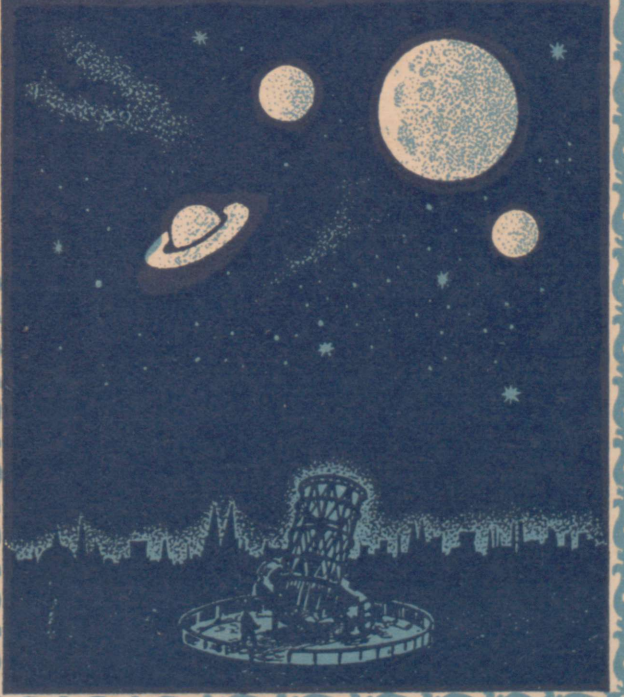
VESTLUSI LOODUSEST JA INIMESEST



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS"

A-17722

VESTLUSI LOODUSEST JA INIMESEST

RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1949

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU

Kas on olnud maailma algust ja kas tuleb maailma lõpp?

Prof. B. A. Vorontsov-Veljaminov.

Sissejuhatus.

Selles vestluses jutustatakse, mis on maailm, missugust kohta omab selles Maakera, millel me elame, kuidas Maa ja teised taevakehad on tekkinud ja missugune on nende tulevik. Et vastata neile küsimustele, on vaja tunda loodusseadusi ja neist pisut jutustadagi.

Vaevalt leidub inimest, kes poleks kunagi esitanud endale küsimust: kas on olnud maailmal algust ja kas tuleb maailma lõpp? Kuid sellest mõeldes me küsime endalt, mis on siis õigupoolest maailm? See pole ju mitte ainult tavaline ja meile hästituntud Maa, vaid samuti ka meid igast küljest ümbritsev maailmaruum täis loendamatuid taevakehi. Kujutlus maailmast ja järelikult ka tema algusest ning lõpust on aegade jooksul muutunud sedamööda, kuidas arenesid meie teadmised ja mida täielikumalt ning sügavamalt tungisid inimesed maailma ehituse saladustesse. Meid, Maa elanikke, huvitab muidugi kõigepealt inimkonna ja meie poolt asustatud planeedi minevik ja tulevik. Kuid Maa tekkimine on lahutamatus seoses teiste, temaga suguluses-olevate taevakehade tekkimisega. Tänapäeval aga teame, et taevakehade võrdleva uurimiseta on võimatu õigesti vastata Maakerasse puutuvaile küsimustele, sest ka Maa ise on taevakeha.

Meie kaugete esivanemate kujutluses oli maailm piiratud ja kitsas. Nad uskusid, et Maa on lame ja on kinnitatud kolmele maailma-ookeanis ujuvale vaalale. Kuid millele toetub see ookean? Seda nad muidugi ei osanud seletada. Taevakehi peeti ripplampideks, mis olid jumalate poolt loodud Maa valgustamiseks ja taeva kaunistamiseks.

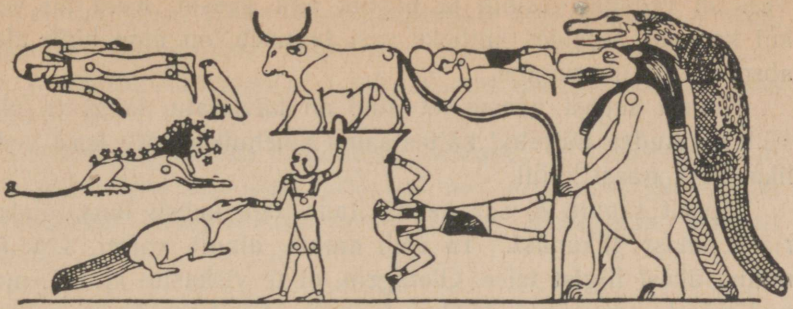
Muistsed rahvad püüdsid saada neid erutavaile küsimustele vastuseid preestrite käest, kes näisid mõistvat kõiki elu saladusi. Kuid mida suutsid öelda preestrid, kes ka ise midagi ei teadnud taevakehade tekkimisest ega nende olemusest? Siiski kasutasid preestrid rahva fantaasia poolt loodud muinasjutte ja legende osavalt selleks, et kinnitada usku jumalate vägevusse ja sisendada lugupidamist endi vastu.

India targad levitasid legendi kuldmuna sünnitanud „ürgveest". Sellest kuldmunast sündis maailma jumalanna Praijahani. Lõhkenud muna alumine pool moodustas maa, ülemine aga taeva.

Teine india legend jutustab, et alguses olid ainult jumalad ja üks tuhande jala ning peaga hiiglaslik ürgolend — Puruša. Jumalad tapsid Puruša, kelle suust tekkis siis veel kaks jumalust ning india preestrid — brahmiinid. Puruša kätest tekkisid sõdurid, reitest — talupojad, jalgadest — maa, ajust — meri, silmadest — päike, fantastilise keha teistest osadest aga tekkisid loomad, taimed, jõed ja järved.

Piibel võttis babüloonia tarkadelt üle legendi jumalast, kes lõi maailma kuue päevaga. Alguses olevat jumal „lahutanud valguse pimedusest", siis aga loonud Päikese, Kuu ja tähed. Mõned keskaja mungad väitsid, et taevatähed on Maad vaatlevate inglite silmad.

Palju mitmesuguseid absurdseid, kuid samal ajal kauneid väljamõeldisi anti edasi suust suhu ja pandi kirja pühades raamatutes. Neid väljamõeldisi tuli lihtsalt uskuda. Preestritele ei meeldinud, kui neilt küsiti asju, milledele nad ise ei suutnud leida seletusi. Liiga juurdlevaid inimesi nad lihtsalt hirmutasid igasuguste taevanuhtlustega ja kiusasid neid taga nende meelest kahjuliku teadmishimu pärast.



Joon. 1. Egiptlaste poolt kujutatud tähtkuju. Samuti nagu hiljem kreeklased, eraldasid egiptlased taeval tähtede rühmi, tähtkujusid, milledele nad andsid mitmesuguste elusolendite, sealhulgas ka fantastiliste olendite nimesid.

Mateeria ja liikumise jäävus.

Huvitudes taevakehade tekkimisest, peame endale kõigepealt selgeks tegema aine — mateeria — ja ta liikumise jäävuse.

On täiesti selge, et muistseil legendidel pole midagi ühist teadusega. Väljamõeldised maailma tekkimisest mingisuguste kõrgemate olendite tahtel on vastuolus teadusega, mis üldise elukogemuse põhjal väidab: maailm ei või olla loodud eimillestki; aine, või õigemini mateeria, on igavene, ta pole loodav ega hävitatav. On võimalikud ainult ta üleminekud ühest olekust teise. Ka liikumine kui mateeria lahutamatu omadus on hävimatu ja oleleb igavesti, muutes ainult oma vormi.

See seadus on tuletatud katseist. On äärmiselt tähtis mõista ta olemust, sest pole võimalik orienteeruda taevakehade tekkimisküsimuses selge kujutluseta mateeria ja ta liikumise jäävusest. Toome mõned näited.

Kui kaks keemilist ainet teineteisega ühinedes moodustavad keemilise segu, siis selle segu kaal võrdub täpselt mõlema aine kaalude summaga, ta pole ei suurem ega väiksem. Tähendab, mateeria (aine) ei teki uuesti ega kao. Näiteks, kui kaheksateist grammi vett keemiliselt lagundada koostusosadeks, siis saame kaks grammi vesinikku ja kuusteist grammi hapnikku.

Vesi on vedelik, vesinik ja hapnik aga gaasid. Kuid nii vees kui ka neis gaasides, milleks vesi laguneb, on aine hulk alati absoluutselt ühesugune.

Kõigest sellest näeme, et aine on hävimatu, kuigi ta olek võib muutuda. Esitatud näites sama ainehulk esineb kord vedeliku, kord gaasi kujul.

Täpselt samuti ei saa ka hävitada ega uuesti luua mateeriale omast liikumist. Ta võib muuta ainult vormi, s. t. üle minna ühest liigist teise. Oletagem, et te viskasite kivi. Lennanud mõnda aega õhus, kukkus ta maha. Kuid kas kadus sellega liikumine? Näib, nagu oleks see lõppenud, sest kivi lamab vagusi ja ei liigu. Kuid selgub, et see pole hoopiski nii. Kukkumisel kivi läbis õhu, tungis maasse, paiskas segi selle osakesi ja soojendas pisut neid ning ennast. Ka soojus väljendab liikumist, kuid ainult varjatult, sest me ei näe seda. Soojenenud aines toimub osakeste kiire võnkumine; nii läks kivi liikumine õhus üle kivi aineosakeste liikumiseks.

Võtame teise näite. Vedur liigub seetõttu, et põletatava söe soojus läheb üle auru soojuseks. Mida tulisemad on auruosakesed, seda kiiremini nad liiguvad. Auruosakeste kiire liikumine tekitab surve, mis paneb kolvi töötama ja rattad keerlema. Me mitte ainult ei tea, et see nii on, vaid võime isegi täpselt välja arvutada, kui suur hulk varjatud liikumist sisaldub auru soojuses.

Nii tegime esitatud näites kiviga kindlaks, et kivi nähtav liikumine muutus varjatud liikumiseks — soojuseks ja, vastupidi, auruosakeste varjatud liikumine põhjustas veduri nähtava liikumise.

Nõnda ei teki mateeria ja ta liikumine eimillestki, samuti ka ei hävine. Nad on oma olemuselt igavesed ja muudavad ainult vormi.

Kas võib sel juhul püstitada küsimust kogu maailma ehk universumi tekkimisest? See tähendaks ju seda, et me püüame selgitada, kuidas tekkis mateeria, see, mis on tekkimatu ja hävimatu.

Me teame, et mateeria on igavene. Tähendab, ka maailm on

alati olnud. Siiski võime kõnelda üksikute taevakehade — Maa, Päikese ja tähtede tekkimisest, sest ained, millest nad koosnevad, ja nende liikumine olid juba varem olemas, ainult teises olekus.

Taevakehad, samuti nagu kogu looduski, ei püsi muutumatuna, vaid, olles tekkinud, jätkavad nad arenemist. Nõnda on taevakehade tekkimine ja nende areng üksteisega tihedalt seotud.

Kogumaailmse gravitatsiooni seadus.

Teadus on samuti kindlaks teinud, et loodusseadused on kogu maailmas ühtsad. Üheks selliseks seaduseks on kogumaailmse gravitatsiooni seadus.

Kogumaailmse gravitatsiooni seaduse avastas kuulus inglise teadlane Isaac Newton; selle seaduse järgi tõmbavad kõik kehad üksteist külge. Tõmbetungi suurus pole alati ühesugune. Mida lähemal on kehad üksteisele, seda tugevam on nende vastastikune külgetõmme; mida kaugemal aga asetsevad kehad üksteisest, seda nõrgem see on. Tõmbetung oleneb ka massist, s. t. ainehulgast, mida kehad sisaldavad. Mida suurem on kehade mass, seda tugevamini tõmbavad nad vastastikku üksteist ja, vastupidi, mida väiksem on nende mass, seda nõrgemini tõmbavad nad üksteist külge.

Näiteks võib katse abil veenduda, et selle seaduse kohaselt tõmbavad kaks tinakuuli teineteist külge; kuid selline katse nõuab erilisi seadeldisi.

Kui kivi kukub Maale, siis tähendab see seda, et niihästi kivi kui ka Maa tõmbavad teineteist külge, õigemini nad kukuvad teineteise peale. Kuid üks ja seesama vastastikune tõmbetung annab kergele kivile kiire, raskele Maakerale aga täiesti tähelepandamatu liikumise. Nagu näitavad täpsed katsed, langeb kivi mäe tipule aeglasemalt, sest ta on Maakera keskmest kaugemal. See johtub tõmbetungi vähenemisest kivi ja Maakera keskme vahelise kauguse suurenemise tõttu. See näide käib Newtoni seaduse ühe osa kohta. Teise osa tõestuseks võib

öelda, et mida suurem on kivi, seda rohkem ta kaalub ja seda raskem on teda tõsta, sest Maa tõmbab teda tugevamini enda poole. Maakeral avalduvas raskustungis just ilmnebki kogumaailmse gravitatsiooni olemasolu.

Kuid see seadus ei kehti mitte ainult Maakeral. Tegelikult liigub Maa ümber Päikese peaaegu ringjoonekujulist teed mööda, Kuu aga tiirleb ümber Maa. Peale Maa tiirleb Päikese ümber veel teatav hulk temaga sarnaseid taevakehi, mida nimetatakse planeetideks.

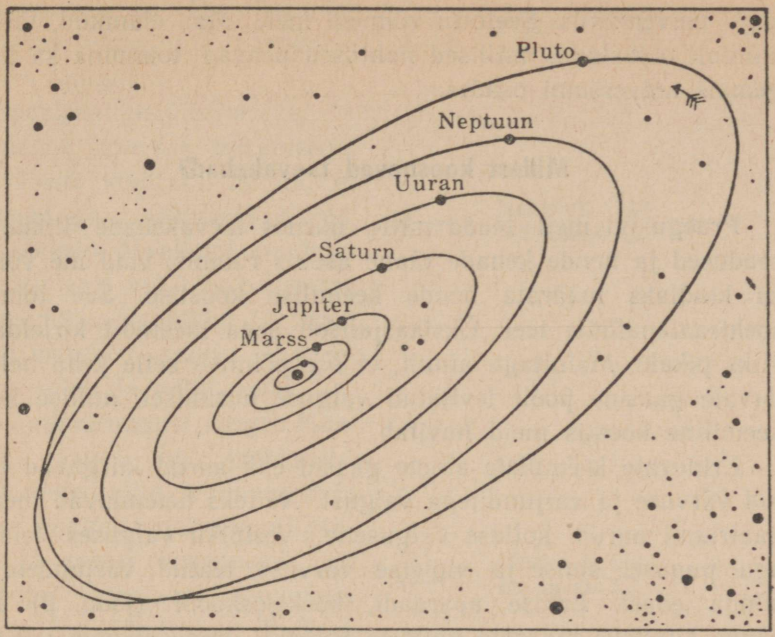
Tung, mis paneb Kuu tiirlema ümber Maa, Maa ja teised planeedid aga Päikese ümber, on seesama kogumaailmne gravitatsioon. Gravitatsiooniseadusele allub kogu universumi hästikorrastatud süsteem.

Kui Päike ei tõmbaks Maad enda poole, siis ei tiirleks Maa ümber Päikese, vaid jätkaks oma teekonda otsejoones ja tormaks temast eemaldudes kiiresti maailmaruumi.

Alludes aga vastastikusele gravitatsioonile tiirlevad niihästi Maa kui ka planeedid ümber Päikese. Kaugel meist, nii kaugel, et valgus, mis liigub 300 000-kilomeetrilise kiirusega sekundis, läbib selle teekonna ja jõuab meieni pärast sadu aastaid, tiirlevad üksteise ümber samuti vastastikuse tõmbetungi põhjal meie Päikesega sarnased päikesed.

Selle seaduse avastamine etendas määratu suurt osa maailma tunnetamises. Tänapäeval võime selle gravitatsiooniseaduse põhjal täpselt kindlaks määrata taevakehade asendi maailmaruumis, ennustada tuhande aasta peale ette varjutusi ja välja arvutada, millal need toimusid kauges minevikus, näiteks Egiptuse vaaraode või Pärsia kuningate ajal. Gravitatsiooniseaduse põhjal ennustati sada aastat tagasi tollal veel tundmatu planeedi, Neptuuni olemasolu. Ja tõesti, ta leitigi varsti just nimelt samas teoreetiliselt kindlaksmääratud kohas.

Selle tähelepanuväärse avastuse tegi prantsuse teadlane Leverrier. Ta juhtis tähelepanu planeet Uurani imelikule liikumisele ümber Päikese. Näis, nagu häiriks Uurani käitumine kogumaailmse gravitatsiooni seadust, sest ta liikus arvutustele mittevastavalt kord aeglasemalt, kord kiiremini. Leverrier jõu-



Joon. 2. Ümber Päikese tiirlevate planeetide teed, kui vaadata neid küljelt. Planeetide teed on kujutatud tähtedemaailma foonil. Kõige väiksem sisemine ringike kujutab Maakera teed ümber Päikese. Kahe Päikesele veel lähedasema planeedi (Merkuuri ja Veenuse) teid on siin liiga raske kujutada. Tegelikult on planeetide teed peaaegu ringikujulised.

dis otsusele, et see Uurani ebatavaline liikumine on tingitud külgetõmbest, mida avaldab mingisugune senitundmatu planeet, mis asetseb Päikesest ja Maast veel kaugemal kui Uuran. Matemaatiliste arvutustega määras Leverrier kindlaks selle planeedi asukoha maailmaruumis ja näitas, millises taeva osas teda peaks olema näha Maakeralt. Leverrier' ennustus osutus kontrollimisel õigeks. Nii avastati uus planeet, mida nimetati Neptuuniks. Teda ei avastatud teleskoobiga, vaid kabinetis, „sule otsaga", nagu öeldakse, selle sule otsaga, millega Leverrier teostas oma arvutusi.

Gravitatsiooniseadus, nagu teisedki loodusseadused, kehtib

kogu universumis. Seetõttu võimegi meie, Maa elanikud, täiesti kindlalt otsustada, millised nähtused peavad toimuma ka kaugemais universumi osades.

Millest koosnevad taevakehad?

Praegu on meil teada mitte üksnes taevakehade liikumisseadused ja nende kehade täpne asetus ruumis, vaid me võime ka kindlaks määrata nende keemilise koostise. See toimub spektraalanalüüsi teel. Üksikasjaliselt seda meetodit kirjeldada viiks pikale. Mainitagu ainult, et see põhineb selle keha helenduvate gaaside poolt levitatud valguse uurimisel, millise keha keemiline koostis meid huvitab.

Erinevate keemiliste ainete gaasid ehk aurud kiirgavad teatud värvuse ja varjunditega valgust. Näiteks helenduvad metall naatriumi aurud kollase valgusena, vesiniku valguses leiame aga punase, sinise ja violetse värvuse teatud varjundeid ja nõnda edasi. Erilise aparaadi, spektroskoobi (joon. 9) abil võime kindlaks määrata valguse koostise, mida kiirgab uuritav aine gaasilises olekus ja selgitada, missuguseist elementidest, s. t. algaineist ta koosneb. Spektraalanalüüsi kasutavad nii keemikud kui ka geoloogid, et selgitada, kas antud kivimi koostises on nende poolt otsitavat ainet.

Ainsa võimaliku meetodina on see taevakehade keemilise koostise määramisel eriti hinnatav.

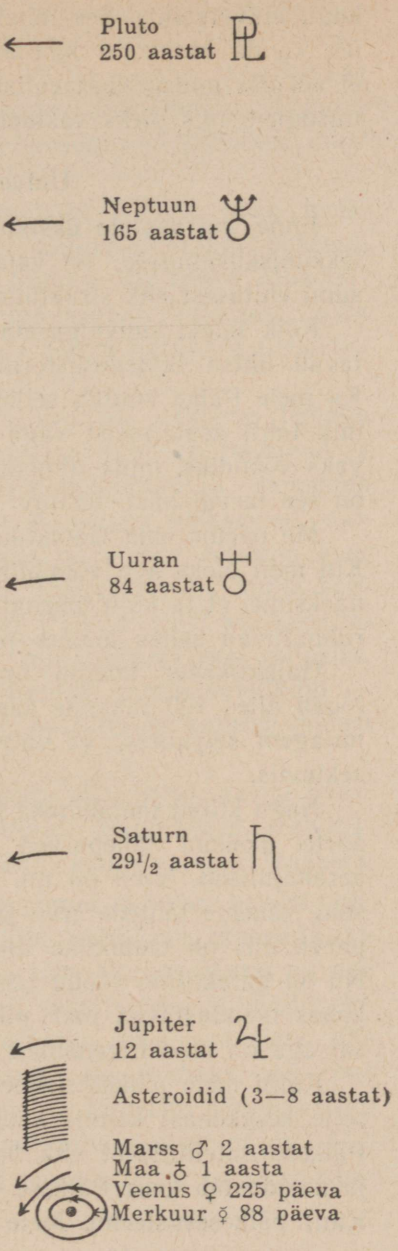
Spektraalanalüüsi leiutamine tõestas kõige hiilgavamalt Marxi, Engelsi, Lenini ja Stalini poolt arendatud materialistlikku õpetust inimmõistuse piiramatust võimest loodust tunnetada. Kunagi püüdis keegi filosoof tõestada, et maailm pole tunnetatav ja on asju, mida inimene oma füüsiliste võimete piiratuse tõttu pole suuteline mõistma. Näiteks väitis ta, et teadus ei suuda iialgi selgitada, millest koosnevad taevakehad. Vaevalt oli ta jõudnud seda avaldada, kui teadus, inimmõistuse looming, tuli hiilgavalt toime selle lahendamatuna näiva ülesandega ja häbistas materialismivastast filosoofi. Me võime määrata taevakehade keemilise koostise säärase kindlusega,

nagu asuksid nad keemiku käes laboratooriumis, mitte aga kolossaalses kauguses.

Spektraalanalüüsiga, s. t. helenduse koostise uurimisega, on täiesti kindlaks tehtud, et Päikesel pole sääraseid aineid, mis oleksid Maakeral tundmatud. Nii seal kui siin on gaase — vesinikku, hapnikku, lämmastikku; metalle — rauda, magneesiumi, niklit ja palju muid.

Maailmaruumist langeb Maakerale sageli nn. meteoriite. Need meteoriidid lendavad meie juurde kaugeist universumi osadest ja ometi koosnevad nad samadest Maakeral leiduvaist aineist. Ka tähed, meie Päikese sarnased isehelenduvad hõõguvad gaasilised kerad, koosnevad samadest ainetest. Kõik see veenab meid universumi keemilise koostise ühtsuses.

Võib loetleda rohkesti kaasaegsele teadusele tuntud füüsikaseadusi, mis ühesuguse täpsuse ja paratamatusega korduvad nii meie Maakeral kui ka



Joon. 3. Niisuguses järjekorras tiirlevad planeedid ümber Päikese. Marsi ja Jupiteri vahel liigub rohkesti väikesi planeete — asteroide. Planeetide nimedest paremal pool on esitatud märgid, millega planeete tähistati juba vanal ajal.

kogu universumis. See lubab meil täie kindlusega universumile üle kanda Maakeral kindlakstehtud loodusseadusi ja väita, et ei või olla midagi ebatavalist maailma mateeria arengus, midagi niisugust, mis oleks vastuolus meie kogemustega.

Universumi ehitus.

Enne, kui vastata üksikute taevakehade ja nende süsteemide tekkimisküsimusele, on vaja mõne sõnaga jutustada universumi ehitusest ehk struktuurist.

Kõik selgel kuuvalguseta ööl meile nähtavad tähed moodustavad ühtsa tähtedesüsteemi, mida nimetatakse Galaktikaks. Ka meie Päike kuulub sellesse hiiglaslikku tähtede perre. Enamik tähti asub meist väga kaugel. Nad sulavad kokku helkivaks vööndiks, mida nimetatakse Linnuteeks. Kuuvalguseta ööl on see taeval hästi nähtav.

Me näeme oma Galaktikat seestpoolt, sest asume tema sees. Kui meil oleks aga võimalik vaadelda teda kuskilt kõrvalt, siis näeksime, et ta kuju meenutab tähtedega täidetud läätse. Tähed rühmituvad selles läätses peamiselt keskkoha lähedusse.

Galaktikasse kuulub umbes 10 miljardit tähte ja valgus jõuab alles 100 tuhande aastaga selle ühest äärest teise. Meenutagem seejuures, et valguse kiirus on 300 000 kilomeetrit sekundis.

Nagu killud jäälahmaka ümber, asuvad selle tähtedesüsteemi äärtel üksikud täheparved. Mõnikord on tihedad täheparved kerakujulised. Need on nn. kerasparved. Kuid on ka teissuguseid, vähema tähtede arvu ja mitte nii korrapärase kujuga täheparvi, mis on Galaktika ulatuses laiali pillatud siia ja sinna. Nii on galaktiline vöönd tähtedega täidetud ebaühtlaselt: mõnes kohas moodustavad nad pilvedega sarnanevaid tihendusi, teisal aga on neid hõredamalt.

Kuigi meie päikesesüsteem kuulub Galaktikasse, asetseb ta selle keskkohast kaunis kaugel, ääre lähedal. Planeet Maa on Päikese satelliitidest ehk kaaslastest üks väiksemaid planeete ja moodustab koos Päikese ja planeetide satelliitidega (näiteks Kuu) päikesesüsteemi. Meie Maa ümber tiirleb ta ainus satelliit

— Kuu, mis on Maast tunduvalt väiksem. Maakera tasakaalustamiseks tuleks asetada vaekausile 80 kuud. Maa kaugus Kuust võrdub 30 Maakera läbimõõduga. Kuid teiste taevakehade kaugus üksteisest on veel väga paljusid kordi suurem. Niisugused tohutud kaugused lahutavad mitmesuguseid taevakehi üksteisest.

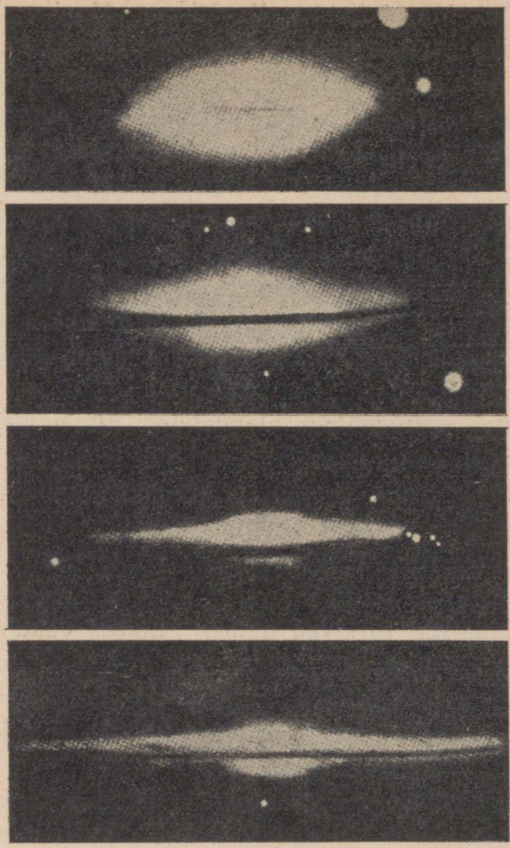
Päike, mille ümber tiirleb Maa koos Kuuga, asub meist ümmarguselt 150 miljoni kilomeetri kaugusel. Maaga peaaegu samas tasapinnas tiirlevad ümber Päikese ka teised Maa-sarnased planeedid. Mida kaugemal nad asuvad Päikesest, seda aeglasem on nende tiirlemine ja seda pikem on nende tiirlemisperiood ümber Päikese.

