul nii eriline, et see konkreetne planeet võiks alluda eelisarengule ja omada harukordseid võimalusi biokeemilises mõttes.

Niisiis kahanes nende tähtede arv, mis on energiaallikateks kõrgelt arenenud organismidele, meie hinnangute kohaselt 10^{20} -lt 10^8 -ni. Paljude teiste tähtede planeetidel võivad pikaajalised bioloogilised protsessid sootuks puududa või siis areneda ainult madalate eluvormideni. See oli armutu väljapraakimine, mille teostasime, arvestades kaksiktähtede olemasolu, halba asukohta, sobimatut keemilist koostist jms. Oleme teinud kõik võimaliku, et kõrgesti arenenud eluvormide konkurentsi välja lülitada. See on teatud žest neile, kes hellitavad soovi või lootust, et võib-olla on *Homo* mingi hoopis ainulaadse omaduse poolest kõigest muust erinev.

Autor isiklikult korrutaks eluks soodsate võimaluste

hulka miljoniga, hinnates kõrgelt organiseeritud eluga planeetide arvu vähemalt 10^{14} -le. Selleks tõenäosuse miljonikordseks suurendamiseks on kaks peamist põhjust. Esiteks oleme tõenäoliselt tublisti alla hinnanud tähtede arvu universumis. Teiseks võib eksisteerida ka muud tüüpi elunähtusi, mitte ainult neid, mis baseeruvad süsinikuühendeil.

Eddingtoni ja pärastpoole ka teiste teadlaste teoreetilised kaalutlused viitavad sellele, et universumis on vähemalt 10^{79} fundamentaalosakest (elektronid, prootonid, neutronid). Kogumass on seega üle $10^{79} : 10^{24} = 10^{55}$ grammi.* Lugesdes standardtäheks tähe, mille mass võrdub poole Päikese massiga (arvestades sellega kaasaegse teaduse poolt Päikese ümbruses avastatud rohkearvulisi kääbustähti, mida arvatavasti leidub mujalgi), saame $10^{55} : 10^{33} = 10^{22}$ tähte. See suurendab elu šansside arvu sajakordseks, võrreldes eespool toodud hinnanguga.

Et varem nimetatud tähtede arv — 10^{20} — on liiga väike, võib järeldada ka vaatlusandmeist. Valikloendused teatud taeva piirkondades näitavad, et ruumis raadiusega neli miljardit valgusaastat on vähemalt miljard galaktikat. Kui need galaktikad sisaldaksid keskmiselt vaid ühe kümnendikugi meie Galaktika tähtedest, saaksime vaatlustehnikale praegu kättesaadavas ruumis $10^9 \times 10^{10} = 10^{19}$ tähte. Kui vaatlusraadius suureneks ainult kümme korda, ulatuks loendatavate tähtede arv juba umbes 10^{22} -ni. Vajalik teleskoopide võimsuse suurenemine aga ei tohiks võtta enam palju aega. Suurenes ju meie «taeva mõõdulati» pikkus ajavahemikus 1915—1930 peaaegu miljon korda, uurimisele kättesaadavaks muutunud ruum aga vastavalt miljon kuubis korda.

Teised elu liigid

Teine argument kõrgelt arenenud orgaanilistele vormidele kohaste planeetide arvu suurendamise kasuks on hoopis erinevat laadi. Ta kuulub pigem biokeemia kui statistilise astronoomia valdkonda. Üksikasjadesse laskumata võiksime märkida järgmist.

* Ühes grammis aines on ligikaudu $1,2 \times 10^{24}$ fundamentaalosakest (prootonit ja elektroni; neutronit arvestame kahe osakesena). Päikese mass on 2×10^{33} grammi. Seega sisaldab iga «standardtäht» umbes 10^{57} osakest.

Elu, mida tunneme ja mida eespool oleme ligikaudu defineerinud, moodustab oluliselt nende nähtuste kompleks, mida me oma täielikus võhikluses, ent arenenud taipamisvõimega ära tunneksime ja määratleksime kui elu ükskõik millise planeedi pinnal, kuhu võiksimme sattuda. Planeedi pinna hulka arvestame atmosfääri, ookeanid jt. pinnaveed ning maismaa, samuti kuuluvad siia ookeani- ja maapõuesügavused. Kõikides nendes paikades Maa peal on elu keemia seisukohalt põhiliselt ühesugune. Domineerivad süsinikuühendid. Seepärast me harilikult ütleme, et meie elu baseerub süsinikul — perioodilisuse süsteemi kuuendal elemendil.

Kõige tavalisem süsinikuaatom koosneb kuuest prootonist, millel on kokku kuus positiivset elementaarlaengut, kuuest neutronist, mis lisavad tuumale kaalu, suurendamata ta laengut, ja kuuest tuuma ümbritsevast elektronist, mille kuus negatiivset laengut tasakaalustavad tuuma positiivse kogulaengu. Käibeloleva aatomimudeli kohaselt paiknevad süsinikuaatomi kuus elektroni kahes kihis — kaks siseelektroni nn. K-kihis ning neli ülejäänut välimises, L-kihis. Niisugust elektronkatte struktuuri tähistame sümboolselt 2—4. Järgmist elementi — lämmastikku — iseloomustavad vastavalt arvud 2—5, hapnikku aga 2—6. Tänu oma elektronkatte ehitusele ühinevad need elemendid, eriti süsinik ja hapnik, kergesti teineteisega, aga samuti vesinikuga ja teiste organismides leiduvate elementidega.

Süsinikuga sellesamas vertikaalrühmas (vt. elementide perioodilisuse süsteem lk. 43) on veel teine väga levinud element. Maa sees on teda peaaegu kakssada korda rohkem kui süsinikku. See element on räni, millest koosneb ligemale veerand maakoorest. Tema harilik molekulühend hapnikuga — liiv — moodustab umbes kolm neljandikku kivimite koostisest. Räni elektronkatte struktuur on 2—8—4. Nelja välise, M-kihis asetseva elektroni tõttu liitub seegi aatom hõlpsasti vesiniku, lämmastiku ja hapnikuga. Nagu süsinikki, võib ta esineda gaasilistes, vedelates ja tahketes ühendites. Ent sellal kui CO_2 on gaas toatemperatuuril, on SiO_2 gaasilises olekus ainult temperatuuridel, mis ületavad 2500°C .

Nende kahe elemendi ühenditel teiste elementidega on muidki erinevusi, ent ka palju sarnaseid jooni. Siinkohal tuleks ainult märkida, et elu, mis süsinikuühendite ase-

mel baseeruks räniühenditel, oleks küll ebatõenäoline, kuid selle võimalikkust ei tohiks siiski kahe silma vahele jätta. Niisugust elu poleks vist lihtne ära tunda, kuna on vähe usutav, et räni baasil tekiksid sama tüüpi keerukad orgaaniliste molekulide kompleksid, et esineksid või võiksid esineda meile tuntud fotosünteesiga analoogilised protsessid või et «räniorganismide» ainevahetus kulgeks samuti nagu süsiniku-hapniku-vesinikuühenditest koosnevatel organismidel.

Mõningaid elemente (näiteks väävlit elektronkate struktuuriga 2—8—6) on vaadeldud kui hapniku võimalikke aseaineid biokeemilistes protsessides. Bioloogilise elu võimaluste uurimisel ei tohi me loomulikult piirduda ainult niisuguste planeetidega, mille õhkkond, vesi ja maa sarnaneksid meie planeedi omadega. Eeldusel, et elu keemia võib olla ka teistsugune, saaks orgaanilise elu suhtes sobimatute planeetide arvu tunduvalt vähendada.

Kohanemine maapealsest erineva ümbrusega

Peame arvestama ka organismide järkjärgulise kohanemise võimalust niisuguste keemiliste ja kliimatiliste tingimustega, mis oluliselt erinevad praegu maa peal valitsevatest. Olukord, mis meile täna osutuks hukatuslikuks, võiks muutuda talutavaks aeglase kohanemisprotsessi tulemusena. Mürgid, mida manustatakse küll väikestes, kuid pidevalt suurenevates annustes, kaotavad mõnikord oma toksilisuse. Kui oleksime pika aja jooksul harjunud ultraviolettkiirgusega, võiksime tõenäoliselt taluda märksa intensiivsemat kiiritust kui praegu. Tõepoolest, võib arvata, et varase perioodi eluvormidele Maal mõjus väga tugev ultraviolettkiirgus, kuna praegune osoonibarräär ligikaudu 35 km kõrgusel maapinna kohal on oletatavasti suuremalt jaolt tekkinud atmosfääri pikaldase kujunemise kõrvalsaadusena, kui taimestik hakkas suurel hulgal hapnikku eritama.

Bioloogiline kohanemine mitmesuguste füüsikaliste, keemiliste ja kliimatiliste tingimustega võiks märkimisväärselt laiendada elutsooni mingi tähe ümber. *Homo sapiens* näiteks on loomariigi kõige kohanemisvõimelisema esindajana hõivanud edukalt terve Maa, kaitseks rõivad, nahapigment, päikesevarjud ja köetavad majad. Kasu-

tades hingamiseks hapnikuballoone, võib inimene tõusta suurtele kõrgustele, kus valitseb madal rõhk; samuti võib ta laskuda kõrge õhurõhuga šahtidesse või suure veerõhuga ookeanisügavustesse, varustatuna seadeldistega, mis aitavad matkida tema loomuliku elukoha tingimusi. Paljud loomad ja taimed taluvad ebaharilikke tingimusi veel paremini kui inimene, tänu pikaajalisele, järkjärgulisele kohanemisele. Putukate elu kuumaveeallikates, samblikud polaarpiirkondades, merefauna ja -floora süvameredes tohutu rõhu all — kõik see annab tunnistust kohanemisevõime ulatusest ja kinnitab usku, et bioloogiline areng, isegi juhul, kui see piirdub ainult süsinikuvesiniku-lämmastikuühendite keemiaga, võib toimuda ka planeetidel, kus tingimused erinevad oluliselt meie paras- ja palavvöötme normidest.

Võib-olla üks igast miljonist tähest

Äärmuslike, kuid elutegevuseks ometi talutavate kliimaatiliste ja füüsikaliste tingimuste äsjane analüüs, samuti teistsugustel keemilistel protsessidel baseeruva orgaanilise elu tekkimise ja arenemise võimalikkuse arvestamine sunnib veelkordselt revideerima elu leviku tõenäosust universumis. Seniste hinnangute alusel on saadud arvu suurendamine miljon korda nähtavasti täiesti põhjendatud. Seega tuleks arvesse vähemalt 10^{14} planeeti samavõrra arenenud aistimisvõimelise eluga nagu meie omagi. Teiste sõnadega, me oletame, et igast miljonist tähest vähemalt ühel on üks või mitu planeeti, mille pinnal leiab aset mõnesugust liiki protoplasma kõrgetasemeline elutegevus. Paljudel, kuigi mitte tingimata kõikidel nimetatud 10^{14} planeedist, on tõenäoliselt samalaadne taime- ja loomariigivaheline vastastikune sõltuvus nagu meilgi.

Süsiniku ja hapniku vahetus moodustab teatud mõttes «elu hinguse» — vältimatu paratamatusega toimuv süsihappegaasi (taimed) ja hapniku (loomad) sissehingamine ning hapniku (taimed) ja süsihappegaasi (loomad) väljahingamine. See on kosmiline sümbioos. Planeedil, millel loomastik täielikult puuduks, osutuksid süsihappegaasi varud fotosünteesist sõltuva taimestiku jaoks peagi nappideks. Vajalikku süsinikku saaksid nad siis peamiselt kor-

rapäratult tegutsevatest vulkaanidest, looduslikkudest tulekahjudest ja iseenda kõdunemise tulemusena. Kui taimestikku üldse poleks, sureksid loomad energia puudumise tõttu muidugi otsekohe nälga. Tegelikult ei saaks nad üldse arenema hakatagi. Niisiis elame koos õnnelikus sümbioosis, üksteist vastastikku toites. Meie, loomad, kasutame taimi süsiniku assimileerimise ja hapniku eritamise pärast, s. t. nii toiduks kui ka hingamiseks; taimed omakorda kasutavad meid oma süsihappegaasi ühe allikana, samuti väetisainena. See on looduslik vahetumajandus.

Elu planeedil X

Kus need teised elukandvad planeedid täpselt asuvad, seda me praegu ütelda ei oska. Võib-olla ei õnnestu see meil kunagi, kuna nad kaovad oma tähtede särasse, meie aga oleme ruumiliselt isoleeritud ja varustatud primitiivse (loodame, et ainult esialgu) kosmose «loodimise» aparatuuriga. Kuigi noid planeete pole nähtud ega fotografeeritud, järeldub nende olemasolu statistilistest tõenäosustest. Meie Galaktikas peaks neid olema vähemalt 100 000, kui lugeda õigeks esinemissageduste hinnangut, mida eelistab käesoleva raamatu autor. Kui aga tõenäosusi kõige armutumalt kärpida, saaksime ainult ühe asustatud planeedi umbes tosina galaktika kohta.

Me pole suutelised ka ütleva, mis liiki organismid elutsevad nendes teistes maailmades. Kas seal leidub ainult taimi, loomi ning lihtsamaid rakutu struktuuriga organisme (protiste)? Võib-olla on muidki kõrgelt arenenud elusolendeid, mis ei kuulu ei looma- ega taimeriiki ega ka vahepealsete vormide hulka? Oleksime hämmastunud, kui suur puu tõmbaks vahetevahel juured mullast välja ja kõnniks minema parematele söödamaadele või kui mõni loom loobuks aeg-ajalt oma liikumisvõimest, kasvataks alla juured ning hakkaks toitu hankima pinnasest ja fotosünteesi abil. Kuid juba praegu teame veelgi kummalisemaid protsesse, mis esinevad madalal arengutasemel olevate maapealsete bioloogiliste vormide juures. Klorofüll, karotiin ja ksantofüll ei tarvitse olla ainsad päikese kiirgusenergia püüdmise vahendid. Meie kollane täht kiirgab neid lainepikkusi, mis ajapikku on saanud meile vajalikeks. Punasemad ja sinisemad päikesed tekitaksid ja soo-

dustaksid niisuguseid eluvorme, mis areneksid edukalt punasemale või sinisemale spektrilõigule vastava kiirguse toimetel. Nende keemilised energiamuundajad ei tarvitse isegi sarnaneda meie klorofülliga.

Kuigi elu kohta mõnesugusel tundmatul, kõrgelt arenenud bioloogiaga planeedil, mida nimetaksime planeediks X, võib teha igasuguseid oletusi, on loomulikult ootuspärane, et ta paljuski sarnaneb mõnega müriaadide maapealsete eluvormide hulgast. Üllataval kombel on tuhandetel välisilmelt ja suuruselt väga erinevatel taime- ja loomaliikidel ühesugused biokeemilised omadused ning samad põhilised arengu seaduspärasused. Ristikul ja mammutipuul on näiteks ühiseid jooni nende mahla liikumises, tüvede struktuuris ning juurte ja lehtede funktsioonides. Hiire, vaala ja inimese süda, kopsud ja aju on sarnased oma rakustruktuurilt ning põhiliste talitluste poolest. Nii maapealsete loomade arengu vaheastmetes kui ka lõpptulemustes on sageli täheldatav parallelism, mis vihjab sellele, et taolised vaheastmed on biokeemilises evolutsioonis paratamatud. Aatomite ja molekulide omadused võivad osutada sellisteks, et kasvavad molekul-süsteemid ja evolutsioneeruvad organismid alluvad kindlale arengutendentsile, mis on teatud viisil ette määratud. Me võiksime seda nähtust nimetada kaasasündinud ontogeneesiks, mille allikaks on orgaaniliste molekulide omadused. Sel juhul võiksime ka planeedil X oodata põhiliselt samasuguseid bioloogilisi protsesse nagu siin, kusjuures protsesside lõpptulemused osutuksid omavahel täiesti võrreldavaiks.

Maapealsed ühiskondlikud putukad näiteks on tähelepanuväärivaks illustratsiooniks arengu parallelismile. «Põllundusega» tegelevad sipelgad ja mõned termiidid liigid on paljudes olulistest joontes sarnased. Nad sarnanevad kehamõõtmetelt, ühiskondlikult kastisüsteemilt ja selle poolest, et nende hulgas on steriilseid töölisi ja munevaid emasputukaid. Samuti kultiveerivad nad mõlemad teatud seeni, nende emasisendid heidavad ära oma tiivad, nad kannavad erilist hoolt noorte isendite eest ja on sallivad parasiitide suhtes. Hoolimata nendest üllatavalt sarnastest joontest pole termiidid ja sipelgad omavahel sugugi lähedases suguluses. Fülogeneetilisel on nad üksteisest niisama kaugel nagu näiteks inimene vaalast või nahkhiirest. Ent keemia ja füüsika põhiseadused mää-

ravad nähtavasti ette ära, et need tuhandete liikidega esindatud termiitide, ühiskondlike mesilaste, herilaste ja sipelgate keerukad organisatsioonid peavad liitunud ühiskondadeni jõudmiseks käima põhiliselt sama rada.

Puhaste keemiliste elementide segu annab samadel füüsikalistel tingimustel alati sama tulemuse, avaldugu see siis saaduse lõhna, plahvatusliku toime või värvuse näol. Võib-olla peaksime lootma, et ka tähekiirguse, vee, süsiniku, lämmastiku jt. aatomite segu tekitab peaaegu samade füüsikaliste tingimuste korral kõikjal loomi, kelle ehituses ja elutegevuses on palju sarnast, ning teatud standardsete omadustega taimi, hoolimata nende suurtest morfoloogilistest erinevustest. Kui külastaksime näiteks planeeti, mille mass, temperatuur, vanus ja ehitus langeksid põhiliselt kokku meie planeedi vastavate näitajatega, siis arvatavasti ei leiaks me sealt kummalisi, mõistetamatuid bioloogilisi vorme. Vähemalt ei tunduks nad veidramatena nendest vormidest, mida avastaksime, kui me omal planeedil kanduksime kivisöeajastusse või siis umbes 150 000 000 aastat ajaskaalat mööda tagasi aega, millal suured sisalikud valitsesid maal ja meredes, linnud, imetajad ja õistaimed aga alles hakkasid arenema.

Seetõttu me arvamegi, et planeedi X, planeetide Y, Z jne. bioloogial võiks olla palju ühist eluvormidega planeedil Maa lihtsalt sellepärast, et süsinikuühenditel on niisugused omadused, ning ka sellepärast, et sama keemia ja samad looduseadused valitsevad kõikjal uuritavas universumis.

VIKERKAARED JA KOSMOSE KEEMIA

Hoolimata biokeemia silmapaistvatest edusammudest (kaasa arvatud saavutused, millest tuleb juttu peatükis 9), pole elu müsteerium täielikult dešifreeritud. Siin-seal on lahtisi otsi, segaseid ja raskeid küsimusi. Kuid viimastel aastatel saavutatud edu on nii silmanähtav, et me võime sõna «müsteerium» vabalt asendada sõnaga «mõistatus» ning traditsiooniliste vaidluste asemel kasutada lahenduste otsimisel tundlikumate biokeemia ja mikrobioloogia instrumentide abi.

Oma aja standardite järgi otsustades ei olnud vanade teoloogide ja filosoofide õpetused elu päritolu kohta eriti veenvad ei nende endi ega ka kaaskodanike silmis. Kasutades piibli argumentatsiooni ja metafüüsika sõnavara, pidasid nad alles sada aastat tagasi sõnakaid lahinguid bioloogidega, kes otsisid abi vaatlustelt, nendelt piikidelt, mis nii hõlpsasti läbistavad hardalt hoitavaid teoloogiakilpe. Tegelikult muutsid bioloogid probleemi enesest teadliku inimese päritolu udusest müsteeriumist selgepiiriliseks üldiseks küsimuseks kogu elu loomuse ja päritolu kohta, ahvide ja hiirte, vetikate ja tammede — kõige selle päritolu kohta, mis roomab, lendab, ujub, hingab ja võtab osa ainevahetusprotsessist. Kui usk üleloomulikesse jõudesse pisut järele andis, kaldusid paljud teadlased teise äärmusse, võttes omaks viljatu, jumalat väljalülitava mehhanistliku filosoofia. Selle tagajärjel kestab «tulevahetus» edasi, kuigi peamine «lahingutegevus» on lõppenud ja vaherahu sõlmitud.

Tähed ja isepaljuneva makromolekuli saladus

Mineviku astronoomid elu päritolu mõistatuse lahendamisse eriti ei sekkunud. Neil olid käed niigi tööd täis, nende silmad ja mõtted hõivatud elutalooduse päritolu

probleemidest. Kuidas tekkisid komeedid? Kuidas sai alguse Galaktika pöörlemine? Miks on planeetide asetus ruumis selline, nagu ta on? Kuidas hakkas funktsioneerima universum? Millal, kus, miks? Vastamata küsimusi oli kuhjaga, ja peale mõne üsna naiivse mõttemõlgutuse marslastest ei tundnud astronoomid mingit huvi biogeneesi näiliselt kaugete probleemide vastu.