„Maakeraga sarnanevate planeetide" all mõtleme temaga välimuselt sarnanevaid taevakehi, millede pind on jahtunud ja seetõttu ei kiirga oma valgust. Neid valgustab ja soojendab Päike. Mõned neist planeetidest on Maakerast väiksemad, näiteks Merkuur ja Marss. Veenus aga on umbes niisama suur kui Maa, Saturn on Maast 9 korda, Jupiter aga 11 korda suurem. Kõik planeedid tiirlevad ümber Päikese veidi väljavenitatud ringjoone kujulist teed mööda, mida nimetatakse ellipsiks.

Mõningate planeetide ümber tiirlevad nende satelliidid — kuud. Näiteks on Jupiteril 11 kuud, mistõttu ta kujutab endast otsekui väikest päikesesüsteemi.

Päikesesüsteemi piiriks võib lugeda alles 1930. aastal avastatud kõige kaugema planeedi Pluto liikumisteed (orbiiti). See planeet asub Päikesest 40 korda kaugemal kui Maakera.

Muud taevakehad, tähed ja udukogud, asuvad kaugel väljaspool päikesesüsteemi piire. Iga täht on hõõguv, omaenda valgust kiirgav gaasiline kera. Lähima tähe kaugus Maast on neli valgusaastat. Kui oletada, et sellelt tähelt oleks võimalik ehitada raudtee Maakerale ja sellel sõidaks ilma peatusteta 100-kilomeetrilise tunnikiirusega kiirrong, siis saabuks see rong Maale 40 miljoni aasta pärast. Teistelt tähtedelt jõuab valgus meieni sadade, tuhandete ja isegi miljonite aastate pärast. Tõenäoliselt on need kauged päikesed samuti teiste päikesesüsteemide tsentrumiteks.



Joon. 4. Siin on rida ülesvõtteid hiigla udukogudest. Jeansi uurimuste järgi muutub suur gaasimass pöörlemise tagajärjel just sääraselt. Kerakujulisest muutub ta lamedaks ja, küljelt vaadatuna, poolikujuliseks.

Meie tähtedesüsteem, Galaktika, mille väikeseks osaks on päikesesüsteem, pole ainus universumis. Väljaspool meie Galaktika piire on avastatud suur hulk teisi samasuguseid suurejoonelisi tähtedesüsteeme, milliseid nimetatakse samuti galaktikateks. Enamik neist on spiraalikujulised. Tähed on neis paigutunud spiraalidena, mis nagu keerdus kellavedrud hargnevad keskses täheparvest — tuumast (vaata joonist leheküljel 17).

Udukogude struktuuri uuritakse suurte teleskoopide abil tehtud ülesvõtete järgi. Mõnikord ilmneb ainult udukogude äärtel täheline struktuur, sest need on südamikust alati hõredamad. Kuid esineb ka juhtumeid, kus me näeme ainult ühtlast udulaiku ega või olla kindlad, kas ta koosneb tervenisti tähtedest. Võib-olla ei suuda me eraldada seal üksikuid tähti seepärast, et määratu kauguse tõttu need sulavad kokku ühtlaseks helenduvaks massiks.

Tähtedesüsteemide tekkimine.

Kõik udukogud pöörlevad oma telje ümber. Peale selle on nende koosseisu kuuluvail tähtedel veel üksteise suhtes erinevad liikumised. Ühe sõnaga, ruumis ei jää midagi liikumatuks. Me paneme tähele, kuidas kogu mateeria nii väikestes kui ka suurtes kogustes pidevalt liigub ja muutub.

Inglise teadlane Jeans arvab, et meie Galaktika ja teised selletaolised tähtedesüsteemid tekkisid järgmiselt.

Kujutlegem maailmaruumis kolossaalset, Päikese kaalu miljardeid kordi ületavat gaasimassi. Oma osakeste vastastikuse tõmbetungi mõjul tiheneb see gaasimass pidevalt tsentri suunas, üha enam oma mõõtmeilt vähenedes, s. t. kokku tõmbudes. Kui ta kasvõi veidigi pöörleb, mida võivad põhjustada lähedalt mööduvate galaktikate tõmbetungid, siis suureneb mehhaanikaseaduste järgi tihenemisel gaasimassi pöörlemiskiirus. Tsentrifugaaltungi mõjul muutub gaasimass pooluste kohal üha lamedamaks ja omandab lõpuks läätse kuju.

Niiviisi arenedes muutub peaaegu kerakujuline udukogu lõpuks lamedaks, läätsekujuliseks, olles pooluste kohal väga kokku surutud, ekvaatori tasapinnal (s. t. pöörlemisteljele perpendikulaarsel tasapinnal) aga väga välja venitatud.

Kui udukogu pöörlemiskiirus kasvab küllalt suureks, siis satuvad ekvaatoril asuvad osakesed tasakaalutusse seisukorda, sest kasvav tsentrifugaaltung muutub nende suhtes võrdseks tõmbetungiga, mis tõmbab neid osakesi udukogu tsentri poole.

Sellises seisukorras piisab vähimastki tõukest udukogu ekvaatoril asetsevate gaasiosakeste eraldumiseks. Sellist tõuget võib põhjustada mõne teise, lähedalt mööduva galaktika tõmbetung. Arvutustest nähtub, et udukogus tekib kaks samasugust tõusulainet, nagu neid põhjustab Kuu meie ookeanides, s. t. mõlemal pool udukogu tekivad nagu kumerused. Tõusulaineid põhjustav tõuge võimaldab udukogu osakestel eralduda ekvaatori kummaltki vastaspoolelt ja, nagu näitavad arvutused, peab kord alanud gaasi väljavool jätkuma ka edaspidi.

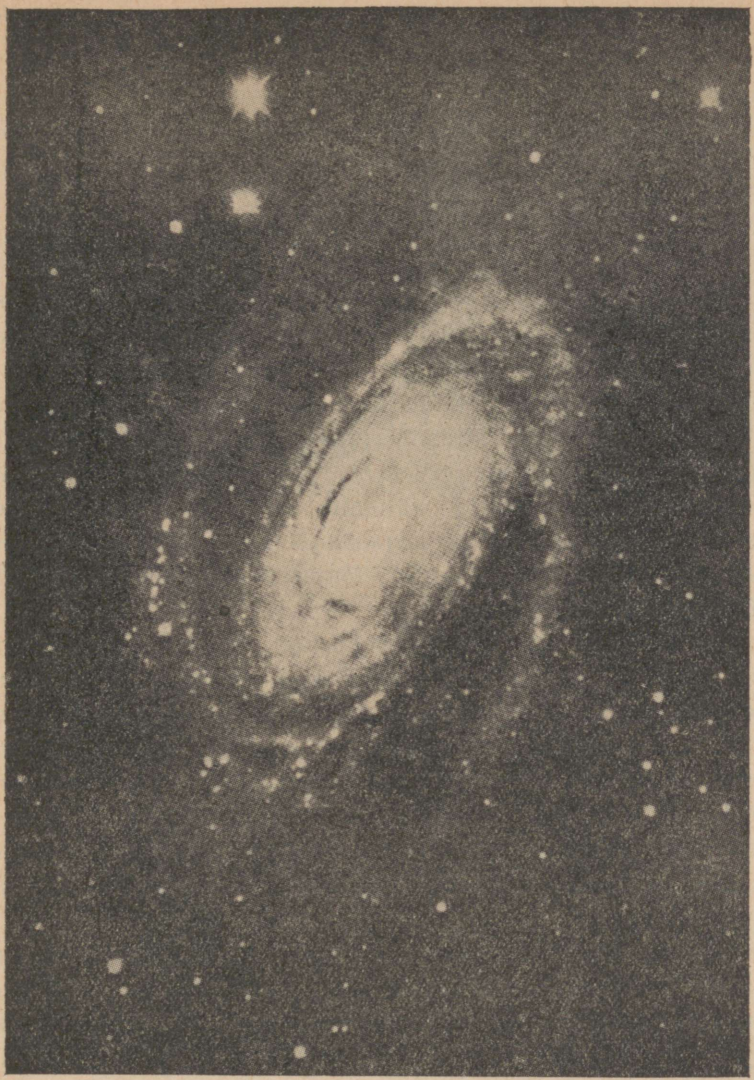
Udukogu pöörlemise tõttu keerduvad väljavoolavad gaasijoad spiraalikujuliselt ta ümber. Nii kujuneb hiiglaslik gaasiline spiraaludukogu, mille aine on keskkohas tihenenud, spiraali otstes aga tunduvalt hõredam. Nagu iga aine looduses, nii ei või ka udukogu moodustav gaas olla täiesti ühtlane, s. t. kõikjal ühesuguse tihedusega. Näiteks on niiske ilmaga udu mõnes kohas tihedam, teisal hõredam. Udukogude ebaühtluse tõttu leidub nende harudes mitmesugust massi sisaldavaid tihendusi, millede saatus on erinev.

Uurimustest nähtub, et säärased, umbes Maakera-suurused, vähese gaasimassiga tihendused peavad hajuma ruumi laiali, sest sellise tihenduse gaasiosakeste tõmbetung keskkoha poole pole küllaldane.

Tihendused suurema massiga, nagu see on tähtedel ja Päikesel, koonduvad aga veel rohkem. Nii tekivad suure gaasimassiga kerad — tähed.

Mis puutub kolossaalseisse tihendustesse, siis need ei või koonduda üheks suureks kehaks, vaid lagunevad umbes Päikese-suuruse massiga osadeks. Nii ei teki selle lagunemisel spiraali otstes udukogude äärtel mitte planeedid, vaid kerakujulised või teissugused täheparved. Tähtede tekkimisprotsess levib udukogu äärtelt tema keskkoha poole ja lõpuks moodustub spiraalne tähtedesüsteem ehk Galaktika.

Maailmaruumis kohtame kõiki neid suurte udukogude vorme, mida teoreetiliselt igaüks neist peab läbi tegema miljardite aastate jooksul. Nende hulgas on kerakujulisi, lamedaid, läätsekujulisi ja spiraalseid udukogusid, kus puudub veel täheline



Joon. 5. Suur, tähtedesüsteemiks muutuv spiraaludukogu. Sääraseks muutub lõpuks leheküljel 14 kujutatud udukogu. Umbes niisugune kuju on ka meie tähtedesüsteemil, Galaktikal. See on tegelikult 10 miljardist meie Päikese taolisest päikesest koosnev spiraaludukogu.

struktuur; seal on spiraaludukogusid uduse tuumaga, äärtel aga juba arenenud tähtedega ja lõpuks on seal nähtavasti tervenisti tähtedest koosnevaid spiraaludukogusid.

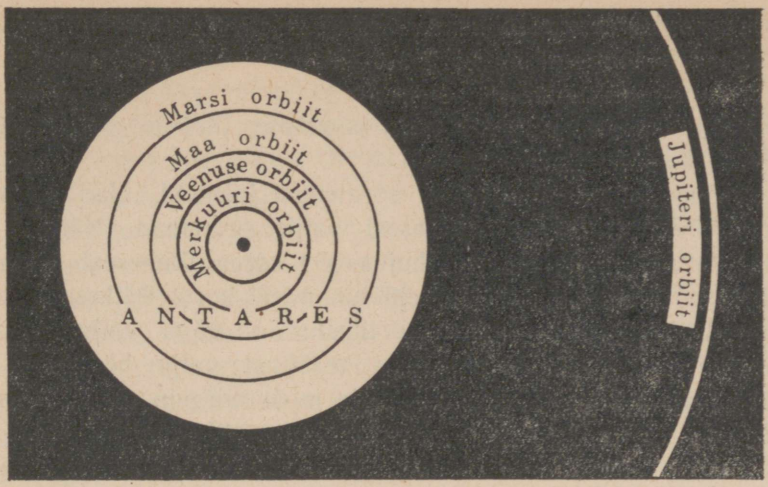
Päikese ja tähtede elutee.

Tekkides tihendustena udukogus on tähtedel alguses tohutud dimensioonid, üsna väike tihedus ja võrdlemisi madal temperatuur; need on punased hiidtähed. Oma osakeste tõmbetungi mõjul keskkoha poole tõmbuvad tähed kokku ja niihästi nende sisemuse kui ka pinna temperatuur tõuseb. Kui temperatuur ulatub keskkohas mõne miljoni kraadini, hakkavad seal kergete keemiliste elementide aatomite arvel tekkima raskete elementide aatomid, millega kaasneb energia vabanemine. Udukogu tihedus suureneb veelgi, temperatuur tõuseb ja punane täht muutub valgeks.

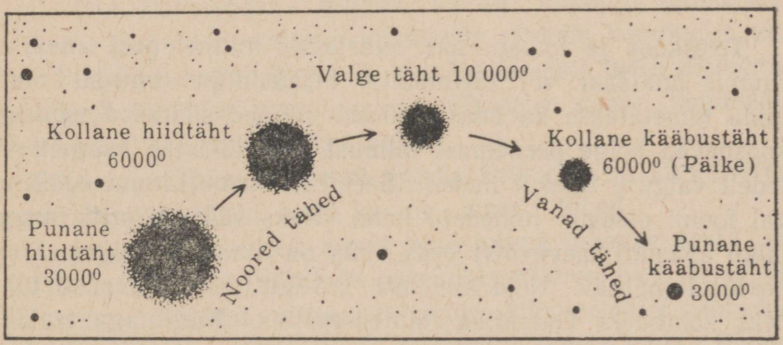
Kui temperatuur tähe keskkohas on tõusnud umbes 30 miljoni kraadini, algab veel intensiivsem vesiniku muundumine heeliumiks, kusjuures vabaneb määratul hulgal energiat, mis säilitab tähe kiirgamise miljardeiks aastaiks. Ent tähe vesinikuvarud kahanevad, olgugi aeglaselt. Energia juurdevool seestpoolt nõrgeneb ja pikkamööda kokku tõmbudes muutub valge täht kollaseks. Veel enam jahtudes ja kokku tõmbudes muutub ta punaseks kääbustäheks ja aja jooksul lakkab kiirgamast hoopis.

Tähtede valgusvõimsus on väga mitmesugune. Punaste kääbuste heledus on kümneid tuhandeid kordi meie Päikese omast nõrgem. Nad on Päikesest tunduvalt väiksemad ja kiirgavad punast valgust. Gaaside temperatuur nende pinnal ei ületa 3000 kraadi, Päikese temperatuur aga tõuseb 6000 kraadini.

Meie Päike on kollane kääbus; teiste tähtedega võrreldes pole ta eriti suur. Ta on pika ajalooga eakas täht. Kuid tema muutumiseni punaseks kääbustäheks möödub veel miljardeid



Joon. 6. Punane hiidtäht Antares on nii suur, et temasse mahuksid paljude Päikest ümbritsevate planeetide orbiidid. Selle täht-päikese läbimõõt on 450 korda suurem meie Päikese läbimõõdust.



Joon. 7. Tähtede areng. Punane hiidtäht on võrdlemisi madala temperatuuri ja väikese tihedusega. Pikkamööda tõmbub täht kokku ja tiheneb, temperatuur aga tõuseb. Täht muutub algul kollaseks ja siis järjekindlalt valgeks. Hele ja tuline valge täht jätkab ka edaspidi kokkutõmbumist, kusjuures ta jahtub, muutudes ühtlasi kollaseks kääbustäheks ja hiljem punaseks kääbustäheks. Meie Päike on „kollane kääbus".

aastaid. Meie Päike, samuti nagu kõik teised tähed, „vananeb" väga aeglaselt.

Valged tähed on Päikesest mitu korda suuremad ja nende temperatuur on 10 000 kraadi; sinakate tähtede temperatuur tõuseb koguni 30 000 kraadini.

Mõned hiidtähed on aga võrdlemisi jahedad. Nad omavad punast värvust ja on Päikesest palju suuremad. Näiteks on täht Antares Skorpioni tähtkujus 450 korda Päikesest suurem. Säärased hiidtähed on kümneid tuhandeid kordi Päikesest heledamad, kuid nende keskmine tihedus on väga väike. Nende tähtede gaasimass on tavalisest toaõhust palju hõredam. Ja vastupidi, mida väiksem on täht ja mida nõrgem on ta valgusvõimsus, seda suurem on ta keskmine tihedus. Näiteks on Päike 1½ korda veest tihedam, punased kääbustähed on aga veel tihedamad, olgugi et aine, millest nad koosnevad, püsib kõrge temperatuuri tõttu ikkagi gaasilises olekus.

Udukogude tekkimine.

Teleskoop ja fotoaparaat avastavad mitmel pool maailmaruumis laialdasi või pilvetaolisi heledaid ja tumedaid laike, mida nimetatakse ka udukogudeks. Mõned säärased udukogud koosnevad kõige peenemast tolmust, mis takistab kaugeilt tähtedelt valguse tulekut meieni. Seetõttu näeme Linnutee helendaval foonil otsekui tumedaid laike. Kaks säärast eriti tumedat laiku avastati taevavõlvi osas, mis on ainult Maakera lõunapooluselt nähtav. Neid nimetati „sõekottideks" ja peeti tühjadeks kohtadeks Galaktika tähtedemassis. Nüüd aga teatakse, et need on tumedad tolmutaolised udukogud, mis neelavad nende taga asuvate tähtede valguse.

Peale tumedate udukogude leidub Galaktikas ka palju pilvetaolisi, vormilt korrapäratuid heledaid laike — helendavaid udukogusid, mis koosnevad osalt gaasist ja osalt tolmust ning mida paneb hõõguma lähedaste heledate tähtede valgus. Kui säärase tolmupilve läheduses pole teda valgustavat heledat

tähte, siis on ta nähtamatu ja paistab tumeda laiguna. Udukogudes, mis koosnevad ainult hõredast gaasist, peitub alati mõni hele ja tingimata väga kõrge temperatuuriga täht, sest ainult säärane täht suudab panna gaasi helendama. Selline helendav udukogu leidub Orioni tähtkujus, mida selgeil talveõil võib vaadelda binokliga.

Kui ei tuntud veel tähtede ja udukogude füüsikalist olemust, siis peeti udukogusid — gaasi- ja meteoori tolmu pilvi — selle aine jäägiks, millest kunagi tekkisid tähed.

Käesoleva vestluse autori uurimustest aga selgub, et kunagi meie Galaktikat tervenisti täitnud aine hakkab nähtavasti lõppema; ta kulus tähtede ja planeetide moodustamiseks ja järele teda peaaegu ei jäänudki. Vastupidi, meile praegu nähtavad udukogud on ise tähtede tegevuse saadus ja grandioossete katastroofide tagajärg, millede juures me nüüd peatumegi.

Kõige kuumemate tähtede pinnalt paiskub maailmaruumi gaase, mis liiguvad edasi sadu ja tuhandeid kilomeetreid sekundis. Säärane gaaside väljaheitmise protsess võib kesta kümneid tuhandeid aastaid. Võrreldes sellega, kui kaua aega eksisteerib täht isehelendava kehana, on see muidugi lühike aeg.

Aasta jooksul paisatakse niisuguste tähtede koguhulga poolt ruumi tunduv kogus gaasi ja aja kestel, mil meie Galaktika eksisteerib tähtedesüsteemina, on sääraseid gaase kogunenud tähtedevahelisse ruumi väga palju.

Väga suuri gaasimasse ei paiska ruumi mitte ainult kõrge temperatuuriga tähed, vaid ka nn. „uued" tähed.

Aeg-ajalt, tõenäoliselt ainult kord mitme tuhande aasta jooksul, toimuvad „uute" tähtede sisemuses plahvatused. Siis paiskub neist tähtedest mitme tuhande kilomeetrilise kiirusega sekundis kõikjale gaasimasse, kuid see ei kesta kaua. Plahvatuse momendil muutuvad säärased tähed lühikeseks ajaks väga heledaiks, vahel isegi heledamaks kõigist teistest, mistõttu nad mõnikord on olnud nähtavad koguni päeval.

Nende, meist peaaegu alati väga kaugel asetsevate tähtede heledus näib tavaliselt enne plahvatust väga nõrgana. Enne teleskoobi leiutamist polnud neid üldse näha. Seepärast arva-

sidki inimesed, kui plahvatuse tõttu täht muutus nähtavaks, et on tegemist uue, vasttekkinud tähega. Siit pärinebki senini säilinud nimetus „uus" täht, ehkki nüüd teatakse, et nad olid olemas ka varem, kuid polnud ainult nähtavad enne katastroofi. Pärast lühiajalist plahvatust ja gaaside laialipaiskumist pöördub „uus" täht tagasi endisesse olekusse.

Uurimused näitavad, et kõik udukogud, tumedad ja helendavad, gaasi- ja tolmupilved, on kõige kuumemate ja „uute" tähtede poolt maailmaruumi laialipaisatud gaaside kuhjumise tulemus.

Väljapaisatud gaasiosakesed moodustavad ühinedes aegamööda väikesi tahkeid osakesi — tolmukübemeid, mis pikapeale kogunevad pilvedeks ja moodustavad tolmumassilisi udukogusid.

Nii toimub universumis, kuigi erinevatel aegadel ja erinevais paikades, tähtede kondenseerumisprotsess udukogudest ja ka vastupidi, uute udukogude tekkimine tähtedest. See on universumi ringkäik, ühtede maailmade igavene tekkimine ja teiste hukkumine.

Maakera ja planeetide tekkimine.

Taevakehade arenemisprotsessi on äärmiselt raske uurida, peamiselt seepärast, et see toimub kolossaalse ajavahemiku jooksul. Sellega võrreldes on mitte ainult inimea, vaid isegi kogu inimkonna olemasolu kestus Maakeral ainult lühike silmapilk. Aja jooksul, mil taevakehi on teaduslikult vaadeldud, pole nad jõudnud märgatavalt muutuda või on muutunud ainult tühisel määral.

Teisest küljest ei saa aga lahendada arvukate, sageli üksteisega sugugi mitte sarnanevate taevakehade ja nende süsteemide tekkimis- ning arenemisküsimust, täpselt tundmata nende eneste olemust ja üldse loodusseadusi ning nende toimet igal üksikjuhul.

Kuid vastupidi idealistlikule filosoofiale, mis väidab, et maailm pole tunnetatav ja kõige põhjuseks on jumal, uurib teadus universumi ometi samm-sammult.

Kõigist raskusist hoolimata, millele me maailma tundmaõppimisel põrkame, tõendab teadus meile pidevalt, et loodus on tunnetatav. Meie teadmiste ring laieneb kindlalt. Teaduse areng täpsustab meie varasemaid kujutlusi maailmast. Kui mõnikord on tarvilik meie senist kujutlust asjade olemusest asendada uuega, siis tõendabki see just teaduse jõudu, mitte aga ta nõrkust. Kuigi uus kujutlus osutub endisest tõele lähedasemaks, siiski on nad alati teineteisega nii või teisiti seotud. „Teaduslike kujutluste vahetus on aste trepil, mida mööda inimkond tõuseb teadmise kõrgustele," tähendas V. I. Lenin.

Meie üritused selgitada päikesesüsteemi, s. t. planeetide ja eriti Maakera tekkimist, põrkasid suurtele raskustele, sest meil pole võimalik vaadelda mingeid teisi, meie päikesesüsteemiga sarnaseid süsteeme, kuigi sääraseid kahtlemata leidub universumis. Kui me teleskoobi abil tõesti võiksime näha teisi päikesesüsteeme, siis me leiaksime nende hulgas tõenäoliselt ka niisuguseid, mis on erinevais arenemisastmeis. Neid omavahel võrreldes võiksime restaureerida meie päikesesüsteemi tekkimis- ja arenemisloo. Uurides sääraselt metsas algul noori, seejärel täiskasvanud ja vanu üht liiki puid, võime täpselt kindlaks määrata taime arengu, ehkki lühikese aja jooksul meie silmade all üksik puu ei jõua märgatavalt muutuda.

Praegusaegsete teleskoopidega me ei või näha Maa-sarnaseid planeete, isegi mitte lähimate tähtede hulgas, sest planeetide valgus on väga nõrk. Kuid see, et meie neid seni pole näinud, ei tõesta veel niisuguste planeetide olematust.

Hiljuti ilmnes, et mõned tähed liiguvad ruumis nii, nagu tõmbaksid neid oma poole nähtamatud satelliidid. Seetõttu on meil põhjust oletada mingite nähtamatute planeetide olemasolu, milliseid planeete astronoomid võivad lähimas tulevikus avastada.

Otsustades Maa koore ja Päikese atmosfääri keemilise koostise analoogia järgi, moodustab Maakera ja järelikult ka teiste planeetide aine kunagi Päikesest eraldunud osa.

Varemalt pöörles Päike oma telje ümber palju kiiremini kui praegu ja tema tulisest massist eraldusid üksteise järel gaasi-

Joon. 8. Tihe tähesuurune gaasikera venib pikkamööda pöörlemise tagajärjel välja ja võib isegi jaguneda kaheks osaks, moodustades kaksiktähe.

pilved, samuti nagu see toimub praegu kaksiktähtede tekkimisprotsessis. Jahtudes ja ümber Päikese tiireldes (sest nad eraldusid selle pöörlevast massist) muutusid need gaasitihendused planeetideks.

Maailmaruumis on mitmesuguseid kaksiktähtede süsteeme. Matemaatilised arvutused lubavad oletada, et nad on tekkinud tavaliste tähtede tükeldumise teel; tsentrifugaaltungi mõjul lamendub kiiresti pöörlev täht, misjärel ta omandab muna või kurki meenutava väljavenitatud kuju. Edasisel pöörlemisel muutub täht pirnikujuliseks, kusjuures pirni kael välja venides peeneneb ja lõpuks katkeb, nii et täht laguneb suuremaks ja väiksemaks kehaks.

Algul pöörlevad mõlemad kehad ühesuguse kiirusega. Hiljem aga muutub nende pöörlemiskiirus erinevaks: väiksem keha hakkab pöörlema aeglasemalt ja loodete mõjul, mida ta põhjustab suurel taevakehal, aeglustub ka viimase pöörlemine. Kaugus nende vahel aga suureneb.

Nähtavasti muutus ka Päike kiire pöörlemise tagajärjel oma telje ümber pirnikujuliseks. Temast eraldunud võrdlemisi väikestel gaasikeradel ei võinud tollal olla säärast kõrget temperatuuri, muidu nad oleksid hajunud maailmaruumi. Jahtudes muutusid need kerad planeetideks — Päikese satelliitideks.

Järk-järgult need planeedid, nende hulgas ka meie Maa, kaugenesid Päikesest, kuni jõudsid praegustele kaugustele. Nad jahtusid võrdlemisi kiiresti ja kattusid lõpuks kõva koorega. Maa koore edasise arenemislooga tegeleb aga geoloogia.

Kui vanad on Maa koor ja taevakehad?

Niisugune võiks põhijoontes olla päikesesüsteemi ja Maa tekkimine. Kõiki päikesesüsteemi struktuuri üksikasju me ei suuda veel seletada. Senini juba paljusid lahendamatutena näivaid saladusi ja mõistatusi lahendanud teadus selgitab tulevikus ka need küsimused.

Üks lahendatud mõistatusi on Maakera ja teiste taevakehade vanus, mida peeti väga kõrgeks. Ent kuidas seda mõõta? Kas aastate, sajandite või aastatuhandetega? Seda ei teadnud inimesed, kuid preestreil oli vastus ka sellele küsimusele: nad väitsid, et meie planeedi, Päikese, Kuu ja tähtede loomisaeg on „täpselt" teada. Piibli ajaarvamise järgi on näiteks 1945. aasta 7452. maailma loomisest arvates.

Teadus ja inimkogemused on juba ammu hüljanud need naiivsed kujutlused Maa vanusest, samuti ka muinasjutu maailma loomisest eimillestki, ja kindlaks teinud, et meie planeet tekkis umbes 3 miljardi aasta eest.

Nagu teada, lagunevad nn. radioaktiivsete keemiliste elementide — raadiumi, uraani ja tooriumi aatomid iseendast, muundudes teiste keemiliste elementide aatomeiks. Pärast teatavat hulka muundusi saadakse uraanist raadium. Omakorda lagunedes muundub raadium lõppeks seatinaks ehk pliiks, mis enam ei lagune ja jääbki seatinaks.

Mingid välismõjud, näiteks kuumutamine, ei kiirenda ega aeglusta uraani muundumisprotsessi seatinaks. Uraani lagunemisseadus on katsete kaudu hästi tuntud. Teatud ajaühiku vältel laguneb ja muundub seatinaks kindel osa uraaniaatomeid. Näiteks, kui mingis kivimis leidub 1 gramm uraani, siis 10 miljardi aasta pärast on pool sellest muundunud seatinaks. Järgneva 10 miljardi aasta jooksul muundub taas pool allesolevast poolest grammist uraanist seatinaks; ¼ grammist jääb 10 miljardi aasta pärast alles jälle pool jne. Võrreldes seatina hulka allesoleva uraani hulgaga võib kindlaks määrata lagunemise kestust.

Uraani ja ta lagunemissaadust — seatina sisaldavad paljud mineraalid ja kivimid, kuigi väga vähesel hulgal. On selge, et

uraan võis sattuda sinna ainult enne selle kivimi tekkimist, kui see oli veel vedelas olekus ja ta koostusosad võisid seguneda. Määranud kindlaks seatina- ja veel lagunemata uraanihulga vahekorra, saame teada, kui kaua on kestnud antud kivimis algul leiduva uraani lagunemine. Teiste sõnadega, me võime kindlaks teha, kui palju aega on möödunud selle kivimi tekkimise momendist, s. t. kui vana ta on.

Mitmesuguste kivimite vanuse määramisel ilmneb, et kõige iidsemad neist on tekkinud 2—3 miljardit aastat tagasi. Ilmselt see ongi Maa koore vanus, arvatuna tema tardumishetkest.

Uurides maaväringute levimist, laava purskeid vulkaanide kraatreist ja muid nähtusi, võime järeldada, et mass Maakera sisemuses on praegugi tulikuumas olekus. See tõendab, et Maakera oli tõenäoliselt väga kauges minevikus isehelendav hõõguv keha.

Nagu teisedki taevakehad, nii jahtus ka Maakera pind ja muutus aegamööda kõvaks. Nii tekkis 200—300 kilomeetri paksune Maa koor.

Tõenäoliselt sarnaneb ka teiste planeetide ehitus Maakera struktuuriga. Arusaadavalt jahtuvad suuremad planeedid aeglasemalt ja nad pole veel käesoleva ajani niivõrd jahtunud kui Maa ja ta väike satelliit — Kuu.

Arvates Maakera tekkimise momendist taevakehana peab ta olema oma koorest vanem, s. t. vanem kui 3 miljardit aastat. Kahtlemata peab Päike olema veel tunduvalt vanem, sest kivistunud taimede uurimisest Maa koores nähtub, et miljoneid aastaid tagasi oli Päike umbes niisama kuum kui praegugi. Kolme miljardi aasta jooksul pole ta märgatavalt jahtunud, kuigi jahtumisprotsess jätkub muutumatult. Võib kujutleda, kuivõrd pikaldaselt see toimub, sest 3 miljardi aasta jooksul pole Päikese temperatuuris ilmnenud märgatavaid muutusi.

Maailmaruumis taevakehade liikumist uurides nähtub, et tõenäoliselt tekkis meie tähtedesüsteem Maakerast palju varem. Paratamatult peab arvestama kõiki neid andmeid, kui tahame kujutleda üksikute taevakehade ja nende süsteemide tekkimist ning arenemist.

Nii nagu universum on teaduse andmeil ruumis lõpmatu, nii on ta ka ajas lõpmatu, s. t. igavene. Universumil pole kunagi olnud algust ega tule ka kunagi lõppu, ta on alati olnud ja saab alati olema. Kõik see käib universumi kohta tervikuna. Ta üksikosad aga, näiteks Maakera, päikesesüsteem, taevakehad ja isegi galaktikate süsteemid tekivad alalõpmata kord siin, kord seal, läbivad pika arengutee ja lõpuks lakkavad olemast. Kuid mateeria, millest nad tekivad, ei hävi, vaid võtab ainult uue kuju. See on igavene ja igavene on ka ta liikumine ning hukkunud maailmade asemele tärkavad uued.

Universumi grandioossusele vaatamata uurib ja tunnetab inimene piiritult loodust. Inimesed on suutnud sammuda kaugele väljapoole oma maailma piire. Nad pole läbi uurinud mitte ainult oma Maakera, vaid on õppinud mõõtma kaugusi ka teiste, Maaga sarnanevate planeetideni, nad on suutnud selgitada nende suuruse ja pinnaehituse, on määranud Päikese ja teiste kaugete taevakehade keemilise koostise ning mõõtnud nende temperatuuri; nad on uurinud kõikide nende taevakehade liikumist. Inimesed on tundma õppinud oma planeedi ajalugu, koguni neid aegu, mil neid endid veel Maakeral polnudki. Meile on teada aine kõige pisemate osade struktuur, nende omadused ja muutumised. Inimene on loonud tehnika, mis võimaldab tal loodust muuta ja kasutada seda inimsoo hüvanguks. Me vallutasime maa sisemuse, ammutades sealt kasutatavaid maapõuevarasid. Me alistasime õhu, ja lennukid kannavad meid ühest paigast teise.

Kunagi kardetud loodusjõud, aur ja elekter, teenivad inimest, kes neid valitseb. Võib-olla leiab inimkond aja jooksul uusi, ennenägematuid energiaallikaid [1], millede abil ta suudab võidelda Päikese jahtumisest põhjustatud jahenemise vastu Maakeral. Samuti on võimalik, et saabub aeg, mil inimesed planee-

[1] Ongi juba avastatud aatomienergia, mille kasutamise tohutult suuri võimalusi ja piire ei suuda tänapäeval veel kõige julgemgi fantaasia üksikasjades ette näha. (Vast. toimet. märkus.)

tide vahel ühendustpidaval laeval võivad lennata koguni säärastele planeetidele, kus looduslikud tingimused on veel paremad kui Maakeral. Inimese geenius ja ta võimalused on piiramatud, nagu näitab kogu teaduse ja tehnika arenemise ajalugu.

Kas võib Maakera hukkuda universumis toimuvas katastroofis?

Nii on lugu küsimusega „maailma algusest ja lõpust". Kuid sageli küsitakse: kas võiks meie maailm, s. t. Maakera, hukkuda teise taevakehaga, näiteks komeediga, kokku põrgates?

Maakera kokkupõrked planeetidega pole võimalikud, sest planeetide liikumisteed ümber Päikese ei lõiku Maakera teega. Planeetide suurus on tühine, võrreldes määratute kaugustega, mis neid üksteisest lahutavad. Meie lähim naaber, planeet Marss, läheneb Maale ainult 55 miljoni kilomeetrini. See kaugus on 4½ tuhat korda suurem Maakera läbimõõdust. Kui saata suurele lagendikule kaks seotud silmadega inimest, siis on nende teineteisega kokkupõrke tõenäolisus ikkagi suurem kui Maa kokkupõrke tõenäolisus planeediga, seda enam, et planeedid liiguvad kindlaid teid pidi ega eksle ruumis juhuslikult. Maa ja planeetide vastastikune tõmbetung on aga tühine, võrreldes Päikese tõmbetungiga, millest olenevadki planeetide liikumisteed.

Veel vähem tõenäoline on Maakera või koguni meie Päikese kokkupõrge mingi taevakehaga. Selle põhjuseks on jällegi tohutud kaugused, mis lahutavad meid teistest taevakehadest. Kuigi Päike sööstaks koos planeetidega otse lähima tähe poole, siis jõuaks ta, arvestades tähtede suhtelist kiirust, alles 50 000 aasta pärast pärale. Kuid see pole võimalik ega toimu kunagi. Arvutused näitavad, et kogu selle aja jooksul, mil täht tekib hõredast gaasist ja helendab, ei saa ta kokku põrgata teise tähega. Kui lasta lendu kõige suuremas teatris või saalis kaks-kolm tolmukübet, siis võivad need ennem kokku põrgata kui tähed maailmaruumis.

Komeetide teed lähevad mõnikord Maa ligidalt mööda. Komeedid on udusarnased, mõnikord helendava sabaga taeva-

kehad. Nende uurimisest nähtub, et komeedid kujutavad endast planeetidesarnaselt väga pikerguseks venitatud teed mööda ümber Päikese tiirlevaid kivitükikeste parvi. Päikesele lähenedes kuumenevad komeedi peas tuuma moodustavad kivitükid ja eraldavad väga hõredat ning päikesekiirte mõjul helendavat gaasi. Päikesekiired paiskavad neid kergeid ja hõredaid gaase tahapoole, kusjuures neist moodustub komeedi taga veniv saba, umbes nagu sõitva veduri järel veniv suitsujuga.

Varemail aegadel kardeti väga komeete, sest arvati neid ennustavat sõdu ja muid õnnetusi. Hiljem hakati kartma Maa kokkupõrget komeediga. Kõik säärased kartused on aga täiesti põhjendamatud.

Praegu märkavad teadlased igal aastal mitut komeeti. Meile on nähtavad ainult need komeedid, mis viibivad Päikese ja Maa läheduses. On lihtsalt naeruväärne ühendada komeetide ilmumist sündmustega Maakeral.

Eespoolmainitud lähedust Maakerale tuleb mõista muidugi astronoomilises mõttes — seda mõõdetakse samuti kümnete miljonite kilomeetritega. Teadlased kurdavad juba kaua, et ükski neist huvitavaist taevakehadest ei lähene kunagi Maakerale kasvõi Kuugi kauguseni, mistõttu meil ei ole õnnestunud komeete üksikasjaliselt vaadelda.

Kuid piisab juba praegustestki teadmistest komeetide kohta, selleks et kõrvaldada vajadust mõelda Maa ja komeedi kohtumise tagajärgede üle. Komeedi saba ja tema tuuma ümbritsev gaasikiht koosneb nii hõredaist gaasidest, et nende lisandumist meie õhule poleks isegi märgata. Kuigi toimuks säärane peaaegu uskumatu juhtum, et Maakera kunagi kauges tulevikus põrkaks kokku komeedi tuumaga, siis ka sel juhul ei tekiks mingit maailma katastroofi.

Komeedi tuuma moodustavad kivitükikesed on tegelikult väga väikesed ja lennates suure kiirusega Maa atmosfääri, nad süttivad. Kõrgel atmosfääris muutuvad nad tugevasti helendavaiks ja kiiresti kustuvaiks hõõguvaiks aurudeks. Ainult kõige suuremad kivid võivad langeda kusagil Maakera pinnale.

Komeetide iga on lühike ja nende tuumad hajuvad ruttu

maailmaruumis. Maailmaruumis hajunud komeetide tuumajääkidega aga põrkab Maa iga päev kokku, mistõttu võibki näha ühtelugu „langevaid" ehk „lendtähti". Teadlased olid juba ammu veendunud, et langevad tähed pole tõelised tähed. Kõik taeval palja silmaga nähtavad tähed püsivad alles omal kohal, kuigi mõnel ööl võib näha tuhandeid „langevaid tähti". „Langevad tähed" on õhus auruks muutuvate väikeste kivitükkide helendavad jäljed, komeetide tuumajäägid. Vahel mõni säärane suurem kivitükk ei jõua õhus auruks muutuda ja langeb taevast tulekerana Maale. Neid kive nimetatakse meteoriitideks, neid kogutakse ja säilitatakse muuseumides.

Maakera kokkupõrke puhul komeedi tuumaga võib sadada palju selliseid kive ja võidakse tähele panna isegi „langevate tähtede" vihma. See ongi kõik, mis meid komeediga kokkupõrkel „ähvardab".

Teadus tunnetab üha sügavamalt maailma.

Leidub veelgi vähesel arvul inimesi, kes ei usalda teadust, väites, et teadus ei tunne veel kõike maailmas, et teadlased seletasid varemalt mõningaid nähtusi ühtmoodi, nüüd aga teisiti, ja et teadus sisaldab ainult oletusi. Sel põhjusel nad ei taha üldse midagi uskuda peale vanaisadelt või kirikust kuuldud muinasjuttude maailma loomisest. Mida võiks neile selle peale vastata?

Teadus täieneb aja jooksul nagu tehnikagi ega pea ennast kõikvõimsaks. Teaduslikud uurimused arenevad pidevalt. Aja jooksul osutub meil tarvilikuks muuta oma teaduslikke kujutlusi universumi struktuurist ja temas toimuvaist nähtustest. Kui täiuslikumate katsete ja arvutuste põhjal endised teaduslikud oletused asendatakse uute teaduslike vaadete ja oletustega, siis on need igakord suuremal või vähemal määral seoses endiste vaadete ja oletustega. Neid poleks võinud tekkidagi, kui meil oleksid puudunud senised vähemtäpsed ja vähemõiged katsed, oletused ning arvutused. Teadus ei karda tunnustada antud hetkel

oma võimaluste piire ja teatab siiralt, missuguseid nähtusi ta on uurinud ja teinud täiesti mõistetavaks, missuguseid ta võib seletada ainult ligikaudselt, oletamisi ja missuguseid ta pole veel võimeline seletama. Selles pidevas enesekontrollis peitubki teaduse jõud, tema edasise edu pant. See muudabki teaduse tugevaimaks relvaks looduse vallutamise võitluses. Loodust ei saa alistada ja panna inimest teenima loodusseadusi uurimata ja temas toimuvate nähtuste kohta oletusi tegemata, kuigi need oletused alguses pole päris õiged.

Katsed elektriga ja oletused ta olemusest, milledest mõned osutusid mõnikord ekslikeks ja asendati hiljem täiuslikumatega, võimaldasid meil järk-järgult luua elektervalgustuse, trammi ja elektrimootorid, telegraafi, raadiotelegraafi, kaugnägemise ja helikino. Need ja paljud teised praegusaegse tehnika saavutused on parimaiks teaduse kasulikkuse näitlikeks tõendeiks ja on võrsunud looduse teaduslikust uurimisest, millega aga korduvalt kaasnes ebatäpsusi ja isegi vigu. Teaduse mittetäiuslikkus mingis küsimuses ei õigusta meid seepärast veel eitama kogu teadust tervikuna ega tunnistama teda võimetuks, et asendada muinasjutte saladuslikest vaimudest. Kui teadus tutvustab praegu elektrit teisiti kui saja aasta eest või tulevikus viiekümne aasta pärast, siis ei õigusta see meid veel ütlema, et teaduslik kujutus elektrist polegi parem elektri kujutusest välguna või vihaleaetud jumalate poolt taevast Maale heidetud tulenoolena. Olnuks see nii, siis ei sõidaks me nüüd trammis ega valgustaks kortereid elektriga. Teadus on tõestanud oma jõudu terve hulga praktiliste saavutustega.

Mõned inimesed ei taha arvestada teaduse seisukohti näiteks Maakera tekkimise küsimuses, põhjendades seda teaduslikes vaadetes selle küsimuse suhtes aja jooksul toimunud muutustega. Alljärgnev näide tõendab, kuivõrd põhjendamatud on säärased järeldused.

Kujutlegem inimest, kes pole kunagi näinud maja ehitamist ega tänapäeva ehitustehnika käsutuses olevaid vahendeid. Kui palutakse säärasel inimesel seletada väljakul oleva maja tek-

kimisest, siis meenutaks ta mitmeti teadlast, kes pole kunagi oma silmaga näinud Maakera tekkimist.

Vaevalt hakkaks mainitud inimene seletama, et see maja loodi nähtamatu olendi tahtel, või välja mõtlema legendi maja „võrsumisest ürgolendi Puruša suust". Võib-olla ütleks säärane inimene meile, et inimkäed on maja kokku kleepinud savist. Vaadeldes maja lähemalt võib-olla see inimene veenduks, et maja on laotud kividest ja et ta esimene seletus oli järelikult vale, kuigi mitte päriselt. Kas õigustab aga see meid väitma, et inimene on võimetu seletama maja tekkimist loomulikul viisil ja et seletuse saamiseks oleks parem pöörduda tagasi mingi legendi juurde? ... Teades, et maja on kivist, püstitab inimene muide teissuguse oletuse ja ütleb, et maja on laotud inimeste poolt kuskilt teisalt toodud kividest. On selge, et uus oletus on eelnevast õigem, sest mainitud inimene uuris vahepeal lähemalt maja struktuuri. See sundis teda ka veidi muutma oma esialgset oletust, kuid ta uus oletus on seotud eelmisega ja kahtlematult tegelikkusele lähedasem. Samasuguses olukorras on ka teadlased, kui nad on sunnitud mõnevõrra muutma oma vaateid taevakehade tekkimisest, õppides hiljem lähemalt tundma nende struktuuri.

Kuid kujutlegem nüüd, et mainitud inimene suutis hiljem veel üksikasjalisemalt maja struktuuri uurida ja leidis, et maja on püstitatud nii raskeist paekividest, mida inimene ei saanud kohale tuua ega paigale asetada. Ta ei oskaks seletada, kuidas nimelt need paasikud kohale toimetati ja paigale asetati, kuid tal oleks täielik õigus väita, et maja pole tekkinud salapärasel kombel, vaid teatavas järjekorras toimuva ehitamise tulemusena. Võib-olla kestaks ta kimbatus kaunis kaua, kuni ta lõpuks näeks veoautosid ja tõstekraanasid. Neid nähes ta taipaks aga, et nimelt nende masinate ja kraanade abil võidi paasikud kohale toimetada ja paigale asetada. Samasuguses olukorras on mõnikord ka teadlased, kuni neil õnnestub leida puuduv lüli või üksikasi vahel võib-olla puudulike andmete põhjal loodud taevakehade tekkimis- ja arenemispildis.

Kõike seda tuleb meeles pidada, kui me tutvume Maakera

ja taevakehade tekkimise teaduslike järeldustega, seda enam, et see küsimus on raskemaid, mis üldse kunagi on teaduse ette kerkinud.

Eespool nägime, kuivõrd suured on inimmõtte saavutused, kuidas inimesele on saanud arusaadavaks see, mida ta ealeski ei arvanud suutvat mõista. Silmas pidades kõike öeldut oleme veendunud, et juhuslikud vead looduse seletamises ei kalluta meid veel kõrvale inimliku teadmise piiramatult arenguteelt.

Kas planeetidel on elu?

Prof. B. A. Vorontsov-Veljaminov.

Kas on teisi maailmu peale meie Maakera?

Itaalia õpetatud munga Giordano Bruno raamat „Universumi ja maailmade lõpmatusest" trükiti kolmsada kuuskümmend aastat tagasi Londonis.

See raamat on kirjutatud vestluse vormis. Üks vestlejaid, Philoteus, väljendab autori enda julguse ja vaadete avaruse poolest hämmastama panevaid mõtteid.

Katoliku kiriku salapolitsei — inkvisitsiooni süngel valitsemisajastul oli Bruno julge raamat kiriku arvates andestamatult jultunud. Kopernikuse õpetuse innuka levitajana väitis Bruno, et universum ei piirdu ainult meie Maaga ja et peab olema veel teisi maailmu ning et tähed on kauged päikesed, millede ümber omakorda tiirlevad planeedid (teised maakerad) ja et neil planeetidel on nagu Maalgi elu, sest universumi koostis on ühtne.

Bruno mõtted olid vastuolus väidetega, mis tõendasid, et Maa on universumi keskus. Samuti olid nad vastuolus piibli õpetusega, mille järgi jumala loodud ja elanikega asustatud Maa olevat ainus koht, kus leidub elu, kus Päike on ainult Maa soojendamiseks, Kuu ja tähed aga inimeste rõõmuks ja taeva ehteks.

Bruno meelitati tagasi Itaaliasse, kust ta juba ammu kiriku poolt tagakiusatuna oli põgenenud. Seal kuulutas inkvisitsioon

ta suureks patustajaks ja põletas 1600. aasta veebruaris elusalt tuleriidal.

* *
*

Bruno polnud esimene, kes püüdis tungida maailmaruumi saladustesse.

Juba muinasajal huvitusid inimesed universumi hiigelraamatust, kuid nende teadmised olid liiga vähesed selle lugemiseks. Kõhklevalt ja ainult üksikute tähtede tähendust mõistatades püüdsid muistsed inimesed aru saada taevatähtede aabitsast, et lugeda sealt jutustust maailmaruumi saladustest. Ainult mõned oma ajast kaugele ette jõudnud geniaalsed isikud tegid oletusi elust väljaspool Maad.

Nelisada kolmkümmend aastat enne meie ajaarvamist, kui inimesed veel midagi ei teadnud maailma struktuurist, oletas kreeka filosoof Demokritos, et Kuu oma pinnaehituselt peab sarnanema Maaga.

Sama sajandi teine kreeka filosoof Metrodoros õpetas, et elusolenditega asustatud maailmu peab olema palju.

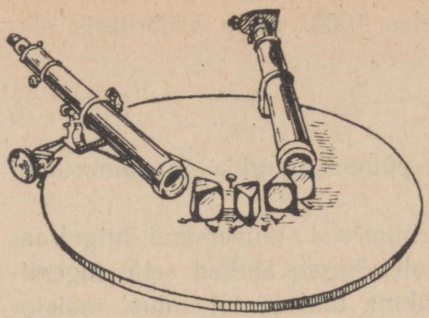
„Väita, et ainult Maa on elukandja," tõendas ta, „on niisama absurdne kui väita, et tohutul seemendatud põllul kasvaks ainult üksainus nisupea."

XVI sajandi algul õpetas astronoom Nikolaus Kopernikus, et Maakera pole maailma liikumatu keskus, nagu õpetas kirik, vaid universumi tsentrumiks on Päike, mille ümber tiirleb Maa koos teiste planeetidega.

Nii liikusid juba ammu jutud paljudest maailmadest, kuid need kõik olid teooria ja katsetega tõestamata geniaalsed oletused.

1609. aastal suunas Galilei esimesena taeva poole omaehitatud teleskoobi. Teadlase hämmastunud silmadele avanesid uued maailmad. Inimestele hõbevöödina paistev Linnutee lagunes läbi teleskoobi vaadatuna üksikuiks erineva heledusega tähtedeks.

Galilei teleskoop suurendas ja lähendas asju ainult kolmkümmend korda, kuid sellestki piisas oletuste kõrvaldamiseks, et Maakera satelliit Kuu sarnaneb Maaga. Galilei nägi Kuul



Joon. 9. — Spektroskoobi üldkuju. Aparaat, mille abil võib isehelendavate gaaside ja aurude valguse järgi määrata nende keemilist koostist.

Maa omadega sarnanevaid mägesid ja kirjeldas neid üksikasjaliselt. Selgus, et Maa pole ideaalne ainulaadne taevakeha, vaid samasugune nagu teisedki tolleaegsele teadusele tuntud planeedid.

Lisaks ilmnes veel, et planeet Jupiteril on neli satelliiti — **kuud.**

Galileid pooldav piiskop soovitas talle oma avastust mitte avaldada.

„Ma tean," püüdis ta Galileid veenda, „te jutustate ainult Kuu peal avastatud mägedest ega taha öelda midagi rohkemat. Kuid arvestage seda, et mõni teine tahab teist targem olla ja hakkab arutlema: kui Kuu peal on nagu Maalgi mäed, siis võivad seal olla ka inimesed nagu Maakeral, ja siis juba huvitutakse küsimusest, kuidas need tekkisid: kas ka Aadamast ja Eevast või kuidagi teisiti? Kuid ... pühakiri ei kõnele sellest kõigest midagi. Tähendab, ta on kas poolik, ebatäiuslik ega vääri pimesi kummardamist või vaikib ta sihilikult kõigest sellest ja on siis, tähendab, üldse vale."

Piiskopil oli õigus. Võib-olla tõesti Galilei oleks pidanud vaikima oma avastustest. Püha inkvisitsioon ei andestanud vabamõtlemist. Vana teadlase päästis tuleriidast ainult „patukahetsus". Ta loobus avalikult Kopernikuse selle mõtte toetamisest, et Maa pole maailma liikumatu tsentrum.

Kuid kord juba lausutud julge sõna tungis inimeste teadvusesse. Ketserlik õpetus levis. Ja mida kaugemale edasi, seda enam kaheldi kiriku väites jumala loodud maailmast, seda tõsisemalt mõtisklesid inimesed universumi lõpmatusest ja paljudest maailmadest.

Fantastilisi reise teistesse elusolenditega asustatud maailmadesse.

Kord kohutava tormi ajal kandis tuul kreeka meresõitjate laeva, millel ei jõutud purjesid õigeaegselt kokku panna, õhku. Tavatute reisijate laev liugles hulga päevi õhus, kuni soodus tuul ajas ta asuurses taeva-ookeanis heljuva hõbedaselt sätendava saare randa. Maabunud reisijad kohtasid kaldal pilvedetaguse maa, meile hästituntud Kuu kummalisi elanikke.

Nõnda kirjeldas enam kui kahe tuhande aasta eest elanud kreeka kirjanik ja filosoof Lukianos esmakordselt oma jutustuses „Tõestisündinud lugu" fantastilist planeetidevahelist reisi.

Alates kaugest muinasajast on inimesed ikka unistanud lendudest pilvede taha ja reisidest teistesse maailmadesse. Võiks loetleda sadu, võib-olla koguni tuhat fantastilist jutustust ja romaani, milledes kõneldakse teiste planeetide elanikest ja reisijate erakordseist seiklustest maailmaruumis. Ja mida enam arenesid meie teadmised taevalaotusest, mida suuremaid edusamme tegi astronoomia, seda lähedasemaks tegelikkusele muutusid teaduse arengut jälgivate kirjanike romaanid.

Teravmeelne prantsuse XVII sajandi kirjanik Cyrano de Bergerac jutustas oma fantastilises raamatus „Reis teise maailma ehk Kuu riigid" oma väljamõeldud reisidest Kuule ja Päikesele.