Ent olukord on muutunud. Elu mõistatused haaravad nüüd paljusid teadusharusid. Planeedi päritolu ja iga, eriti varasem arengulugu, on saanud otsustavateks teguriteks organismide päritoluprobleemi lahendamisel. Ilmneb, et nüüd on ka astronoomidel oma sõna sekka öelda. Mis puutub geoloogidesse, siis nemad on paleontoloogia kaudu alati olnud teatud vaimses kontaktis nendega, kes uurivad elu ja selle arengu varasemaid etappe meie planeedil. Ka meteoroloogide, eriti paleoklimatoloogide käed ja mõistus on siin mängus. Ning lõpuks füüsikud, keemikud ja matemaatikud — nemad seisavad ju alati kõige selle taga, mis on seotud aine, elektri ja liikumisega.

Isepaljuneva molekuli «kummaline juhtum» nõuab lahendamiseks (või vähemalt tõhusaks sammuks lähenduse leidmise suunas) kõikide nende spetsialiseeritud «detektiivide» oskusi ja osavust, praktiliselt igapäevase mõistust, välja arvatud vahest ainult dogmaatilise teoloogia harrastajate oma.

Viimane vihje pole küll päris õiglane. On küllalt teolooge, kes austavad religioosseid õpetusi, kuid oskavad ära kasutada ka teaduse sõnumeid kosmosest. Nad eelistavad teaduse saavutusi jaatades ajaga sammu pidada, selle asemel et üha enam ilmsiks tulevate faktide ees kohmakalt taanduda. Teadlastelgi on sellisest koostööst kasu — see aitab leevendada kosmoseseaduste näivat karmust.

Mõned usuvoolud ei ole tardunud, teatud epohhil kivistunud tõed. Nende kuulutajad möönavad, et meie teadmiste taseme tõus mõjustab vanade seisukohtade paikapidavust. Mõned filosoofid, kuigi mitte paljud, revideerivad oma arvamusi, hindavad neid ümber ja lähevad edasi. Nende kosmoloogilised teooriad on ümber töötatud ning kooskõlastatud bioloogia ja füüsika katseliselt kontrollitud andmetega. Veelgi enam, see doktriini muutumine ja täienemine ei tarvitse esile kutsuda vastuseisu ega toimuda pikkamööda ning järkjärguliselt. Inimese kontrollile alluvates olukordades (näiteks inimese enda mõtte-

käikude puhul) tuleks vaid tervitada kasulikke muudatusi ja kui võimalik, hoogu juurde anda. Sest muutumine, kasvamine, arenemine on selle elava ja dünaamilise universumi lahutamatuks omaduseks ning temas laialt levinud. «Kui kõik ei muutuks siin maailmas, ei saabuks iial sinu kord.»

Evolutsioonile ei allu mitte üksnes tähed, galaktikad ja planeetide pind, loomad, taimed ja ühiskonnad. Evolutsioon puudutab ka inimese ühiskondliku tegevuse sfääri, tema kõlblusnorme ja religioosseid õpetusi. Kas ei võiks just teadus (kõige üldisemas mõttes) olla selleks põhiliseks pinnaseks, millele rajame oma religiooni ja mille abil seda elustame? Miks peaksid nii paljud religioossed õpetused jääma vananenuks ning mõistusevastaseks?

Mulle näib, et enne maavälise keemia üksikasjalisemat käsitlemist on siinkohal sobiv tsiteerida ühe omaaja juhtiva kirikutegelase vaateid muutlikkuse ja arenemise kohta kogu universumis. Esitatud katkendid on võetud paavst Pius XII läkitusest Vatikani Teaduste Akadeemiale aastal 1951.

«Esimesel pilgul on lausa hämmastav täheldada, kuidas vastavalt teaduse uutele edusammudele võtab üha rohkem maad muutlikkuse fakti tunnustamine nii makrokui ka mikromaailmas, otsekui ikka ja jälle kinnitades Herakleitose teooriat: «Kõik voolab — *panta rhei*.» Nagu teada, toob meie igapäevane praktikagi päevavalgele tohutu hulga näiteid muundumise kohta meid ümbritsevas maailmas, nii lähedal kui kaugel. Nimetada võiks näiteks kehade liikumist ühest kohast teise. Loodusteadus on läinud veelgi kaugemale ja välja selgitanud, et see füüsikalise-keemiline muutlikkus ei ole piiratud ainult maapealsete kehadega, vaid on omane isegi meie päikese-süsteemi ja kogu suure universumi kõikidele kehadele, mis teleskoopidega ning eriti spektroskoopidega saadud andmete põhjal koosnevad üht ja sama liiki aatomitest...

Kuigi muutlikkuse fakt on vaieldamatu isegi elutalooduses, seisab meie ees siiski läbi uurimata mikrokosmose mõistatus. Tõepoolest, paistis, nagu oleks anorgaaniline aine, erinevalt orgaanilisest maailmast, teatud mõttes muutumatu. Osutus, et selle pisimad osad — aatomid — võisid küll moodustada kõige mitmekesisemaid ühendeid, kuid näis, nagu oleks neil eriline eesõigus jääda igavesti stabiilseteks ja purustamatuteks, sest nad ei muutunud

üheski keemilise sünteesi ega analüüsi protsessis. Veel sada aastat tagasi peeti elementaarosakesi lihtsateks, jagamatuteks ja purustamatuteks. Samasugused vaated, mis toetusid peamiselt massi ja energia jäävuse seadustele, valitsesid ka materiaalsete kehade energia ja kosmoses esinevate jõudude kohta.

... Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi põhjalikum tundmaõppimine, radioaktiivsete elementide korpuskulaarkiirguse avastamine ning paljud analoogilised faktid on näidanud, et keemilise aatomi mikromaailm, mille mõõtmed on kõigest suurusjärgus kümme miljondikku millimeetrit, on pidevate muutuste näitelava.

Kõige esimene tagasihoidlik katse aatomituuma purustamiseks tehti (lämmastikuaatomitega) vaevalt rohkem kui kolm aastakümnet tagasi, kuid alles viimastel aastatel on võimalikuks saanud tohutuid jõude mängu panes esile kutsuda arvukaid protsesse, kus tuumi tekib ja hävib. Kuigi tulemus, mis, aidates kaasa rahuüritusele, kuulub kahtlemata sajandi hiilgavamate saavutuste hulka, on alles praktilise tuumafüüsika esimeseks sammuks, viib ta ometi tähtsale järeltulele. Nimelt osutuvad aatomituumad tõepoolest mitme suurusjärgu võrra kindlamateks ja stabiilsemateks kui harilikud keemilised ühendid, ent sellest hoolimata on nad põhimõtteliselt allutatud analoogilistele muundumisseadustele, seega muutlikkusele.

Samal ajal tehti kindlaks, et niisugused muundumisprotsessid on suurima tähtsusega kinnistähtede energiamajanduses. Vastavalt Bethe hüpoteesile toimub näiteks meie Päikese keskosas kahekümne miljoni kraadini küündiva temperatuuri juures tsükliline ahelreaktsioon, milles neli vesinikutuuma liituvad üheks heeliumituumaks. Selles protsessis vabanenud energia kompenseerib energiakao, mis leiab aset Päikese kiirgamise tõttu...

Kui teadlane pöörab oma tähelepanu universumi praeguselt seisundilt tulevikule, isegi väga kaugemale tulevikule, on ta sunnitud nii makro- kui ka mikrokosmose suhtes mõnna, et maailm vananeb. Miljardite aastate jooksul kaotavad isegi ammendamatuena näivad aatomituumade hulgad kasutamiskõlbliku energia ja aine muutub, võiks öelda, tardunud laavaga kaetud kustunud tulemäe sarnaseks. Ja tahtmatult tekib mõte, et kui praegune kosmos, mis tuksleb tulvil rütmi ja elu, ei suuda enda kohta seletust anda, siis seda vähem põhjust on niisugust seletust

oodata kosmoselt, mille üle on teatud mõttes libisenud surma vari...

Kui vaatame tagasi minevikku, aega, mis oli vajalik universumi paisumiseks, peame järeldama, et üks kuni kümme tuhat miljonit aastat tagasi, kosmiliste protsesside algmomendil, oli spiraalitudude (galaktikate) aine kokku surutud suhteliselt piiratud ruumi.

Et arvutada (kõva maakoore) iga esialgsete radioaktiivsete ainete (ea) kaudu, kasutatakse väga ligikaudseid andmeid, mis saadakse uraani isotoobi 238 muundumisprotsessist üheks plii isotoobiks (RaG) või uraani isotoobi 235 radioaktiivsest muundumisest aktiiniumiks D (AcD) ja tooriumi isotoobi 232 muundumisest tooriumiks D (ThD). Seejuures tekkinud heeliumi massi võib kasutada kontrollimisvahendina. See meetod viib järeldusele, et vanimate mineraalide keskmine iga on ülimalt viis tuhat miljonit aastat...

Need loodusteaduste andmed, millele oleme viidanud, ootavad veel edasist uurimist ja kinnitust. Ka nendele rajatud teooriad vajavad edasiarendamist ja tõestamist, enne kui neid võiks kasutada soliidse baasina väidetele, mis oma iseloomult seisavad juba väljaspool loodusteaduste sfääri sõna kitsamas tähenduses. Sellele vaatamata väärib märkimist asjaolu, et vastava ala spetsialistid peavad tänapäeval maailma loomise täiesti kooskõlastatavaks oma teaduslike kontseptsioonidega, kusjuures teaduslik uurimistöo on neid viinud iseenesest nüüsgusele järeldusele. Alles mõned aastakümned tagasi heideti iga taoline «hüpotees» kõrvale kui teaduse kaas-aegse tasemega täiesti kokkusobimatu.»

Kosmosekeemia ja astronoomid detektiividena

Pärast neid märkusi tuumafüüsika, Maa vanuse jms. kohta pöördume tagasi oma tähelepaneku juurde, mille kohaselt nn. elu müsteeriumi konkreetsete küsimuste lahendamine haarab paljusid teadusharusid. Astronoomide osa on siin kahesugune. Esiteks võivad nad anda informatsiooni ja teha mõistlikke oletusi maakoore kivimite vanuse ja tõenäoliste temperatuuritingimuste kohta maapinnal varasematel aastatuhandetel. Nende teine panus johtub sellest, et, piirdumata meie planeedi orga-

nismidega, püüavad nad teateid hankida biokeemiliste arenguprotsesside leviku kohta ka mujal. Me juba analüüsisime müriaadide eluks sobivate planeetide olemasolu kogu metagalaktilise ruumi ulatuses. Nüüd on meie ees küsimus, missugune on tõenäosus, et eluks kõlblikud planeedid on tegelikult bioloogiliste vormidega asustatud. Me ei täpsusta elu võimalikku iseloomu ja jätame lahtiseks küsimuse, kas organismid sarnanevad mõnede maa-pealsete vormidega või on neist põhiliselt erinevad. Erinevuse põhjuseks võiks olla näiteks hapniku vähesus, vesiniku üliküllus, liiga väike või liiga suur atmosfääri tihedus või muud tingimused, mis võiksid biokeemilise arengu suunata maapealsega võrreldes erinevatele rööbastele.

On otse hämmastav, missuguseid hiilgavaid ideid ja suurejoonelisi mõttekäike võime sellel planeedil olles loogiliselt arendada, mõttekäike, mis puudutavad kogu universumi keemiat, samal ajal kui meie käsutuses on ainult selline tibatillukene näidiseksemplar. Keemiliselt analüüsida võime ju ainult neid aineid, mis on otseses mõttes kättesaadavad. Maa koosseisu kuulub kuus tuhat kvintiljoni * tonni vett, õhku ja kivimeid (peamiselt kivimeid). See kogus on siiski tühine, võrreldes Päikese massiga, mis sisaldab kolmsada kolmkümmend tuhat korda rohkem ainet. Kuid Päikegi on vaid üks sajast kvintiljonist tähest. Tegelikult võime keemia meetoditega uurida ainult väikest osa kivisest maakoorest. Me tunneme üsna hästi ookeane ja atmosfääri alumisi kihte. Kuid seda on ju lõpmata vähe nendeks suurejoonelisteks üldistusteks väljapoole.

Meil on siiski, tõsi küll, ka pisut maavälist ainet, nimelt meteoriitide näol. Ent meteoriidid on ebaoluliseks täienduseks Maa massile ning jutustavad meile väga vähe seesugust, mida me juba niigi ei teaks. Nende keemiline analüüs näitab tõepoolest, et nähtavasti pole midagi uut päikese all, mitte ühtegi keemilist elementi, mida me ei leiaks Päikese atmosfääris või maakoorest. Mõned mineraalid esinevad meteoriitides teistsugustes kombinatsioonides kui maa peal, ent me pole ju olnud ka sügaval maa sees, kus valitseb kõrge rõhk ning kus elementide suhte-

* Vastavalt Ameerika Ühendriikides kasutatavale nimetusele mõistab autor ühe kvintiljoni all arvu 10^{18} . — Tõlk.

lised proportsioonid erinevad maapinna lähedastest. Võibolla on suured meteoriidid tegelikult mõne ammu lagunenud planeedi sisemusest pärinevad killud.

Maavälisest ruumist tulevad, kosmiliste kiirte koosseisu kuuluvad nukleonid, peamiselt prootonid, pommitavad meie atmosfääri ülakihte ja mõned neist tungivad läbi kogu atmosfääri. Maapinnani jõuab kosmisest ruumist muidugi ka massiga ekvivalentset energiat kaasa toov tähtede valgus ja raadiokiirgus. Kuid ainult meteoriidid toovad «välisilmast» seda sorti informatsiooni, mis sobib laboratoorseks analüüsiks. Meil pole ühtegi proovi ei Marsilt ega Jupiterilt ning seni ka mitte ühtegi kivimit lähedal asuvalt Kuult. Antud olukorras näib, nagu oleks uuriv inimene rangelt ja peaaegu täielikult eraldatud muust maailmast, mille vastu ta tunneb nii suurt huvi. Kindlasti on eraldatus täielik Kuu poole pürgiva ööliblika, päikeseenergiast toituvate taimede ning loomade jaoks, keda meelsasti nimetame inimesest madalamal seisvateks, — madalamal küll intellekti, mitte aga uudishimu poolest. Nemad on Maaga seotud nagu inimenegi, kuid ainult inimene võitleb isoleerituse vastu.

Homo sapiens'i päris lootusetu eraldatus tähtedest ja teistest planeetidest valitses tõepoolest umbes möödunud sajandi keskpaigani, kui keemia «tõusis taevani» ja inimene osutus äkki Päikese, tähtede ja helendavate udukogudega füüsilises kontaktis olevaks. Enam ei tarvitse nud ta tusatseda oma isoleerituse pärast. Tähtedevahelised kaugused ei olnud enam takistuseks kosmoseavaruste keemia tundmaõppimisel.

Nii juhtus ime. Jutustust sellest alustame inimsoo ajaloo väga vanadest aegadest ning jõuame välja mõnede üsna spetsiaalsete mõisteteni, mida on raske vältida, kui tahame aru saada äärmiselt tähtsatest järeldustest maailma ja inimese loomuse kohta.

Vikerkaared ja tähtede spektrid

Aikesepilvedega ja veejugade ning purskkaevude uduvihmaga kaasnev vikerkaar on oma värvilaotusega pakkunud kaunist ja salapärast vaatepilti igivanadest aegadest saadik. Niase* algelised päriselanikud näiteks «värisevad,

* Indoneesiaie kuuluv saar India ookeanis. — Tõlk.

nähes vikerkaart, sest nad arvavad, et see on mõne võimuka vaimu poolt laialilaotatud võrk nende varjude püüdmiseks»*. Vanad heebrealased pidasid vikerkaare ilmumist tagatiseks, et katastroofiline ülemaailmne veeuputus** ei kordu. Kuid vikerkaarel on hoopis sügavam tähendus ja reaalsem tähtsus kosmograafia seisukohalt: ta on võtmeks valguse keerulise loomuse mõistmisel, võtmeks, mille jälile saadi alles viimastel sajanditel.

Tõsiasi, et vikerkaare värvide allikaks on valguse murdumine veetilkades koos kiire kõrvalekalde sõltuvusega valguse lainepikkusest, oli kindlaks tehtud ammu enne seda, kui astronoomid hakkasid vastavat põhimõtet kasutama tähevalguse analüüsimiseks. Kuid lõpliku ja korrektse teooria loomine, mis seletaks, kuidas ilmub päikesespekter vikerkaares, ei läinud ruttu ega libedasti. Aristotelesel ja Senecal see ei õnnestunud. Kolmeteistkümnendal sajandil Grosseteste Oxfordist ja Witelo Sileesiast sattusid õigele mõttele refraktsioonist vihmapiiskades. Hiljem seletas Theodoric Freiburgist pea- ja kõrvalvikerkaare tekkimist valguse murdumise ning peegeldumise mitmesuguste kombinatsioonidega. Tema keerukal seisukohal oli palju järgijaid ja täiustajaid, kaasa arvatud niisugused nimekad teadlased nagu Descartes, Edmund Halley, Newton, Thomas Young ja kuninglik astronoom sir George B. Airy, kelle 1838. a. loodud teooria jättis üsna vähe seletamata. Kuigi vikerkaare tekkimist põhjustab Päike, on see siiski Maaga seotud meteoroloogiline nähtus. Meid aga huvitab praegu tähevalgus kui teejuht kosmosekeemias.

Isaac Newtoni katsed 1666. aastal klaasprismadega ja päikesevalgusega, mis juhiti läbi kitsa ava pimedasse ruumi, näitasid, et päikesevalgus koosneb kõikidest värvustest, kusjuures igal värvusel on oma murduvus (painduvus). Ent päikesespektri kogu tähendust hakati mõistma alles siis, kui Wollaston Londonis ning saksa teadlased Fraunhofer ja Kirchhoff avastasid katkevuskohad pidevas spektris — nood «lüngad värvuste vahel» — ja andsid neile seletuse. Need lüngad osutusid tumedateks neeldumisjoonteks. Seejärel sai ka selgeks, et need on võtmed

* James George Frazer, *Taboo and the Perils of the Soul*, London, 1936, lk. 79.

** Esimene Moosese raamat, ptk. 9, salm 13.

Päikese atmosfääri kuuluvate aatomite liikide juurde. Mainitud teadlased ja nende järelkäijad avasid sada aastat tagasi uue viljaka ajastu — spektroskoopiaajastu. Valguse laboratoorne analüüs näitas, et iga sobivalt kuumutatud ja ergutatud aine, nagu näiteks naatrium, vävel, kaltsium või raud, tekitab temale iseloomuliku, teatud kindlatele lainepikkustele vastavate ja teatud kindlal viisil paigutatud heledate kiirgusjoontega spektri.

Päikesespektris muutuvad need kiirgusjooned iseloomulikeks tumedateks neeldumisjoonteks. See tähendab, et Päikese atmosfääri väliskihis sisalduvad mitmesugused aatomid tõkestavad (neelavad) Päikese koguspektrile vastava kiirguse teatud lainepikkusi. Mingi elemendi aatomid saadavad välja ja neelavad ühtedele ja samadele lainepikkustele vastavat kiirgust. Pideva spektriga kiirgusfooni, mille teatud lainepikkusi atmosfääri aatomid neelavad, tekitavad Päikese alumised, kuumad kihid.

Kuigi juba esimeste spektroskoopidega saadud andmed kinnitasid üha veenvamalt, et jooned Päikese spektris näitavad tema atmosfääri keemilist koostist, deklareeris kuulus euroopa õpetlane Auguste Comte alles sajand ja veerand tagasi, et meil ei õnnestu kunagi tundma õppida tähtede koosseise. Ainult mõned aastakümned hiljem esitasid sir William Huggins Inglismaal, Secchi Roomas jt. juba andmeid heledamate tähtede keemilise koostise kohta. Kui aga astronoomi instrumentidekast täienes fotoplaadi — tähevalguse täpse registreerijaga, muutus kõikide tähtede, nii heledate kui ka nõrkade klassifitseerimine nende keemilise koostise alusel laiahaardeliseks tegevuseks. Käesoleva sajandi alguses oli see töö suurel määral koondunud Harvardi observatooriumi Antonia Maury ja Annie J. Cannoni kätte. Tõhusat kaasabi spetsiaalküsimustes saadi ka Licki observatooriumist Kalifornias, Potsdamist Saksamaal, Pulkovost Venemaal ja Vatikani observatooriumist. Hoolimata filosoof Comte'i väidetest langesid kõik tõkked maavälise keemia tundmaõppimiseks ära. See märkimisväärne tulemus näitab, kui kahjulik on otsustus- ja kujutlusvõime reputatsioonile uskuda ja väita, et on asju, mida kunagi ei saa teha.