Cyrano tõusis rakettidega laaditud lennukil õhku ja Kuu tõmbas ta enda poole. Kuid selgus, et ta polnud mitte esimene reisija taevalaotuses. Ta kohtas Kuul noorukit, kes oli sinna lennanud magnetite jõul liikuvas rauast seadeldises.

Kuu elanikud kasvavad kaksteist küünart pikaks, kuid eelistavad käia neljakäpuli. Selles maailmas on kõik ebatavaline. Nad nimetavad endid seleniitideks ja nende keeleks on muusika. Nad saavad söönuks toidulõhnade sissehingamisest ja magavad lilledest asemeil. Käibivaks rahaks on neil pilvedetaguseil elanikel luuletused. Nende teadus on kaugele arenenud. Näiteks segavad nad püssirohu hulka mingi segu, mis tapab, puhastab jahisaagi sulgedest, küpsetab ta ja on ühtlasi kastmeks.

Joon. 10. Ülesvõte Kuu pinna osast. On näha mäeahelik, mis heidab varju, samuti ka Kuu rõngasmäed ning suured lõhed tema koores.

Maakera satelliidilt siirdus julge Cyrano kristalsel, mitmetahusel planeetidevahelisel laeval Päikesele. „Päikese pind on lõkendava lume taoline. Päike on keskuseta maailm, kus kõik

asjad kaotavad kaalu ja püsivad igasuguses asendis tasakaalus. Päikese keel on niivõrd ilmne, et ta on arusaadav kõigile ..."

Nii naljatas lõbusalt teravmeelne Bergerac.

Hiidtäht Siiriuse elanikest kirjutas XVIII sajandi prantsuse kirjanik Voltaire satiirilise jutustuse. Üks tähe elanikest, Micromégas, reisib vabalt planeedilt planeedile. Koos ühe Saturni elanikuga saabus Micromégas Maakerale. Pilvedetagustele tulnukatele paistis meie planeet väikese mudakamakana ja ta elanikud väiksemana pisimaist tolmukübemeist. Kui aga üks Maakera elanikest hakkas tulnukatele tõendama, et „nad ise, nende mäed, nende päikesed, nende tähed — kõik on loodud inimese jaoks", pidid mõlemad taevaelanikud peaaegu lämbuma sellest tagasihoidmatust naerust, mis Homerose sõnade järgi „moodustab jumalate pärisosa".

Ka praegusaja kirjanikud on pühendanud hulga teoseid võimaliku elu kirjeldamisele teistel planeetidel. Wells'i marslased on mingid arukad, kuid jalgu ja käsi asendavate polüübikombitsatega ebainimlikud koletised, kes toituvad inimverest. Kuu elanikud, seleniidid, on inimesetaolised hiigelsipelgad, kes elutsevad sügaval Kuu õõnsustes. Kuid Wells'i romaanid „Maailmade võitlus" ja „Esimesed inimesed Kuul" on ainult romaanikirjaniku fantaasia vili.

Muidugi pole fantaasia vajalik mitte ainult kirjanikele, vaid ka teadlasele. Ainult julged, kõiki kogutud ja teaduslikult kontrollitud fakte arvestavad teooriad viivad edasi astronoomiat nagu igat teistki teadust. Kuid teadus tugineb faktidele ja kontrollib pidevalt oma järeldusi.

Teadus paljastab universumi saladusi.

Kui täiuslik ka teleskoop iganes oleks, ometi ei saaks tema abil teada kõike, mis toimub kaugeil taevakehadel. Teleskoobiga ei saa vaadata tähe või planeedi sisemusse ega teada, millest ta koosneb või mõõta ta temperatuuri.

Paljudele tundub praegugi veel uskumatuna, et inimestel üldse on võimalik teada saada taevakehade keemilist koostist. Et uurida tähe või planeedi ainet, selleks oleks ju vaja tuua näiteks tükike Päikest laboratooriumi ja seal keemiliselt analüüsida. Kuid see on võimatu. Ent siiski on teadlastel õnnestunud täpselt määrata ja teaduslikult tõestada Maakera ja kõikide taevakehade keemilise koostise ühtsus. Võluvõtmeks, mis võimaldas teadusel tungida universumi saladustesse, osutus 1859. aastal avastatud spektraalanalüüs.

Kuidas õnnestus siis teada saada seda, mis näis paljude sajandite jooksul olevat hoopis võimatu?

On teada, et valge päikesevalgus koosneb erivärvilistest kiirtest, mida meie silm üksikult ei eralda. Kui aga lasta see kiirtesegu läbi prisma (kolmetahulise klaasi), siis lahutuvad nad ja iga üksik värv muutub eraldi nähtavaks.

Sageli võib märgata, kuidas tahulist klaasi (olgu see siis peegli serv või kroonlühtri mitmetahuline klaasist ripats) läbiv päikesekiir kaob ja selle asemele tekib mitmevärviline laik. See ongi päikesespekter.

Miljonid inimesed on korduvalt näinud väikest vikerkaart, kuid kellelegi pole pähe tulnud, et see võib paljastada universumi ühe tähtsaima saladuse.

Kuid inimmõistus vallutab raugematu visadusega loodussaladusi; lõpuks lahendas ta ka päikesespektri tähenduse.

Ent selgus, et mitte ainult Päikesel pole spekter, vaid see on kõigil helendavail aineil.

Spektrite vaatlemiseks on eriline aparaat — spektroskoop. Ta koosneb ühest või kahest torust, pikksilmast ja ühest või mitmest prismast. Esimesse torusse läbi pilu sattunud valguskiired langevad sealt väljudes prismale ja murduvad. Seejärel lähevad nad pikksilma, mille läbi vaatleja näebki spektrit.

Iga aine hõõguvad gaasid ja aurud annavad tumedal foonil heledaist värvilistest joontest koosneva spektri, kus igal värvilisel joonel on oma rangelt kindlaksmääratud koht spektri teiste joonte hulgas.

Nii annab spektroskoobis iga uuritav helendav gaas ainult temale omaste värviliste joontega erilise spektri, mille järgi võib otsustada, mis gaas või aur see on.

Sel kombel saadaksegi teada Maakeral leiduvate ainete keemiline koostis. Aga kuidas saab uurida Päikese koostist?

Praegusaja spektroskoobis paistab vikerkaaretaoline päikesespekter üleni kirjuna tumedaist joontest.

Püüdes mõistatada tumedate joonte tähendust avastasid teadlased, et iga aine aurud mitte ainult ei kiirga, vaid ka neelavad spektris samasuguse värvusega kiiri, kui nende aurude taga asub tulisem vikerkaaretaolist spektrit tekitav valgusallikas. Säärase spektri annab erakordselt kuumade gaaside paks kiht. Tähendab, Päike on tulistest gaasidest koosnev tohutu kera.

Enne Maakerale jõudmist läbib päikesevalgus Päikest ümbritseva tulise atmosfääri. Et Päikese atmosfäär on Päikesest endast jahedam, siis neelab ta päikesevalgusest Päikese atmosfääris leiduvate ainete spektriga samavärvilisi kiiri. Spektri selles kohas, kus peaks asuma teatud keemilist ainet tähistav värviline joon, on päikesespektris tume joon. Teades täpselt teatud keemilise aine värvilise joone asukohta spektris, võib päikesespektri tumedate joonte järgi kindlaks määrata ta atmosfääris leiduvaid keemilisi aineid.

On huvitav, et astronoomia võimsaima vahendi, spektraalanalüüsi abil avastati heelium kõigepealt Päikesel ja alles hulk aastaid hiljem ka Maakeral: mõnede maapealsete mineraalide spektreis ilmnesid värvuselt ja asukohalt täpselt päikesespektris heeliumi joonega sarnanevad jooned. Varsti tootsid teadlased heeliumi juba puhtal kujul laboratoorselt.

Praegu pole heelium enam nii haruldane gaas; mõnikord täidetakse sellega dirižaableid (õhulaevu), sest ta on õhust kergem, kuid seejuures siiski raskem odavast ja kergestiplahvatavast vesinikust.

Spektraalanalüüsi abil uurisid teadlased Päikese ja teiste taevakehade spektreid. Nad tegid täiesti täpselt kindlaks, et kogu universumi keemiline koostis on ühesugune. Universumi

kõik kehad koosnevad samadest algainetest: vesinikust, hapnikust, rauast jms. Praegu on see juba teaduslik fakt, mitte aga oletus.

Võiks öelda, et „ehitusklotsid", milledest taevakehad on ehitatud, on peaaegu ühesuguste omadustega. Aga eks koosnegi ju kõik elav samadest algainetest, milledest koosneb kogu meid ümbritsev loodus — maa, mäed ja jõed.

Tähendab, maailmaruumis on kõikjal elusorganisme moodustavat materjali.

Oma valgust mittekiirgavate ja ainult võõrast valgust peegeldavate tahkete kehade spekter on neid valgustava valgusallika spektri sarnane. Päikesest valgustatud planeetide pinnaspektrid, valge seina, lume või valge paberilehe spekter on täpselt ühesugused, nad on päikesespektri koopiad. Seetõttu ei saa spektri järgi määrata lume, valge paberi või planeedi pinna keemilist koostist. Siiski peegeldavad mitmesugused kivimid ja ained, näiteks väävel, graniit, liiv, lumi, rohi jms., veidi erinevalt päikesevalgust. Nende erinevuste järgi võib mõnikord selgitada peegeldatud valgusest helendavate Kuu ja planeetide pinda moodustavaid aineid. Lisaks koosneb iga planeedi atmosfäär gaasist, mille keemilist koostist võib täpselt kindlaks teha. Tegelikult läbib planeedi poolt peegeldatud päikesevalgus enne Maakerale jõudmist vastava planeedi atmosfääri. Nagu eespool on mainitud, neelavad planeedi atmosfääri moodustavad gaasid valgust. See põhjustabki tumedate joonte ilmumise planeedi spektris. Selle „neeldumisspektri" järgi me määramegi kindlaks planeedi atmosfääri moodustavad ained ja gaasid.

Samuti on teadus leidnud abinõu planeetide temperatuuri mõõtmiseks. Kui joota kokku kahe erinevast metallist peenikese traadi otsad ja jootekohta soojendada, siis tekib traatides elektrivool, mille tugevust mõõdetakse eriliste seadistega. Neid kahte traati nimetatakse termoelemendiks. Mida kuumem on soojendus, seda tugevam elektrivool tekib termoelemendis. Järelikult võib voolu tugevuse järgi määrata soojenduse suurust.

Et mõõta planeedi temperatuuri, asetatakse termoelement

teleskoobis saadud planeedi väikesele kujutisele. Seepärast valmistatakse astronoomilisteks mõõtmisteks väga väikesed termoelemendid, millede tundlikkust miniatuursed mõõtmed isegi tõstavad. Marsi temperatuuri mõõtmiseks tarvitatava termoelemendi läbimõõt on $\frac{1}{30}$ millimeetrit ja ta kaalub ainult 0,1 milligrammi. Säärane tibatilluke aparaat on niivõrd tundlik, et võib kinni püüda tavalise küünla soojuse kolmesaja kilomeetri kauguselt.

Nii pole teadlastel mitte ainult üks, vaid mitu abilist, mitu aparaati, millede abil nad võivad uurida planeetide pindu, kuigi mitte soovitud määral.

Omades sääraseid andmeid võib öelda juba suurema või väiksema kindlusega, kas võib teistel planeetidel olla elu või mitte.

Vaadeldes tähistaevast märkasid inimesed juba muinasajal, et kõik taevakehad pole ühesugused. Nende tähelepanu köitis asjaolu, et mõned tähed ei vilgu, vaid helenduvad ühtlases valguses ja lisaks muudavad taeval teiste, liikumatute tähtede suhtes oma asendit.

Neid taevakehi nimetasid nad planeetideks, mis tähendab tõlkes „rändtähed".

Teadlased tegid aja jooksul taevast uurides kindlaks, et planeetide erinevus tähtedest ei seisne ainult nende mitte-vilkuvas valguses ja taeval rändamises, vaid neil on hulk muidki erinevusi. Planeedid on Maa-sarnased, meile lähedased väikesed taevakehad, millel pole oma valgust ja mis tiirlevad ümber Päikese samuti kui Maa. Tähed aga on hiiglasuured, tuliselt hõõguvad ja isehelendavad gaasilised kerad nagu meie Päikegi — Maakera kogu elu allikas.

Ka kõige külmemate tähtede, kui nii võib väljenduda, pinna temperatuur on ligemale 3000 kraadi. Säärasel tähel muutuvad ka kõige raskemalt sulavad metallid auruks. Meie Päike pole kaugeltki kõige kuumem täht, kuid ta pinna temperatuur tõuseb 6000 kraadini. Nii teeb teadus kindla järelduse: elu on tähtedel võimatu.

Aga kas oleks elu planeetidel võimalik?

Me teame nüüd täpselt, et planeedid on tahked, tuhmid, ainult peegelduvat valgust kiirgavad kehad. Maa, millel me elame, on samasugune planeet nagu Kuu, Merkuur, Marss ja teised. Kunagi oli ta Päikesest eraldunud gaasitihendus, mis hiljem muutus hõõguvvedelaks ja jahtus kiiresti, andes vabalt oma soojust tähtedevahelisse külma ruumi.

Maakera pinna jahtudes ei muutunud atmosfäärist Maale langevad võimsad veevalingud enam auruks, vaid moodustasid aegamööda ürg-ookeane.

Muistsete merede soojades lahtedes sündisid elutust materiaalist elusorganismide esimesed rakud, Maakera kogu mitmekesise taime- ja loomariigi esivanemad.

Nii toimus see meie planeedil. Midagi taolist pidid läbi elama ka päikesesüsteemi teised planeedid.

Aga kas neil on elu võimalik? Kas neil on elutingimused niisama soodsad kui Maakeral, mis on samuti planeet?

Sellest räägime kohe üksikasjaliselt.

Kas Kuul on elu võimalik?

Meile kõige lähedasem planeet on Maakera satelliit Kuu. Tal on alati sama külg pöördunud meie poole, kuigi ta pöörleb oma telje ümber. Seda põhjustab ühesugune ajavahemik, mille jooksul Kuu teeb täistiiru ümber Maakera ja pöörleb ümber oma telje, s. t. ühe kuu jooksul.

Meid lahutab Kuust ümmarguselt 384 000-kilomeetriline vahemaa, mis polegi mingi kaugus. Paljud reisijad on oma elu kestel ühtekokku läbi sõitnud mitte vähem kilomeetreid, vahest koguni rohkem. Ja ometi on olnud Kuu meile senini kättesaamatu. Ükski mürsk ei suuda arendada säärast kiirust, et võiks väljuda Maakera tõmbetungi piirkonnast ja läheneda Kuule.

Kui Kuul oleks linnu või isegi väikesi külakesi, me näeksime neid teleskoobis, kuid kasvõi elevandisuurusi elusolendeid me siiski ei näeks.

Kahjuks ei saa teadus kinnitada romaanikirjanike kütkestavat fantaasiat Kuu asustatuse kohta elusolenditega.

Joon. 11. Kujutletav vaade Kuu pinnale. Tumedal taeval paistab tähtede hulgas meie Päikese poolt valgustatud Maakera.

Elu tekkimiseks on vajalikud vastavad tingimused, milledeta ei saa läbi ükski elusolend.

Kõigepealt on igale elusolendile vajalik hapnikku sisaldav õhk. Liiga hõredas atmosfääris ei piisa inimestele hapnikust ja nad lämbuvad. Umbes kolme kilomeetri kõrgusel merepinnast tunnevad harjumatud inimesed ennast juba halvasti. Kuid treeninud alpinistid tõusevad mägedes kuni seitsme tuhande meetri kõrguseni ja tunnevad ennast suurepäraselt. See näitab, et on võimalik kohaneda ka hõredas atmosfääris, kuid hoopis õhuta pole mingi elu võimalik.

Iga elusolend ja taim, ka kõige lihtsam, vajab tingimata mõningal hulgal vett ja seda just vedelas olekus. Et see on nii, siis tähendab, et on vajalik säärane temperatuur, mille juures vesi ei muutu auruks ega külmu.

Tõsi küll, mõned organismid elavad ka alla 0- ja üle +100-kraadilise temperatuuri puhul. Nad kohanevad sellega järk-järgult. Siiski on tarvilik, et nad ajuti satuksid paraja temperatuuri soodsamaisse tingimustesse.

Paljud külmakindlad taimed taluvad ajutiselt 40-, 50- ja isegi 60-kraadilist pakast, jäädes ise seejuures kahjustamata. Kuid suvel saavad nad ikkagi teatava hulga soojust. Külmaperioodi kestel nagu lakkaks taimede elu, tekkides uuesti alles sooja tulekul. Väikesed samblas elutsevad loomad — loimurid, keriloomad jt. — talusid 25 ja koguni 125 tundi 190-kraadilist pakast, kattkestades selleks ajaks oma elutegevuse. Kalu võib isegi uuesti ellu äratada, kui neil algul lasta külmuda ja siis ettevaatlikult soojutada. Põuakindlad taimed lepivad väga vähese niiskusega ja paljud okastaimed kasvavad veetuis kõrbedes. Needsamad hämmastavalt eluvõimelised ja vastupidavad keriloomad ei talu mitte ainult kohutavat külma, vaid saavad mõnda aega läbi ka hoopis ilma veeta. Nad kuivavad täiesti, kuid elustuvad soodsais tingimustes uuesti.

Olgu need elusorganismid kuitahes vastupidavad, ometi tarvitavad nad kasvõi väheselgi määral soojust ja niiskust.

Päeva ja öö vaheldus võimaldab ka loomade organismile väga tähtsat ärkveloleku ja une vaheldumist. Ometi kestab

Maa polaarpiirkondades pool aastat öö ja pool aastat päev. Kuid see ei sega põrmugi jääkarude, polaarrebaste ja polaarlindude elu.

Kuigi eluks on hädavajalik õhk, sobiv temperatuur ja vesi, võivad elusorganismid pikkamisi vastavalt kohanedes leppida nende väga väikeste annustega. Kuid siiski vajab iga elusolend vältimatult mingit pisiosa neist.

Missugused on aga elutingimused Kuul?

Eelkõige pole Kuu pinnal atmosfääri. Udud ega pilved ei ilmu iialgi ta tasandike ja mägede kohale, sest muidu nad varjutaksid Kuu ketta üht või teist osa. Seda aga pole kunagi märgata. Kuu ketas on alati puhas ja selge. Kuu maailmas pole ka hämarikku, s. t. aeglast päeva muutumist ööks. Maal põhjustab hämariku teda ümbritsev atmosfääri kiht, milles hajuvad temale langevad päikesekiired. Kuul on päeva üleminek ööks väga järsk.

Mägede või puude varjud pole Maakeral täiesti tumedad, sest päikesevalgus hajub õhus. Kuu mägede varjud on aga täiesti mustad ja teravad. Kõik need andmed veenavad meid, et Kuul pole atmosfääri.

Samuti pole Kuul ka vett. Kuigi astronoomid kunagi nimetasid teleskoobis paistvaid tumedaid süvendeid meredeks, ometi pole neis „meredes" tilkagi vett. Kui neis ka kunagi vett on olnud, siis on see juba väga ammu aurunud. Kuu võrdlemisi nõrk tõmbetung ei suuda hoida enda ümber õhku. Kunagine vesi Kuul muutus auruks, s. t. gaasiks ja teda tabas sama saatus, mis Kuu atmosfäärigi. Kõik gaasid, mida Kuu nõrk tõmbetung ei suutnud kinni hoida, hajusid ammugi õhutusse maailmaruumi.

Kuul ei vaheldu aastaajad, nagu meil. Ööpäevad on aga seal meie omadest 29 korda pikemad. Üks päev Kuul ja samuti öö kestab kaks meie nädalat.

Pika päeva jooksul läheb atmosfääriga kaitsmata Kuu pind kõrvetavatest päikesekiirtest halastamatult tuliseks. Temperatuur tõuseb 110 kraadini, s. t. kõrgemale vee keemispunktist. Kahe-

Joon. 12. Jupiter on kõige suurem planeet. Paistavad teda tervenisti katvad vöödilised pilved.

nädalase öö jooksul aga loovutab Kuu takistamatult oma soojuse ja teda aheldab kuni 160-kraadiline kohutav pakane.

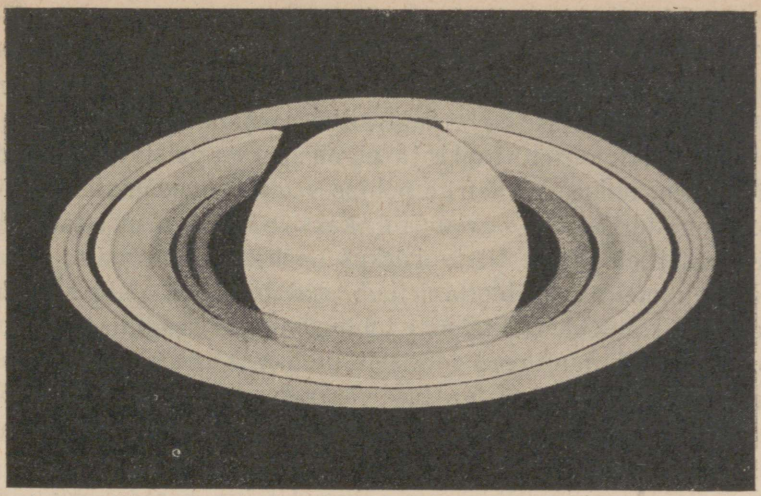
Sääraseid järske temperatuuri kõikumisi tunneb ainult Kuu koore pealmine kiht. Nähtavasti on sügavamal õõnsustes ja lõhedes temperatuur ühtlasem. Missugune aga nimelt, seda ei tea veel teadus.

Kõik need andmed — atmosfääri ja vee puudumine, järsud üleminekud talumatust kuumusest kangestavasse pakasesse — sunnivad meid arvama, et Kuul pole elu, vähemalt mitte meile tuntud kujul.

On oletatud, et Kuu teisel, meile nähtamatul küljel on säilinud õhk ja vesi. Kuid pole mingit alust arvata, et Kuu ühel poolkeral kehtivad seadused osutuksid ebaõigeks teisel samasugusel poolkeral. Kuu libratsiooni tõttu on vahete-vahel üks viiendik Kuu teisestki poolkerast meile nähtav ja see ei erine millegagi alati meie poole pöördunud Kuu poolkerast.

Nagu juba öeldud, asub Kuu võrdlemisi lähedal Maakerale ja ta ketas on alati puhas ning selge, mistõttu ta pind on võrdlemisi hoolikalt läbi uuritud. Meil on suurepäraseid Kuu kaarte, kuhu on märgitud kõik teleskoobis paistvad üksikasjad.

Kuu pind on kaetud kõrgete mäeahelikega, milledest mõned ulatuvad kuni 8 kilomeetri kõrguseni. Mäed ümbritsevad korrapäraste rõngastena ümmargusi orge, nn. tsirkusi ehk kraatreid, mis on kujunenud juba väga ammu vulkaanilise tegevuse tagajärjel.



Joon. 13. Saturn oma rõngastega on päikesesüsteemi ime. Saturni rõngas on lame ja koosneb lugematuist väikestest kividest, mis tiirlevad ümber planeedi nagu ta satelliididki.

Kuu pinnal paistab ka laialdasi tumedaid, meie ookeane meenutavaid süvendeid. Esimesed uurijad nimetasid neid meredeks: Selguse, Vihmade, Sära ja Viljakuse meri. Kuigi praegu kindlasti teatakse, et Kuu meredes ja järvedes pole tilkagi vett, on need nimed siiski püsima jäänud.

Kuul pole ka jõgesid. Ta pinnas leidub küll mõne kilomeetri laiusi ja sadu kilomeetreid pikki sügavaid pragusid. Kuid need praod, samuti ka tumedad „mere"-süvendid, on kuivad.

Kuigi kõik mäed Kuul on tekkinud vulkaanilise tegevuse tagajärjel, pole kunagi kogu Kuu vaatluste ajal märgatud mingit vulkaanilist tegevust.

Ka pole täheldatud Kuu pinna värvuses mingeid suuremaid muutusi, mida põhjustaksid taimkatte muutused. Rohi ja puhkevad puud panevad kevadel Maakeral haljendama tohutuid maaalu, sügisel need kolletavad, muutuvad siis halliks ja kattuvad lõpuks valge lumilinikuga.

Kuul aga ei toimu midagi sellist.

Kuid hoolimata sellest esineb seal aeg-ajalt mingisuguseid mõistatuslikke nähtusi, mis sunnib meid oletama, et Kuul võib ikkagi mingisugune elu eksisteerida, ehkki väga viletsal, primitiivsel ja maapealsega põrmugi mitte sarnaneval kujul.

Kui Kuul tõuseb Päike ja algab päev, paistavad tumedad laigud Kuu mõnede kraatrite põhjas veelgi tumedamatena. Mõnikord muutub laikude värvus rohekaks. Sääraseid mõistatuslikke nähtusi täheldatakse Plato tsirkuse põhjas, Alphonsuse kraatri juures ja mujal. Võib-olla leidub seal pinnases valguse mõjul muutuvaid aineid. Nähtavasti toimuvad neis keemilised reaktsioonid ja nad muutuvad ajutiselt uuteks, tumedama värvusega aineiks. Niipea kui valgustus väheneb, helendavad taas Kuu kraatrid. Nähtavasti võtab seejuures pinnast moodustav aine endise kuju. Mõned astronoomid oletavad, et Kuu pragudes ja sügavate kraatrite põhjas on säilinud väga hõreda õhu jääke. Võib-olla leidub seal põuakindlaid samblikke, mis arenevad välja Kuu keskpäevaks, andes kraatri põhjale tumeda värvuse, kuid temperatuuri langedes surevad uuesti.

Lähim ja kaugeim planeet.

Mõnede astronoomide ütluse kohaselt on Merkuur „kõige väledam planeet". Ringi ümber Päikese teeb ta 88 päevaga. Niisama palju aega kulub tal üks kord oma telje ümber pöörlemiseks, s. t. tal on alati sama külg Päikese poole nagu Kuul Maakera suhtes.

Merkuuri pinna vaatlemine on väga raske, sest ta upub alatiselt pimestavaisse päikesekiirtesse. Sellest hoolimata on õnnestunud selgitada, et ta pind on väga mägine, nähtavasti lõhestatud ja meenutab mitmeti Kuud. Nagu Kuulgi, nii pole ka Merkuuril atmosfääri, sest ta tõmbetung pole küllaldane heljuva gaasi kinnihoidmiseks. Kui seal leidukski atmosfääri, siis ainult äärmiselt hõredat.

Vaevalt võib oletada Merkuuril mingit elu. Planeedi selles punktis, kus Päike asub alatiselt peakohal, on temperatuur üle 400 kraadi. Säärast kuumust ei talu ükski elusolend.

Samuti on elu võimatu Merkuuri alatiselt varjupoolsel poolkeral: seal valitseb igavesti 150-kraadiline pakane.

Teine planeet, Pluto, asub meile tuntud planeetidest kõige kaugemal Päikesest. Ka meist lahutab teda nii tohutu kaugus, et kaua aega me ei teadnudki ta olemasolust. Ta avastati alles 1930. aastal. Isegi kõige tugevamais teleskoopides paistab ta meile nõrga tähekesena. Seda planeeti pole senini veel üldse uuritud. On ainult teada, et ta on Merkuurist veidi suurem ja ta loodus sarnaneb tõenäoliselt Merkuuri ja Kuu loodusega. Et Pluto asub Päikesest kaugel, peab ta temperatuur olema äärmiselt madal. Kuivõrd Merkuur on kiire, sedavõrd on Pluto aeglane: tal kulub 250 Maa aastat ümber Päikese tiirlemiseks. Kui oletada, et Plutol on inimesi ja nad elavad niisama palju Pluto aastaid, kuipalju meie elame Maa aastaid, siis peab viie tuhande Maakera aasta vanust Pluto elanikku pidama nooreks.

Päikesesüsteemi hiiglased.

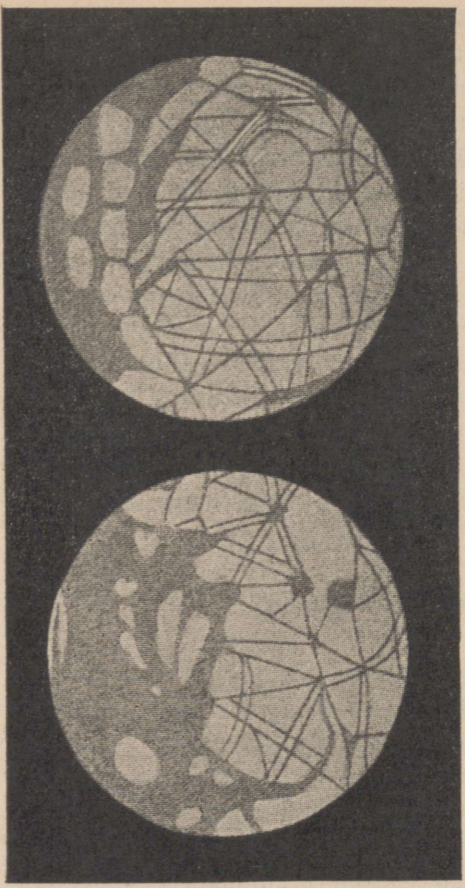
Planeetidesüsteemi hiiglane Jupiter, rõngastega ümbritsetud Saturn, nagu „küljeli lamades" oma teekonda ümber Päikese soovitav Uuran ja „sule otsaga" avastatud Neptuun moodustavad nn. hiigelplaneetide pere.

Prantsuse astronoom Leverrier oletas Uurani liikumise väikestest korrapäratustest, et tema taga peab olema veel üks planeet, mille tõmbetung muudab Uurani liikumisteed. Leverrier arvutas selle saladusliku planeedi liikumistee ja näitas ka taeval koha, kust teda tuleb otsida. Kui teleskoop suunati sinna, avastatigi uus planeet. See oli teaduse suurimaid võite.

Hiiglastepere kõige „väiksema" planeedi — Neptuuni — läbimõõt on neli korda, Jupiteri oma aga üksteist korda Maa läbimõõdust suurem.

Kõikide nende planeetide füüsikaline olemus on ühesugune. Kõigepealt paistab silma nende keskmine tihedus, mis on lähedane vee tihedusele. Maakera tihedus on suurim, ületades vee tiheduse viis ja pool korda.

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU



Joon. 14. Planeet Marss. Kunagi meredeks nimetatud tumedad laigud planeedil on tegelikult madalmikud, mis tõenäoliselt on kaetud taimestikuga.

Nende planeetide nähtavad pinnad pole tahked, mis ilmneb nende erinevast pöörlemisest ümber oma telje. Nad pöörlevad väga kiiresti ja teisiti kui tahked kehad. Pöörlemisaeg on ekvaatoril kõige lühem, kasvab aga pooluste suunas. Seetõttu on Jupiteri ööpäev ekvaatoril 9 tundi 50 minutit, pooluste lähedal aga 5 minuti võrra pikem.

Mõningaist andmeist nähtub usutavalt, et õigupoolest me ei näegi planeedi pinda, vaid tihedas atmosfääris ujuvaid läbipaistmatuid pilvi. Suurte planeetide tugev tõmbetung võimaldas neil säilitada enda ümber palju rohkem gaase kui seda suutis Maakera, mistõttu nende atmosfäär peab olema väga tihe ja sügav. Planeetide pind pole läbi nende pilvede üldse nähtav.

Suurte planeetide sügava atmosfääri koostis on siiski hoopis erinev õhust, mida hingame meie. Allpoolkäsitletud temperatuurimõõtmised käivad samuti ainult nende atmosfääri kohta. Jupiteri, Uurani, Saturni ja Neptuuni suure paksusega atmosfäärist ei suuda me

midagi läbi näha, isegi mitte kõige täiuslikumate astronoomiliste aparaatidega.

Nende planeetide atmosfääri koostist õpiti tundma samuti spektraalanalüüsi abil. Ilmnes, et Jupiteri atmosfäär sisaldab tohutul hulgal süsivesinike hulka kuuluvaid gaase ammoniaaki ja metaani. Maakeral on neid gaase vähe, sest nad on ebapüsivad ja Maa atmosfääri võrdlemisi kõrge temperatuuri tõttu lagunevad nad koostusosadeks. Jupiteri atmosfääri temperatuur on aga —140 kraadi ja selles temperatuuris on ammoniaak ja metaan püsivamad. Mida kaugemal planeet asub Päikesest, seda külmem on ta atmosfäär, ja mida külmem on atmosfäär, seda rohkem sisaldab ta metaani. Saturni temperatuurina on registreeritud —150 kraadi, Uuranil aga —170. Seepärast leidub kõige rohkem metaani Uurani atmosfääris ja kõige vähem Jupiteri omas. Mis aga puutub ammoniaaki, siis tiheneb ta väga madalas temperatuuris ja gaasilisesse olekusse jääb teda vähe. Kõige vähem on teda kõige madalama temperatuuriga planeedil — Uuranil, kõige rohkem aga Jupiteril.

Kuigi suured planeedid on ümbritsetud atmosfääriga, on nende atmosfääride koostis erinev Maakera õhu koostisest ja vaevalt on see nii soodne eluks kui meie oma.

Teadus ei tea veel täpselt, missugune on planeetide eneste temperatuur neid ümbritsevate pilvede varjus. Võib-olla on see meile teadaolevast temperatuurist tunduvalt kõrgem. Ka Maakera ekvaatoril on ju väga soe, ometi valitseb 11 kilomeetri kõrgusel pealpool pilvi atmosfääris 50-kraadiline pakane. Lendurid riietuvad kõrglennul isegi soojal maal karusnahkadesse.

Võib-olla on hiigelplaneetidel vettki ja veeauru, kuid meile nähtavad pilved vaevalt küll koosnevad veest.

Meil pole küllaldaselt tõsiseid põhjendeid elu võimalikkuse jaatamiseks või eitamiseks neil planeetidel. Kui seal aga on elu, siis kahtlematult peab see olema hoopis erinev Maakeral esinevast.

Veenus.

Meie naaber peale Kuu, planeet Veenus, on heledaim taevakeha. Ta ei eemaldu Päikesest kunagi kaugele, mistõttu ta paistab kord läänes, kord idas koidu- või ehatähena.

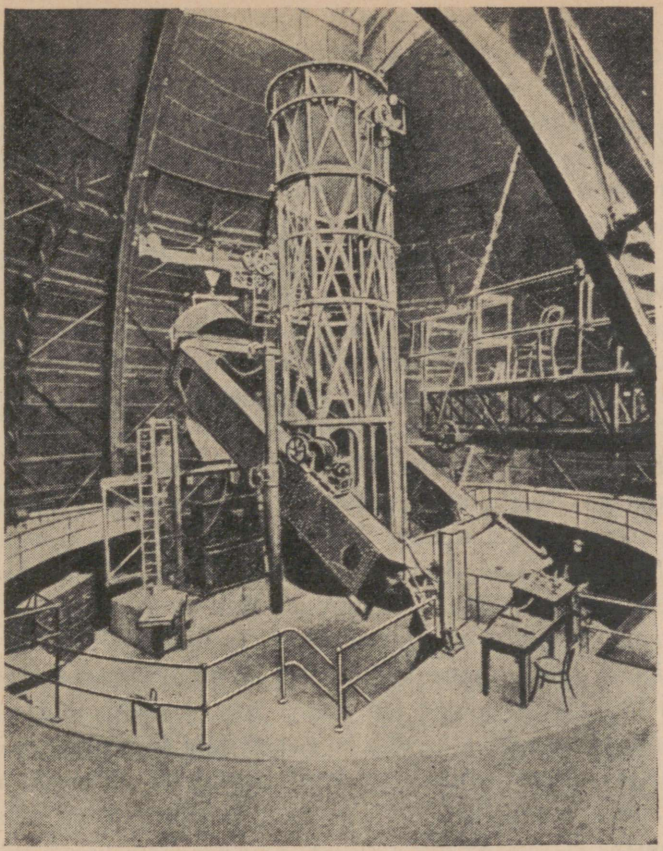
Teleskoobis paistab Veenus nagu Kuugi kord sirbina, kord poolringina, mis raskendab ta uurimist. Mida lähemal ta asub meile, seda kitsamat sirpi me näeme ja järelikult ka väiksemat osa tema Päikesest valgustatud pinnast. Ehkki Veenus on nähtav ka päeval kirka taeva foonil, on teda siiski tülikas vaadelda. Õhtul ja hommikul aga asub ta horisondi lähedal, kuid siis ta kujutis virvendab teleskoobis tugevasti.

Veenust ümbritsevad tihedad valged pilved. Neilt peegeldub hästi päikesevalgus, mistõttu Veenus särabki nii heledalt taeval. Ent samad pilved varjavad meie eest ka täielikult ta pinna, mistõttu meil polegi Veenuse kaarti. Läbi valge pilvkatte pole Veenuse pinnal näha ühtki kindlat täppi. Senini on teadmata isegi ta pöörlemise periood, s. t. ta ööpäeva pikkus. Mõningate tunnuste järgi võib arvata, et Veenuse ööpäev on meie omast mitu korda pikem.

Astronoomid on avastanud selle planeedi atmosfääris väga palju süsihappegaasi. Kuid hapnikku ja veeauru pole seal leitud. Maakera atmosfääris on aga just süsihapet vähe, kuid see-eest palju hapnikku ja veeauru.

Millest koosnevad Veenust ümbritsevad valged pilved? Võib-olla koosnevad nad nagu meie kõrgpilved jääkristallikestest, veeaur aga ja võib-olla isegi hapnik asuvad meie vaatlustele kättesaamatuis madalamais atmosfääri kihtides. Süsihappegaasi suure kogusega Veenusel võib olla seoses lopsakas taimestik. On see aga nii, siis on seal täiesti tõenäoline ka loomastiku olemasolu.

Et Veenus asetseb Päikesele lähemal kui Maakera, siis peab ka ta temperatuur olema meie omast kõrgem. Veenuse kestvalt pilves taeva all peab siis olema Maakera nn. kivisõeajastu ilmastikuga sarnanev väga soe ja niiske kliima. Tollal ümbritses ka Maad alatine pilvkate ja ta niiske soe atmosfäär soodus-



Joon. 15. Praegusaegne suur teleskoop.

tas lopsaka taimestiku arengut. Süsihappe tekkimiseks on igal juhul vajalikud taimede peamised koostusosad hapnik ja süsinik; samad elemendid on ka loomastiku tekkimiseks kõige vajalikumad. Kuigi Veenus kujutab endast veel mõistatuslikku planeeti, siiski on põhjust seal oletada elu olemasolu.

Marss.

Marssi võib nimetada „miniatuurseks Maakeraks". Kui palju fantastilisi romaane ja jutustusi on pühendatud sellele planee-

dile! Kui palju oleme lugenud Marsi elanike kirjeldusi! Kui palju oleme koos seigelnud tundmatusse ja salapärasesse maailma sattuvate kujutletavate planeetidevaheliste rändurite gal

On ka mõistetav, et Marss kirjanikke kõige enam veetleb, sest ta sarnaneb Maakeraga rohkem kui teised planeedid ja temast me teame ka kõige rohkem.

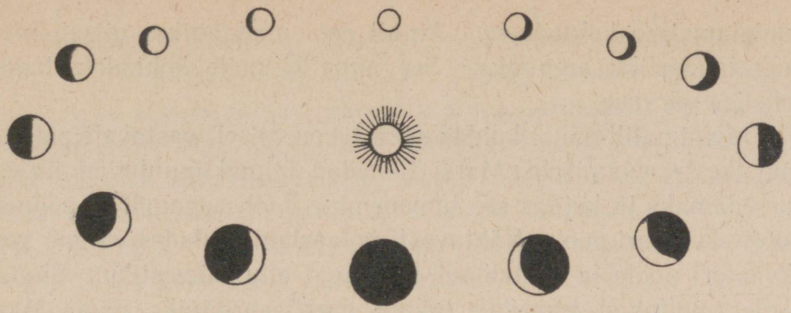
Marsi läbimõõt on peaaegu kaks korda väiksem Maakera omast, mis on üheks põhjuseks, et teda nimetatakse „miniatuurseks Maaks".

Iga kahe aasta tagant toimub Marsi suurim lähenemine Maale. Aga üks kord 15 aasta jooksul on ta kaugus meist „kõigest" 55 miljonit kilomeetrit. Võrreldes kaugustega, mis lahutavad meid teistest taevakehadest, on see päris ligidal. Sellal paistab meile meie naaber väga heleda punase tähena.

Marsi ja Maakera sarnasus ilmneb kõigepealt ühesuguses aastaaegade vaheldumises: Marsi telje kalle on samasugune nagu Maakeral. Tõsi, Marsi aasta on peaaegu kaks korda pikem kui meie oma, kuid Marsi ööpäev on Maa omast ainult 37 minutit pikem. Seetõttu on Marsil päeva ja öö vaheldumine tegelikult täiesti samasugune kui Maakeral, ainult iga aastaaja kestus on kaks korda pikem kui meil. Kui vaadelda Marssi mõni tund läbi teleskoobi, siis võib isegi märgata ta pöörlemist ümber oma telje. Marsi pinnal paistvad laigud on põhiliselt muutumatud, mis võimaldas Marsi pinnast koostada väga üksikasjalist kaarti.

Sarnasust Maakeraga täiendavad veel Marsi poolustel selgesti nähtavad heledad valged laigud, mis meenutavad Maakera polaarmütsikesi. Kui Marsi ühel poolkeral algab kevad, siis väheneb ta valge polaarmütsike. Samal ajal teisel poolkeral aga suureneb see, sest seal toimub üleminek sügiselt talvele. Väga huvitav on päevast päeva teleskoobiga jälgida Marsi polaarmütsikese otse silmanähtavat sulamist. See tõendab omakorda, et Marsil on vähe niiskust.

Nõukogude astronoom G. A. Tihhov pildistas läbi värviliste klaaside Marsi polaarmütsikesi ja Maakera lund. Neid ülesvõtteid võrreldes jõudis ta otsusele, et Marsi valged laigud ja



Joon. 16. Tiireldes ümber Päikese asetseb Veenus kord selle taga (sellal paistab ta esmalt üleni valgustatud väikese kettana), kord Päikese ja Maakera vahel (mil Maakera poole on pöördunud ta tume, valgustamata külg). Teistes asendites on Veenusel samasugune kuju nagu Kuul.

Maakera lumi peegeldavad ühteviisi päikesevalgust. Seepärast võiks arvata, et Marsi polaarmütsikesed koosnevad lumest, sest seda kinnitavad Tihhov'i ülesvõtted ja Marsi polaarmütsikeste sulamine.

Tavalist maapealset lumesadu täheldatakse Marsil väga harva, mis on nähtavasti seoses niiskuse vähesusega. Mõnikord ilmub planeedile mõnes paigas otsekui hõbedane kirme, mis peaaegu alati paistab sellel Marsi serval, kus saabub varajane hommik, nagu oleks seal öösel härmatanud, mis päeva saabudes aga aurub.

Aeg-ajalt muutuvad mitmed Marsi alad ähmaseks, nähtavasti põhjustavad seda udud. Mõnikord täheldatakse aga Marsi pinna kohal suuri liikuvaid valkjaid laike, mis varjavad meie eest kord üht, kord teist osa planeedist. Need on nähtavasti pilved. Nad pole alati valged, vaid esineb ka kollakaid. Võibolla on need Marsi kõrbedest liikvele tõusnud liivapilved.

Varem peeti tumedaid laike Marsil meredeks. Kuid neid nimetati meredeks niisama ekslikult nagu Kuu tumedaid süvendeidki. Nüüd on aga kindlaks tehtud, et Marsil on tõepoolest hiigelsuuri süvendeid, kuid need pole veega täidetud, vähemalt mitte tervenisti. Mõningate andmete põhjal võime veenduda, et Marsil on vett, kuid vähesel hulgal, mis koguneb loomulikult

madalamaisse kohtadesse. Ainult neis madalmikes piisab niiskust taimestiku arenguks. See annabki neile kohtadele tumerohelise värvuse.

On võimalik näha, kuidas suve lähenemisel, vastavalt polaarmütsikeste sulamisele, Marsi tumedad laigud muutuvad järjest tumedamaks ja kuidas see tumenemine levib aegamööda pooluse poolt ekvaatori poole. Nähtavasti polaarlume sulades valgub vesi ekvaatori poole ja äratab sel teekonnal ellu taimestiku. Sügise poole muutuvad tumedad laigud mustjaspruuniks nagu Maakeralgi, kui niidud ja lehtpuumetsad muudavad värvust.

Ent need madalmikud hõivavad Marsi pinnast väiksema osa. Suuremat osa pinnast katavad punakas-kollased alad, millede küllus annabki planeedile ta punaka värvuse. Nõukogude astronoomi E. L. Krinov'i hiljutised uurimused kinnitasid juba kaua püsinud arvamust, et need punakad alad on liivakõrved. Krinov tegi kindlaks, et Marsi punakate alade ja Maakera punase liivakivi valguse peegeldumise seadused ühtivad.

Udu ja pilvede tekkimine kinnitab veeauru ja üldse atmosfääri olemasolu Marsil, kuigi Marsi atmosfäär on kahtlematult tunduvalt hõredam kui Maakeral.

Marsi atmosfääri keemilise koostise uurimistest ilmnes, et veeauru on Marsi atmosfääris vaevalt viis protsenti Maakera atmosfääris leiduvast. Täpselt samuti on Marsil kakskümmend korda vähem hapnikku kui Maakera pinnal olevas õhus. Nii hõredas õhus ei saa maapealne inimene elada, kui aga Marsil siiski on elu, siis on see kahtlematult vastavalt kohanenud. Tõenäoliselt aga harjuks inimenegi pikkamööda sääraste tingimustega. Alpinistid kohanevad ju mõne nädalaga hõreda õhuga 7 kilomeetri kõrguses!

Marsi temperatuuri mõõtmised on väga huvitavad. Polaarmütsikestel kõigub temperatuur, olenevalt aastaajast, nullist kuni —100 kraadini. Marsi parasvöötmes on hommikuti külma —50, vahel koguni —85 kraadi. Keskpäevaks tõuseb temperatuur tugevasti ja ulatub mõnikord planeedi ekvaatorialadel +20 kraadini. Järelikult on temperatuuritingimused seal üsna karmid, kuid eluks on nad siiski kõlblikud.

Näiteks on teada, et Maakeral, kus elaval loodusel polnudki vajadust kohaneda kõva külmaga, külmuvad õuna- ja pirnipuud alles —33 kraadi puhul. Maakera kõige külmemais paikades leidub rohkesti väga karmi talve taluvaid taimeliike; näiteks taluvad Jakutski ümbruse metsad vabalt 60-kraadilist pakast. Meie maal on mõnes kohas jaanuari keskmine temperatuur —49 kraadi ja ometi püsib seal lakkamatu elu. Tähtis on ainult, et vahetevahel oleks küllaldaselt sooje perioode. Loomad on talvel taliuinakus ja päästavad endid sellega külmumisest ja näljast.

Ehkki elutingimused Marsil on karmid, on nad peaaegu samasugused nagu Maakera külmades paikkondades. Kunagi paremais tingimustes Marsil tekkinud elu võis aja jooksul kohaneda hiljem saabunud külmema kliimaga. Meenutagem, et ka Maakeral oli kunagi võrratult soojem, kuid taimed elasid sel ajastul samuti nagu praegugi. Nad muutusid, kohanedes uute tingimustega. Mõningad neist surid välja, kuid seetõttu ei lakanud elu. Et paljud andmed tõendavad taimestiku olemasolu Marsil, siis on meil õigus arvata, et seal peaks olema ka loomi ja võib-olla isegi mõistusega olendeid.

Lõpuks tuleb öelda veel mõni sõna Marsi nn. kanalitest. 1887. aastal märkas astronoom Schiaparelli Marsil väga kitsaid ja tumedaid sirgjooni, mis läbides planeedi punakaid alasid, ühendasid tumedaid laike. Et tumedaid laike nimetati meredeks, siis oli loomulik nimetada neid ühendavaid jooni kanaliteks. Kuid see nimetus tekitas kohe arvamusi Marsi elanike poolt kunstlikult kaevatud kanalitest ja marslaste hämmastavast tehnilisest edust. Paljud teadlased toetasid seda mõtet, kuid hiljem tõestasid võimsamaid instrumente kasutavad vaatlejad, et geomeetriliselt korrapäraste joontena paistvaid kanaleid pole olemas.

Tegelikult on Marsil korrapäratute laikude reastikud. Nõrgemas teleskoobis ja meie silma omaduse tõttu anda vaevaltmärgatavaile üksikasjadele geomeetriliselt korrapäraste joonte kuju tekitasidki need laikude reastikud sirgjoonte mulje. Näiteks ilmneb midagi selletaolist, kui me kaugelt vaatleme ajalehte.

Joon. 17. Vasakpoolsel joonisel on Marsi polaarmütsikese kuju talvel. Parempoolsel on sama mütsike suvel. Selle polaarmütsikese sulamine kevadel ja suvel nähtub selgesti mõlemate jooniste võrdlemisest.

Üksikuid tähti pole siis näha, nad sulavad kokku otsekui üheks tumedaks reaks, kuigi me teame, et tegelikult see pole nii.

Kuigi pole olemas marslaste tahtel ja mõistusega loodud kanaleid, ei tähenda see veel, et Marsil pole arukaid olendeid. Neid võib olla, sest loomastik on sellel planeedil mingil isesugusel kujul võimalik ja tõenäoliselt ka olemas.

Elu universumis.

Inimmõistuse visadus saavutab üha uusi võite looduse üle ja tõestab, et maailm on täiesti tunnetatav. Teaduse ajalugu kinnitab nende sõnade õigsust.

Alles võrdlemisi hiljuti avanesid meie ees paljud universumi saladused. Me mitte ainult ei näe planeete, vaid teeme ka kindlaks nende atmosfääri koostise ja mõõdame nende temperatuuri. Juba praegu võime öelda, et meie päikesesüsteemi planeetide hulgas võib leiduda elusolenditega asustatuid. Esmajoones on üks sääraseid Marss. Ka Veenusel on elu võimalik. Samuti võib leiduda elu ka teistel planeetidel, kuigi kõige viletsamal ja puudulikumal kujul.

Selles raamatus jutustatakse ainult meie päikesesüsteemi planeetidest. Kuid peale nende on universumis veel lugematuid taevakehi.

Hiljuti avastati paljudel tähtedel satelliite — planeete.

Neid pole veel jõutud üksikasjaliselt uurida, kuid me võime julgesti oletada, et määratus maailmas peab olema ka sääraseid planeete, kus elu areneb mitte halvemini, vaid võib-olla isegi paremini kui Maakeral.

Mõõtmatu avarusega universumis on määratu hulk elusolenditega asustatud maailmu, kus eluavalduste vormid on lõpmatult mitmekesised.

Aine struktuur.

E. G. Ananiašvili.

Maailmaehitise tellised.

Kui võhik astub tänapäeva füüsiku laboratooriumi, peatub ta hämmastunult, üllatatuna mitmekesiste keeruliste seadiste kummalisest kuhjumist, mis sõna otseses mõttes on mässitud ämblikuvõrguna ühe juurest teise juurde jooksvaisse elektrijuhtmeisse. Heita pilku looduse kõige sügavamaisse, kõige intiimsemaisse saladustesse on ülesanne, mille peadpööritav keerukus torkab juba esimesel pilgul silma.

Teada saanud kõigi nende aparaatide nimetused ja otstarbe, aru saanud, missuguseid nähtusi füüsik oma seadeldistega esile manab ja missuguseid suurusi ta mõõdab, isegi siis ei suuda külastaja peremehe abita ikkagi seda kõike siduda uurimise lõppeesmärgiga.

Kulub kuusid, mõnikord isegi aastaid füüsikakabineti keerulise seadistuse monteerimiseks. Reguleeritakse aparaate, mõõtmised tehakse ennekuulmatu täpsusega, puhastatakse hoolikalt uurimisel kasutatavaid aineid, kõrvaldatakse aparaatide seinte küljes leiduvaid tühisemaidki gaaside jälgi... Ning lõpuks toimub katse: mõõdetakse fotoplaadil mingi tumeda laigu kõrvalekallet teatud punktist või püütakse kinni vaevalt nähtava aineosakese kiirtega valgustamisel tekkiv nõrk vool, mille olemasolugi on vahel ainult katsetaja julge oletus. Korduvate mõõtmiste tulemuseks on arv, milles omab otsustavat tähtsust mõnikord neljas, vahel koguni seitsmes kümnendkoht. Selle numbri

juurest ehitatakse vaevaline, kuid vääramatu tee nähtuseni, mille mõtet oli tarvis avastada ja mida oli võimatu teha otsese vaatluse objektiks.

Nii lähenevad füüsikute aparaatides üksteisest näiliselt väga kaugel olevad nähtused ja seadused. Füüsikalise maailma kõikide nähtuste tihe seos ongi järeldus, milleni on jõudnud tänapäeva teadus. See on ühtsus, mille põhjus on materialistile arusaadav: kõik nähtused ja protsessid universumis on ju ainult igavene liikumine, oma kehastustes lõpmatult mitmekesise, kuid oma olemuselt ühtsa mateeria — „maailmaehitiseks" nimetatud majesteetliku raamatu ainsa „tegelase" — igavene muutumine.

Meid vahetult ümbritsev maailm kujutab endast aeglaste ja kiirete muunduste lõpmatut ahelikku ja asjade lõputut hävimist ning tekkimist. Aastatuhandete jooksul tekivad ja purunevad kaljud; ookeanid tungivad mandrile ja valguvad tagasi oma sügavaisse sängidesse; veest ja õhust päikesekiirte poolt loodud tohutud puud kerkivad aastakümnetega suurte majade kõrguseks; kaovad järvetäied vett poole tunni jooksul, tõustes päikese kuumuse toimel nähtamatu auruna õhku; pude maak muutub sulatusahjudes taotavaiks metallideks.