Kõikjal seesama keemia, seesama füüsika

Mõned spektraalanalüüsist saadud andmed tähtede keemia kohta aitavad meil orienteeruda aatomite maailmas. Nendel lugejatel, kellele järgnevate paragrahvide keel tundub liiga erialasena, soovitaksin selle osa vahele jätta. Peamine järeldus siin öeldust on kokku võetud peatüki viimases lauses.

1) Loomulikult võib valguse analüüsimise teel otseselt uurida ainult tähe pinda. Kuid astrofüüsika teooria ja matemaatika «puurid» tungivad julgelt pinna alla ning toovad meile usaldusväärseid teateid keemilise koostise kohta, mis peab eksisteerima tähe sügavuses, selleks et oleks võimalik seletada esiteks tähe pinna spektri liiki ja teiseks tähe koguheelust.

2) Cannoni klassifikatsioon jaotab tähed kuuekümneks erinevaks klassiks ja allklassiks, mis on järjestatud vastavalt pinnatemperatuuri muutumisele. Temperatuur määrab mitmesuguste spektrijoonte olemasolu või puudumise, samuti ka tähe värvuse. Jaheda hiidtähe, punase Betelgeuse spekter on neeldumisjoontest rikas; kollaka Põhjanaela spektris on neid vähem, kuna Orioni tähtkujus asuva sinaka Riigeli pind on nii kuum, et võib märgata ainult vesiniku ja heeliumi neeldumisjooni. Ameerikas ja Rootsis teostatud hilisem klassifikatsioon on suurendanud allklasside arvu. Temperatuuril baseeruvat Cannoni klassifikatsiooni on täiendatud allklassifikatsiooniga, mis lähtub tähtede absoluutsest heledusest (valgusjõust). Sellega saadakse tähespektrite kirjeldamisel midagi teise dimensiooni taolist. See allklassifikatsioon on väga kasulik valgusjõudude ja järelikult ka mitut tüüpi tähtede kauguste hindamisel.

3) Vastavalt Cannoni ulatuslikule kataloogile on umbes kakskümmend protsenti tähtedest spektrilt meie Päikesesarnased. Seega enam kui nelikümmend tuhat naabertähte sarnanevad Päikesega oma värvuse ja pinna keemia poolest. Tõenäoliselt kehtib taoline proportsioon keskmiselt kogu meie Galaktika ja ka teiste galaktikate ulatuses, ainult galaktika tuumas on Päikeses tüüpi tähtede protsent suurem kui spiraalharudes.

4) Galaktikate kui tervikute spektritest on raske saada selgeid fotosid. Niivõrd kui oleme neid spektreid uurinud, näitavad nad seda, mida võiksimegi oodata — nad on kõi-

kide spektriklasside segu. Tegelikult on nad väga sarnased Päikese spektriga, mis kuulub klassi G0. See asetseb kõige kuumemast klassist (klass B) kõige külmema klassini (klass M) kulgeva spektraaljada keskel.

5) Praegu tuntakse juba mõnede kaugeate galaktikate koosseisu kuuluvate tähtede spektreid. Need on täiesti sarnased meie Galaktika tähtede spektritega — tähelepanek, mis veelkordselt rõhutab keemia ühtsust kogu uuritava universumi ulatuses. Lähimates välisgalaktikates — Magalhãesi Pilvedes — on fotografeeritud sadade tähtede spektreid. Kõik nad on tuntud tüüpi. Kõikidel nendel arvukatel tähe- ja udukoguklassidel, mis on leitud Magalhãesi Pilvedes, on oma vasted meie Galaktikas.

6) Nendes kahes lähimas galaktikas*, mis on korrapäratu kujuga ega kuulu ei sümmeetriliselt spiraalsete ega ühtlaselt kerakujuliste hulka, on avastatud muutlikke tähti peaaegu kõigist tuntud tüüpidest — noid arenguprotsesside looduslikke indikaatoreid. Nende spektriklassid kulgevad punakatest M- ja N-klassidest (pikaperioodilised muutlikud tähed) üle kollakate K-, G- ja F-klasside (klassikalised tsefeiidid) kuni kuumadele tähtedele vastavate A- ja B-klassideni.

7) Muutlike tähtede hulgas on varjutusmuutlikke kaksiktähti, mis enamikus kuuluvad spektriklassi B. Neid dublette võib uurida nende heleduse variatsioonide kaudu oluliselt samade meetoditega, mida kasutatakse meie oma Galaktika tuntud varjutusmuutliku tähe Algoli karakteristikute leidmisel. Nende massid, suhtelised liikumised, temperatuurid, tihedused ja mõõtmed on arvutatavad. Selgub, et teistes galaktikates valitseb samasugune taevamehaanika, samasugused gravitatsiooni- ja kiirusseadused, lühidalt, needsamad füüsikaseadused, mis meie oma Galaktikaski. Nii jõuame tähtsa üldistuseni: kogu uuritaval universumil on kõikjal ühine füüsika ja ühine keemia.

8) Nendes märkustes meie teadmiste kohta, mille lähtekohaks oli mitmevärviline vikerkaar, tahaks lõpuks tähelepanu juhtida veel ühele vanast ajast tuntud vaatlustulemusele, mis praegu hämmeldab märksa vähem kui meie kaugeid esivanemaid. Ka siin on küsi-

* Suures ja Väikeses Magalhãesi Pilves. — Tõlk.

musse selgust toonud spektraalanalüüs. Jutt on Orioni Mõõgast ja selle udusest tsentraaltähest. Spektroskoop osutus võimeliseks «valla päästma Orioni vöö», näidates seda, mida Hiioob ei võinud teada, nimelt, et Orioni udukogu on hapnikust, vesinikust, süsinikust ja lämmastikust koosnev gaasiline mass, mille ümbritsevad ülikuumad tähed on kiirgamiseks vajalikku ergutusseisundisse viinud.

9) Spektroskoopilisel teel on tõepoolest kindlaks tehtud, et interstellaarses ruumis on laialt levinud gaasiline aine, millest koosnevad tähed. Veelgi tähtsam on siinkohal märkida, et spektroskoop näitab niisuguse udu- taolise helendava aine olemasolu ka Magalhãesi Pilvedes, suures Andromeeda galaktikas ning üldse kogu metagalaktika ulatuses. See avastus on tähtis kui viide, et universum ei ole veel «valmis» ega saa võib-olla kunagi. Ta annab põhjust oletada, et tõenäoliselt kestab praegugi nii galaktikate kui ka tähtede (ja võib-olla planeetidegi) moodustumise protsess vastavalt looduses kehtivatele seadustele gaaside, taevakehade liikumise ja valguse levimise kohta. Neid seadusi me oskame juba päris hästi lahti mõtestada.

Raadiosignaalid kosmilisest ruumist

Postsriptumina peatükile, milles käsitlesime kosmose tundmaõppimist spektrite abil, on sobiv lisada, et hiljuti välja arendatud raadioteleskoobid, mis töötavad lainepikkustel alates sentimeetrist kuni kolmekümne meetrini ja enam, on osutunud lausa imettegevaiks. (Kasutan seda sõna võrdlemisi vabalt, kuna ime tähendab üleloomulikku, mis siinkohal on küll vaevu sobiv mõiste.) Näiteks on tundlikud raadiolainete vastuvõtjad avastanud nõrga kiirguse, mille allikaks on tähtede- ja galaktikatevahelises külmas ruumis leiduva vesiniku aatomid. See kiirgus on iseloomulik metagalaktika kõikidele osadele, alates meie oma süsteemi lähedastest spiraalharudest kuni saja miljoni valgusaasta kaugusel asuvate galaktikaparvedeni. Neid kahekümne ühe sentimeetri pikkusi laineid ennustas esmalt aatomiteooria ning seejärel avastati nad meie Linnutes. Pärast seda hakkasid neid ühel hoobil kasutama raadioastronoomid ning elektroonikud Austraalias,

Hollandis ja Ameerikas. Loetleme siin mõned kosmograafia seisukohalt olulised raadioastronoomia viimased avastused.

1) Osutub, et Magalhãesi Pilved «ujuvad» hõredas keskkonnas, mis koosneb neutraalsest vesinikust, s. t. neutraalsest elektrilaengu mõttes, vastandina ioniseeritud vesinikule, mis põhjustab näiteks Orioni udukogu helendamise.

2) Neutraalse vesiniku pilve avastamine meie oma Galaktika spiraalharudes on võimaldanud neid harusid üksikasjaliselt jälgida.

3) Leiti teooriale vastav punanihe raadiolainetes, mis on 500 000 korda pikemad kui nähtava valguse korral, kus punanihe esmalt avastati ja mõõdeti. See on universumi paisumise veelkordseks kinnituseks.

4) Loendamatute meteoride avastamine Maa atmosfääris radarseadmete abil kinnitab triiviva tolmu olemasolu tähtedevahelises ruumis; see tolm on arenevate tähtede koostise üheks komponendiks.

5) Looduslikke «raadiosignaale» on nüüd saadud ka mõnedelt planeetidelt, eriti Jupiteri pilviselt pinnalt. Signaalide üheks oletatavaks allikaks on tormilised elektrilahendused Jupiteri nn. punase laigu sees ja ümbuses. Kas on need (taevajumala) Jupiteri piksenooled?

6) Päike, Linnutee, supernoovade jäänused ja sajad tundmatud «raadiotähed» kauges ruumis saadavad kõik mõõdetavate raadiosagedustega signaale, muutes astronoomiateaduse uue faasi kui mitte lausa imeväärseks, siis vähemalt sensatsiooniliseks.

Kas on vajadust lisada, et sõna «signaal» kasutamine ei tähenda usku, nagu oleks mõne nendest impulssidest tekitanud elusolend? Raadiosignaalide taga ei tarvitse alati seista bioloogilised organismid. Näiteks välk ning samuti pöörised päikeselaikudes tekitavad signaale, millel on täiesti looduslikud, füüsikalised põhjused.

Viimased kaks paragrahvi võiksime resümeerida järgmiselt. Spektroskoobid, raadioteleskoobid, teaduslik metodoloogia ning füüsikute käsutuses olev matemaatika on ühiselt välja selgitanud, et kosmose ehitus, koostis ja omadused on igal pool ühesugused. See tagab uurijale planeedil nr. 3 õiguse põhjendatult oletada, et mis kehtib siin, kehtib kõikjal.

NELJAS KOHANDUMINE*

Teadmiste kasvades ümbritseva maailma kohta pidi inimõistuse arengu teatud etapil saabuma hetk, millal vanade suguharude mõttetargad hakkasid aru saama, et maailm pole mitte lihtsalt antropotsentriline, inimene ise ei ole tema keskuseks. Ühiskonna arenedes omandas keskuse tähenduse asundus. See oli loomulik seisukoht, mille kujunemist toetas näiva horisondi ringikujulisus ning asjaolu, et maailm muutus inimese kujutluses seda ähmasemaks, mida kaugemal see oli tema kodukohast. Kuid mõni tuhat aastat tagasi muutusid kõrgema tsivilisatsiooniga rahvad Lähis- ja Kesk-Idas (ning võib-olla mujalgi) üha teadlikumaks Päikese, tähtede ja rändavate planeetide ööpäevasest liikumisest. Meresõitjad avastasid ookeanide pinna ja maapinna kumeruse, mis viitas Maa kerakujulisusele. See viis mõttele, et nähtava universumi keskuseks ei ole mitte mõni koht maapinnal, vaid pigem maakera keskpunkt. Seda vaadet peeti kooskõlas olevaks Kuu, planeetide, Päikese ja tähtede näiva liikumisega. Nii muutus geotsentriline kontseptsioon üldtunnustatuks paljude vanaaja haritud rahvaste juures.

See inimese esimene kohandumine kogu ülejäänud materiaalse maailmaga tema «mina» suurt ei häirinud, kuna inimene näis üle olevat (ning seejuures küllalt põhjendatult) kõikidest teistest elusolenditest. Tal polnud mingit põhjust end tähtsusetuna tunda. Tema ise ei olnud küll maailma keskuseks, kuid see silmapaistev asend kuulus tema Maale.

* Selle peatüki aluseks on ajakirja «The American Scholar» 1956. a. sügisnumbris ilmunud artikkel.

Geotsentriliselt heliotsentrilisele

Teiseks kohandumiseks osutus lahtiütlemine sellest Maad maailma keskuseks pidavast teooriast. Uus hüpootees ei leidnud Läänemaailmas esialgu üldist tunnustust, kuni lõpuks Koperniku revolutsioon kuueteistkümnendal sajandil kehtestas kindlalt heliotsentrilise kontseptsiooni. Liberaalsed filosoofid ja lõpuks ka kirikuisad alistusid teadlaste teooriale universumist, mille keskuseks on meie Päike. See muutus vaadetes toimus aeglaselt, sest inimene on autoriteedile rajatud dogmade visa pooldaja. Aja jooksul hakkas ta siiski tunnustama Päikest niihästi kohaliku planeetidepere kui ka kogu tähemaailma keskusena. Niisuguse vaate juurde jäi ta kauaks ajaks. Kuid seegi osutus eksiarvamuseks. Uus muutus inimese maailmakäsituses leidis aset niipea kui avastati, et Päike on harilik täht. Ent alles sedamööda, kuidas moodsad teleskoobid töid teateid kerastäheparvede, galaktikate ja tsefeiidide tüüpi muutlike tähtede kohta, muutus uus kohandumine tõepoolest tungivaks vajaduseks.

Geotsentrilisest kosmoloogiast lahtiütlemine heliotsentrilise kasuks nõudis aega ja harjumist. Täpselt samuti hiljem, hoolimata järjest kasvavast faktide hulgast, mis nõudis seniste vaadete muutmist, hoidsid teadlased, filosoofid ja antud küsimuses võhiklikud elemendid jonnakalt kinni heliotsentrilistest seisukohtadest. Kas johtus see visa kinnihoidmine edevusest, teadusele võõraste dogmaatikute kultiveeritud tundest, nagu oleks inimene ülimalt tähtis olend tähtede maailmas ja aegruumis?

Heliootsentriliselt süsteemilt Amburini ja edasi

Selle teise eksliku kontseptsiooni — heliotsentrilise teooria — säilitamiseks oli ka mitmeid kaalukamaid põhjusi. Nendeks osutusid nähtuste ebateaduslikud seletused. Võtame näiteks taevavõlvil suure kaare moodustava Linnutee. See on valgusriba, mis jagab taeva kaheks praktiliselt võrdseks osaks. Tema heledus on kõikjal peaaegu ühesugune. Kõigest sellest võib järeldada, et Päikesel ja Maal on tsentraalne asend. Teiseks näis varasema aja astronoomidele, nagu kahaneks tähtede arv kauguse kasvades Päikesest, mis omakorda oli tõenduseks Päikesel

keskse asendi kohta. Niisugune Päikese asend miljonite tähtede keskel andis inimese positsioonile üpris meelepärase väärikuse. Kuid jällegi osutus see illusiooniks.

Veel 1917. aastal pidasid juhtivad astronoomid Päikest keskseks või vähemalt tähemaailma tsentrile väga lähedal asuvaks. (Galaktikad kui teised suured tähesüsteemid ei olnud siis veel ametlikku tunnustust leidnud.) Pärast seda, kui tsefeiidide absoluutse heleduse ja perioodi vahelist seost hakati kasutama kosmose sondeerimise vahendina ning määrama kerastäheparvede kaugusi ja ruumilist jaotust, saadi esimesi viiteid Maa, Päikese ja neid ümbritsevate tähtede ekstsentrilise positsiooni kohta lapikus tähesüsteemis, mis on meile nähtav täherikka Linnuteena.

Järk-järgult saadi teisigi tõendeid selle kohta, et meie spiraalse Galaktika miljarditäheline tuum on kaugel eemal, lõunataeva tähtkujude Amburi, Maokandja ja Skorpioni suunas. See läbimurre tähemaailma sügavustesse kutsus esile heliotsentrilise teooria lühiajalise võitluse, mis lõppes kiiresti tema nõrgenemise ja hääbumisega.

Galaktika kese ei asetse sugugi siinsamas lähedal, noid lõunataeva tähtkujusid määravate heledate tähtede keskel, kuna need on kõigest mõnesaja valgusaasta kaugusel. On kindlaks tehtud, et Galaktika kese on aga kaugemal kui kakskümmend viis tuhat valgusaastat. Selle tuuma miljardid tähed tekitavad lõunataeva Linnutees suure valge helenduse, mida nimetatakse Amburi tähepilveks.

Nihkumine geotsentriliselt kontseptsioonilt heliotsentrilisele leidis kahtlemata teatud vastukaja ka kuue- teistkümnenda sajandi filosoofias, kuid selle mõju polnud suur. Lõppude lõpuks pole ju tulikuum, tormiliste protsessidega gaasiline Päike koht bioloogiliste vormide õrnale reale, mille tipus või tipu läheduses leiab inimene iseenda. Kas tsentris asus Maa või Päike, selles oli kõigest puudutavate ideede seisukohalt vähe vahet. Alates Koperniku surmamomendist käesoleva sajandi alguseni ja hiljemgi tekitas tähemaailma suhtes valitsenud heliotsentriline kontseptsioon vähe või üldse mitte mingisugust segadust filosoofilises mõtlemises.

Kuid siis tekkis astronoomiaalase informatsiooni kiire kuhjumisega vältimatu vajadus selle kolmanda kohandamise järele. See murrang kosmilistes kontseptsioonides

pidi avaldama sügavat mõju inimesele ning on mõnevõrra segi paisanud tema kujutluse oma kohast, käekäigust ja tähtsusest kosmose ulatuses.

Maa ja Päikese nihkumine meie Galaktika servale on märgatavalt õõnestanud inimese uhkust ja eneseusaldust. Sellele lisaks tuli ilmsiks tohutu hulga meie Galaktikaga võrreldavate tähesüsteemide olemasolu. Me võisime Darwini õpetusega inimese loomse päritolu kohta üsna hästi leppida (kuigi sada aastat tagasi tundus see teoloogidele kibeda pillina), kuna see jättis meid ikkagi, nagu meile näis, kõikidest maapealsetest organismidest kõige kõrgemaks. Kuid heliotsentrilisest universumimudelist loobumine vastavalt usaldusväärsetele astronoomilistele andmetele oli kindlasti hukatuslik inimese positsiooni seisukohalt materiaalses maailmas, nii meelitavad kui need teadmiste edusammud tema mõistusele ka ei olnud.

Galaktotsentriline hüpotees asetab Maa koos selle eluvormidega ühe galaktika välisservale miljonitest galaktikatest koosnevas maailmas. Inimene osutub tema enda Linnutee miljardite tähtede keskel perifeerseks. Peale selle näitavad paleontoloogia ja geokeemia avastused, et ta on ka kosmilise aja voolus hiljuti tekkinud ning võib-olla üürike nähtus.

Siinkohal peatume, et hetkeks anduda süngetele või rõõmsatele mõtisklustele — süngetele või rõõmsatele, olenevalt meeleolust. Teaduse edusammud ja ebausutaandumine koos usuga üleloomulikesse jõududesse on viimastel sajanditel võimaldanud meil tungida nii sügavale maailma tunnetamisel ning fikseerida nii kindlalt inimese positsiooni universumis, et enam pole mingit taganemisteed. Uuriv inimõistus on ületanud raja, millelt tagasipöördumist ei ole. Me ei saa taas elustada geotsentrismi ega isegi mitte heliotsentrismi.

Ahvid, kotkad ja mesilased võivad neist igale omaste oskuste ja tarkuste juures täiesti rahulduda sellega, et nad on vaid perifeersed ühepäevaliblikad, ning nõnda ilma jääda suurest visioonist, mis avaneb meie ees. Sest nendele võib piisata egotsentrismist või lokotsentrismist, kuid meile mitte! Seepärast, kuna me ei või (ega taha) tagasi pöörduda piiratud, kuigi mugava mineviku juurde, ohverdama täielikult oma kultuuri ja tsivilisatsiooni, me läheme edasi. Ja siis me avastame, et jutustus inimese orientatsioonist kosmoses sisaldab veel ühe peatüki.

Bioloogiline orientatsioon

Kuna selles arutluses ei huvita meid mitte ainult Maa füüsiline asend ruumis ja ajas, vaid ka meie endi koht bioloogilises maailmas, peame tegema veel ühe nihke. Maa ja Päikese «degradeerimisega» ning galaktikate «edutamise» ei lõpe veel filosoofia väljadest läbi rühkivate teadusekummardajate edusammud. Nagu juba eelnenud lehekülgedel oleme mõista andnud, ei tule see meie vaimse horisondi kohale tõusnud põhjaliku ümberkohandumise vajadus teadlastele ootamatult ega ole ka ühe-kahe teadusliku avastuse tulemus. See on ajastu vili. Pöördume nüüd astronoomia juurest tosina teise teadusharu ristumisalale ja hakkame uurima elu levikut kogu universumi ulatuses.