Kõik need keerulised kompleksprotsessid on inimteaduse eri harude aineks. Kas ei peitu aga neis keerulistes nähtustes ja nende aluseis sääraseid koostusosi ja primaarseid protsesse, mis esineksid igas loodusnähtuses, kuigi näiteks elunähtusi [1] ei saaks tervikuna nende hulka mahutada?

Eespool kirjeldatud laboratooriumis esinenud teadlasele moodustavad kõik olemasolevad elusad ja elutud objektid eelkõige mateeria peamise kehastaja — aine — ühtsa maailma, olgu see siis noore kuusekasvu õrn okas, komeedi udusaba,

---

[1] Elunähtused on paljudest lihtsamatest protsessidest kokku põimunud keerulised nähtused. Neid ei saa mahutada tervikuna primaarsete protsesside hulka, sest just nende kompleksnähtuste keerukuse tõttu esineb neis uusi omadusi, mis ei koosne üksikute protsesside omadustest, vaid tekivad keerustumisel. Kuid ainete ümberkujunemine ja muundumine, keemilised ja füüsikalised protsessid, on kindlasti elunähtuste koostusosad.

organismi elu reguleerivad näärmete salapärased eritused või praegu mitte enam mõistatusliku metalli raadiumi säravad preparaadid [1].

Selle teadlase järeldusi peavad arvestama kaugelasuvate tähtede struktuuri uurivad astronoomid, eluprotsesside mõistatuse lahendust otsivad bioloogid ja Maakera koore ajaloosse süvenenud geoloogid. See on teadus ainest, füüsika osa või õigemini teatav hulk osasid, kaasa arvates ka laialdast teadusharu — keemiat.

Et mõista aine muundumise mõtet, et eraldada selle sügavaid muudatusi pealiskaudseist, selleks tuleb vaadelda meid ümbritsevate asjade sisemust ja nii sügavat sisemust, et asjad seejuures ei paistagi meile enam säärastena, nagu me neid tavaliselt kujutleme.

Kohe alguses kerkib tõeliselt põhiline küsimus.

Võtame tüki mingit ainet, näiteks kivimi killu. Oma korrapäratu kujuga meenutab ta kaljurahnu, mille küljest ta võib olla murtud. Lööme ta tükkideks: need on samasugused kivikillud. Hõõrume ta pulbriks. Luubiga vaadeldes näeme, et pulbriterakesed ei erine algkillust. Isegi hõõrumisel lendutõusnud palja silmaga nähtamatus tolmus, mis on varisenud mikroskoobiklaasile, näeme mikroskoobis, et ka need pisimad osakesed on samasugused kaljutükid nagu see, millest nad on saadud. Kõik ta omadused on täpselt ühesugused sama kalju ükskõik missuguse teise tükiga.

Kas võib jätkata sääraselt lõpmatuseni? Kas võib pulbrit hõõrudes saada ükskõik kui väikesi silmale nähtamatuid osakesi, milledel on aga antud ainele omased ja iseloomustavad omadused?

Mis toimub siis, kui aine aurub? Laboratooriumiahju kuumu-

[1] Me räägime peamisest, mitte aga ainsast mateeria kehastajast. Aine pole kogu mateeria. Näiteks on ka elektromagnetiline väli mateeria, milles levivad raadiolained. Igaüks on kuulnud, et raadiolained levivad „eetris". Ent praegusaja teadus vaatab sellele „eetrile" teisiti: ta ei omista sellele materiaalse keskkonna omadusi nagu atmosfäärile — heli õhulainete kandjale — ega tarvita ka nimetust „eeter".

Joon. 18. Nii nägi välja keskaegse alkeemiku laboratoorium.

ses võib auruks muuta isegi räni, rääkimata metallidest. Kas auruosakesed on samuti aine tükid nagu ta pulber?

Mikroskoop ei vasta sellele küsimusele. Ka pisimad osakesed, mis kõige tugevamas mikroskoobis on veel nähtavad, on liiga suured ja liiga jämedad. Need on ikkagi vaid killud. Mikroskoobi suurendusjõul on piir, mis ei sõltu aparaadi täiuslikkusest, vaid valguse omadustest. Alla 0,0002 millimeetri suurusi esemeid ei näe me kunagi palja silmaga ja seepärast ei lahenda otsene vaatlemine mõistatust [1].

Juba muinasajal püüti vastata sellele küsimusele. Tollal võis vastus muidugi olla ainult oletus. Ent on imetletav, et tsivilisatsiooni koidikul, kui alles puudus inimkonna poolt hiljem

[1] Tänapäeval võime näha ka väiksemaid objekte, piir on nihkunud ses suunas väga kaugele. Siiski, et see sai võimalikuks, pidi meil olema juba vastus küsimusele aine struktuurist. Siin pole põhjust peatuda „elektron-mikroskoobi" ehitusel, mis võimaldas palju suuremaid suurendusi.

kogutud tohutu tähelepanekute varu, oskasid kaugelenägevad mõistused leida õige tee.

Üle kahe tuhande aasta tagasi, V sajandil enne meie ajaarvamist, õpetas kreeka filosoof Demokritos Abdeerast ja kaks sajandit hiljem Epikuros, et ainet ei saa tükeldada lõpmatult. Viimaks jõuame välja pisimate, silmaga nähtamatute ja jagamatute osakesteni, milledest koosnebki iga aine. Demokritos nimetas neid osakesi jagamatuiks — a a t o m e i k s (kreeka keeles „atomos" tähendab jagamatu). Nad ei hävi ega teki uuesti, nad on igavesed. Nad on nii pisikesed, et nende kuhjumisel võib näha ainult nendest moodustunud esemeid, samuti nagu ei saa eraldada pilves üksikut udupiiska või mesilasperes üksikut mesilast. Kogu universumis polegi midagi muud kui mitmekesiselt ühinenud aatomite keerised, mille igavene parvlemine loobki meid ümbritseva väliselt rahuliku ja püsiva maailma. Kõik maailma nähtused — tuli, heli, surm, külm, välk jne. on ainult meie rohmakate tunnetega tajutud aatomite liikumise välisnähtused sellest igavesest materjalist, millest toimub uute ehitiste pidev loomine ja vanade lammutamine [1].

Pikk keskaeg ei viinud teadust märgatavalt edasi. Ainult a l k e e m i k u d olid sõna otseses mõttes võlutud ainete lõpmatuist muundumistest looduses („loodusel on heameel igasuguseist muundumistest," ütles kuulus füüsik Isaac Newton) ja nägid palavikuliselt vaeva otsides vahendit, mis muudaks „labased" metallid kullaks, rikkuseks... XIX sajandi teadus avastas enamiku muunduste seadused, tunnistas võimalikuks aine muundumised ainult osaliselt ja naeris välja alkeemia. See sõna ise muutus ebateaduse tähenduseks. Kuid juba XX sajandi algul kuulis hämmastunud maailm, et alkeemikute otsitud muundused polegi enam nii võimatud. Ehkki asi ei puutunud üldse kulda, sundisid avanenud aarded selle metalli hoopis unustama.

Ühendades ja lagundades happeid ja vitriole, põletades,

[1] Seda atomistlikku maailmavaadet väljendas I saj. e. m. a. rooma luuletaja Lucretius Carus oma poeemis pealkirjaga „Asjade loomusest".

sadestades ja aurustades oma pulbreid ja lahuseid kogusid alkeemikud rohkesti tähtsaid fakte ja tähelepanekuid. Eelarvamuslike ideede mõjust vabanenud uurijail oli kerge rajada sellele materjalile aine muundusi käsitlevat uut laialdast teadust — keemiat.

Renessansi ajajärgul köitis aatomite hüpotees taas tähelepanu, kui kuulsad meresõitjad avastasid uusi maid ja jumalasõna targutuste asemele astunud vaatlustel ja katseil põhinev kaine teadus hakkas alles avastama looduse suurt regulaarsust. Teadust arendasid säärased suurvaimud, nagu Descartes, Newton ja Leibnitz.

Inglise looduseuurija Robert Boyle avaldas 1661. aastal oma raamatus „Keemik-skeptik" aatomiteooria põhiseadused, mis on tänapäeval muutunud meile tavalisteks mõisteteks. Ta kirjutas, et on erinevaid aatomiliike. Üheliigilistest aatomitest koosnevaid aineid nimetatakse „lihtaineiks" (me nimetame neid nüüd elementideks). Kuid enamik aineid koosneb mitmekesiseist aatomeist. Neis on eri liiki aatomid mitmekaupa ühendatud erilisteks keerulisteks osakesteks — kombinatsioonideks. Boyle nimetab neid „täielikkudeks segudeks". Tänapäeval nimetatakse neid keemilisteks ühenditeks, erinevaist aatomeist koosnevaid liitosakesi aga — molekulideks. Ühendit võib lahutada elementideks, s. t. purustada ta molekul koostusaatomeiks (tänapäeval teame, et sageli koosnevad ka lihtained molekulidest: säärases molekulis on kaks või enam ühesugust aatomit). Elemendid ei lagune enam lihtsamaiks aineiks. Füüsikaliste protsesside puhul — aurumisel, lahustumisel ja sulamisel — jäävad molekulid muutumatuiks. Ainult keemiliste reaktsioonide puhul toimub aatomite ümbergrupeerumine, molekulide ümberkujunemine ja järelikult ka ainete muundumine. See kõik on täiesti õige, kuid Boyle'i ajal olid keemikute teadmised niivõrd kasinad, et ta pidas peaaegu ainsaks „lihtaineks" vett, s. t. vesiniku ja hapniku ühendit.

Poolteise sajandi jooksul pärast Boyle'i orienteerusid keemikud tunduval määral enamikus neile tuntud aineis, määrasid kindlaks elemendi mõiste ja, siirdudes vaatlustelt mõõtmis-

tele, avastasid „jäävuse" seaduse, s. t. aine ei hävi ega teki uuesti (Lomonossov ja Lavoisier). Kaalud muutusid keemiku tähtsaimaks instrumendiks. Nimelt juhtis „kaaluline keemia" inglise teadlase John Dalton'i „keemilise filosoofia uuele süsteemile", mille ta avaldas 1808. aastal raamatuna. Dalton'i arvates koosnevad liitainete molekulid alati neisse kuuluvate elementide ühesugusest aatomite arvust. Ühe ja sama elemendi aatomid on rangelt ühesugused ja erinevad teiste elementide aatomitest, muude omaduste hulgas ka oma kaalu poolest. Ühendisse kuuluvate elementide kaalud on seetõttu omavahel rangelt kindlas vahekorras (koostise püsivuse seadus). Nii koosneb vesi kaalu järgi kaheksast hapniku osast ja ühest vesiniku osast. Teine vesiniku ja hapniku ühend, vesinikülihapend, sisaldab ühe osa vesiniku kohta kuusteist osa hapnikku, sest hapniku aatom kaalub kuusteist korda rohkem kui vesiniku aatom. Vee molekul koosneb kahest vesiniku ja ühest hapniku aatomist; vesinikülihapendi molekul — kahest vesiniku ja kahest hapniku aatomist (H_2O ja H_2O_2 praegusaja märkimisviisis: H — vesinik, ladina keeles *Hydrogenium*; O — hapnik, ladina keeles *Oxygenium*; parempoolne märk näitab antud aatomite arvu molekulis) [1]. Kaaluline suhe on 1 : 8 ja 1 : 16.

Sääraselt määrati kindlaks eriti tähtis aatomkaalu mõiste. Kuid saadud andmed näitasid ainult kaalude suhet, aatomeid endid keegi ei näinud ega kaalunudki. Seepärast võeti aatomi ühikuks vesiniku kui kõige kergema elemendi aatomkaal.

Kümne aasta jooksul pärast Dalton'i teose ilmumist määrati keemikute ühiste jõupingutustega suure täpsusega kindlaks kõigi tuntud elementide aatomkaalud. Seejuures ilmnes, et aatomkaalud avalduvad enamikus ligikaudu täisarvudena. Kas ei tähenda see seda, et erinevate elementide aatomid on

[1] See näide on võetud kui kõige tuntum. Dalton eksis ise selles: ta ei tundnud vesinikülihapendit ja arvas, et vee molekulis on kumbagi elementi üks aatom. Asjade tõeline seisukord tehti kindlaks varsti pärast teda.

sama päritolu, et nad lihtsalt koosnevad mitmesuguse arvuga vesiniku aatomitest, kuna nende kaal on vesiniku aatomkaalu kordne? Tõenäoliselt on aga vesiniku aatomid ühinenud omavahel tugevamini teiste elementide aatomiteks kui elementide aatomid ühendite molekulides: neid ei saa keemiliselt üksteisest lahutada, samuti nagu ei saa mehhaaniliselt lõhkuda liitaine molekule elementide aatomiteks ...

Selline oli Londoni arsti William Prout'i oletus. Muuseas ta teisendas ainult Boyle'i mõtet, kes samuti pidas aatomeid purustamatuiks ja lootis, et kunagi leiutatakse „terav ja tugev vahend", mille abil õnnestub purustada aatomeid veel väiksemaiks osadeks ja neid muuta. Keemikud tunnistasid Prout'i mõtte valeks. Selgus, et paljude elementide aatomkaalud ei ligine täisarvule ja võimatu on kujutleda kõigi elementide aatomeid koosnevana vesiniku aatomeist. Alkeemikud olid eksiarvamusel. Elementide muundumine on võimatu. Aatomid on iidsed ja neid on niisama palju, kuipalju on algaineid.

Säärane oli teaduse selge järeldus. Me poleks peatunud Prout'i hüpoteesil, kui see poleks hiljem ootamatult esile kerkinud uuel ja huvitaval kujul. Kuid sellest edaspidi.

Võtame niisama palju elementi grammides, kuipalju on ühikuid ta aatomkaalus, või niisama palju ühendit grammides, kuipalju kaalub ta molekul samades vesiniku ühikuis (molekulkaal on molekuli moodustavate aatomkaalude summa; näiteks on see vee, H_2O jaoks $2 + 16 = 18$). Niisugust aine hulka nimetatakse gramm-aatomiks või gramm-molekuliks (gramm-molekuliks ehk lihtsalt mooliks). Selgub, et ükskõik missuguse aine mool või gramm-aatom sisaldab võrdse ja täiesti kindla arvu molekule või aatomeid. Seda arvu nimetatakse Avogadro arvuks ja tähistatakse tähega *N*. Vee molekulkaal on 18, heeliumi (see on kerguse poolest vesinikule järgnev gaas looduses; ta ei põle ja esineb ainult ehedalt, teda tarvitatakse õhulaevade täiteks) aatomkaal võrdub vesiniku neljakordse aatomkaaluga. Vastavalt on vee mool (gramm-molekul) 18 grammi ning heeliumi gramm-aatom 4 grammi ja iga selline kogus sisaldab võrdse hulga osakesi, nimelt *N*. Kui teaksime seda arvu, siis

Keemiliste elementide, nende märkide (leppemärkide) ja aatomkaalude tabel.

(Sulgudes on nende elementide nimetused, millede avastamine on veel ebakindel.)

Jrk. nr.	Nimetus	Märk	Aatom-kaal	Jrk. nr.	Nimetus	Märk	Aatom-kaal
1.	Vesinik	H	1,0078	35.	Broom	Br	79,916
2.	Heelium	He	4,002	36.	Krüpton	Kr	83,7
3.	Liitium	Li	6,940	37.	Rubiidium	Rb	85,44
4.	Berüllium	Be	9,02	38.	Strontsium	Sr	87,63
5.	Boor	B	10,82	39.	Ütrium	Y	88,92
6.	Süsinik	C	12,00	40.	Tsirkoonium	Zr	91,22
7.	Lämmastik	N	14,008	41.	Nioobium	Nb	93,3
8.	Hapnik	O	16,0000	42.	Molübdeen	Mo	96,0
9.	Fluor	F	19,00	43.	(Masuurium)	Ma	—
10.	Neon	Ne	20,183	44.	Ruteenium	Ru	101,7
11.	Naatrium	Na	22,997	45.	Roodium	Rh	102,91
12.	Magneesium	Mg	24,32	46.	Pallaadium	Pd	106,7
13.	Alumiinium	Al	26,97	47.	Hõbe	Ag	107,880
14.	Räni (siliit-sium)	Si	28,06	48.	Kadmium	Cd	112,41
				49.	Indium	In	114,8
15.	Fosfor	P	31,02	50.	Inglistina	Sn	118,70
16.	Väävel	S	32,06	51.	Antimon	Sb	121,76
17.	Kloor	Cl	35,457	52.	Telluur	Te	127,5
18.	Argon	Ar	39,944	53.	Jood	J	126,92
19.	Kaalium	K	39,10	54.	Ksenon	X	131,3
20.	Kaltsium	Ca	40,08	55.	Tseesium	Cs	132,81
21.	Skandium	Sc	45,10	56.	Baarium	Ba	137,36
22.	Titaan	Ti	47,90	57.	Lantaan	La	138,92
23.	Vanaadium	V	50,95	58.	Tseerium	Ce	140,13
24.	Kroom	Cr	52,01	59.	Praseodüüm	Pr	140,92
25.	Mangan	Mn	54,93	60.	Neodüüm	Nd	144,27
26.	Raud	Fe	55,85	61.	(Illiinium)	Il	—
27.	Koobalt	Co	58,94	62.	Samaarium	Sm	150,43
28.	Nikkel	Ni	58,69	63.	Euroopium	Eu	152,0
29.	Vask	Cu	63,57	64.	Gadoliinium	Gd	157,3
30.	Tsink	Zn	65,38	65.	Terbium	Tb	159,2
31.	Gallium	Ga	69,72	66.	Düsproosium	Dy	162,46
32.	Germaanium	Ge	72,60	67.	Holmium	Ho	163,5
33.	Arseen	As	74,93	68.	Erbium	Er	167,64
34.	Seleen	Se	79,2	69.	Tuulium	Tu	169,4

Jrk. nr.	Nimetus	Märk	Aatom-kaal	Jrk. nr.	Nimetus	Märk	Aatom-kaal
70.	Ütterbium	Yb	173,5	83.	Vismut	Bi	209,00
71.	Kassiopeium	Cp	175,0	84.	Poloonium	Po	—
72.	Hafnium	Hf	178,6	85.	(Alabaamium)	Ab	—
73.	Tantaal	Ta	181,4	86.	Radoon	Rn	222
74.	Volfram	W	184,0	87.	(Virgiinium)	Vg	—
75.	Reenium	Re	186,31	88.	Raadium	Ra	225,97
76.	Osmium	Os	190,8	89.	Aktiinium	Ac	—
77.	Iriidium	Ir	193,1	90.	Toorium	Th	232,12
78.	Plaatina	Pt	195,23	91.	Protaktiinium	Pa	—
79.	Kuld	Au	197,2	92.	Uraan	U	238,14
80.	Elavhõbe	Hg	200,61	93.	Neptuunium	Np	(239)
81.	Tallium	Tl	204,39	94.	Plutoonium	Pu	(239)
82.	Seatina (plii)	Pb	207,22				

jagades ükskõik missuguse aine mooli (gramm-molekuli) kaalu selle arvuga, saaksime selle aine tõelise molekulkaalu grammides, mitte aga vesinikuühikuis.

Arv N on tänapäeval täpselt teada. Ta määrati kindlaks erimeetoditega, kuid sellest jutustatakse allpool. See arv on väga suur ja teda väljendatakse number kuuele paremale poole kahekümne kolme nulli kirjutamisega; füüsikud kirjutavad lühidalt 6×10^{23} ja loevad: kuus korda kümme kahekümne kolmandas astmes, mis tavalises keeles kõlab: kuuskümmend tuhat miljardit miljardit. Näiteks sisaldab niipalju molekule kaheksateist grammi vett. Et saada mingit pilti sellest arvust, kujutleme, et nõela otsa rippuma jääva veetilga iga molekul suureneks oma mõõtmeilt tavalise toakärbse suuruseks (umbes 6 millimeetrit pikaks), tilgake ise muutuks aga määratuks kärbseparveks. Rivistades selle parve kõik kärbsed üksteise järele haneritta ulatuks see ahelik Siiriuseni, mille valgus jõuab meieni peaaegu üheksa aastaga! Vesiniku aatomi kaal võrdub tema aatomkaalu 1 ja arvu N jagatisega, s. t. $\frac{1}{6 \times 10^{23}}$ ehk $\frac{1,6}{10^{24}}$. See tähendab, et 16 ette tuleb kirjutada 24 nulli ja eraldada esimene null komaga: 0,0000000000000000000000016.

Füüsikud kirjutavad tavaliselt $1{,}6 \times 10^{-24}$ ja loevad: 1,6 korda kümme miinus kahekümne neljandas astmes.

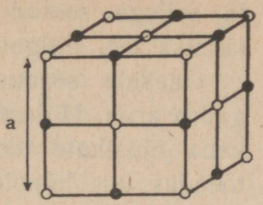
Avogadro arv etendab füüsikas tähtsat osa: ta esineb paljude füüsikaseaduste formulatsioonides. Selle mõte on selge: tuleb lähtuda aine atomismi oletusest, et saavutada tõelisi, katseliselt tõestatud loodusseadusi. Õieti öelda lähtusid füüsikud sellest hüpoteesist juba ammu enne Dalton'it. Kujutlus aatomeist ja molekulidest selgitas füüsikuile paljusid nähtusi.

Miks ei purune tahked kehad aatomeiks? Nähtavasti seovad neid mingisugused tungid, mis mõjuvad nende osakeste vahel. Aatomid ei püsi liikumatult, kuid nende liikumisenergia on tahkes kehas niivõrd väike, et nad ei kaldu märgatavalt kõrvale tasakaaluseisundist. Keha soojendamine suurendab liikumisenergiat; kehas sisalduv soojus ongi ta molekulide ja aatomite liikumisenergia ning keha temperatuur on selle mõõdupuu. Kuid seni kui keha püsib tahkena, on ta aatomid (või molekulid) geomeetria seaduste kohaselt ranges järjestuses ridadena ja kihtidena virna laotud ehk „kokku pakitud". Seda tõestab rõhuva enamiku tahkeid aineid moodustavate kristallide geomeetriliselt korrapärane välisvorm (mõnikord on need kristallid, näiteks metallidel, väga väikesed, kuid mikroskoobis on metalli „teraline" struktuur selgesti näha). Nähtavasti peegeldab kristallide korrapärasus aatomite korrapärast asetust kristallis.

Kui keha temperatuur ületab teatud piiri, kasvab liikumisenergia seevõrra, et aatomitevaheline seos ei suuda hoida neid enam tahke keha struktuurile vastavas seisundis. Tahke keha struktuur puruneb, keha sulab ja tekib vedelik, milles molekule või aatomeid hoiab veel koos kohesioonitung, kuid nende liikumine on täiesti korratu ja nad ei püsi kindlas asendis, mistõttu vedelik on vormitu, kuigi ta säilitab oma ruumala. Vedeliku osakesed on liiga lähedal üksteisele ja seetõttu ongi vedeliku ning samuti tahke keha ruumala raske vähendada tihendamisega.

Temperatuuri tõustes muutub molekulide liikumisenergia niivõrd suureks, et isegi kohesioonitung ei suuda hoida neid koos. Aine puruneb aatomeiks või molekulideks ja muutub

gaasiks. Gaasi osakesed ei mõjusta enam üksteist vastastikku, vaid tormavad kokku põrgates ja laiali lennates väga kiiresti ja täiesti korratult igas suunas, otsekui pallid piljardilaual, muutes seetõttu lakkamatult liikumissuunda. Kui lasta kuitahes suurde ruumalasse teatav hulk gaasi, siis levivad selle osakesed korratu liikumise tõttu peaaegu silmapilkselt ühtlaselt kogu ruumalas. Seintega piiratud ruumalas tormavad gaasi osakesed vahetpidamatult vastu seinu ja põrkavad sealt tagasi. See seinte lakkamatu „pommitamine" tekitabki suletud nõus gaasi rõhumise.



Joon. 19. Aatomite asetus keedusoola kristallis. Valged ja mustad kerakesed on naatriumi ja kloori vahelduvate aatomite raskuse keskpunktid.

Rõhu suurus määratakse kindlaks seina poolt vastuvõetud laengute kogutungiga. Selgub, et antud gaasihulga ja antud temperatuuri puhul lendab sekundis seina iga ruutsentimeetri vastu keskmiselt ühepalju molekule ja samuti iga osakese liikumisenergia on keskmiselt ühesugune [1]. Gaasi rõhk on seepärast täpselt kindel suurus. Kui gaasi ruumala suureneb, jagunevad molekulid hõredamini, seina pinnaühikule toimub teatavas ajavahemikus vähem lööke ja rõhk väheneb. Kui aga tõuseb temperatuur, kasvab molekulide liikumisenergia, kasvab löökide jõud ja koos sellega ka rõhk. Nõnda selgusid igale kooliõpilasele juba ammu teadaolevad Boyle'i ja Gay-Lussac'i tuntud seadused. Selgusid teisedki soojuse seadused. Soojuse

---

[1] See ei tähenda, et gaasi molekulide liikumises oleks mingi kord. Ei, see on täiesti korratu, üksikud molekulid liiguvad täiesti ükskõik millises suunas ja mistahes kiirusega. Kui liita väga palju lööke, siis selgub, et esineb kindel, kõige sagedasem molekulide kiirus, ning nii suur, nagu sellest on kõrvalekalle ühele poole, niisama suur on see ka teisele poole. See on suurte arvude seadus, mis loob korra ja seaduspärasuse protsesside komplekti, mis üksikult on täiesti juhuslikku laadi.

ja sellega seotud nähtuste molekulaar-atomistlik teooria oli füüsika üks hiilgavamaid saavutusi möödunud sajandil.

Gaaside seadused aitasidki esmakordselt arvutada Avogadro arvu. Hiljem määrati teda veel mitmel viisil. See arv oli kaua füüsikute teooriate tõepärasuse „katsekiviks"; korduvalt tõendas uue hüpoteesi õigsust tema järgi arvutatud *N* tähenduse ühtivus selle arvu kindlakstehtud suurusega.

Füüsikud ja keemikud rakendasid terve sajandi kestel aatomi ja molekuli mõistet ning püstitasid sellele alusele harmoonilise ja kõrge ehitise. Sellest teooriast lähtudes seletasid nad tohutul hulgal keerulisimaid nähtusi ega sattunud kordagi katsetega vastuollu. Siiski leidus alles hiljuti veel atomistliku teooria vastaseid, kes eitasid „mitte kellegi poolt vahetult nähtud" aatomite olemasolu. Terve koolkond füüsikuid ja filosoofe pidas aatomeid ainult kujutluse viljaks, kõnekäänuks, mitte aga reaalseteks objektideks. Üks selle koolkonna esindajaid Ostwald ütles Leipzigis 1901. aastal oma loengus looduse filosoofiast, et „atomistlikul teoorial oleks juba ammu aeg kõduneda raamatukogude tolmus". Nende füüsikute vaated võttis hävitava kriitika alla V. I. Lenin oma klassikalises töös „Materialism ja empiriokrititsism". Varsti leitigi aatomite olemasolule otsene ja vaieldamatu tõestus.