Kõikide maal, meres ja õhus elavate maiste organismide isehakanud eesträakijatena püstitame jälle selle terava küsimuse: «Kas me oleme üksinda kosmilises ruumis ja ajas?»

Paljude teoreetiliselt ja katseliselt sedastatud faktide hulgas, mis soodustavad meie Galaktikas elutseva *Homo sapiensi* neljandat kohandumist, on kolm üksikasjalisemat käsitlust pälvivat nähtust. Esimene on seotud tähtede arvuga, teine ürgaegade katastroofidega ja kolmas isepaljunevate molekulide tekkimisega. Siinkohal on otsustav neid nähtusi lühidalt iseloomustada, kuigi kahest esimesest oli pikemalt juttu eelmistes peatükkides ja kolmas on 9-nda peatüki põhiteemaks.

Vanaaja rahvad tundsid ainult paari tuhandet tähte. Esimeste teleskoopide ilmunisega suurenes see arv miljonini, ja edasi on too hämmastav arv silmanähtavalt kasvanud teleskoopide iga täiustamisega. Lõpuks avastus, mille kohaselt nn. galaktikavälised udukogud on tegelikult galaktikad, millest igaüks sisaldab sadu või isegi tuhandeid miljoneid tähti, ning tõsiasi, et ka suurimate teleskoopidega ei ole võimalik «puudutada metagalaktika põhja», viivad meid järeldusele (nagu näidati peatükis 5), et meie uurimisele alluvas universumis on üle 10^{20} tähte, võib-olla aga palju rohkemgi.

See avastus (või pigemini paljastus) on tähtis sellepolest, et meil, s. t. universumil, on nüüd üle saja miljoni miljoni miljoni valgus- ja soojusallika kõikide neid kiirgavaid tähti saatvate planeetide jaoks.

(Tähtede arv ja nende iga ei mahu muidugi harilike mõistete raamidesse — liiga palju on tähti, liiga palju ruumi ja aastaid mõtteviisi jaoks, mis on harjunud opereerima reastatavate ja loendatavate arvudega. Makrokosmos ületab loendatavuse piirid. Meie arusaamisele ei osutu lihtsamaks ka aatomite mikromaailm, kui näiteks märgime, et järgmise hingetõmbega hingab igaüks meist sisse üle tuhande miljoni miljoni miljoni (10^{21}) hapniku-, lämmastiku- ja argooniaatomi.)

Teine nähtus — paisuv metagalaktika — on seotud küsimusega: kas planeedid kaastavad vähemalt mõnda nendest paljudest tähtedest, mis kiirgavad sobivat energiat eluks nimetatava keerulise bioloogilise tegevuse jaoks? See on küsimus, mille püstitasime ja millele mõnevõrra ka vastasime peatükis 4.

Tänapäeval kinnitavad paljud vaatlusandmed täie veenvusega, et kõikide kaugete välisgalaktikate valguse spektris toimub spektrijoonte nihkumine punase poole. Üldtunnustatud tõlgenduse kohaselt on see punanihe galaktikate süstemaatilise hajumise ja difusiooni, universumi paisumise tulemus. Üksteisest miljoni valgusaasta kaugusel olevate galaktikate puhul on vastastikuse eemaldumise kiirus umbes 55 kilomeetrit sekundis. Kui galaktikatevaheline kaugus on kaks korda suurem, on kaks korda suurem ka eemaldumise kiirus; kui kaugus suureneb kolm korda, suureneb ka kiirus kolm korda, jne. Täpseid arvulisi väärtusi praegu veel uuritakse, kuna on võimalik, et suurte vahemaade korral hajumise kiiruse võrdelisus kaugusega ei pea paika.

Ammune kaos

Metagalaktika kiire hajumine kõikides suundades viib loomulikult mõtted olukorrale, mis valitses aasta tagasi, kui galaktikad olid tihedamini koos, samuti olukorrale sada, tuhat, miljard aastat tagasi. Mida kaugem minevik, seda suurem pidi olema praegu laiali hajunud kosmiliste ühikute (galaktikate) kontsentratsioon. Keskmise aine tihedus ruumis on tänapäeval väga väike — midagi 10^{-30} grammi ümber kuupsentimeetri kohta, mis maiste standardite järgi on tõeline üli-ülivaakuum. Ent mõni tuhat miljonit aastat tagasi pidi keskmine tihedus paisumata

universumis olema nii suur, et tähtede pörked ja nii planeetide kui ka tähtede gravitatsioonist tingitud purunemised toimusid paratamatult üsna sageli.

Siinkohal väärib märkimist tähtis kokkusattumus. Radioaktiivsuse meetodid näitavad, et ka maakoor on mõni tuhat miljonit aastat vana. Seega Maa ja meie süsteemi teised planeedid tekkisid nondel tormilistest protsessidest ning kohutavatest pörgetest tulvil aegadel.

Tol perioodil pidid alguse saama ka loendamatud miljonid teised planeetidesüsteemid, sest meie Päike kuulub ju väga tavaliste tähtede hulka. Seejuures pidid kosmilisest möllust osa võtma ka Päikesest erinevat tüüpi tähed. (Meie Päike, mis on üsna vana, võrreldes paljude hiljem tekkinud siniste ja punaste hiidtähtedega, kuulub nii levinud täheklassi, et Cannoni kuulsas spektrite kataloogis võib leida umbes nelikümmend tuhat Päikesesarnast tähte, mis seejuures asetsevad kõik meie vahetus naabruses.)

Astronoomid ja teised teadlased on püstitanud hüpoteese, mille kohaselt planeedid võisid tekkida ka muul viisil, mitte nendes ammustes kokkupörgetes (peatükk 4). Näiteks on tänapäeval palju poolehoidjaid evolutsioonilise protsessi teorial, mille järgi prototähed koos protoplaneetidega tekkisid hüpoteetilise alggaasi kokkutõmbumise tulemusena. Sel juhul peaks eksisteerima muidugi arvutu hulk planeete.

Poolehoidu on leidnud ka teooria mitmesugused variandid, mis vaatlevad planeetide tekke põhjusena tähtede frontaalpörkeid. Kuid tänapäeval on tähed nii laiali hajunud, et pörked on muutunud äärmiselt haruldasteks. Tegelikult on nad nii ebatõenäosed, et kui planeedi sünd sõltuks ainult niisugusest pörkeprotsessist, võiksimetendeerida iseendi täielikule unikaalsusele. Ent sellel auahnusel pole pinda, kuna maailma paisumise avastusest järgneb, et Maa tekkimise ajastule olid iseloomulikud sagedased pörked ja suur aine tihedus.

Detailidesse laskumata nendime veel kord seda tähtsat järeldust: peavad eksisteerima miljonid (õigem oleks öelda isegi miljardid) planeetide süsteemid. Milline ka poleks tekkimise viis (ja kahtlemata on mängus olnud mitmesuguseid tegureid), peaksid planeedid olema kõikide tähtede tavalisteks saatjateks. Erandi moodustavad

need tähed, mis asetsevad nii, et suuremad massid võisid neelata planeetide aine või see eemaldus gravitatsiooni toimet. Möödamannes meenutame, et astrofüüsika andmete kohaselt valitseb kõikjal uuritavas universumis samasugune keemia ja füüsika nagu meilgi. «Siin» ja «täna» ei sisalda midagi ebatavalist ega erilist.

Pidades silmas 10^{20} tähe olemasolu ning miljonite planeetide suurt tõenäosust, millel on sobiv keemiline koostis, suurus ja kaugus toiteallikaks olevast tähest, võime esitada küsimuse: kas mõnedel nendest planeetidest on ka tegelikult elu? Või on see biokeemiline protsess kummalisel kombel piiratud meie planeediga, planeediga nr. 3 Päikese perekonnas? Selle Päikese süsteemis, mis on tavaline ühe galaktika välimises osas asetsev täht, kusjuures see galaktika sisaldab sada tuhat miljonit tähte ning on ise vaid üks miljonitest avastatud galaktikatest?

Kas elu on nõnda piiratud? Muidugi mitte. Me ei ole üksi. Oletus, et elu on levinud üle kogu universumi, muutub veel kindlamaks, kui pöörame tähelepanu kolmandale nähtusele, mida üksikasjalisemalt käsitleme peatükis 9. Siinkohal esitame ta sisu paari lausega.

Biokeemia ja mikrobioloogia on geofüüsika, astronoomia jt. teaduste kaasabil läinud eluta- ja elusloodust lahutava kuristikku ületamisel nii kaugele, et ei ole enam võimalik kahelda elu tekkimises, püsima jäämises ja arenemises, kui vaid planeedi pinnal on vastavad füüsikalised, keemilised ja kliimaatilised tingimused. Elu saladus on kadumas. Objektiivne teadus asendab subjektiivse usu imepärasesse. Paljude viimaste aastate uurimused makromolekulide ja mikroorganismide valdkonnas on muutnud täiesti tarbetuks imede ja üleloomulike jõudude sissetoomise elu päritolu seletamiseks.

Nüüd on olemas kõik eeldused, et astuda järgmine samm inimese suhtumises kosmosesse, kui vaid tahaksime juhust kasutada. Seda sammu nimetaksin neljandaks kohandumiseks. Galaktikate hajumine, tähtede küllus ja makromolekuli ehitus ning käitumine soojal, niiskel, tähest valgustatud planeedi pinnal on nähtused, mis ajendavad seda edasist, ülimalt tähtsat kohandumist elu koha ja talitluste mõistmisel universumis. Soostumine faktidega ning usk sellesse, et bioloogiline arenemiskäik meie planeedil ei ole ainulaadne, vaid et mitmesuguseid kõrgelt arenenud ja aistimisvõimelisi organisme leidub palju ning

nad on laialt levinud, viis kõige tähtsama sammuni *Homo* orienteerumisel materiaalses maailmas.

Kas oleme nüüd jõudnud teekonna lõpule või ootavad meid ees veel järgmised sammud? Arvestades teaduslike meetodite kiiret arengut ja loogilise mõtlemise lakkaamatut täiustumist oleks ebamõistlik oletada, et meie ette ei kerkiks iialgi vajadust revideerida oma kujutlusi inimese asendist universumis, et me kunagi ei tee avastust, mis sunniks meid oma kohta otsima väljapoole füüsika ja bioloogia maailma jäävas maailmas. Meie orienteerumist kahes viimases kajastavad vastavalt kolmas ja neljas kohandumine.

Viies kohandumine võiks aset leida näiteks psühholoogia valdkonnas või «antiaine» maailmas või mõnes fantastilises süsteemis, kus metagalaktika on vaid aatomiks mõnesuguses üliuniversumis, või samaväärselt kentsakas (kuid samaväärselt võimalikus) süsteemis, kus meie elektronid kujutaksid galaktikaid mõnesuguses mikrokosmilises maailmas, mis on väljaspool mõõtmis- ja tajumispiire.

SUURTEST HETKEDEST *

Tänu kosmoseenergiale päikesepaiste näol ja maapõuest imbuva soojuste toimele hakkasid orgaanilistest ühenditest Maa madalate merede «ürgsupis» juba ammu arenema rohelised lehed ja varred ning lõpuks tekkisid kõrgemad taimed ja loomad. Varajasel etapil alanud üha jätkuv biokeemiline reaktsioon, mida nimetatakse fotosünteesiks, oli seejuures põhilise tähtsusega. Siinkohal rõhutagem kiirgusenergia ja orgaaniliste molekulide «koostöö» algust kui otsustavat sammu elu tekkimisel maapinnal. See osutus «operatsiooni Klorofüll» alguseks, ilma milleta me ei eksisteeriks. Kuivõrd tegemist on eluga, oli see tõepoolest üheks universumi suurtest hetkedest. Kui see võis juhtuda siin, võis ta juhtuda mujalgi, ja võib-olla niisama tähtsate tagajärgedega.

Mõte erilisest suurest momendist, kriitilisest pöördepunktist materiaalse maailma mitmepalgelises arengus on väga ahvatlev. Meie kolledžites loetakse kursusi suurtest ideedest, meil on suurte raamatute nimekirjad ja raamatud suurmeestest. Esinevad suured lootused, aasta suurpäevad jne. Miks mitte otsida suuri ajastuid kosmograafias?

Enne kui algelised taimed juurdusid, oli kivine maa-koor bioloogilises mõttes tegelikult viljatu nagu Kuu pind praegu. Siis aga algas fotosüntees — protsess, millele oleme igavesti tänuvõlgased. Missuguseid teisi, samavõrra pöördelise tähtsusega episoodid võiks veel olla? Need võivad olla suuremalt jaolt liiga varjatud, et suudaksime neid avastada. Oleme ju tõepoolest väga võimetud ja vähiklikud looduse komplitseeritud palge ees, ent mõned tähtsad sündmused on siiski eristatavad.

* Adapteeritult ajakirja «The American Scholar» suvenumbris 1957. a. ilmunud artikli järgi.

Erinevad isikud valiksid tõenäoliselt erinevaid sündmusi, mida nad peaksid epohhiloovaiks. Mina isiklikult tõstaksin esile järgmisi momente.

1) Kõike sisaldava ürgaatori (kui niisugune oli olemas) plahvatus — äge protsess, mille tagajärjedeks kaasaegete hüpoteeside kohaselt olid paisuv maailm, keemiliste aatomite sünd ning galaktikate ja tähtede moodustumine, samuti planeetide tekkimine, millest mõned oma niiske kaljuse pinnaga osutusid sobivaks mitmesuguste organismide ilmumiseks, muuhulgas ka nende jaoks, kes praegu targutavad suurte hetkede üle.

2) «Kütkestavuse ja eemaletõukavuse» õnnelik koostõju (nagu ütleb vana hiina kõnekäänd), mis lubas loodusseadustel hoolitseda püsivate aatomituumade olemasolu eest. Seda ideed on esimesel hetkel pisut raske tabata. Mulle meenub aatomituumade loomust uuriv kuulus füüsik, kes ütles kord, et aine eksisteerib üldse ainult üle noatera.

Kuid võib-olla polegi tuumajõud seotud ühesuunalise ajavooluga ning tuumade olemasolu tuleks paigutada pigem tähtsate seikade kui tähtsate hetkede nimekirja.

3) Välgusähvatused või muud looduses esinevad energiamülingud, mis Maa (ja temaga sarnaste planeetide) eelürgsest atmosfäärist, kus ülekaalus olid metaan ja ammoniaak, veeaur ja vesinik, aitasid sünteesida aminohappeid — organismide aluseks olevate valkude lähtematerjali. See tähendab, lühidalt öeldes, esimese kestva elutalitlusega moodustiste looduslikku sünteesi või vähemalt esimest olulist sammu «oma organisatsiooni taastekitavate materiaalseste organisatsioonide» sünni suunas, kas siis maa peal või kuskil mujal.

4) Eespool nimetatud fotosünteesi «leiutamine» või «juhus» koos selle muutumisega bioloogiliseks «harjumuseks». See keeruline protsess muundas Päikeselt saadava energia maapealseks eluks vajalikuks energiaks.

5) Esimeste loomade väljumine rannalähedastest madalikest, samuti järvedest ja jõgedest. Need loomad õppisid omandama vajaliku hapnikku «toorelt» — nähtus, mis meie planeedil leidis aset umbes nelisada miljonit aastat tagasi, paljudel teistel planeetidel aga võib-olla märksa hiljem. Mõned nendest algelistest loomadest, kes ronisid või potsatasid kaldale, olid putukate eelkäijad, mõned kaasaegete konnade eelkäijad või muud varased kahe-

paiksed. Veepinna all said primitiivsed taimed ja loomad hapnikku, mis põletab ja ehitab, «lahjendatud» annustes. Nad leidsid seda lainetest või pinnavirvendusest, kuhu see sattus vee kohal olevast õhust. Kontsentreeritud hapniku sissehingamine kuival maal oli üheks suurema tähtsusega saavutuseks varasel ajajärgul.

Spetsialiseeritud hingamisaparaat arenes mitut moodi. Näiteks meie, kõrgemad imetajad, loobusime ammu esiivanematelt päritud lõpustest ja arendasime nende asemel välja lõõtsamehhanismi (kopsud), mis on varustatud pillikeeltega (häälepaeltega). Lisaks hapniku ja süsihappegaasi ringlusele võimaldab see vestelda ja laulda. Teiste sõnadega, vajaliku hapniku sissehingamise ja soovimatu süsihappegaasi väljahingamise efektiivse aparadi arenmisel osutus õnnelikuks kõrvalsaaduseks peene ehitusega vokaalne sidepidamisvahend. Tänu sellele ei tarvitse me teadete edasiandmisel üksteisele tundlaid keerutada, nagu teevad sipelgad, või tagakeha võngutada, nagu mesilased.

6) Putukate tiibade «leiutamine», s. t. nende kiire mutatsiooniline arenemine. Need jätked, mille tõttu võimas putukate klass on muutunud nii domineerivaks (miljonid liigid, triljonid isendid) ja planeedi elus mitmeti väga tähtsaks, ei tekkinud olemasolevate jätkete pikaldase ümberkohanemise tulemusena vastavalt uuele rakendusviisile. Lendavate imetajate (nahkhiirte) ja lendavate neoreptiilide (lindude) tiivad tekkisid esijäsemete adaptatsiooni tulemusena. Putukad seevastu said tiivad ilma tavalisi jäsemeid ohvriks toomata. Nende tiivad on midagi täiesti uut ja eriotstarbelist ning kasutatavad osaliselt päästevahendina. Paljude putukaseltside säilimine paleozoikumist tänapäevani on kahtlemata seletatav asjaoluga, et nad vältisid mitmeid maapealse elu karisid. Maa peal joostes, roomates või end peites poleks nad nii lihtsalt õgijate käest pääsenud. Need primitiivsed putukad, kes vajaduse korral võisid õhku tõusta ammu enne seda, kui ilmusid gaasilises keskkonnas liikuda oskavad linnud — nood varased tiivulised putukad pidasid vastu tähtsale liikide säilimise proovile, nad lasksid jalga! Nende päästemehhanism oli tõepoolest uudne ja hästi kavandatud.

Võiksime veel loetleda muidki tähtsaid sündmusi. nagu meie, perekonda *Hominidae* kuuluvate esivanemate puu otsast allalaskumine, tule kasutusele võtmine, liikumise-

ja gravitatsiooniseaduste avastamine. Kuid mõned neist, nagu näiteks putukate tiivad, võivad osutada liiga lokaalseks nähtuseks, et neid siduda universumi suurte hetkedega. Enamik eespool loetletud nähtustest on ilmselt järkjärgulised muudatused, mitte aga äkilised ühekordsed sündmused. Tegelikult oleks vahest parem kasutada sõna «epohh» või «ajastu» sõna «hetk» asemel.

Muide, kui kosmose osaline tunnetamine ja kirjeldamine moodustab ise kosmograafia osa ning on oluline kosmose kui terviku skeemis, siis tähistavad ka suured mutatsioonid primaatide ajukoos ülimaid hetki. Samuti on lugu ratta leiutamise, arvutusmeetodite loomise ja alateadvuse avastamisega. Kuid jätkem kõrvale need antropotsentristlikud kaalutlused ning pöördugem tagasi tähtede ja organismide ilmumise juurde.

ORGANISMIDE TEKKIMISEST

Lihtsast väitest, et ilmselt tekib elu planeedi pinnal vältimatult, kui selleks on kohased tingimused, s. t. kui on olemas protoplasma moodustamiseks vajalikud keemilised ühendid, kui planeedi mass, temperatuur ja liikumine vastavad nõuetele ning valitseb soodne ilmastik — sellest lihtsast väitest ei piisa. Sellega, et biokeemiline areng on loomulik ja paratamatu, pole veel kõik öeldud. Edasi peaksime jutustama, kuidas tekivad looduses isepaljunevad molekulühendid, ning esitama üksikasjaliselt mõned etapid protsessist, mis on elamiseks nimetatava nähtuse olemuseks.

Elu tekke probleemidel on «palav» ajalugu. Tänu asjatundmatutele katsetustele ja katsetajate valmisolekule teha tõtlikke naiivseid järeldusi, püsis sajandeid tees, mille kohaselt madalamad eluvormid võivad iseenesest tekkida mustusest. Pasteuri tööd aitasid seda eksiõpetust kummutada. Mõnda aega astusid Pasteuri ja tema kaastöötajate vastu välja paljud teadlased-kriitikud. Kuid kõige ägedamat vastupanu teaduse võidukäigule elu päritolu salapärasuse hävitamisel osutasid religiooni kantsid, mida vapralt kaitsesid mõök ja talaar. Peeti vääramatuks tõeks, et kuigi inimene võib oma laboratooriumides valmistada sulameid, mida looduses ei leidu, või aretada loomade ja taimede uusi hübriide ning luua riike, oli, on ja jääb ta alati võimetuks looma laboratooriumis elusaid bioloogilisi üksusi. Usuti, et inimene võib küll elu (nii nähtavat kui ka nähtamatut) hävitada, ent elu loomine arvati eranditult Kõigevägevama tarkades kätes olevat. Lahenduse otsimine elu päritolu probleemile tähendas keelatud alale tungimist. peaaegu et jumalateotust.