Selleks tõestuseks osutunud nähtus oli juba ammu tuntud. Inglise botaanik Robert Brown märkas juba 1827. aastal, vaadeldes mikroskoobis taimede õietolmu terades sisalduva vedeliku piisku, et neis liiguvad lakkamatult ja kummaliselt, otsekui tantsisklevalt, tahked osakesed. Need olid tühiselt väikesed tahked terakesed, lisandid, mida alati leidub suurel hulgal sellistes piiskades. Kuid nad liikusid niivõrd elavalt, nagu oleksid nad elusad. Seda nähtust nimetati teda avastanud uurija nime järgi B r o w n'i l i i k u m i s e k s. Viiskümmend aastat hiljem avastati Brown'i liikumine ka gaasides.

Selle liikumise tõelist põhjust aimati juba ammu. Iga tahket osakest vedelikus (või gaasis) pommitavad lakkamatult igast küljest vedeliku molekulid ... Kui osake on suur, siis on ka löökide arv igast suunast väga suur ja osutub seetõttu

keskmiselt ühesuguseks — osake püsib liikumatult. Kui aga osake on oma mõõtmeilt ja kaalult väga väike, siis võib juhtuda, et igal antud momendil löökide summa ühest küljest on suurem kui teistest ja kerge osake liigub molekulide tõugete mõjul niikaua, kui tõugete rohkus teisest küljest ei muuda ta liikumist. Et osake asub tihedas ja korratult liikuvas parves, siis tõugatakse teda kord ühele, kord teisele poole ja nii tekibki keeruline tants.

Prantsuse füüsik Jean Perrin uuris 1908. aastal Brown'i liikumist üksikasjaliselt. Ta teostas terve rea huvitavaid ja väga hoolsaid uurimusi mikroskoopiliselt väikeste gummiguti tükikestega, vaadeldes nende liikumist vedelikus. Ta oskas mõõta neid pisitillukesi kehakesi ja nende hulgast välja valida rangelt ühesuurused, mille läbimõõt oli alla 0,5 mikroni [1]! Ta oskas ka arvutada nende kogust mõne kuupmikroni suuruse mahuga ruumalas. Vedeliku vertikaalse samba vaatlusel selgus, et terakeste arv ruumalaühikus väheneb kiiresti kõrgusega kõigi raskustungi mõjul liikuvate kergete kehade kohta maksva üldseaduse alusel, sest nende omaliikumine ei lase neil alla langeda. Näiteks väheneb säärase seaduse järgi ka hapniku molekulide arv atmosfääris (või, mis on seesama, õhu tihedus ja -rõhk) vastavalt atmosfääri kõrguse suurenemisele. Nimelt väheneb õhu tihedus (molekulide arv ruumalaühiku kohta) niisama palju kordi, kuipalju tõustakse kõrgemale. Nii on hapniku tihedus 5 kilomeetri kõrgusel atmosfääris kaks korda väiksem kui maapinnal. 5 kilomeetrit veel kõrgemal on see taas kaks korda väiksem jne. Kuid kõrgus, milleni peab

Joon. 20. Gummiguti terakeste jaotumus. See joonis koosneb viiest üksteise peale asetatud Perrin'i ülesvõttest.

[1] Mikron on $\frac{1}{1000}$ millimeetrit.

tõusma, et tihedus väheneks näiteks kaks korda, on erinevatel molekulidel isesugune. Ta on niimitu korda väiksem, kuimitu korda molekulkaal on suurem. Süsihappegaasil (CO_2) on see kõrgus ainult 3,6 kilomeetrit, mitte aga 5, s. t. 3,6 km kõrgusele atmosfääri tõustes väheneb süsihappegaasi tihedus kaks korda, mitte 5 kilomeetri kõrgusel, sest süsihappegaasi molekul on hapniku molekulist niisama palju raskem, kuipalju 3,6 on väiksem 5-st.

Tähendab, gummiguti terakeste see kõrgus, kus nende arv samas ruumalas väheneb kahekordselt, on niimitu korda 5-st kilomeetrist madalam, kuimitu korda on niisugune terake hapniku molekulist raskem. Perrin teadis gummiguti terakeste kaalu ja arvutas selle kõrguse välja. Siit aga tulenes juba hapniku molekulkaal ja Avogadro arv. Aatom oli otsekui kaaludega kaalutud!

Perrin mõõtis ka osakese nihkumise ajaühikus, mis on kõige keerulisema liikumise tulemuseks. Selle teooria töötas välja meie aja suur füüsik Albert Einstein. Einstein'i valem sisaldab ka Avogadro arvu *N*. Paigutades sellesse valemisse oma mõõtmiste tulemuse, sai Perrin *N* jaoks taas sama väärtuse. Kahe meetodiga saadi ühesugune tulemus, see pidi loomulikult olema õige. See oli Avogadro arvu esmakordne otsene kindlaksmääramine.

Perrin'i uurimused tõestasid lõplikult aatomite reaalse olemasolu ja murdsid ka kõige kangekaelsemad skeptikud. Seesama Wilhelm Ostwald kirjutas hiljem oma keemiakursuse eessõnas: „Ma olen nüüd veendunud, et me oleme viimasel ajal saanud katselise tõestuse mateeria katkelisest või teralisest struktuurist. Atomistlik hüpotees on viidud sel kombel teadusliku ja kindlalt põhjendatud teooria alusele."

Sellal kui füüsikud arendasid füüsikaliste nähtuste molekulaar-atomistlikke teooriaid, otsisid keemikud üha uusi elemente, uusi aatomite teisendeid. XIX sajandi keskpaiku tunti neid juba umbes seitsekümmend. Möödunud sajandi teadlastele olid need mõnikümmend aatomiliiki ja veel mõningad edaspidi avastatavad lihtsaimad, muutumatud ja jagamatud tellised, millest

ELEMENTIDE RÜHMAD

PERIOODID	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1		1 **H** Vesinik 1,0078							
2	2 **He** Heelium 4.002	3 **Li** Liitium 6,940	4 **Be** Berüllium 9,02	5 **B** Boor 10,82	6 **C** Süsinik 12,00	7 **N** Lämmastik 14,008	8 **O** Hapnik 16,0000	9 **F** Fluor 19,00	
3	10 **Ne** Neon 20,183	11 **Na** Naatrium 22,997	12 **Mg** Magneesium 24,32	13 **Al** Alumiinium 26,97	14 **Si** Räni (siliitsium) 28,06	15 **P** Fosfor 31,02	16 **S** Väävel 32,06	17 **Cl** Kloor 35,457	
4	18 **Ar** Argon 39,944	19 **K** Kaalium 39,10	20 **Ca** Kaltsium 40,08	21 **Sc** Skandium 45,10	22 **Ti** Titaan 47,90	23 **V** Vanaadium 50,95	24 **Cr** Kroom 52,01	25 **Mn** Mangan 54,93	26 **Fe** Raud 55,84 — 27 **Co** Koobalt 58,94 — 28 **Ni** Nikkel 58,69
		29 **Cu** Vask 63,57	30 **Zn** Tsink 65,38	31 **Ga** Gallium 69,72	32 **Ge** Germaanium 72,60	33 **As** Arseen 74,94	34 **Se** Seleen 79,2	35 **Br** Broom 79,916	
5	36 **Kr** Krüpton 83,7	37 **Rb** Rubiidium 85,47	38 **Sr** Strontsium 87,63	39 **Y** Ütrium 88,92	40 **Zr** Tsirkoonium 91,22	41 **Nb** Nioobium 93,3	42 **Mo** Molübdeen 96,0	43 **Ma** Masuurium —	44 **Ru** Ruteenium 101,7 — 45 **Rh** Roodium 102,91 — 46 **Pd** Pallaadium 106,7
		47 **Ag** Hõbe 107,880	48 **Cd** Kadmium 112,41	49 **In** Indium 114,8	50 **Sn** Inglistina 118,70	51 **Sb** Antimon 121,76	52 **Te** Telluur 127,5	53 **J** Jood 126,932	
6	54 **X** Ksenon 131,3	55 **Cs** Tseesium 132,81	56 **Ba** Baarium 137,36	57—71 Haruldased muldmetallid (lantaniidid)	72 **Hf** Hafnium 178,6	73 **Ta** Tantaal 181,4	74 **W** Volfram 184,0	75 **Re** Reenium 186,31	76 **Os** Osmium 190,8 — 77 **Ir** Iriidium 193,1 — 78 **Pt** Plaatina 195,23
		79 **Au** Kuld 197,2	80 **Hg** Elavhõbe 200,61	81 **Tl** Tallium 204,39	82 **Pb** Seatina (plii) 207,22	83 **Bi** Vismut 209,00	84 **Po** Poloonium 210	85 **Ab** Alabaamium —	
7	86 **Rn** Radoon 222,0	87 **Vg** Virgiinium —	88 **Ra** Raadium 225,97	89 **Ac** Aktiinium 226	90 **Th** Toorium 232,12	91 **Pa** Protaktiinium 230	92 **U** Uraan 238,14	93 **Np** Neptuunium (239)	94 **Pu** Plutoonium (239)

Mendelejev'i perioodiline süsteem. Horisontaalsed read näitavad perioode, vertikaalsed — sugulaselementide rühmi. Kaheksandas rühmas järjestikuste elementide kolmikud moodustavad erilised, sarnased rühmad; 57-ndas lahtris on aga tervelt 14 elementi, mida vaevu saab üksteisest eraldada ja mida nimetatakse haruldasteks muldmetallideks. Kõik need perioodilise süsteemi iseärasused seletuvad täpselt kvantide mehhaanikaga.

on ehitatud kogu universum. Dalton'i „keemilise filosoofia" ideed valitsesid füüsikas ja keemias sajandi lõpuni.

Vastavalt avastatud ja uuritud elementide arvu suurenemisele ilmnes nende juures huvitav sarnasus ja omaduste ühtimine. Vähehaaval selgusid küllalt selgesti piiritletud „sugulas"-elementide grupid. Üksteisega sarnanevad elemendid tekitavad ühesuguseid ühendeid, asendavad neis kergesti üksteist, reageerivad ühesuguselt. Nii ühinevad kloor, fluor, broom ja jood kergesti vesinikuga; metallid naatrium, kaalium, rubiidium ja tseesium lagundavad vee ja eraldavad vesiniku. Sugulaselementidel on ühesugune v a l e n t s u s, s. t. võime liita endaga võrdsel hulgal teisi aatomeid, moodustades koos nendega molekuli.

Elementide sarnasuse põhjused näisid salapärastena. Siiski üritati korduvalt elemente liigitada ja teostada nende klassifikatsiooni. Nii klassifitseeris Linné loomastikku palju varem, kui Darwin'i teooria oli kindlaks teinud selle tervikluse ja kõigi liikide omavahelise seose. Kuid katsed jagada elemente lihtsalt gruppideks kolme-, seitsme- jne. kaupa ei andnud järjekindlat, loogiliselt seotud elementide süsteemi.

See ülesanne osutus jõukohaseks ainult geniaalsele vene teadlasele Dmitri Ivanovitš Mendelejev'ile. Ta seadis elemendid vastavalt nende aatomkaalude suurenemisele järjekorda ja avastas kõigi elementide omadusi määrava ühise p e r i o o d i l i s u s e s e a d u s e. Piki seda nimestikku edasi liikudes selgus, et elementide omadused korduvad vahepealsete ainete kindla arvu järele. Seitse elementi liitiumist (nr. 3 nimestikus) edasi asetseb kaheksandal kohal liitiumile hämmastavalt sarnane 11. element — naatrium; taas seitse kohta edasi leiame kaaliumi, nr. 19, kus jälle korduvad samad omadused. Edasi on perioodilisus pisut keerulisem, kuid mahub ikkagi korrapärasesse skeemi ja moodustab tänini „Mendelejev'i perioodilise süsteemi" nime all tuntud harmoonilise süsteemi.

Perioodilisuse seadus osutus niivõrd täpseks, et Mendelejev võis selle abil ennustada mitmete senitundmatute elementide olemasolu, mis oma omaduste tõttu „olid sunnitud" asetsema

aatomkaalu poolest kahe teineteisele järgneva juba tuntud elemendi vahel. Nii „nõudis" ta tsingist suurema ja arseenist väiksema aatomkaaluga elemendi olemasolu, mille omadused sarnaneksid alumiiniumi omadega, ja nimetas selle elemendi „ekaalumiiniumiks". Viis aastat hiljem leitigi ennustatud omadustega (ja isegi ligikaudse aatomkaaluga) element ja nimetati ta galliumiks. Mendelejev ennustas veel mitmete elementide olemasolu, parandas kooskõlas perioodilisuse seadusega mõned seni ebatäpselt mõõdetud aatomkaalud, ja kõik see osutus katsete põhjal täiesti õigeks. „Ennustatud" elementide omadused määras ta haruldaselt täpselt, kaasa arvatud ka nende ühendite värvus ja lahustuvus.

Perioodiline süsteem oli aatomite oivaliseks klassifikatsiooniks ja tegi esmakordselt kindlaks millegi olemasolu, mis ühendab kõiki neid erinevaid „ühendamatuid" maailmaehitise telliseid. Näis, nagu toimuks neis ühest elemendist teise üleminekul millegi ühetaolise, neid imelikke seaduspäraseid kordumisi põhjustava salapäraste motiivide kogunemine. Mendelejev'i süsteem oli purustamatute aatomite klassikalise atomistika oivaline lõpuleviimine, kuid ta varjas juba oma mõistatuslikkuses aatomite purustamise algmeid. Ta otsekui kroonis ehitise majesteetliku kuplina, kuid see kuppel osutus liiga raskeks vundamendile.

Elektri aatomid, valguse aatomid ja energia aatomid.

Lahendus ei tulnud järsku. Kui hakati märkama ta esimesi kontuure, selgus, et tee oli teada juba ammu. Ent ühtlasi selgus ka, et atomistliku teooria edaspidine areng on seoses ta algkujutluste hävinguga. Nagu seda on varemgi teaduse ajaloos juhtunud, nii viidi nüüdki kogu atomistika kõrge ehitis kahjustamatult üle uutele alustele.

Enne kui jutustada sellest, meenutagem üht tuntud fakti. Kui läbi mõne soolalahuse, näiteks hõbekloriidi, lasta elektri alalisvool, juhtides selle lahusevanni kahe plaadi kaudu, mille-

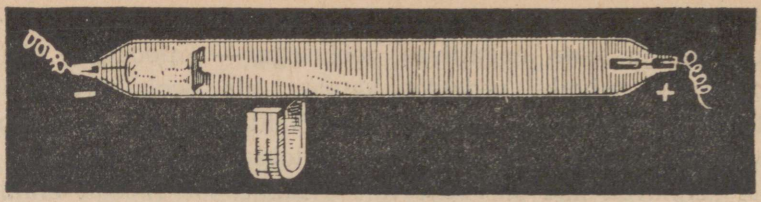
dest üks on ühendatud vooluallika positiivse poolusega — anoodiga, ja teine negatiivse poolusega — katoodiga, nii et vooluahelik sulguks vedeliku kaudu, siis sool laguneb ja katoodile tekib õhuke hõbeda kiht. Nähtavasti juhivad voolu kloori ja hõbeda aatomid. Nad laetakse elektrilaenguga ja selle kannavad nad siis vastavale plaadile, ise ehedalt eraldudes. Need laetud aatomid — reisijad (neid nimetatigi „rändureiks" — kreeka keeles „ioonid"), ongi lahuse elektrijuhtivuse põhjuseks. Kogu nähtusel tervikuna on aga üldtuntud nimetus — e l e k t r o l ü ü s.

Juba 1834. aastal määras Michael Faraday elektrolüüsi seaduse, mis kõlab järgnevalt: et eraldada lahusest 1 gramm-aatom mingit ainet, s. t. 1 gramm vesinikku, 23 grammi naatriumi, 108 grammi hõbedat, 35,5 grammi kloori jne., peab sellest läbi voolama võrdne hulk elektrit — 96 500 kulonit (üheamprilise voolu puhul voolab üks kulon sekundis läbi juhtme). Kahe vesiniku aatomiga ühinevatele ainetele, näiteks hapnikule, kulub $2 \times 96\,500$ kulonit gramm-aatomile; alumiiniumile, mille üks aatom asendab ühendis 3 grammi vesinikku, on tarvis $3 \times 96\,500$ kulonit.

Kui meenutada, et iga elemendi gramm-aatomis sisaldub võrdne arv tema aatomeid, siis selgubki selle huvitava fakti seletus. Ilmneb, et teatud hulk *N* aatomeid kannab edasi võrdse hulga elektrit, 96 500 kulonit (või selle kahe-, kolmekordse hulga). Nähtavasti kannab iga aatom edasi ühesuuruse osa elektrit, mis võrdub 96 500 kuloniga, või kaks, kolm osa või üldse täisarvu, mitte aga murdosa. Teiste sõnadega, nagu väljendas 1881. aastal kuulus füüsik Helmholtz, „kui me nõustume hüpoteesiga, et lihtained koosnevad aatomeist, siis peame ka nõustuma, et elekter jaguneb samuti kindlaiks annuseiks, mis käituvad elektri aatomitena".

Pärast elektrolüüsi uurijaid võtsid sõna füüsikud, kes uurisid hõrendatud gaaside helendust kinnijoodetud torus, mida läbis elektrivool.

Sellesse torusse joodeti kaks plaadikest — anood ja katood, kuhu juhiti vool. Ilmnes, et eriti hõreda gaasi puhul eraldu-



Joon. 21. Katoodkiirte kõverdumine magnetväljas.

vad negatiivsest poolusest, katoodist, erilised „katoodkiired", mis panevad klaasi seal helendama, kuhu nad langevad. Kui kiirte teele asetada mingi takistus, siis ilmub helenduse asemel terav vari.

Inglise füüsik Crookes (toru nimetataksegi tema auks „Crookes'i toruks") väljendas esimesena julge oletuse, et katoodkiired on aatomitest lahti rebenenud ja tohutu kiirusega liikuv negatiivse elektrilaengu materiaalsete osakeste vool.

Kui see on tõsi ja aatom tõesti sisaldab elektrone, siis on selge ka elektrolüüsi mehhanism: anoodi poole liikuvad negatiivsed ioonid on üht, kaht jne. elektroni kandvad aatomid; katoodi poole liikuvad positiivsed ioonid on aga ühe, kaks jne. elektroni kaotanud metalli aatomid, sest positiivse laengu omandamine tähendab negatiivse kaotamist. Crookes'i torus näemegi purustatud aatomi kilde.

Hoolimata nende mõtete erakordsusest (tolle aja kohta!), võitsid nad siiski aegamööda tunnustuse. „Elektronideks" nimetatud elektriosakeste uurimine kinnitas Crookes'i ideed.

Elektrivool on elektronide liikumine. Magneti läheduses või, nagu öeldakse, m a g n e t v ä l j a s kaldub vool kõrvale. Ka elektrilaengu poolt moodustatud elektriväli muudab liikuva laengu teed. Piisab juba magneti või elektriseeritud keha viimisest Crookes'i toru lähedusse ning katoodkiir kaldub kõrvale ja helendav täpike klaasil nihkub paigast. Kõrvalekalde suurus, mis sõltub elektronide kiirusest (energiast), nende massist ja laengust, määratakse kummalgi juhul eri seadusega. Mida raskem ja kiirem on osake, seda väiksem on välja poolt põhjustatud kõrvalekalle. Mõõtes elektronide kõrvalekal-

let üheaegselt mõlemas väljas, õnnestus kindlaks teha nende kiirus ja laengu ning massi vahekord. Elektronide kiirus osutus seda suuremaks, mida suurem oli pinge anoodi ja katoodi vahel, s. t. mida tugevam oli neid hajutav elektriväli. Seevastu osutus aga elektronilaengu vahekord massiga konstantseks, s. t. kõigi elektronide laeng ja mass on alati ühesugused, tegelikult need on elektri aatomid. Lihtsate arvutustega sai kohe algul kindlaks teha, et elektroni mass on 1840 korda väiksem kergeimast aatomist — vesiniku aatomist.

Varsti õnnestuski vahetult mõõta üksikut elektronilaengut. Selle imetletava töö sooritas ameerika füüsik Robert Millikan. Ta pritsis elektrikondensaatori kahe plaadi vahele (mis asetsesid teineteise kohal) pihustatud õlitilgakesi, mis said seejuures elektrilaengu. Oma raskuse tõttu langesid tilgakesed alla. Tilgakese langemiskiirus võimaldas teatavate valemite abil arvutada ta kaalu. Siis laeti kondensaatori plaadid selliselt, et ülemine plaat tilgakesi enda poole tõmbas. Tilgakese liikumine muutus ja ta võis koguni ülespoole tõusta. Teades tilga kiirust, ta kaalu ja välja pinget, võis Millikan arvutada tilga laengut. Selgus, et tilgakese laeng on alati sama suuruse täiskordne või võrdne selle endaga. Ilmselt ongi see suurus elektri aatom ehk elektronilaeng, mis võrdub $4{,}8 \times 10^{-10}$ absoluutse ühikuga (sääraseid füüsikute poolt tarvitatavaid laengu absoluutseid ühikuid on ühes kulonis 3 miljardit). Et 96 500 kulonis on niisama palju elektrone nagu aatomeid gramm-aatomis, siis, jagades 96 500 kulonit ehk $96\,500 \times 3\,000\,000\,000$ absoluutset ühikut elektronilaenguga, peame saama Avogadro N-arvu. Tõepoolest saamegi $6{,}02 \times 10^{23}$, s. t. sama arvu, mille sai Perrin kahel viisil. N-arvuga kontrollimine annab elektronide olemasolust ümberlükkamatu tõendi. Magnetväljas elektroni kõrvalekalde katsega arvutatud elektroni mass on 1840 korda väiksem vesiniku aatomi massist ja võrdub:

$$m = 9{,}1 \times 10^{-28} \text{ grammi.}$$

Järgnevast võrdlusest nähtub, kui kujutletamatult väike see on: kogu Maakera kaalu grammide arv on ligikaudu kaks korda

väiksem kui elektronide arv ühes grammis. Praegusaja füüsika meetodid on aga niivõrd täpsed, et Millikan mõõtis oma katseis üksikuid elektrone!

Teralise ja katkelise struktuuri idee näis tungivat niiviisi hoopis teist laadi nähtuste valdkonda, muutes elektri üheks mateeria liigiks. Kuid siingi ei peatunud veel vaadete edenemine aatomite kohta, vaid see tungis üha sügavamale teadusse.

Kolmsada aastat tagasi arvas Newton, et valgus on pisimate „korpusekeste" ehk kehakeste vool, mis tungib silma ja põhjustab nägemisergu ärrituse. Kogu hilisema teaduse arengu tulemusena jõuti siiski järeldusele, et valgusnähtused on laineprotsessid, lainete levimine mingis kogu ruumi täitvas keskkonnas. Erinevus on selge: kui nõustuda „korpuskulaarse" teooriaga, siis kandub energia osakeste-postiljonidega vahetult kiirgavalt kehalt imavale kehale; kui aga uskuda laineteooriat, siis pole sääraseid vahetuid ülekandjaid ja energia antakse ühest keskkonna punktist, kus toimub mingi korduv liikumine ehk võnkumine, edasi naaberpunkti, mis kordab naabri võnkeid mõninga hilinemisega ja nõnda ikka edasi, punktist punkti... Tiiki visatud kivi poolt tekitatud virvendus annab meile lainete pildi veepinnal. Liikumine ja energia antaksegi üle lainetusprotsessis, ehkki selle levimise suunas ei liigu mingeid materiaalseid osakesi. Jooksevad ainult liikumise seisu määravad vahelduvad lainete harjad ja nõod. Kaugust kahe teineteisele järgneva laineharja vahel nimetatakse *lainepikkuseks*. Lainepikkus ehk ta võnkesagedus määrab valguskiire kvaliteedi, värvuse ja hulga teisi omadusi. Mida suurem on lainepikkus, seda väiksem on sagedus. Nende korrutis võrdub lainekiirusega.

Mis siis võngub? Mingit valgust edasiandvat ainekeskkonda, nagu õhk annab edasi helilaineid, ei õnnestunud leida. Kui avastati aga elektromagnetilised lained, raadiolained, siis kujunes arvamus, et valgusvõnked on kindlate elektriliste ja magnetiliste omaduste muutumine igas ruumipunktis, nn. elektromagnetilise välja võnked.

Viimase kuuekümne aasta jooksul on valguslainete ulatus

miljoneid kordi kasvanud. Nähtava valguse lainepikkus on 0,4 kuni 0,7 mikronit. Tänapäeval tuntakse mitme kilomeetri pikkusi laineid ja samuti nähtava valguse lainepikkusest miljoneid kordi lühemaid. Siia kuuluvad mäestikupäikese ultravioletsed kiired, ümber mäeahelikkude ringlevad kilomeetritepikkused raadiolained ja paksu metalli läbivad „kõvad" lühilainelised röntgenikiired. Need kõik on ühesugused lained; ainult ühed väljuvad aatomeist aine sisemuses, nagu röntgenikiired, kuna teised tekivad raadiosaatejaama antennides „võnkelaengu" korral.

XIX sajandi lõpul ei kahelnud keegi selles, et valgusnähtused on lainete levimine.

Uurides energia emissiooniseadust soojenenud kehade kiirguse erineva lainepikkusega kiirte suhtes, jõudis kuulus füüsik Max Planck 1900. aastal järeldusele, et valguse-energia väljub katkeliselt, annustena, aatomitena või, nagu ta neid nimetas, „kvantidena" (ladinakeelsest sõnast *quantum* — kuipalju). Katsematerjali teisiti seletada ei õnnestunud.

Veidi hiljem tegi Albert Einstein kindlaks, et ka kiirte energia neeldumine toimub „kvantides". See selgus fotoelementides neile langeva valguse toimel tekkiva voolu uurimisel. Einstein pidaski valguskiirt sääraste kvantide ehk „footonite" vooluks. Kvandienergia on erivahekorras kiire lainepikkusega: ta võrdub kiire võnkesagedusega, mis on korrutatud teatud kindla arvuga, nn. Planck'i konstandiga. Et sagedus võrdub lainekiirusega jagatuna ta pikkusega, siis on footoni energia pöördvõrdeline lainepikkusega: lühikestel röntgenilainetel on suured kvandid, pikkadel valguslainetel aga väiksemad.

Valguse footonite- ehk kvantide-teooria sai eriti näitliku kinnituse, kui õnnestus avastada footonite ja elektronide vahetud põrked, mispuhul mõlemad, nii footonid kui ka elektronid, põrkasid kõrvale nagu vetruvad pallid: nende laialilendamise suunad ja energia enne ning pärast põrget vastasid footoniteteooria ennustustele.

Nii sunnib terve rida nähtusi meid arvama, et valgus kujutab endast eriliste valgusosakeste voolu ... Kuid argumendid,

mis kunagi sundisid füüsikuid loobuma Newtoni vaateist, püsivad endiselt jõus. Füüsika õpikuis käsitletud nn. interferentsi ja difraktsiooni nähtused on seletatavad ainult valguse lainelise olemusega. Mis on siis valgus — kas lained või osakesed?