Niisiis pidi teadus, mida kitsendas dogma, asuma inimese biogeneesi uurimisele kaudselt, nimelt tundma õppides kõige lihtsamaid organisme ja elu loomust selle kün-

nisel. Ent juba üsna kaua aega tagasi lakkas dogmadele toetuv opositsioon olemast valitsevaks jõuks. Möödunud sajandil suurenes meie maailmatundmine sügavuti ja laiuti niisugusel määral, et vanaaegsed ennustused ei suutnud isegi uute «interpretatsioonide» abil kõige sellega toime tulla. Kahekümnenda sajandi biokeemikud ja mikrobioloogid hakkasid teostama vaatlusi ja edukaid katseid ning looma teooriaid elu tekkimise kohta, mis, nagu jutustavad settekivimid, oli eksisteerinud juba miljard aastat tagasi.

Oparini ja Haldane'i teedrajavad tööd

Ignoreerides maagiat ja öeldes lahti ebausust, sõandas J. B. S. Haldane näiteks 1928-ndal aastal avaldada kirjutise, milles ta juhtis tähelepanu tõenäolistele füüsikaliskemilistele tingimustele maapinnal Maa arengu varasel etapil ning nende sobivusele elusaine looduslikuks sünteesiks elutust. Tänapäeval levinud arvamuse kohaselt (mida küll kõik ei jaga) oli esialgne Maa atmosfäär vaba või peaaegu vaba puhtast gaasilises olekus hapnikust. Hapnik on aktiivne element ja ühineb igal võimalusel teiste temaga reageerivate aatomitega. H_2O (vee) ja SiO_2 (ränikivi) kujul on maa peal olnud alati palju hapnikku. Tegelikult moodustab hapnik poole maakoorest, üheksa kümnendikku ookeanidest, järvedest ja jõgedest ning ligemale veerandi praegusest atmosfäärist. Kuid varasel perioodil oli õhus vähe vaba hapnikku. Praegu Maa atmosfääris sisalduv tuhat triljonit tonni on suurel määral tekkinud viimase miljardi aasta jooksul taimestiku «hingamise» tulemusena. See on fotosünteesi kõrvalsaadus, millele lisandub atmosfääri ülakihtides lühilainelise päikesekiirguse toimel dissotsieeruvast veeaurust vabanev hapnik.

Esialguses atmosfääris domineeris veeaur koos süsihappegaasi, metaani ja ammoniaagi (NH_3) koosseisu kuuluva lämmastikuga. Kuigi metaan ja ammoniaak on nüüd praktiliselt Maa õhust kadunud, esinevad nad veel praegugi külma planeedi Jupiteri atmosfääris. Vaba lämmastik ja vaba hapnik moodustavad peaaegu üheksakümmend üheksa protsenti praegusest atmosfäärist, kuna esialgu ülekaalus olnud veeaur kondenseerus planeedi jahtudes ookeanideks, järvedeks ja pinnaseniiskuseks.

Atomaarse ja molekulaarse hapniku puudumine esialgses atmosfääris viitab muidugi sellele, et seal ei olnud ka osooni — kolmeaatomilist hapnikku. Osooni puudumisel pidi olema suur biogeneetiline tähtsus, kuna meie atmosfääri osoonibarjääri, mis asetseb umbes 35 kilomeetri kõrgusel ja kaitseb meid hävitava ultraviolettkiirguse eest, nondel ammumöödunud päevadel, kaks kuni neli miljardit aastat tagasi tõenäoliselt ei olnud. See kiht võis väga kauaks jääda õhukeseks ja lühilainelisele kiirgusele läbitavaks. Ta muutus tõeliselt efektiivseks alles siis, kui taimestiku fotosünteesi tulemusena oli veest ja süsihappegaasist vabanenud küllaldane hulk hapnikku.

Osoonikihi puudumise peamine tagajärg seisis nähtavasti selles, et Päikese lühilaineline ultraviolettkiirgus võis takistamatult kanda eriti tõhusalt energiat madalatesse veekogudesse (kui veeaurupilved ei seganud). Läbitungiv ultraviolettkiirgus oli kahtlemata üks kolmest või neljast energiaallikast, mis võtsid osa algelise elu tekitamisest klorofüllieelses staadiumis. Ülejäänute hulka kuulusid atmosfäärsed elektrilahendused (välk), radioaktiivsete ainete gammakiirgus ja võimalik, et ka maa sisemusest geisrite ja vulkaanide tegevuse tagajärjel väljuv soojus.

Nagu H. J. Muller jt. on näidanud, soodustab lühilaineline kiirgus ka bioloogilisi mutatsioone. Järelikult enne osoonikihi tekkimist võisid ultraviolettkiired tugevasti kiirendada ja mitmekesistada orgaanilise aine evolutsiooni. Nüüd on nende toime tõkestatud.

Haldane oma teedrajavas arutluses* maapealse elu tekkimiseks sobivate tingimuste kohta kirjutab, viidates lühilainelise kiirguse energiale:

«Niisiis, kui ultraviolettvalgus mõjub vee, süsihappegaasi ja ammoniaagi segule, tekivad väga mitmekesised orgaanilised ained, muuhulgas ka suhkrud ja ilmselt mõned valkude lähtematerialiks olevad ühendid. Seda demonstreerisid laboratooriumis Baly ja tema kolleegid Liverpoolis. Praegustes tingimustes need ained omapead jäetuna laguneksid, see tähendab, mikroorganismid hävitaksid nad. Kuid enne elu tekkimist pidid nad akumuleeruma niikaua, kuni esialgsed ookeanid muutusid koosti-

* J. B. S. Haldane, *Science and Life*. London, 1928.

selt kuuma supileeme sarnasteks. Tänapäeval peavad organismid toidu hankimisel lootma heale õnnele, oma osavusele või tugevusele. Elu teerajajad leidsid külluses toitu ning neil polnud ühtegi võistlejat võitluses olemasolu eest. Kuna esialgne atmosfäär sisaldas vähe hapnikku või ei leidunud teda seal üldse, pidid esmased organismid kasvuks vajalikku energiat saama mitte oksüdatsioon, vaid mingisuguse muu protsessi teel, milleks osutus käärimine. Sest, nagu ütles Pasteur, käärimine on elu ilma hapnikuta.»

Sõltumatult Haldane'ist mõtiskles elu päritolu üle ka nõukogude teadlane A. J. Oparin, keda samuti ei takistanud religioossed eelarvamused. Juba 1923. a. ilmus temalt vene keeles esialgu brošüür ning 13 aastat hiljem raamat «Elu tekkimisest», mis nüüd on muutunud klassikaliseks teoseks. Oparini raamatu ingliskeelse tõlke teisele trükile kirjutatud S. Morgulise 18-leheküljeline sissejuhatus on juba iseenesest tähtis panus sel alal. Pärast 1950. aastat, kui Oparini töö muutus laiemalt tuntuks, on tehtud mitmeid tähtsaid biogeneesi probleemidega seotud uurimusi. On hakatud tegelema fotosünteesi ja viiruste biokeemiaga. Võimsate elektronmikroskoopide abil analüüsitakse makromolekule. Märkimist väärivad näiteks Stanley Milleri eksperimentaalsed tööd dr. Harold Urey laboratooriumis Chicago ülikoolis. Miller uuris elektrilahenduse mõju (see pidi vastama ürgaegsele äikesele) gaasisegus, mis koostati, matkides oletatavat Maa atmosfääri algperioodil, ja mis sisaldas metaani, ammoniaaki, veeauru, vesinikku, ning sai aminohappeid ja muid orgaanilisi ühendeid. Nagu eespool mainitud, on aminohapped organismide kõige tähtsamad koostisosad. Neid katseid korraldati seejärel laiemas ulatuses Yale'i ülikooli laboratooriumis, Carnegie' instituudis Washingtonis ja Oak Ridge'is. See eksperiment muudetakse veelgi ulatuslikumaks, kuna selle lihtsa, kuigi tehniliselt raskesti korraldatava katse tulemusena oleme astunud tubli sammu vahemaal, mis eraldab vaieldamatult elutut vaieldamatult elusast. Milleri teadaanne elu aluseks olevate molekulühendite esimese sünteesi kohta on toodud leheküljel 118.

Oparini ja tema raamatu tõlkija mõtteid elu tekkimise kohta iseloomustavad kõige paremini mõned tabavad tsitaadid. Nad on tähendusrikkad igaühe jaoks, kes ähmasest minevikust otsib vastust kosmagoonia ühele põhi-

küsimusele. Kuna siin peab kasutama erialatermineid, võib lugeja mõned järgnevad tsitaadid soovi korral vahele jätta.

Biokeemik Oparin rõhutab eelkõige, et kaua aega valitsemunud arvamus, mille kohaselt hästi organiseeritud elu sai alguse üleloomulikus loomisaktis, on nüüd jäädavalt maha maetud. Ei saa ka väita, et elu on sama vana kui aine, nagu ei saa eitada elutu molekulaarse aine arengut. Astrofüüsikud lisaksid, et nii aatomid kui ka molekulid on samuti arenenud möödunud aegade jooksul ja arenevad tegelikult isegi praegu.

«Eeskätt tuleb kõige kategoorilisemalt tagasi lükata kõik katsed taaselustada vanu ettekujutusi elu spontaanse, äkilise tekkimise kohta. On vaja selgesti mõista, et ükskõik kui väike organism ka poleks ning kui elementaarsena ta esimesel pilgul ei näikski, on ta siiski lõpmatult komplitseeritum lihtsast orgaaniliste ainete lahusest. Tal on kindel, dünaamiliselt stabiilne organisatsioon, mis baseerub rangelt koordineeritud keemiliste reaktsioonide harmoonilisel kombinatsioonil. Selle organisatsiooni iseloomulikuks omaduseks on tema suur kohandatus kindlateks elufunktsioonideks, reaktsioonideks. Oleks mõttetu oodata niisuguse organisatsiooni juhuslikku tekkimist aatomite või molekulide «õnneliku» kombineerumise tulemusena või tänu mingite meile tundmatute välistingimuste mõjule.

Ent öeldust ei tarvitse teha järeldust, nagu oleks eluorganismi ja elutaaie vahel absoluutne, printsiipaalne erinevus. Igapäevane kogemus võimaldab meil eristada elusolendeid neid ümbritsevast elutalloodusest. Kuid kõik arvukad katsed avastada mingeid spetsiifilisi «elujõude», mis esineksid ainult organismides, on lõppenud alati täieliku nurjumisega. Seda näitab meile kogu bioloogia ajalugu XIX ja XX sajandil.

Kui see nii on, siis ei võinud elu eksisteerida alati. Eluorganismide niisuguste iseloomulike omaduste, nagu näiteks valkude kindla struktuuri, protoplasma asümmeetria, biokeemiliste reaktsioonide erakordse kiiruse ja koordineerituse, enese taastekitamise võime jne. tundmaõppimine näitab, et elu on materia olemasolu uus vorm, mis pidi paratamatult tekkima kui kindel etapp materia ajaloolises arengus.

Jäädes kogu aeg teaduslikult kindlaks tehtud faktide pinnale, oleme siin püüdnud anda pildi tollest materia evolutsioonist, mille tulemuseks oli elu tekkimine maa peal.» *

Kui Maa jahtus

Milline kolmest või enamast oletatavast planeetide tekemehhanismist meie süsteemi korral ka ei domineerinud, on vaevu kaheldav, et maakoor läbis sulaoleku staadiumi või vähemalt staadiumi, kus ta kivimid olid kuumad ja kuum oli kindlasti ka atmosfäär. Järelikult oli vesiniku, heeliumi jt. väikese aatomkaaluga gaaside haihtumine kosmilisse ruumi teatud perioodil intensiivsem kui tänapäeval, muidu aga kuulusid Maa keemilisse koostisse samad aatomid mis praegugi. Sedamööda, kuidas kivimid, ookeanid ja õhk andsid oma soojuse ära külmale tähtedevahelisele ruumile, hakkasid tekkima molekulühendid.

«Pole kahtlust, et vaadeldaval ajajärgul (eriti süsi-vesinike olemasolu algperioodil) olid füüsikalised tingimused maapinnal praegustest erinevad. Temperatuur oli palju kõrgem, atmosfääril oli erinev koostis, erinevad olid valgustustingimused ine. Kuid neis tingimustes ei leia me midagi ebatavalist ega salapärast. Vastupidi, need on meile enam-vähem hästi tuntud. Me võime neid endale kergesti ette kujutada ja suurel määral ka laboratooriumides taastekitada. Kuid siiski ei selgitanud, kuidas tekkis elu meie Maal. Ning see on ka mõistetav, sest väliste füüsikaliste tingimuste tundmine ei ole küllaldane elu päritolu probleemi lahendamiseks.

Tuleb arvestada ka nende ainete seesmisi keemilisi omadusi, millest moodustusid lõpuks elavad olendid. Nende ainete «käitumine» antud välistingimustes näitab meile tee, mida mööda on kulgenud orgaanilise aine evolutsioon. Niisugune probleemile lähenemine on õigustatud eriti sellepärast, et ainult evolutsiooniprotsessi alguses erinesid välised tingimused praegusel ajal meid ümbritsevatest looduslikest tingimustest. Esmase ookeani tekkimise hetkest olid orgaaniliste ainete eksisteerimise välistingimused nii sarnased praegustega, et

* А. И. Опарин, Возникновение жизни на земле (2-ое изд., Изд-во АН СССР, М.—Л., 1941, стр. 261). Edaspidi on kõik viited Oparini raamatule antud selle väljaande järgi. — Toim.

võime julgelt teha järeldusi keemiliste muundumiste käigu kohta selle põhjal, mida teame tänapäeval toimuvast.» (Oparin, lk. 100.)

«Niisiis, kui meie planeet oli sedavõrd jahtunud, et veeaur kondenseerus ja moodustas esmase kuuma vee ümbrise Maa ümber, sisaldas see vesi juba lahustunud orgaanilisi aineid, mille molekulide koosseisu kuulusid koos süsinikuga ka vesinik, hapnik ja lämmastik. Nendel orgaanilistel ainetel on tohutud võimalused keemilises mõttes. Seetõttu nad astusid mitmesugustesse keemilistesse reaktsioonidesse niihästi üksteisega kui ka vee elementidega. Nende reaktsioonide tulemusena tekkisid keerulised kõrgmolekulaarsed orgaanilised ühendid, mis sarnanesid tänapäeva loomade ja taimede organismide koostisosadega. Erijuhuna võisid nii tekkida ka bioloogilises mõttes kõige tähtsamad ühendid — valkudesarnased ained.» (Oparin, lk. 262—263.)

Juhtumused «kuumas leemes»

Nagu eespool märgitud, pole sugugi lihtne anda kõigiti rahuldavat elu definitsiooni. «Molekulide organisatsioonid, mis pidevalt taastekitavad oma organisatsioone» — see kõlab üsna tuimalt, isegi kui alla kriipsutada sõna «pidevalt taastekitama». Morgulis on üldse väljendi «elu tekkimine» vastu, kuna see vihjab mingile ühekordsele või äkilisele sündmusele — hüppele elutust pulbitseva elu juurde. Niisugune väide pole aga kindlasti korrektne. Morgulis soovitab Oparini raamatu tiitliks panna «Kuidas elu hakkas eksisteerima», kuid käesoleva kirjutise autor ei kasutaks siinkohal sõna «eksisteerima».

«Enamikule inimestest on «elu» samatähenduslik millegagi, mis roomab, ronib või vähemalt vingerdab, kui mitte hästi liigendatud jäsemete, siis igal juhul ajutiste protoplasmaeendite, virvekarvakeste või õrnade viburite abil. Võib-olla pole vaja elu piltlikult kujutada just väarikalt tammuva elevandi näol, ent vähikule võib tunduda mõeldamatuna, et ta võiks olla midagi vähemat kui mikroskoopiliste mõõtmetega ainurakne organism. Kuid ka kõige primitiivsemal ainuraksel organismil on rabavalt keeruline ehitus ja elutegevus ning ta on elu algstaadiumist eemaldunud miljoneid ja miljo-

neid aastaid kestnud arenemise teel. Võimalik, et see kõik algas, nagu Oparin meile nii veenvalt jutustab, oma paar miljardit aastat tagasi mikroskoopiliste mõõtmetega kolloidsüsteemides, mis eraldusid «kuumast leemest», kui kasutada Haldane'i kujukat võrdlust ürgookeani kohta.

Erinevalt mittespetsialistist teab bioloog, et taimset elu ei lahuta loomsest mingid demarkatsioonijooned, samuti nagu elusainet elutustki, kuna niisugune eristamine on puhttinglik ega vasta tegelikkusele.»*

«Elu tekkimine ei olnud sündmus, millele saaks omistada kindlat kohta või aega. See oli järkiärguline protsess, mis toimus Maa peal kujuteldamatult pika aja jooksul, protsess, milleks kulus võib-olla rohkem miljoneid aastaid kui elusolendite kõikide liikide arenemiseks. Oparini üheks suureks teeneks elu tekkimise teooria seisukohalt on see, et ta postuleeris kauakestvat keemilist evolutsiooni kui elu ilmuniseks vajalikku eeletappi. Võiks arvata, et see evolutsiooniprotsess läbis kolm erinevat keemilist faasi anorgaanilistest ühenditest orgaanilisteni ning edasi orgaanilistest biokeemilisteni.» (Morgulis, lk. VI—VII.)

«Nii kaua kui raku vaadeldakse elu ühikuna, jääb elu tekkimine paradoksiks. Ent nii nagu kunagi aatom keemias, on ka rakk bioloogias kaotanud viimse, jagamatu ühiku tähenduse. Selles mõttes on mõlemad, nii esialgne aatomi- kui ka esialgne rakuteooria igänenud. Raku, nagu «jagamatu» aatomitki peetakse nüüd kõrgelt organiseeritud kompleksseks süsteemiks, mis on ehitatud äärmiselt väikestest erinevatest osakestest. Väga kahtlane, kas on leitud ja kindlaks tehtud kõige viimased osakesed, millest koosneb elusaine, kuna paljud üksused on osutunud ise kõrgelt organiseerituks. Ent raku kui elusaine ühiku mõiste on koos jagamatu aatomi mõistega täiesti kõrvale heidetud.» (Morgulis, lk. XVI.)

«On mõeldav, et termodünaamiliselt kindlasuunaline keemiline evolutsioon võiks kulgeda lõpmatuseni, ilma et elütaolek muutuks elusaks. Alles siis, kui orgaaniline

* S. Morgulis, Fessõna A. I. Oparini raamatu ingliskeelsele väljaandele, New York, Dover Publications, 1953; lk. VII—VIII.

aine oli saavutanud kõrge organisatsiooniastme ja tema areng omandanud uued tendentsid vastavate koostisosade seostumise tõttu (kus ainsaks vahendajaks oli juhused), tekkis esmane elu kui looduse uus dimensioon — aine, mis pidevalt taastekitab iseenda organisatsiooni. Looduslik valik, mis reguleerib juhuslikke muudatusi, on suunanud evolutsiooni neile arvukaile radadele, mida mööda elusolendid on vastupandamatult kulgenud.» (Morgulis, lk. XXII.)

Elutust elusani

Kui hetkeks hüljata füüsika ranged nõuded, võime väita, et universum on mitmedimensiooniline, mitte lihtsalt ruumi ja aja süsteem. Üks võimalik dimensioon, kus saaksid kehtida uued, täiendavad loodusseadused, on teadvus, teine — elu. Viimases sisalduvad biokeemilised vahekorrad on kahtlemata keerulisemad kui hariliku, aegruumi maailma seadustele vastavad seosed. Oparin viitab uutele omadustele, mis on ilmsiks tulnud biokeemilises evolutsioonis, uutele kolloidkeemia seaduspärasustele, millele on allutatud lihtsamad orgaanilise keemia relatsioonid. Need uued omadused on vihjeks, võtmeks ja väljakutseks. Nad võivad viia elu niisuguse kirjelduse ja definitsiooni juurde, mis rahuldab keemikut, bioloogit ning võib-olla isegi filosoofi.

«See lühike ülevaade näitab, kuidas toimus orgaaniliste ainete järkjärguline arenemine, kuidas aine esialgu lihtsatele ja elementaarsetele omadustele liitusid üha uued ja uued omadused, mis allusid juba kõrgemat järku seaduspärasustele. Alguses tekkisid orgaaniliste ainete lihtsad lahused, mille käitumise määrasid neid moodustavad aatomid ning viimaste asetus molekulstruktuurides. Kuid aegapidi, molekulide kasvamise ja keerukamaks muutumise tagajärjel tekkisid uued omadused ning lihtsamatele orgaanilise keemia seostele lisandusid uued kolloidkeemia seaduspärasused. Neid uusi omadusi määrasid juba molekulide ruumiline paigutus. Ent isegi neist seaduspärasustest ei piisanud veel esmaste elusolendite ilmumiseks. Selleks pidid kolloidsüsteemid evolutsiooniprotsessis omandama veel kõrgemat järku omadusi, mis võimaldanuks neil saavutada

järgmist aine organisatsiooni faasi. Siin tõusid muutusprotsessis esiplaanile juba bioloogilised seaduspärasused. «Võistlus» kasvu kiiruses ja looduslik seleksioon löid niisuguse aine organisatsioonivormi, mis on iseloomulik kaasaegsetele elusolenditele.» (Oparin, lk. 264.)

«Elu tekkimine oli üleminek orgaaniliselt keemialt bioloogilisele, elutaainelt elusale, surnud looduselt elava looduse valdkonda. Kuid mis on elu? Kas see on orgaanilise aine mõni uus omadus, mis on tekkinud evolutsiooni käigus, või midagi seesugust, mis tulenes orgaanilise aine enda organisatsioonist? Ärritavus, liikuvus, kasvamine, paljunemisvõime — kõik need omadused aitavad meil eristada elavat organismi surnust, kuid on küsitav, kas nad on esmase elu fundamentaalsed tunnused. On küllalt põhjust arvata, et teatud perioodi Maa arenguloos iseloomustab täielik steriilsus, s. o. organismide puudumine. Järelikult elavate süsteemide fundamentaalne omadus või omadused pidid tekkima äärmiselt komplitseeritud valgutaolistes makromolekulides, mis eelnesid rakuliste organismide ilmunisele.

Nukleiinhapet sisaldavad valkained on ainsad niisuguste organismide koostisosad, millel teatavasti on võime kasvada ja paljuneda kas otsese pooldumise või jagunemise teel. Ent omaette võetuna ei saa need valgud kui orgaanilised ühendid kasvada ega paljuneda. Nii viirused kui ka geenid, mis kujutavad endast nukleoproteiidseid süsteeme, võivad poolduda või jaguneda ainult vastava raku või tuuma sees. Tekib küsimus, kas need nukleoproteiidid on elavad või elatud süsteemid, kui lähtuda ainult nende reprodutseerimisvõimest?» (Morgulis, lk. XI.)

Osutub, et ka elu eelrakulise faasi kohta on mõnevõrra kehtiv darvinistlik evolutsiooniprintsiip: kõige paremini kohanenud jäävad ellu niihästi taimede, inimeste ja loomade maailmas kui ka mikrokosmoses.

«Looduslik valik on ammuagi hävitanud ja maapinnalt minema pühkinud kõik primaarsete kolloidsüsteemide ja lihtsaimate elusolendite organisatsiooni vahepealsed vormid. Kõikjal, kus välistingimused on soodsad elu arenguks, võime leida loendamatul arvul väljaarenenud,

kõrgesti organiseeritud elusolendeid. Kui praegu nendes tingimustes orgaaniline aine kuskil tekiks, ei saaks ta kuigi kaua areneda, kuna ta õgitaks ja hävitaks kiiresti maal, vees ja õhus elutsevate mikroorganismide poolt. Sellepärast ei ole meil praegu võimalik vahetult jälgida orgaanilise aine evolutsiooniprotsessi, elu tärkamise protsessi, mida eespool oleme kirjeldanud. Tohtu pikad ajavahemikud, mis on vajalikud selle protsessi üksikuteks etappideks, teevad võimatuks tema reprodutseerimise laboratoorsetes tingimustes sellisena, nagu ta toimus looduses.» (Oparin, lk. 264.)

«Maa peal valitsevad tingimused on viimase paari miljardi aasta jooksul nii radikaalselt muutunud, et biogenees ei tarvitse enam võimalikuks osutada. Ent ka siis, kui biogenees toimuks käesoleval ajal, hävitaksid loendamatud Maad asustavad röövorganismid, nagu rõhutab Oparin, kiiresti need biogeneesi saadused.» (Morgulis, lk. X.)

Oparini raamatu viimane lõik sisaldab ettevaatuse noodi liiga varajase võidu pühitsemise suhtes, kuid ühtlasi ka veendumuse, et eesmärk on saavutatav.

«Meie ees on kolossaalne ülesanne uurida siin skitseeritud evolutsiooniprotsessi iga üksikut astet. Me peame süvenema valkainete omadustesse, peame tundma õppima kolloidsete orgaaniliste moodustiste, fermentide ja protoplasmast koosnevate organisatsioonide struktuuri jne. See on raske ja pikk tee, kuid kahtlemata viib ta meid elu loomuse lõpliku tunnetamiseni. Elusolendite kunstlik tekitamine, süntees on küll väga kauge, kuid täiesti saavutatav siht sellel teel.» (Oparin, lk. 265.)

Teooria katseline kontroll

Eespool mainitud Stanley Milleri töö ajaloolise tähtsuse tõttu esitan siin tema ettekande täieliku resümee.* Äärmiselt spetsiaalsed detailid ja terminoloogia annavad lugejale ettekujutuse elusorganismide tekke probleemidega seotud biokeemiaalaste uuringute keerukusest ja raskustest.

* S. Miller, Journal of the American Chemical Society, 77, 2351 (1955).

«Gaaside CH_4 , NH_3 , H_2O ja H_2 segus, millest arvatavasti koosnes Maa atmosfäär selle arengu algstaadiumil, teostati sädelahendusi ja vaipseid elektrilahendusi nädalapikkuste ajavahemike jooksul, et kindlaks teha, mis-sugused orgaanilised ühendid seejuures tekivad. On ära toodud mõned aparatuuri skeemid ja konstruktsiooni põhimõtted. Gaasisegu analüüsimisel pärast eksperimenti avastati CO , CO_2 , N_2 ja lähtegaasid. Moodustused punast värvi ühendid, mis nähtavasti on seotud metallide jälgedega, ning samuti kollased ühendid, tõenäoliselt polümeerid, millel on happelised, aluselised ja amfoteersed omadused. Ioonvahetusvaikude abil eraldati ühendite segu happelisteks, aluselisteks ja amfoteerseteks fraktsioonideks. Aminohapped kromatografeeriti adsorbendil «Dowex-50» ning happed ränihapendigeelil. Glüt-siin, *d*, *l*-alaniin, β -alaniin, sarkosiin, *d*, *l*- α -amino-võihape ja α -amino-isovõihape identifitseeriti paberkromatograafia meetodil ning nende derivaatide sulamistäppide määramise teel. Suurtes kogustes tekkis mitmesuguseid identifitseerimata aminohappeid ning vähesel hulgal umbes 25 aminohapet, kusjuures happelise fraktsiooni peamise osa moodustasid glükoolhape, *d*, *l*-piimhape, sipelghape, äädikhape ja propioonhape. On antud kvantitatiivsed hinnangud nende ühendite kohta ja näidatud tundmatu koostisega polühüdrosü-ühendite olemasolu. HCN ja aldehüüdid on elektrilahenduse otsesed produktid. Kuigi puuduvad piisavad tõendid, võis hüdroksü- ja aminohapete süntees toimuda lahuses sisalduvate hüdroksü- ning aminonitritite kaudu. Lühidalt on käsitletud nende eksperimentide seost Maa moodustumise ja elu tekkimise probleemidega.»

Esitan siin mõned katked Milleri ettevaatlikust analüüsist oma katsete tulemuste kohta. Need katsed näitavad, mis võis juhtuda mõnetuhanda miljoni aasta eest.

«Kui nendes katsetes on mingil määral õnnestunud reprodutseerida Maa taandavat atmosfääri, siis näeme, et orgaaniliste ühendite tekkimine polnud üksnes lihtne protsess, vaid et enamik süsinikku Maa pinnal pidi sisalduma ookeanides lahustunud orgaanilistes ühendites.

Need mõtted on muidugi ainult oletused, kuna me ei tea, kas maakeral oli taandav atmosfäär, kui ta tekkis. Enamik geoloogilisi tähiseid on möödunud nelja või viie miljardi aasta jooksul muutunud, nii et mingit otsest tõendit siiani pole leitud. Ent esitatud katsetulemused toetavad väidet, et Maal oli taandav atmosfäär. Kui õnnestub näidata, et orgaanilised ühendid, millest koosnevad elussüsteemid, ei saa sünteesuda oksüdeerivas atmosfääris, ning kui õnnestub näidata, et need orgaanilised ühendid võivad sünteesuda just taandavas atmosfääris, siis jõuame ühesele järeldusele, et Maal oli tema arengu algetappidel tõepoolest taandav atmosfäär. Elu tekkis nende orgaaniliste ühendite merest, mis moodustusid, kui maal oli niisugune atmosfäär. Selle väite kohaselt on elu tekkimiseks vajalik eeskätt paljude orgaaniliste ühendite olemasolu, mis sarnaneksid nondega, millest moodustus esimene organism...

See põhjendus koos temast sõltumatu argumendiga vesiniku küllusest universumis annab oletusele taandava atmosfääri olemasolust küllalt kindla tagapõhja, mistõttu seda tuleks arvestada edaspidistes diskussioonides nii Maa kujunemise kui ka elu tekkimise kohta.»

Milleri tööde ülimalt tähtsast edasiarendamisest orgaaniliste ühendite — elusorganismide eelkäijate sünteesialal on saanud teade Philip H. Abelsonilt Carnegie' instituudi geofüüsika laboratooriumist Washingtonis. Koostades hüpoteetilisi «ürgatmosfääre», katsetas Abelson Milleri poolt kasutatud metaani, ammoniaagi, veeauru ja vesiniku segu asemel ka teiste segudega. Kuid alati sünteesusid aminohapped. Ta asendas näiteks ammoniaagi edukalt lämmastikuga ja metaani vingugaasi ning süsihappegaasiga, mida pidid külluses eritama algperioodi vulkaanid. Siinkohal esitame Abelsoni kokkuvõtte tema sõnumist: *

«Matkides atmosfäärseid tingimusi, mis pidid valitsema Maa ajaloo varasel perioodil, on mitmesuguste segude kasutamisega sünteesitud niisuguseid aminohappeid, nagualaniin, β -alaniin, glütsiin ja sarkosiin. Erinevate gaaside kombinatsioonides, nagu

* Ph. H. Abelson, Science, November 9 (1956).

$\text{CO}_2 - \text{N}_2 - \text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}$, $\text{CO} - \text{N}_2 - \text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}$,
 $\text{CO}_2 - \text{NH}_3 - \text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}$, toimunud elektrilahenduste
mõjul tekkisid alati aminohapped. See kinnitab S. Mil-
leri katset $\text{CH}_4 - \text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ seguga.»

Võiks nimetada mitmeid muidki viimasel ajal füsioloogia-, keemia- ja virusoloogialaboratooriumides tehtud töid, samuti varasemaid teravmeelseid arutlusi elu tekke kohta, kuid eespool toodud tsitaadid ja argumentatsioon peaks piisavalt näitama, et biogenees ei kuulu enam ähmaste uurimisobjektide valdkonda. Makromolekulide evolutsioon on loomulik ja seejuures aktiivne protsess. Selle kohta ütles dr. George Wald: andke vaid õigetele molekulidele sobivates tingimustes võimalused — edasi saavad nad juba ilma teie abita hakkama.

MISSUGUNE PEAKS OLEMA INIMESE REAGEERIMINE?

Kosmiline draama, mis meie ees keemialaboratooriumides ning astro-geo-biofüüsikaliste uuringute kaudu ka looduses ja tähetornides lahti rullub, äratav kasvavat huvi selle uuriva olendi «närviparatuuri» vastu, tahet aru saada, kuidas inimhõimustus juhib sihile või viib eksiteele, mille poolest see erineb teiste loomade mõistusest. Viimases peatükis käsitleme lühidalt loomariigi esindajate tunnetusorganeid. Samuti vaatleme mõningaid inimkonda ähvardavaid tulevikuohte ning küsime, kuidas peaks inimene mõistlikult reageerima kõigele, mida ta juba teab. Sellele küsimusele peaksid õigupoolest vastama nii elukutselised filosoofid, teoloogid ja humanistid kui ka mõtlejad laiad hulgad. Just viimaste seisukoht on kõige olulisem.

Autor tahaks siinkohal veel kord rõhutada, et tõelise teadlase ülesandeks on saada faktilisi andmeid ning neid nii hästi kui võimalik seletada. Nende andmete analüüsi põhjal võivad teised luua filosoofilisi süsteeme ja soovi korral esitada uusi programme ning eesmärke.

Juhindudes jälle selle raamatu alapealkirjast, vaadeldes, kas saab kirjeldada inimese reaktsiooni viimasel ajal ilmsiks tulnud kosmosefaktidele või vähemalt esile tõsta teatud tüüpilist reageerimist.

Esimeseks reaktsiooniks niisuguste tähti, ruumi, aega ja inimest puudutavate faktidega tutvumisel, millest siin juttu oli, on tõenäoliselt hämmeldus ja umbusk, millele järgneb soov mitte midagi sellistest asjadest enam kuulda. «Nad viivad liialt segadusse, meil on aga oma elugagi küllalt tegemist.»

Niisugune reageerimine on küll tavaline, kuid õnneks sageli vaid ajutine. Sellele järgnevad üldiselt uudishimu, üllatus, taanduvad kahtlused, mis asenduvad sügava aukartuse ja imetlusega. Sellel teisel etapil esitavad küsi-

musi need, kes tahavad tungida lihtsatest faktidest kaugemale.

«Mida see tähendab minu enda tähtsuse seisukohalt maailmas?»

«Mis tähtsus on sel valitsevate usuvoolude suhtes?»

«Miks peaksime end kohandama teadusega (millel endalgi on kitsaskohti), kui taganemisel tormiliselt teaduserindelt ebausku või ükskõiksusse jääb meile siiski alles meie erutav elu ning mõned lohutavad müüdid?»

Kolmas aste inimese reageerimisel universumi häälele on, nagu ma loodan ja usun, täiesti mõistuslik. See on arukas niivõrd, kui seda võimaldavad meie keskpärased meeleanalüüsiorganid ja vaimsed võimed. Me hakkame mõtlema julgeid mõtteid ja esitama raskeid küsimusi, püüdes leida vähemalt osalisigi vastuseid, niisuguseid, nagu siin esitasime.

Arenemine arusaamise kaudu

Korrates varasemat järeldust peame mõnna, et oleme parandamatult keskpärased. Meil on primitiivsed meeleelundid. Oma tähe abiga oleme aeglaselt arenenud imetevast arhaikumi mudast, kus leidsid aset nii paljud bioloogilised «eksperimendid». Me oleme tekkinud ürgsest «kuumast leemest», millest arenesid ka sinilinnud ja roosid ning miljonid teised, meile vähem meeldivad, kuid ometi imeväärset konstrueeritud organismid. Siitpeale peame elama teadlikena nendest kosmilistest faktidest ja oma põlvnemisest, hoolimata sellest, kui häirivad need teadmised rangete usuliste tõekspidamiste seisukohalt ka poleks. Juba sadakond aastat oleme ähmaselt teadlikud oma vahetutest antropoidsetest esivanematest hoopis vähem veenva materjali põhjal, kui meil praegu käepärast on. Meile on aeg-ajalt tõtt räägitud ka tähtedest ja elust, kuid enamasti ei kuula me tähelepanelikult ega tee praktilisi järeldusi.

Kosmose grandioossus, avaldugu see ruumis ja ajas või temas kätetud perspektiivides ja ideedes, ei tohiks meid, paikseid otsisklejaid ja tõlgitsejaid, siiski ära kohutada. Meie loomulikus arenguprotsessis arusaamise kaudu võistleb iga tänane päev eilsega. Õnneks on see võistlus, see püüdlemine ja otsimine meisse sügavalt juurdunud,

toimub valdavas osas automaatselt. Meie järgnevate päevade võistlus eelnenutega on iseenesest mõistetav. Kui võitleme loomuliku tagasimineku vastu, mis sageli johtub paigaltammuvast kuulekusest, siis jätkub meie areng koos tiirlevate planeetide ja kiirgavate päikestega. Me areneme loomulikult aja jooksul nagu loomad ja taimedki. Nemadki püüavad kohanedes ja täiustudes säilida ja areneda. Ent nende evolutsiooni tempo on sageli veel aeglasem meie omast. Ometi on meiegi, inimlaste (hominiidide) evolutsioon kulgenud pika tüütu rännakuna läbi kainozoikumi.

Kuid see automaatne, aeglane, vaevumärgatav ja kõhklev tõus ei rahulda meid enam, kuna oleme nüüd küllalt taibukad ja üht-teist juba teame. Me võime teadlikult kiirendada oma arengut. See ei tähenda suuruse, tugevuse või eluea muutumist, vaid eeskätt nende omaduste kasvu, mis on seotud mõistusega, arengut, mis haarab kaasa ka need peened, täpselt defineerimata mõisted nagu süda ja hing. Seal peitubki meie kosmilise eetika tuum. Faktid näitavad selgesti, et oleme mitte üksnes võimelised kohanema kosmilise arengutendentsiga, vaid võibolla isegi välja töötama ning revideerima mõningaid loodusseadusi. Tõepoolest, iga päev võib ja peab konkureerima inimsoo kõikide eilsetega.

«Liigimälu»

Meil, kes me loeme, kirjutame ja mõtiskleme, on hooliga treenitud mõistus. Seda on treeninud raamatud, õpetajad ja meie endi pingutused. Niisuguse õpetamise tulemusena oleme omandanud mõned oskused. Me oskame füüsiliselt küllalt ohutult liigelda ja reageerime ümbritsevatele tingimustele arukalt ning teatud enesekindlusega. Kuid ilma õpetamiseta, mis algas mõned tunnid pärast sündi, ei käiks meie käsi nii hästi. Me oleme vajunud abi algusest peale, üha väheneval hulgal muidugi, kuid sellest hoolimata oleme jäänud sõltuvaks kogu elu jooksul. Meil ei ole selliseid instinkte (mida me omistame näiteks toakärbse- või sääsevastsetele, kelle eest keegi ei hoolitse), mis esimese nädala jooksul pärast sündi aitaksid meid ellu jääda, isegi juhul, kui füüsiliselt oleksime eluvõimelised. Mahajäetuna oskaksime instinktiivselt

ainult söögi järele karjuda. Tõepoolest, primitiivne teguviis! Hiljem õpetati meid osavamalt «karjuma», et toitu saada. See osavus saavutati treenimise tulemusena. Toakärbes aga näiteks sündis juba täielikult «treenituna». Ta kasutab elutoimingute planeerimisel ja teostamisel ning hädasohtudele reageerimisel niihästi iseenda närvi-ganglione kui ka — ning seda peamiselt — oma «liigi-mälu», midagi, mis meil peaaegu puudub.

Võib-olla on meie käitumises rohkem instinktiivset, kui me ise teamegi, ning võib-olla rohkem, kui tahaksime tunnistada, kuna oleme ju nii uhked oma haritud mõistuse võimete üle. Ent siiski on meil mitteinstinktiivse tegevuse osa instinktiivse kõrval suur, kärbestel aga väike. Seda võib väljendada ka teisiti: meie näiliselt isiklike otsustuste suhe otsustustesse, mis meie liigi (bioloogiline) kogemus on meisse jäädvustanud, on suursellepärast, et nii vähe on meisse jäädvustatud. Toakärbes teeb mõned oma otsused, kuid kasutab valdavalt tuhandete kärbsegeneratsioonide järk-järgult omandatud ja pikkamööda treenitud «mälu».

Arvestades kosmose avarust ja nigelat võimu olulise üle, mis loodus on andnud *homo sapiens*'ile, oleks kombekam rääkida vähem inimese üleolekust, vähem temast kui jumalate äravalitust. Sest võime küsida, kes olid äravalitud pool miljardit aastat kestnud paleozoikumi ja mesozoikumi jooksul, kui tuhanded imepärased loomaliigid pidasid Maa peal olemisvõitlust, inimest aga veel ei olnudki?

Need, kes pretendeerivad inimsoo erilisusele, ütlevad sageli, et inimese üleolek tuleneb tema «ajaloolisest meelest». Nad mõtlevad tõenäoliselt ajalugusid, mida on kirjutanud sellised autorid, nagu Gibbon, Parkman ja Toynbee. Või pisut sügavamalt järele mõeldes peavad nad silmas ka paari viimase aastatuhande jooksul loodud ja suusõnal edasiantud rahvaluulet. Kuid veelgi põhilisem kirjutamata ajalugu sisaldub emade üminal lausutud õpetussõnades oma vaevu reageerivatele imikutele. Nii kujundavad emad oma laste «ajaloolist meelt». Kuid mille poolest, peale hulga, erineb see näiteks varblaste sirtsutamisest oma poegadega või töölissipelgate tundlate hõõritamisest vastkoorunud noorsipelgate ees? Ning kas ei jutusta miljonite loomaliikide sundiv sugutung meile igavikku ulatuvast, salapärasest ajaloost? Kas pole see

jutustamisviis sügavam ja veenvam kui kõrgemate ja edevamate primaatide poolt koopaseintele kraabitud sümbolite või oktaavkaustadesse köidetud süstemaatilisemate kritselduste keel?

Maise inimese mõistuslik reageerimine välistegureile ei erine põhimõtteliselt teiste maapealsete organismide reageerimisest. Võimalik, et võrreldes seda maaväliste «kõrgeimate» aistimisvõimeliste organismide reaktsiooniga, pole meil põhjust uhkeldada.

Te võite vastu vaielda, väites, et ainult inimene tegutseb, tuginedes oma ajaloolisele kogemusele. Jällegi nonsens! Esiteks, ta ei tee seda kuigi hästi — ta jätkab mõtetute ning kasutute sõdade pidamist, tema käitumises on rohkem elajalikkust kui ingellikust. Näib, et ajalugu pole talle midagi õpetanud. Teiseks tegutseb ka enamik loomi, igaüks omamoodi, kogemusele tuginedes. Nii nimetatud kõige kõlblikumate ellujäämises avaldubki ju reageerimine organismi ajaloolisele kogemusele.

Ei ole paremat töökoda mõtete sepistamiseks inimese kohast keerukas maailmas kui õitsev aas, sulisev oja või spiraalne galaktika. On ju rohelised lehed «imikud», kes toituvad päikesekiirgusest. Üldisele gravitatsioonile vastavalt tõtlevad ojad uuristavad pinnast ja on madalaks uhtnud nüüd juba unustusse vajunud mäed, nagu kõrged Eel-Alpid või ürgse Apalatši aheliku. Aastakümnete vältel rahulikult unelevad sajatonnised vahtrapuud kuuluvad samasse maailma kui Andromeeda galaktikagi oma miljardite pulbitsevate tähtedega. Puu tunnetab Maa külgetõmmet vastavalt samadele seadustele, millele alluvad kerasparve tähedki. Veelgi enam, puu koosneb samasugustest keerulistest molekulühenditest nagu linnud tema okstel, nugalised juurtel ja teadlased, kes juurdlevad kõige selle üle.

Keerulises olukorras paistab silma lihtne tõsiasi: me peame end siduma kõigi teiste olenditega, kes võtavad osa elust, peame minema väljapoole elu piire ja end lahutamatult siduma massiivsete kaljude ning tormavate tuultega.

Muidugi on meil eesõigus kujutleda, et mõtleme ja oskame ennustada kõikide maapealste organismide eest minevikus, olevikus ja tulevikus, kõikide tähtede ja udukogude eest, kõikide põhientiteetide eest. Ent see oleks vaid üheks meie hallutsinatsioonidest, kui arvaksime end

välitsevat maailma ainult sellepärast, et oskame mõelda ning peaksime end kogu maailmale eeskujuks.*

See, kes on põhjalikult tundma õppinud ühiskondlikke putukaid, ei hoopleks inimese ühiskondliku teadlikkuse üleolekuga. Võib-olla muutuks ta tagasihoidlikumaks isegi inimaju üleoleku reklaamimisel, sest see loomaühiskondade uurija on näinud liiga palju imeväärsed. Ta on näinud, kuidas mesilane «tantsib» keeruliste geomeetrislike figuuride järgi, õpetades noormesilasi mett ja õietolmu koguma õie välimuse ja lõhna järgi ning seejuures vastavaid liigutusi tegema. Ta on olnud tunnistajaks paljude tibatillukeste putukate salapärasele oskusele keerulisi toiminguid sooritada. Isegi pealiskaudne vaatleja ei hoopleks niipalju inimese üleolekuga, kui tal poleks varuks harjumuspärast šabloonset väidet: «See on nende pime instinkt. Nad ei oska otsustusi teha. Nad ei mõtle. Neil pole isegi õiget aju.»

Üsna lühike analüüs kummutab selle harjumusliku väite, sõna «pime» on aga õigem kasutada niisuguse vaatleja enese kohta (ta peaks pigem ütleva «suurepärane» instinkt «pimedas» instinkti asemel!). Väide «nad ei mõtle» on alusetu ja ekslik oletus või siis see kitsendab sõna «mõtleva» tähendust. Rääkida «õigest ajast» tähendab

* Ent kas pole tõsi, et riidekoi jaoks on jumal hall, Suur Sööja, Igavene Õgija? Iiri poeet William Butler Yeats kirjutab: Ilmselt väidaksid rabakana, lootoslill või metskits, et jumal sarnaneb just nendega. Ta lisab:

«Kui läksin pisut edasi, tuul kõrvu paabulinna
sõnad tõi:
Kes tegi rohu, tegi ussid ja mulle kirjud
suled lõi?
See on üks hiigelpaabulind, ning meie üle
kogu öö
on tema raage saba lehvik kui tuhatsilmne
tähevöö.»

Yeats oleks võinud veel lisada:

«Siis lõpuks leidsin metsastunud
kuristiku eest,
kus inimusku ülistas hääl
pimediku seest:
On jumal läitnud tähed taeva, maailm on
tema troon.
Ta ise — inimkuju jäljend, ja mina —
ta tööde kroon!»

Mary Baker Eddy aga küsib tõsiselt: «Mis on sureliku jumal muud kui samuti surelik — ainult suurendatud kujul?»

dab hooletult nõustuda hüpoteesiga, mille kohaselt ainult kolbas sisalduv närvide kogum moodustab «õige aju».

Oletus, et ainult meie võime teha otsustusi, on samuti täiesti alusetu. Mis annab tunnistust mõtlemise või otsustuse puudumisest näiteks pesapaika valiva linnu või oma võrku ülesriputava ämbliku juures? Paljus aitab neid nende «liigimälu», kuid arukas kohanemine vahetult esilekerkivate olukordadega teeb üleiaänu. Meil, kõrge-
matel primaatidel on, vastupidi, pärilik pagas väike, kuid võime orienteeruda ebaharilikes tingimustes hästi arenenud. Siin on tegemist mõtlemise ja otsustamise erineva määra või intensiivsusega, mitte aga nende täiesti erinevate liikidega. Teatud omaduste ja oskuste poolest ei ületa me muid loomi. Meie võimed ei küüni igakord isegi nende võimete lähedale. On ka teisi omadusi ja oskusi, nagu näiteks lugemisoskus, mille poolest loomad jäävad meist kaugele maha. Erineval määral on kõikidele kõrgematele imetajatele omased meie voorused ja pahed, meie võimed ja saamatus.

Kõige selle moraal on: ärgem pidagem inimest liiga tähtsaks, isegi mitte tema asendi määramisel loomade ja taimede hulgas sellel kohalikul planeedil, seda enam aga tema võrdlemisel võimalike olenditega kuskil mujal tolles rikkalikult õnnistatud metagalaktikas.

Kuid ärgem väsitagem end inimese egotsentriliste narruste üle pahandades. Selle asemel et toda upsakat primaati kiruda, juhiksin lihtsalt tähelepanu «liigimälule», loomsete vormide enamiku kõige väärtuslikumale pärandile. Tahaksin samuti märkida edu, mida tuhanded loomaliigid on miljonite aastate jooksul saavutanud oma julgeoleku tagamisel meetoditega, mis meie jaoks on kadunud, kadunud nende loomade jaoks, kes oma elu säilitamiseks peavad abi otsima ema üminast, rahvamuistenditest või trükitud ajalooraamatutest.

Eespool toodud jäme hinnang nende kohta, kes kirjutavad ja loevad, valgustab ainult inimsoo asendi ühte külge bioloogilises maailmas. Inimene on seotud kõrge-
mate biokeemiliste protsessidega ja keeruliste närvi-
talitlustega, samuti aja ning ruumiga. Sõnal «orientatsioon» on mitu aspekti.

Meie piiratud meelelunditest

Eelmistes peatükkides oleme mitmel korral vihjanud, et aistimisvõimelised organismid kui biokeemilise evolutsiooni saadused peaksid olema tavaliseks nähteks universumis. Lähtudes üldistest kaalutlustest planeetide päritolu kohta ning keemiliste ühendite evolutsioonist jahtuva planeedi pinnal, järeldasime esiteks, et on olemas vähemalt sada miljonit kõrgelt arenenud elu asupaika, kusjuures tõenäoliselt ulatub see arv saja triljoni piiresse. Teiseks järeldasime, et ei ole mingit alust uskuda, nagu pooltel eluks sobivatel planeetidel poleks biokeemiline evolutsioon saavutanud samasugust või isegi kõrgemat taset kui meil. Niisiis, vastuseks ühele varasemale küsimusele oleme jõudnud otsusele, et *me ei ole maailmas üksi*. Seepärast peame ka oletama, et Kõigevägevamal (kas pole parem öelda — loodusel?), kes hoolitseb meie eest, on palju muudki teha. Kuid enne sedalaadi mõtiskluste juurde pöördumist tahaksin teha paar märkust tunnetusvahendite kohta. Seejuures võime jällegi kogeda, et öeldu õonestab üsna kasulikul kombel meie endast lugupidamist.

Loomulikult huvitab meid küsimus, kas võiksid mõned nendest kaugetest aistivatest organismidest, kes peesisklevad soodsa asendiga tähe valguses ja soojuses, meist ees olla maailma dünaamika tundmaõppimisel? Meie pole ju tegelikult kuigi kaugele jõudnud, kuna igast küljest piiravad meid asjad, mida me ei tunne, ja asjad, mis võibolla polegi tunnetatavad. Enamik meist teab ainult seda, mida loeme trükisõnast või kuuleme teistelt. Meie nägemis-kuulmismeel on parimad vahendid, et teada saada, mis ja kuidas. Meie silmad ja kõrvad — nendeta oleks maailm üsna veider! Kui meie silmad ja kõrvad oleksid täiuslikumad*, võinuksime täiendavate meeleorganite abiga saada maailmast hoopis täpsemaid teadmisi, kui meil on seni.

* Ent kui meie kõrvad oleksid äärmiselt tundlikud kõigi häälilaine pikkuste suhtes ning füüsikaseadused vastavas keskkonnas lubaksid, kas ei kuuleks me siis näiteks õhumolekulide omavahelisi põrkeid? Milline müra see oleks! Ja kohutavalt pidev! See võiks kergesti ületada kõik teised helid. Me ei kuuleks muusikat, hüüdeid, kõnet. Nii nagu suits ja udu varjutavad nägemist, piiraks kõrva võimeid molekulide «kolin».

Inimmõistuse tähtsaimaks abivahendiks nii mikro- kui ka makromaailma tunnetamisel on elektromagnetiline spekter sel kujul, nagu teda tänapäeval kasutatakse. Enamik teadmisi universumi kohta saime minevikus ainult ühe meeleorgani — nägemismeele kaudu. Ent meie silmad on tundlikud vaid ühe väikese lõigu suhtes pikast kiirgusspektrist — me näeme spektrit ainult violetsest värvusest punaseni, s. o. palju vähem kui kaks oktaavi. Ent enneolematult äkki oleme oma nägemisorganite tegevussfääri kunstlikult avardanud ja õppinud uurima loodust kiirguste abil, mille spektrid hõlmavad üle viiekümne oktaavi, alates kosmilistest kiirtest, kus esinevad lainepikkused suurusjärgus miljardik sentimeetrit, edasi gamma- ja röntgenikiired ning ultraviolettkiirgus kuni sinisest punaseni kulgeva nähtava valguse ribani; sealt edasi soojuskiirte, raadiolainete ning elektromagnetiliste laineteni, mille lainepikkusi mõõdetakse kilomeetrites. Me tunneme, mõõdame ja kasutame neid väljapoole värvustena tajutavat piirkonda jäävaid kiirgusi mitte otseselt silma võrkkesta abil, vaid kunstlike vahenditega — fotoplaatide, Geigeri loendajate ja fotorakkude n.-ö. «võrkkestade» abil.

Loomade silmad ja teised meeleelundid arenesid loomulikult kooskõlas olemasolu praktiliste vajadustega, mitte aga universumi olemuse ja tegevuse põhjalikuks uurimiseks. Olemasolu praktiliste vajaduste hulka ei kuulunud kuni viimase ajani «mittepraktiline» teadmistepõhine. Meie intellektuaalsed nõuded on kaasasündinud tunnetusorganitest ette jõudnud.

Osutub, et inimese nägemismeelele tajutav valgus violetsest punaseni katab spektri selle osa, kus päikesekiirgus on kõige intensiivsem. Tõepoolest, päikesekiirguse intensiivsus on väike niihästi lühilainelises röntgenikiirguse kui ka pikalainelises raadiokiirguse piirkonnas.

Kui mõnesugune planeet meie Päikesest kuumema ja seega sinakama tähe lähedal (nagu näiteks Riigel Orioni tähtkujus) on asustatud nägemisvõimeliste loomadega, siis viimased on arvatavasti meist tundlikumad spektri sinisemale osale vastava valguse suhtes. Jahedama ja punakama tähe lähedal (nagu Betelgeuse) peaksid nad tundlikumad olema punakama valguse suhtes. Muidugi pole Päike kollakas lihtsalt sellepärast, et paremini sobida meie visuaalse tundlikkusega! Vastupidi, näge-

mine arenes nii, et võisime vastu võtta meie tähe kõige intensiivsemat kiirgust.

Siinkohal tuleks alla kriipsutada tõsiasi, et inimesel ei ole kaasasündinud meeleelundeid, mis reageeriksid pika- või lühilainelisele kiirgusele (kui see on violetsest veel «violetsem»). Välja arvatud kitsas kiirgusspektri riba, on ta muu osa suhtes pime. Kui ta olnuks algusest peale varustatud meeltega, mis registreeriksid kõiki lainepikkusi, alates kalkidest röntgenikiirtest kuni pikalainelise raadiokiirguseni, võinuksid tema teadmised maailma kohta erineda tunduvalt nendest, mis ta on pikkamööda kujundanud oma piiratud nägemismeele kaudu. Seismilised lained, sädemeta elektrilahendused õhus, molekulide liikumine — need nähtused oleksid talle ammugi aabitsatõdedeks muutunud, kui tal olnuks vastav tajumismeel. Et toitu hankida, vaenlaste eest kõrvale põigelda või neid võita ja endale elukaaslane leida, selleks ei vajanud inimene päikesekiirgust, mille lainepikkused on samasugused nagu meie radioantennidesse tulevatel lainetelgi. Kuna Maa atmosfääris kujunenud osoonikiht tõkestas ultraviolettkiirte läbipääsu, ei olnud inimesel kui loomariigi esindajal ka mingit vajadust spektri lühilainelise osa järele. Alles Maa praegusel, psühhozoikumi ajastul on inimesel seoses maailma tundmaõppimisega tekkinud vajadus uute tundeelundite järele ja ta on loonud selleks kunstlikke vahendeid.

Isegi kui inimese head nägemismeelet täiendavad kuulmismeel, vilets haistmismeel ja kompimismeelte kompleks, jääb ta varustus siiski napiks, et toime tulla kõikide kosmose saladustega. Tegelikult on inimene kui teadmiste (ja seejuures sügavate teadmiste) poole pürgiv organism üsna primitiivne oma meelte poolest, kuigi mitte mõistuselt. (Meie kehaehituse algelisus on muidugi üldtunnustatud tõde.)

Rõhutaksin veel kord, et meie meeleorganite arv, vastuvõtlikkus ja tundlikkus on piiratud. Inimese iga aistingu retseptorit (välja arvatud vahest need, mille abil eristame värvitoone) ületavad ühe või teise looma omad. Küllil on parem nägemine, koeral — kuulmine, putukatel — haistmine. Mõnel tähel on tohutult tugevad magnetväljad; meie tähe magnetväli on aga nõrk, ja meil pole tekkinud mingeid retseptoreid magnetiliste aistingute jaoks.

Kuid meelte piiratus ning sellest johtuv ebaedu looduse paljude aspektide täielikul tunnetamisel võib osutada ainult kohalikuks puuduseks. Uute hinnangute tõttu tähtede arvu kohta ja miljonite kõrgelt arenenud eluga planeetide suure tõenäosuse tõttu oleme saanud teadlikuks, piinlikult teadlikuks sellest, et me oleme vahest intellektuaalses mõttes tibatillukesed olendid universumi elus. Seda ebameeldivat mõtet võiksin veel edasigi arendada, toonitades, et teisi planeete asustavatel kõrgematel aistimisvõimega organismidel võivad vabalt olla niisugused tunnetusorganid, mille omadusi me üldse ei tunne ning mida me tegelikult vaevu kujutlemegi, mis registreerivad niisuguseid nähtusi, millistest meil pole aimugi.

Mõnikord tekib kahtlus, et kas ka sellesama planeedi looma- ja taimeriigi esindajatel pole niisuguseid meeli, mida me iseendi juures ei ole avastanud. See ei avaldu mitte ainult kuulmise, nägemise või haistmise küündivuses, vaid hoopis erinevates reageeringutes. Näiteks mesilased ja sipelgad reageerivad polariseeritud valgusele (meie loomulikud meeleelundid ei erista polariseeritud valgust harilikust). Missuguseid välisimpulsse saavad linnud rännakul? Meie hulgas on ka neid, kes usuvad rudimentsete või embrüonaalsete meelte olemasollu, mis juhtivat inimese hinge.*

Alandlikkus tuleb loomulikis korras

Nende oletuste tõenäosusel pikemalt peatumata märkiksime vaid, et antropotsentrilised usuvoolud ja filosoofilised süsteemid, mis nii sageli on silmatorkavalt Maaga seotud olnud ning palju sekeldanud inimese mõistuse ja käitumisega, võiksid meie päevil kõrgemale tasemele tõusta, lülitades endasse äsja tundmaõpitud kosmose. Kui teoloogidel ongi võib-olla raske päris tõsiselt suhtuda meie rõhutatud väitesse, et inimese jumal on ühtlasi ka gravitatsiooni jumal ja vesinikuaatomite jumal, siis oleksid nad ehk vähemalt nõus kaaluma küsimust, kuivõrd mõistlik on inimesele omistatavaid intellektuaalseid või hingelisi võimalusi laiendada teistelegi kõrgematele

* Loomade meeleorganite oskuslikku analüüsi võib leida J. D. Carty raamatust «Animal Navigation» (London, 1956).

aistivatele olenditele, kes on arenenud kuskil muial müriaadidest galaktikatest koosnevas maailmas. Ühe planeedi jumaluse ideel pole minu jaoks isiklikult mingit veetlust.

Te võite öelda, et kõik see on vaid puhas spekulatsioon, ilma kindla tagapõhjata, ning et teie eelistate uskuda, arutleda ja jumalat austada teisiti. Ma vastaksin teile, et te võite toimida oma kalduvuste kohaselt, teid palutakse ainult kosmosefaktide üle tõsiselt järele mõelda. Lootkem, et kergendust ei paku mitte ainult lohutavad traditsioonid või põgenemine ebaküpsesse irratsionalismi. Uusi teadmisi saadakse paljudest allikatest, nagu katsed vaakuumtorudega, laiendatud kiirguste spekter, elektronmikroskoobid, eksperimendid põllukultuuridega, raadioteleskoobid, matemaatilised võrrandid, võimsad kiirendajad. Kõikide nende vahendite abil tehtud avastuste valgusel on paljud varasemad vaated maailmale vananenud. Uued tulemused ja teooria areng aitavad kujundada pilti suurepärasest maailmast. Sellest kõigest osa võtta on juba iseenesest suur au. Me oleme seotud oma kaasvendadega kaugetel planeetidel, loomade ja taimedega maal, õhus ja meres, kõigi planeedikoorikute kivimite ja vetega ning footonite ja aatomitega, millest koosnevad tähed. Kõige sellega ühendavad meid olemus ja areng, mis sisendavad lugupidamist ja sügavat aukartust. Me tunneme end paratamatult tühistena. Tõde otsivate filosoofide ja teadlastena oleme aga tänulikud nende müsteeriumide eest, mis veel mõistatamist ootavad.

Leidub neid, kes seda hoiakut oma filosoofiaks, oma usuks nimetaksid. Loodan, et nad ei nõustuks galaktikate juurest tagasi Maale taanduma, et neile on vastu-meelt hüljata kosmilisi sügavusi ja kosmilisi ajavahe-
mikke ning hakata tegelema ainult ühe orgaanilise vormiga ühel väikesel planeedil, mis asetseb kõige tavalisema tähe lähedal ühe galaktika serval. Oma pürgimises lõpliku tõe poole kõhkleksid nad taandumaks üksikule isoleeritud kohale. Kasvagu ja edenegu nende read!

Kas kala või inimene, selles on küsimus

Arvestades sellel planeedil saavutatud taset, on eksperiment protoplasmaga (nagu kõrvalseisja positsioonilt võiks elu nimetada) vaimustavaks näiteks looduse kee-

rukusest. Arvatavasti on meie keha ja vaim palju komp-
litseeritumad, märksa imepärasemad kui ise teamegi.
Kuigi inimlik kujutlusvõime on mitmekülgne, oleks tal
raske luua pilti sellest keerulisusest ja koordinaatsioonist,
mis valitseb kõige lihtsamal elusrakul. Samuti oleks
meie fantaasia kaugelt ületatud, kui tunneksime täielikult
üksiku molekuli südamikku tõelist mehhanismi. Kujutlus
jääb tegelikkusest kaugemale maha. Veel avastamatu, veel
tundmatu, kuid tunnetatav ületab niivõrd kõike, mida
teame, et ees ootab meid uurimiste ja avastuste väga
õnnelik tulevik.

Kuigi tarkus ja teadmised on piiratud, julgustab
meid seegi lihtsustatud ja ligikaudne maailmast aru-
saamine, milleni oleme jõudnud, maailmast, mis oleleb
praegu ja on olnud ammu. Oleme saanud julgust
kujutleda ja ennustada, missuguseks see maailm kujuneb.

Inimese mure iseenda kui indiviidi tuleviku pärast on
instinktiivne ja sageli väga tugev. Seda võiks väga hästi
vähendada. Statistilised andmed ju ennustavad tema elu-
päevade arvu. Inimese mure oma soo tuleviku pärast on
praegu väike, seda aga tasuks suurendada. Mulle näib, et
uurides, mis ootab inimkonda kauges-kauges tulevikus,
kui galaktikad on laiali hajunud, Kuu tuhmunud, mas-
siivsed mäed pidevate tuulte ja vihmade toimel ära
uhutud, pooldame me siiralt «kasvu», püüeldes mitte
niivõrd keha kui mõistuse kasvu poole, mitte nii-
võrd indiviidi kui inimesoo arengu poole.

Kuna tulevikuski peavad inimesed toetuma oma tai-
bule ja omandatud teadmistele ega saa lootma jääda
kaasasündinud «liigimälule» ning kuna nad on pidevas
jõukatsumises loodusega, mis sisaldab neid endid ohtlike
olenditena, tekib põnev küsimus: kumb pärib lõpuks Maa,
kas inimese vahvus või vagurus? Vaguruse näiteks valik-
sin kala. Kalad kasutavad peamiselt instinkte, mitte aga
kaalukaid aju otsmikusagaraid.

Kala või inimene, selles on küsimus. Kumb loomaliik
jääb kõige kindlamini püsima ka 10 000 aasta pärast ja
kumb langeb suurema tõenäosusega saatuse ning ruma-
luse ohvriks? Vastus on muidugi liigagi ilmne. Kalad on
eksisteerinud mitusada miljonit aastat, inimene vaid
mõned sajad tuhanded. Ookeanide soolsus, temperatuur
ja toiduvarud on küllalt stabiilsed, et lõpmata pika aja
jooksul tuhandete kalaliikide vajadusi rahuldada. On

raske kujutleda, kuidas selle loomadeklassi eluiga võiks lühendada planeeti täielikult purustamata või kõikide maailmamere planktonit mürgitamata. Kuid 10 000 aastat on inimesele päris pikk aeg. Tema kehaehitus ja ühiskondlikud kombes ei garanteeri talle ohutust.

Missugune tegur võiks teha lõpu inimsoole? Vaatleme inimsoo hukkumise võimalusi.

Vastuseis ellujäämisele

Ligemale kolm neljandikku maakoorest on ookeanide all, ülejäänud ulatub erinevatele kõrgustele üle veepinna. Kaldajooned alanevad ja tõusevad. Mäed tasanduvad tuulte ja vihma toimel ning kerkivad maakoore kurdmise tulemusena. Üldiselt aga näivad kontinendid geoloogiliste ajastute jooksul üsna stabiilsetena. Ekstrapoleerides seda tulevikule, võiksime nentida äärmist ebatõenäolisust selleks, et mered võiksid inimsoo ära uputada või et ta sureks veepuuduse tõttu janusse. «Kaardid ei näita» inimsoo hukkumist veepuuduse ega täielikult surmava põua läbi.

Vaatleme lähemalt küsimust inimsoo täielikust hävingust, kasutades nii teaduse objektiivseid andmeid kui ka spekulatsiooni. Vaatame, mil moel meie kui looduse (või kuradi!) käsilased võiksime sammuda inimkonna hukkumise poole. Kõigepealt seame ajalise piiri, mis poleks liiga lühike ega liiga pikk. On väga tõenäoline, et inimsoo eksisteerib veel 2064. aastal, ja vähe tõenäoline, et saja miljoni aasta pärast. Tõenäoliselt elab meie sugu veel tuhande aasta pärast, kuid pole kindel, kas teda on sada tuhat aastat hiljem.

Urime, missugune on tõenäosus, et inimene asustab maakera kümne tuhande aasta pärast. Enamik järgnevatest kaalutlustest baseerub teaduslikel tõdedel ning sisaldab vähe fantaasiat, ülejäänutes on aga paratamatult suur osa kujutlusel, kuna nende teaduslik tagapõhi pole seni piisav.

Alustame hävingu makroskoopilist laadi teguritest. Missugune on Maa kokkupõrke võimalus tähtedega? Tähed liiguvad väga juhuslikes suundades ning nende kiiruste keskmine meie lähemas ümbruses on umbes 35 kilomeetrit sekundis. Kui Maa või isegi Päike põrkaks

kokku mõnega nendest taevakehadest, oleks meie kannatustel kriips peal, kogu maapealne elutegevus lõpeks. Kuid tähed on üksteisest nii kaugel, et suhteliselt lühikese, kümnetuhande-aastase ajavahemiku jooksul ei tule põrked kõne allagi. Nagu näha, räägib tõenäosusteooria ülekaalukalt selle vastu, et tähed võiksid meile ohtlikuks saada.

Võtame selle pääsemisvõimaluse arvesse ja uurime edasi, kas Päike võiks niivõrd jahtuda, et me ära külmuksime, või plahvatada noovana ning planeedid tuhaks põletada. See on täiesti võimatu või vähemalt väga ebatõenäoline, kuna Päike on suhteliselt rahulik ja stabiilne täht, mille kiirus on püsinud muutumatuna paljude sadade miljonite aastate jooksul. Tema vesinikusisaldus on nii suur, et ta võib anda kiirusenergiat, mille allikaks on aatomite liitumine, miljon korda pikemaks ajaks kui vaadeldav intervall.

Niisiis on meie julgeolek Päikese ja tähtede poolt tagatud. Kas peaksime kartma häireid Maa orbitaalses liikumises, nagu sattumine Päikesele liiga lähedale või temast liiga kaugemale? Siingi on vastus eitav. Matemaatiline analüüs näitab, et niisuguste ajavahemike jooksul, nagu vaadeldav, on planeetide orbiidid täiesti stabiilsed. Maa liigub praktiliselt vaakuumis ligikaudu ringikujulisel teel ümber Päikese. Ei tema ööpäevane pöörlemine ega aastane tiirlemisperiood muutu märgatavalt selle kümne tuhande aasta jooksul. (Väikeste muutustega võiksim e muidugi kohaneda, nagu kohanesime jää tuleku ja minekuga, mis leidis aset viimase saja tuhande aasta jooksul põhjapoolkeral.)

Me juba mainisime mandrite ja ookeanide suhtelist püsivust. Maapealne elu on hästi kohandunud maa ja mere tõusude ning vajumistega viimase miljoni aasta jooksul. Seepärast ei osutu mägede ja rannajoonte aeglane nihkumine meile kümne tuhande aasta jooksul kuigivõrd ohtlikuks. Inimene on kindlasti suuteline ennetama liikuvat jääd ja laiuvaid kõrbi. Ja kuna ta seni on üsna kergesti üle elanud vulkaanide pursked, tormid ja üleujutused, suudab ta seda muidugi ka tulevikus, kui ta ei muutu just rumalamaks.

Võiks ju oletada, et atmosfäär mürgistub vulkaaniliste gaaside kontsentratsiooni suurenemise tõttu ja osutub lõpuks loomadele, kaasa arvatud inimene, hingamiskõlb-

matuks. Kuid seda pole möödunud viiesaja miljoni aasta jooksul juhtunud ning on täiesti ebatõenäoline, et võiks juhtuda järgmise kümne tuhande jooksul, kuna Maa vulkaaniline tegevus järk-järgult vaibub.

Maa atmosfääri mürgistumiseks interstellaarse gaasi ja tolmuaga on samuti väga vähe võimalusi kahel järgmisel põhjusel: esiteks koosneb interstellaarne gaas peamiselt mittemürgisest vesinikust ja heeliumist ja teiseks on ta kontsentratsioon nii väike, et meie oma atmosfäär varjab meid tema eest, nagu ta kaitseb meid ka tillukeste suure kiirusega liikuvate meteooride eest.

Senise arutluse tulemusi kokku võttes näeme, et inimese (ja teiste loomade) kadumise põhjusi maakeralt ei tule nähtavasti otsida tähtedest, tähtedevahelisest tolmust, Päikeselt tulevast kiirgusest või selle puudumisest. Maa kõrvalekaldumisest oma senisest orbiidist, surmavalt mõjuvatest kliimatilistest tingimustest ega maa, õhu või merede keemilisest koostisest.

Pöördume nüüd bioloogia valdkonda. Suured loomad ei ole meile enam ohtlikud, samuti muud taime- või loomaliigid. Me suudame toime tulla pisikute, viiruste ja muu sarnasega, vähemalt sel määral, et inimsugu elada saaks. Muidugi, midagi ülemaailmselt saatuslikku võib ju juhtuda, alates tähekatastroofist kuni valkainete infektsioonini, mis tabab meid kõikjal. Kuid tõenäosused niisugusteks õnnetusteks on väga väikesed: vähem kui üks miljondik astronoomiliseks katastroofiks, vähem kui üks tuhandik tõsisteks raskusteks kliima, vulkaanide, ülemaailmse uputuse või põua tõttu ja võib-olla vähem kui üks sajandik kogu planeeti haaravaks ravimatuks haiguseks.

(Isegi kui 99% maailma elanikkonnast langeks niisuguse katastroofi ohvriks, jääks veel üle kahekümne miljoni, kes Maa uuesti inimsooga üle külvaksid. Ka sel juhul ei õnnestuks inimkonda täielikult hävitada. Hävitada tsivilisatsiooni on üks asi — ja võib-olla see ei nõuagi liiga palju vaeva —, inimkonna täielik väljajuurimine aga hoopis teine ning tunduvalt raskem ülesanne.)

Näib, et inimkonnal on kõigiti soodsad väljavaated, pikaajaliselt garanteeritud julgeolek tähtede, kliima ja surmatoovate bakterite poolt. Kuid pidage! Ma pole veel nimetanud tõelist ohtu, see on aga lootusetult kurjakuu lutav, nagu tänapäeval igaüks möönma peab. See hädaoht on inimene ise. Ta on iseenda kõige kurjem vaenlane. Ta

loob vahendeid ja uurib meetodeid, mis võiksid lahendada üleskerkinud küsimuse — hävitada täielikult inimsugu planeedilt Maa.

Palju võiks kirjutada inimese enesehävitamise mitmesugustest moodustest ja sellest, mis on ette võetud kaitseks sünøe ohu vastu. Kuid need küsimused ei kuulu enam käesoleva kirjutise raamidesse. Küll aga peaks end nende eest vastutavana tundma igaüks, kes tahab õigustada meie liigi *homo* puhul nimetust *sapiens*.

Optimistlikult

Mulle näib, et seda esseed on sobiv lõpetada alandlikkuse ja lootuse, kuigi mitte suure enesekindluse vaimus. Meil on kindlasti põhjust olla tagasihoidlikud, arvestades tühiseid saavutusi kogu välismaailma tunnetamisel. Me teame küllaldaselt, et edasi elada, kuid samuti on lugu ka enamiku teiste loomadega. Me tuleme toime kõikide looduse poolt seatud algeliste takistustega. Edasi arenedes võiksime luua uusi, ilult ja ideedelt rikkaid maailmu. Meie hulk ja tegevus sisendavad aukartust, kuigi nad on piiratud üheainsa planeedi pinnaga või selle lähema ümbrusega.

Ma arvan, et inimõistus ja -süda võivad inimkonna ette kerkivatele ohtudele edukalt vastu astuda. Elamine sellel hästi kindlal planeedil on üldiselt üsna mõnus ning võib muutuda veelgi paremaks. Oleme pikendanud inimeste nii kasuliku elu kestust. Oleme loonud eetilised süsteemid, mis tagavad meile teatud rahulduse ja juløoleku, kuigi nende sagedane rikkumine meid tõsiselt häirib ja kohutab. Me teame, et tähtede seadused on ranged, et aja voolu ei saa ümber pöörata, et surm on sünge ega tunne erandeid. Ent isegi kõige selle juures võib valgus võita varju, kui tegutseme üksmeelselt koos. Kus puuduvad teadmised, tuleb appi kujutlusvõime. Meie, kõrgemad primaadid, oleme tunginud küllalt sügavale poolikute andmete abil kosmosest, et vajadust tunda ka teadusliku fantaasia järele, kui faktid pole veel küllaldased.

Minu isiklik arvamine on (või on see fantaasia?) et bioloogiline areng peaks toimuma organismide komplekseeritud täiuslikkuse, elu pikema kestuse ja parema kohandatuse suunas. Inimene kui pooleldi loom, pooleldi

ingel peab muidugi järgima biogeneetika üldisi seaduspärasusi, kuid ta on ka võimeline neis korrektiive tegema.

Ratsionaalsete elupraktikutena ja katseandmetele tuginevate kosmose lahtimõttestajatena taunime ebausku, seda irratsionalismi viimset kantsi. Kuid veel kunagi varem pole arengut tõkestav eausk tänu inimese mõistusele nii laial rindel taandunud. Mõtlemine asendab usku üleloomulikesse jõududesse. Mõistus on haaranud paljud eelpostid meie paratamatult kestvas võitluses Tundmatu türanniaga. Niisuguste probleemide lahendamisel, nagu elu tekimine, nukleonide seostungid, tähtede liikumine täheparvedes, mõtlemisprotsessi elektrokeemiline dünaamika või mõne materiaalse maailma põhientiteedi olemus, ei tarvitse me enam abi otsida väljastpoolt loodust. Kõigile niisugustele küsimustele võime läheneda mõistuse positsioonidelt.

Inimese tegevuse parandamiseks kolmes põhisfääris — füüsilises, vaimses ja sotsiaalses — on kümneid võimalusi. Alates pliotseenist siiani oleme saavutanud suurt edu, kuid võiksime teha veelgi rohkem. On tõenäoline, et tulevikuinimesed vabanevad meie puudustest ning rajavad meie mõtetele ja tegudele täiuslikuma vaimse ja sotsiaalse struktuuri, mis paremini vastaks nendele suurtele võimlustele, millised loodus on andnud Maal valitsevale inimsoole.

SISUKORD

Eessõna	5
Autori eessõna	9
Sissejuhatus	11
Uuele õllele uus vaat	17
Inimese tähtsusetusest	24
Teiste maailmade tundmaõppimine	53
Ohtudest elu künnisel	71
Vikerkaared ja kosmose keemia	81
Neljas kohandumine	94
Suurtest hetkedest	103
Organismide tekkimisest	107
Missugune peaks olema inimese reageerimine?	121

Харлоу Шепли
ЗВЕЗДЫ И ЛЮДИ
На эстонском языке
Оформление Э. Тали

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja H. Heinoja
Kunstiline toimetaja H. Tikand
Tehniline toimetaja I. Vahtre
Korrektorid M. Sepp ja S. Uussalu

Ladumisele antud 28. X 1963. Trükkimisele
antud 20. XII 1963. Paber 54×84, $\frac{1}{16}$. Trüki-
poognaid 8,75. Tingtrükipoognaid 7,18. Arves-
tuspoognaid 7,41. Trükiarv 7000. Tellimise
nr. 8341. Hans Heidemanni nim. trükikoda.
Tartu, Ülikooli 17/19. I

Hind 41 kop.



TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00366468 9

SARJAS

«TEADUSE TEEDELT»

on seni ilmunud:

Agur, U.

Mõtlevad masinad

Alschner, A.

Loomade ränded

Bauer, H.

Seiklusrikas süvameri

Einstein, A. ja Infeld, L.

Füüsika evolutsioon

Järvekülg, A. ja Veldre, I.

Elu Läänemeres

Peierls, R.

Looduse seadused

Selirand, J. ja Tõnisson, E.

Läbi aastatuhandete

Studitski, A.

Elavad piisad

Sternfeld, A.

Tehiskaaslased

Tõllasepp, A.

Meteoroloogia kõigile

Üksvärav, R.

Turvas

Antrušin, A.

Ammendamatu aatom

Õiglane, H.

Mikromaailma sügavusse

Järgnevalt ilmub:

Ramul, K.

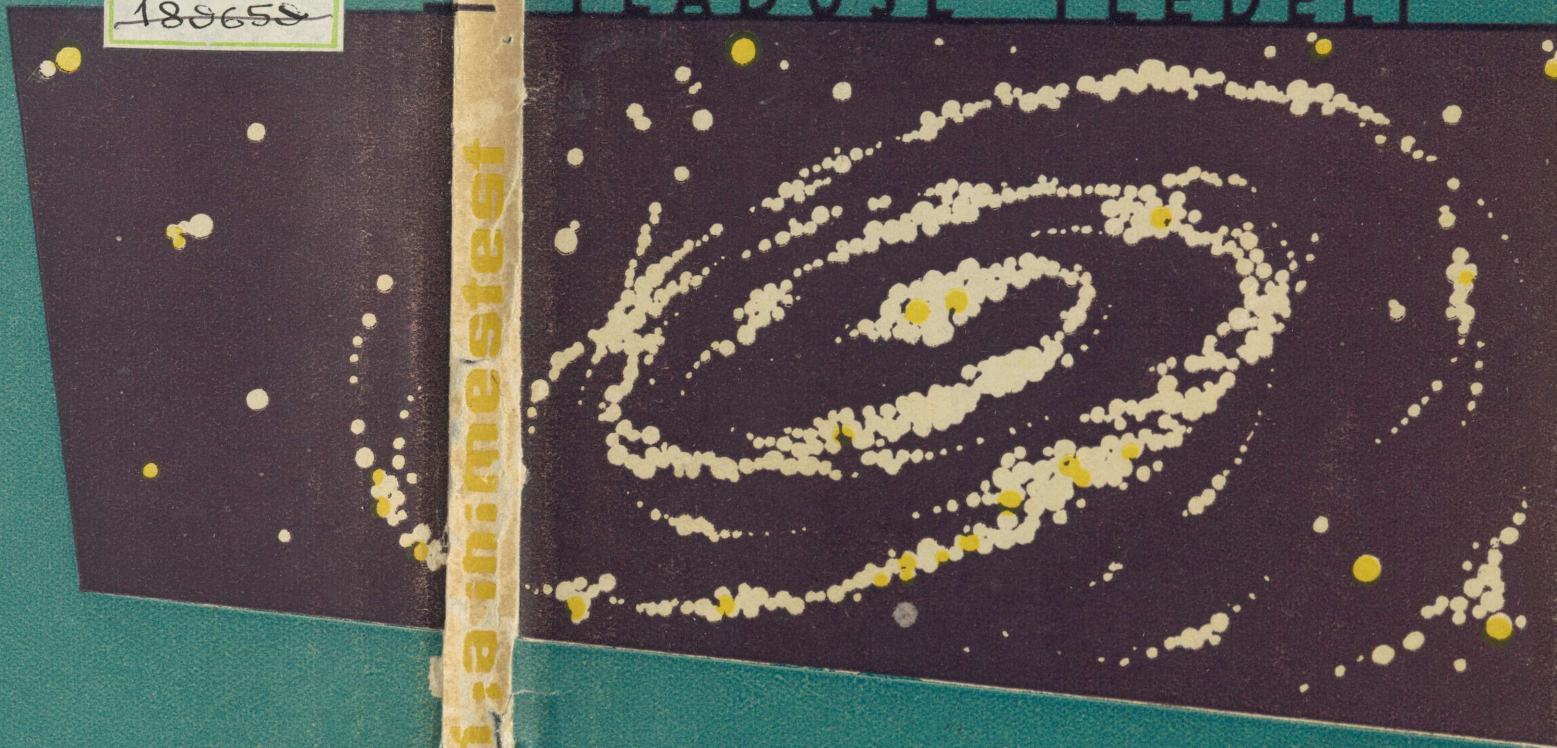
Loomapsühholoogia

41 kop.

A
25757
~~188658~~

ja inimestest

TEADUSE TEEDELT



H. SHAPLEY

Tähtedest ja inimestest