Selgub, et see küsimus on laiaulatuslikum. Kõigi vaatluste ja katsete põhjal pole kahtlust, et elektronid on osakesed. Kuid lendavate elektronide vool, elektronikiir, esineb mõningail juhtudel lainena. Temas ilmnevad samad, lainetele iseloomulikud interferentsi ja difraktsiooni nähtused.

Nii esinevad kiired ja elektronide voolud kord lainetena, kord osakestena. Vastuolu näis olevat lepitamatu.

Ometi see lepitati. Selleks pidid tekkima meie kujutlust mikroskoobilisest maailmast põhjalikult muutvad julged ja sügavad arvamused, millede juures me siin ei peatu. Tekkis uus laialdane teadus — „kvantide" ehk „lainete" mehhaanika, milleta poleks kunagi suudetud lahendada aatomimõistatust.

Kiirgav aine aatomis.

Viimase viie-kuuekümne aasta kestel on füüsikud teinud paljusid hämmastavaid avastusi, millede hulgast on raske nimetada tähtsaimat. Kuid tähtsaim oma tagajärgedelt oli teadusele siiski üks täiesti ootamatult avastatud nähtus, mille lõpptulemused alles praegu hakkavad selguma. Möödunud sajandi lõpul 1896. aastal avastas prantsuse füüsik Henri Becquerel ootamatult, et metall uraani soolapreparaat kiirgab läbipaistmatu aine kihtidest läbitungivaid nähtamatuid kiiri, mis põhjustavad fotoplaadi tumenemise. Hulga katsetega selgusid alljärgnevad mõistatuslikud asjaolud.

Preparaadi kiirgus ei olenenud mingitest välistingimustest: ei kuumutamine, jahutamine ega ka keemilised muundumised ei mõjustanud kiirgust. Katseist puhta uraaniga (keemiline märk U) ilmnes, et uraan ongi kiirteallikaks. Ja kõige imetletavam oli seejuures, et uraani kiirgus ei nõrgenenud ajaga, näis, nagu ei tekitaks ta mingeid muutusi metallis, uraani

kiirtena väljuv energiatagavara näis ammutamatu. Uraani kiired ioniseerivad õhu ja tühjendavad laetud elektromeetri: aparaadi lehekesed, mis on elektrilaenguga lahutatud, langevad alla kiirgava uraanipreparaadi läheduses. (See võimaldab umbkaudselt mõõta kiirte ligikaudset intensiivsust tühjendamiskiiruse järgi.)

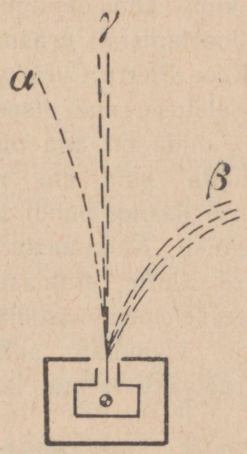
Joon. 22. Raadiumipreparaadiga klaastoru abil fotoplaadile tehtud kirjutus.

Becquerel'i tööd äratasid varsti tollal veel noore teadlase, tuntud prantsuse füüsiku Pierre Curie naise, poolatar Marie Sklodowska-Curie huvi. Ta uuris mitmesuguseid aineid nende kiirgusvõime avastamiseks ja nimetas seda omadust r a d i o a k t i i v s u s e k s (sõnast *radius* — kiir). Oma otsinguil avastas ta ootamatult, et Tšehhi linnakese Joachimstali uraanimaak kiirgab tugevamini kui puhas uraan. Koos Pierre Curie'ga leidsid nad selle nähtuse ainsa võimaliku seletuse: nad otsustasid, et maak sisaldab veel teist elementi, mida on aga niivõrd vähe, et seda keemiline analüüs ei näita, kuid mis on sedavõrd radioaktiivne, et isegi säärase tühise lisandi puhul ta põhjustab radioaktiivsuse tunduvat suurenemist. Nelja-aastase vaevarikka töö tulemusena Marie ja Pierre Curie eraldasid uraanimaagist kaks uut, väga radioaktiivset elementi (sooladena); ühte neist nimetati Marie Curie kodumaa auks p o l o o n i u m i k s ja teist — 900 korda radioaktiivsemat kui uraan — r a a d i u m i k s (Ra).

Viimasena mainitud element on haruldane, kuid tähelepanuväärne aine. Maagid sisaldavad teda äärmiselt vähe ja ta väljatoomine maapõuest on väga raske. Kogu maailmas pole tänini kaevandatud üle ühe kilogrammi raadiumi. Raadiumikiired mõjuvad organismi kudesid purustavalt, kusjuures eriti kiiresti hävib vähkkasvaja, mistõttu on vähi r a d i o-

teraapia tänapäeval laialdaselt levinud. Raadium kiirgab palju energiat: üks gramm raadiumi eraldab tunnis 140 väikest kalorit soojust. On tõsi, et üks gramm sütt annab põledes 50 korda enam energiat, kuid kiirgus ei muuda põrmugi raadiumi ja ta näib võivat samas tempos anda energiat piiramatu aja kestel. See raadiumi piiramatu energiavaru ongi ta kõige mõistatuslikum omadus, mis asetas 1900. aastal füüsikud täbarasse seisukorda. Kust tuleb aeglaselt, peene nirena ainest nõrguv radioaktiivne energia? Kas poleks võimalik avada lüüsi, et see purskaks sealt kosena?

Uurimused radioaktiivsuse alalt on eelkõige seotud kuulsa inglise füüsiku Ernest Rutherfordi nimega. Rutherford koos Soddy'ga tegid teravmeelsete katsetega kindlaks, et raadiumi kiirgus toimub ta enda lagunemise hinnaga: tähtsusetu osa raadiumi muutub gaasiks, mida nimetati raadiumi emanatsiooniks (s. t. selleks, mis eraldub raadiumist), nüüd aga radooniks. Ka radoon on radioaktiivne ja laguneb täielikult umbes ühe kuu jooksul. Nii tehti kindlaks, et radioaktiivsed elemendid pole surematud ja nende energiavaru pole lõpmatu. Kõige tähtsam on aga avastus, et radioaktiivse kiirgusega kaasneb elementide muundumine.



Joon. 23. Magnetväljas kolme kimpu jagunevad raadiumikiired. Gamma-kiiri magnet ei kalluta.

Raadiumi kiirguse uurimisel selgus, et see koosneb kolmest osast: ühed kiired kalduvad tugeva magneti mõjul ühele poole, teised vastassuunas, kuna kolmandad ei muuda oma suunda. Neid nimetati alfa-, beeta- ja gamma-kiirteks. Beeta-kiired osutusid väga kiireiks elektronideks: nende kiirus võrdub umbes valguskiirusega. Gamma-kiired on väga lühikese lainepikkusega ja tugeva elektromagnetilise kiirgusega. Alfa-kiired osutusid osakeste vooluks, millede mass oli neli

korda suurem vesiniku aatomi massist ja laeng kaks korda tugevam elektronilaengust, ainult vastupidise märgiga: magnetväljas nad kaldusid vastassuunda. Rutherford tegi kindlaks, et alfa-osakesed on element heeliumi ioniseeritud, positiivselt laetud aatomid. Sellega seletub heeliumi leidumine looduses tooriumi või uraani sisaldavais mineraalides, milledest heelium on lihtsalt eraldunud. Alfa-osakesed pole nii kiired kui beeta-osakesed, kuid, ületades viimaseid massilt 7000 korda, omavad nad palju suuremat energiat: nad on aatomkahuri rasked mürsud.

1903. aastal esitas Rutherford koos Soddy'ga radioaktiivsete protsesside teooria, mida tänini on vaid täiendatud, mitte aga muudetud.

Aatomid pole igavesed. Radioaktiivseis protsessides sünnitavad teatavate elementide aatomid oma elu hinnaga teisi aatomeid. Raadiumi aatom lõhkeb dünamiidina, temast purskavad tohutu energiaga heeliumi aatomid. Järele jääb samuti peatselt lõhkev radooni aatom. Raadiumi aatom ja tõenäoliselt ka teiste elementide aatomid on kohutav energia-arsenal, määratult suurem kui kõik teised meile tuntud allikad. Raadiumienergia kulu on aga väga aeglane: ühe sekundi jooksul laguneb ühest grammist raadiumist 37 miljardit aatomit, s. t. üks sajamiljardik osa temast! Kogu raadiumi hulgast laguneb 1600 aastaga ainult pool. Järgneva 1600 aastaga laguneb ülejäänud raadiumist jälle pool — ja nõnda edasi.

Radioaktiivsed muundumised moodustavad pika rea. Raadium muundub radooniks, radoon „raadium A-ks" jne. Raadiumil on rida eelkäijaid ja järeltulijaid. Eraldades järk-järgult heeliumi ja paisates välja elektrone muunduvad radioaktiivsed elemendid pidevalt, kuni tekib juba püsiv ja kindel aine. Raadiumi lähteaineks on uraan, s. t. uraani aatom muundub pärast teatavat hulka muundusi raadiumi aatomiks. Et igal radioaktiivsel elemendil on kogusest olenev lagunemiskiirus, siis kujuneb r a d i o a k t i i v n e t a s a k a a l: igat elementi leidub looduses sääraselt, et ta lagunevate aatomite hulk võrdub ta lähimast eelkäijast tekkivate uute aatomite hulgaga. Seepärast

leidubki uraanimaagis alati raadiumi, kuid ainult vähesel määral, sest ta laguneb, jõudmata koguneda. Arvestused näitavad, et looduses leidub iga kolme tonni uraani kohta üks gramm raadiumi. Radioaktiivsete muunduste lõppelemendiks on seatina (plii). Teada on kolm radioaktiivset perekonda: üks saab alguse uraanist, teine tooriumist ja kolmas aktiiniumist.

Mõned radioaktiivsed elemendid on väga pikaealised: uraan laguneb poole võrra 4,5 miljardi aastaga. Teised on aga täiesti efemeersed: raadiumi üks järeltulijaid, element „raadium C'" laguneb poole võrra ühe miljondiku sekundi vältel.

Radioaktiivsete muunduste avastamine kukutas lõplikult klassikalise atomistika „purustamatuist aatomeist" ja meenutas taas alkeemikute kujutelmi. Kuid radioaktiivseis aineis peituvad aarded on tähtsamad kui kuld, sest üks gramm raadiumi annab ju radooniks muundudes 490 miljonit kalorit soojust. Radooni aatomiks muundunud üks raadiumi aatom eraldab poolteist miljonit korda rohkem energiat kui saadakse paukgaasist — vesiniku ja hapniku segust — vee molekuli tekkimisel.

Kuid radioaktiivsete nähtuste mehhanismi mõistmiseks ja aatomisse kondenseeritud kohutavate jõudude vallutamiseks peab tundma aatomi struktuuri, vaatama ta sisemusse ja veenduma, kas ta sisaldab seda, mida ta kiirgab: elektrone ja alfa-osakesi — heeliumi aatomeid.

Kõik need küsimused lahenesid peadpööritava kiirusega. On selge, et aatom sisaldab positiivseid ja negatiivseid elektrilaenguid, mis normaalses seisukorras tasakaalustavad teineteist, s. t. kokkuvõttes võrduvad nulliga. Ent kuidas jagunevad need laengud aatomi sisemuses? Nähtavasti peavad läbi aine tungivad laetud alfa-osakesed aatomitest läbilennul muutma oma suunda aatomite laenguist eemaletõugatuina või ligitõmmatuina. Uurides alfa-osakeste läbiminekut õhukesest metall-lehest avastas Rutherford 1906. aastal, et alfa-osakeste kimbuke tegelikult „hajub", osakeste teed kõverduvad kergelt ja ülesvõttel kimbukese jäljend valgub laiali. Hoolikal uurimisel ilmnes enamikul osakestest ainult tähtsusetu kõrvalekalle, kuid mõned neist põrkasid otsekui mingi teele sattunud tugeva jõu eest

siiski järsku kõrvale või isegi tagasi. Kuid sääraseid osakesi märgati väga vähe.

Rutherford leidis kohe ka seletuse. Aatomites on nähtavasti laengute kohutav kontsentratsioon, tähendab ka laengut kandva aine kuhjumine, mis piisab määratu kiirusega liikuvate alfa-osakeste eemaletõukamiseks niisuguse jõuga. Neisse kontsentratsioonipunktidesse on tegelikult koondatud kogu aine, kuid need tihendused asetsevad väga hõredalt. Valdav enamik alfa-osakesi lendab neist nii kaugelt mööda, et nende olemasolu on vaevalt märgatav. Ainult üks alfa-osake 8000-st „komistab" juhuslikult ainelaengu tihendusele ja heidetakse muidugi otsekohe vägisi kõrvale: mida lähedamalt lendab osake, seda suurem on põrkenurk; kui ta lendab otse vastu tihendust, põrkab ta tagasi.

Aatom ja aine osutusid tühjaks! Kujutlegem niivõrd hõredat metsa, kus pimeda juhiga otse edasi kihutaval autol oleks ainult üks võimalus kaheksast tuhandest põrgata vastu puud! Aatom koosneb kesksest tuumast, kuhu on koondunud kogu ta positiivne laeng, ning selle ümber asuvast elektronide pilvest, millest lendab läbi vaevalt oma teelt kõrvalekalduv alfa-osake. Elektronide arv võrdub tuuma laenguühikute arvuga.

Rutherford töötas välja alfa-kiirte hajumisteooria. Hajumisseaduse matemaatiline avaldis võimaldas tal katsetulemuste varal kindlaks määrata mitmesuguste elementide tuuma laengu. Ilmnes, et selle laenguühikute arv võrdub elemendi järjekorranumbriga Mendelejev'i tabelis! Nii asub vask nimestikus 29-ndal kohal ja ta tuuma laeng Rutherford'i järgi võrdub 29-ga; hõbedal ja plaatinal on vastavalt 47. ja 78. koht ning valem andis just samad laengud. Nimestiku esimeses lahtris ainult hõlbustamiseks asetsev arv, elemendi lihtne järjekorranumber, omab sügavat füüsikalist mõtet. Seda arvu nimetatakse aatominumbriks ja märgitakse tähega *Z*.

Selle hüpoteesi järgi, mille keemikud kohe tarvitusele võtsid, kuigi ta vahetu tõestamine toimus alles hiljem, saame aatomite struktuurist säärase pildi: esimene, kõige kergem, on vesiniku aatom, mille tuuma laeng võrdub ühega ja ruumis

tuuma ümber ringleb üks elektron. Tuuma laeng võrdub vastupidise märgiga elektroni laenguga. Heeliumi aatom koosneb tuumast ja kahest elektronist. Tuuma laeng võrdub +2-ga. Kui heeliumi aatomilt ära võtta kaks elektroni, saame alfa-osakese, mis ilmselt kujutab endast heeliumi aatomi tuuma. Liitiumi aatomi ($Z = 3$) tuuma laeng on +3 ja ta omab kolm elektroni.

Seda loetelu võib jätkata uraanini, mille tuuma laeng on +92 ja tuuma ümber ringleb niisama palju elektrone.

Aatomite keemilised omadused määratakse tuuma laengu ja ta „elektronidekihiga", mitte asjata ei määra ju Z elemendi asukohta Mendelejev'i perioodilises süsteemis. Elektronidekihi uurimine selgitas peale radioaktiivsuse elementide kõik saladused. Keemilised nähtused osutusid „välisteks", võrreldes tuuma ehk radioaktiivsete nähtustega.

Pärast neid põhilisi avastusi arenes aatomi uurimine seitsmemiililiste sammudega. Eespool oli juba juttu kvantidemehhaanikast ja sellest, et mikroskoopiliste nähtuste maailmas pole üldse kohaldatavad tavalised liikumisseadused. Niels Bohr uuris teoreetiliselt elektronide liikumist aatomis ja püstitas selle seadused. Tema uurimustest lähtudes tegid füüsikud kindlaks, et elementide keemilised omadused sõltuvad elektronide liikumise iseloomust ümber tuuma ja nende asetusest, ühe sõnaga elektronidekihi struktuurist, mis omakorda oleneb tuuma laengust, s. t. elemendi asukohast perioodilises süsteemis, kihi elektronide arvust ja liikuvate elektronide süsteemi mõningaist teistest omadustest.

Selgus, et vastavalt aatomi elektronide arvu suurenemisele korduvad elementide reas seadusepäraselt ka elektronidekihi ühed ja needsamad struktuuri liigid, kusjuures kordumine tuleneb kvantide-mehhaanika seadustest. Aatomi samalaadse elektronidekihi struktuuriga elemendid sarnanevad omavahel ka keemiliste omaduste poolest. Selles peitubki Mendelejev'i perioodilisuse-seaduse lahendus: mitmesuguste elementide omaduste sarnasus seletub nende aatomite struktuuri sarnasusega. Mendelejev'i tabelis elementide omaduste kordumise „perioodide" pikkus ja kõrvalekaldumised lihtsast perioodilisusest, aga samuti

ka hulk teisi perioodilisuse-seaduse üksikasju seletub oivaliselt kvantide-mehhaanikaga. Sellega lahendatigi perioodilise süsteemi saladus.

Kuidas on konstrueeritud aga aatomi tuum? Missuguseist algosiseist ta koosneb? Temast lenduvad alfa-osakesed ja elektronid. Viimaste mõju on tühine; kuid alfa-osake ise, heeliumi aatomi tuum, peab olema osis. Võrreldes kõikide teiste aatomite tuumadega on kaalult lihtsaim vesiniku aatomi tuum. Ja füüsikud pöördusidki tagasi Prout'i hüpoteesi juurde: kõikide aatomite tuumad koosnevad vesiniku tuumadest. Rutherford tulistas lämmastiku aatomeid alfa-osakestega ja märkas, kuidas mõned osakesed otse lämmastiku tuuma sattudes sealt välja lõid vesiniku tuuma. Samasuguseid vesiniku tuumi avastati ka mõningate teiste elementide tuumades. Hüpotees osutus õigeks. Vesiniku tuum, 1840 korda elektronist suurema massiga osake, mille laeng võrdub vastupidise märgiga elektroni laenguga, tunnistati koos elektroniga aine põhimiseks ja algosaks. Teda nimetati kreekakeelse sõnaga p r o o t o n — „algne".

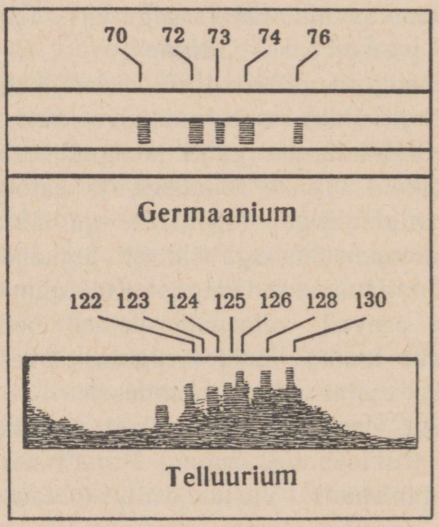
Et aga prootoni kaal ja laeng on mõlemad võrdsed ühikuga (vesiniku aatomi kaal ongi ju ühik), siis pidanuks üksnes prootoneist koosnev tuum evima niisama palju laenguühikuid, kuipalju ta sisaldas massiühikuid. Teiste sõnadega, ta aatomkaal pidanuks võrduma aatominumbriga. Tegelikult aga täheldatakse muud. Elementide aatomkaal on aga üldiselt ligikaudu kaks korda suurem nende aatomi tuumade laengust. Kui tuumad koosnevad prootoneist, siis peavad vähemalt pooled neist olema ilma laenguta või leidub tuumas muid laenguta osakesi. Allpool näeme, kuidas füüsika vastas sellele küsimusele.

Lisaks pole ju mitte kõigi elementide aatomkaal vesiniku aatomkaalu täiskordne, mistõttu loobutigi kunagi Prout'i mõttest. Kuidas ületada seda takistust? Vastus osutus ootamatuks.

Elemendi keemilised omadused määratakse ta elektronidekihi struktuuriga, lõpptulemus aga — ta aatomi tuuma laenguga. Ent mitte kaaluga! Eespool nägime, et tuuma kaaluga ei määrata ta laengut. Kui kujutleda aatomeid, mille tuumad

on ühesuguse laenguga, kuid kaalult veidi erinevad, siis säärased tuumad esinevad kõigis keemilistes reaktsioonides ühtviisi ja keemik ei suuda oma aparaatides neid eraldada.

Selgub, et tavalised elemendid koosnevad erineva tuumakaaluga aatomite segust. Näiteks koosneb element kloor, aatomkaaluga 35,437, kolme liiki aatomite segust: 59 protsendi aatomkaal on 35; 4 protsendil — 36 ja 1 protsendil — 39. Teadmata seda erinevust ja arvutades keemiliste nähtuste põhjal kloori aatomkaalu, saaksime aritmeetika seaduste kohaselt 35,437-ga võrduva keskmise suuruse. Õieti öelda, meil pole mitte ainult kloor, vaid kolm erinevat, keemiliselt üksteisest eraldamatut elementi, mis on alati segatud ühesuguses proportsioonis ja asuvad Mendelejev'i tabeli samas lahtris; viimase asjaolu tõttu nimetatakse neid isotoopideks, s. t. sama kohta hõivavaiks.



Joon. 24. Elementide germaaniumi ja telluuriumi massi-spektrid. Iga must joon on prootoni jälg selle all näidatud kaaluga.

Inglise füüsikul Aston'il õnnestus erilises aparaadis — „massi-spektrograafis" — eraldada isotoope. Kimbukese kujul aparaati lastud kiiresti lendavad aatomid alistusid elektri- ja magnetväljade toimele, kusjuures mitmekesise massi tõttu oli nende kõrvalekalle erinev ja nad kogunesid fotoplaadi eri punktidesse. Pilt meenutas tavalist spektrit — valguskiirte jagunemist. Siit tuleneb ka nimetus „massi-spekter".

Paljudel ainetel on suur arv isotoope. Nii koosneb seatina neljast isotoobist kaaluga 204-st kuni 208-ni.

Mõnel juhul õnnestus isotoope eraldada ka tavaliste meetoditega. Eriti tähtis on juhtum vesiniku isotoopidega: kaaluga 1 tavalise vesiniku puhul ja kaaluga 2 „deuteeriumi" puhul. Esimese tuum on prooton, teise tuum nimetati deutroniks. Kaalu erinevus on siin niivõrd suur, et aatomite omadused on erisugused. Kahte kerget vesiniku aatomit sisaldaval veel ja vähemalt üht rasket aatomit sisaldaval „raskel" veel on erinev erikaal ja külmumistäpp. Ainult suure vaevaga õnnestub koguda märgataval hulgal rasket vett. Ta pole bioloogiliselt aktiivne ega või asendada eluprotsessides tavalist vett.

Väga raskete, tooriumi ja uraani tüüpi elementide tuumad sisaldavad niivõrd palju osakesi, et nad osutuvad ebastabiilseiks. Nad lagunevad järk-järgult — ühed kiiremini, teised aeglasemalt. Need ongi radioaktiivsed elemendid. Lagunemisel nad eraldavad alfa-osakese (alfa-lagumus), kaotades kaalus alfa-osakesest kaasa viiduna 4 ühikut ja laengus 2 ühikut, või paiskavad välja elektroni (beeta-lagumus), kusjuures nad kaalus ei muutu, laengule aga lisandub siis üks ühik, mis vastab siirdumisele ühe koha võrra paremale.

Nii lükati isotoopide avastamisega ümber peamine vastuväide Prout'i hüpoteesile — murdarvulised aatomkaalud. Aatomkaalud osutusid prootonite kaalude täiskordseteks. Ainult aatomkaalu ühtesattumatus tuuma laenguga sundis arvama, et osal prootonitel tuumas on erilised omadused. Võib-olla sisaldab tuum elektrone? Teoreetilistest arvutustest nähtus, et elektronidega tuumade omadused pole täheldatavad katseis. Miks lendab siis tuumast elektrone välja?

Muide selgus, et tuumast võib välja lennata veel teisi, uusi osakesi, milledest kuuleme allpool.

Uus alkeemia.

Nii äratas radioaktiivsete protsesside avastamine taas ellu ammu väljanaerdud alkeemikute unistuse elementide muundumisest. Kuid vaevalt vaimustanuks raadiumi ja uraani lagunemine kuulsat keskaegset „kullategijat" Paracelsust: miljardeid

aastaid kestnud muunduse hinnaga saada... seatina! Ja seejuures eralduv energia nõrgub nii aeglaselt! (Liitrilise teekannu keema ajamiseks 10 minutiga oleks tarvis 15 kilogrammi raadiumi.) Inimkond tahab olla peremees, mitte aga vaatleja. Ja ta ei taha kaua oodata.

Ent kuidas pääseda kõigi tavaliste mõjutuste suhtes ükskõikse aatomi tuuma juurde, kust leida mürsk, mis suudaks purustada selle soomuslaeva pantseri?

Eespool on juba mainitud, et Rutherford püüdis säärasteks mürskudeks kasutada tuumast väljalendavaid alfa-osakesi. Arvestus osutus õigeks.

Rutherford pommitas alfa-osakestega lämmastiku tuumi ja lõi neist välja prootoneid — vesiniku tuumi. Lämmastik muutus hapnikuks. Kuid seejuures oli muundunud tuumade arv väga väike. Miljardist sattusid ainult mõned üksikud alfa-osakesed lämmastiku tuuma ja sooritasid selle muundamise: sihtimise täpsus on määratult väiksem kui halvimal kahurväe patareil. Me nägime, et kujutletamatult hõreda tuumade asetuse tõttu aines on kaheksast tuhandest ainult ühel alfa-osakesel võimalus sattuda tuumale niivõrd lähedale, et kogeda tugevat kõrvalekallet selle mõjupiirkonnas. 50 tuhandest säärasest „õnnelikust" osakesest tungib, mikromaailma eespool juba mainitud kõiki tavalise mehhaanika määrusi trotsivate mõistatuslike seaduste tõttu, ainult üks osake samanimelist laengut omavasse, teda eemaletõukavasse tuuma ja põhjustab katastroofi.

Õigupoolest pole meie mürsk mitte pomm, vaid torpeedo ja mõnikord isegi aeglase toimega: ta tungib soomuslaeva katet läbistades sisemusse ja põhjustab plahvatuse alles mõne aja pärast. Füüsikaliselt: tuum, haaranud alfa-osakese, laguneb ise mõne aja pärast, sest ta osutub vastupidamatuks. 14 kaaluühikuga ja 7-ühikulise laenguga lämmastiku tuum, haaranud 4-kaalulise ja 2-laengulise heeliumi tuuma, paiskab välja vesiniku tuuma — prootoni, mille kaal ja laeng on 1. Kaaluks jääb $14 + 4 - 1 = 17$ ja laenguks $7 + 2 - 1 = 8$, s. t. hapniku isotoop kaaluga 17. Füüsik kirjutab:

$$_7N^{14} + _2He^4 \rightarrow _8O^{17} + _1H^1.$$

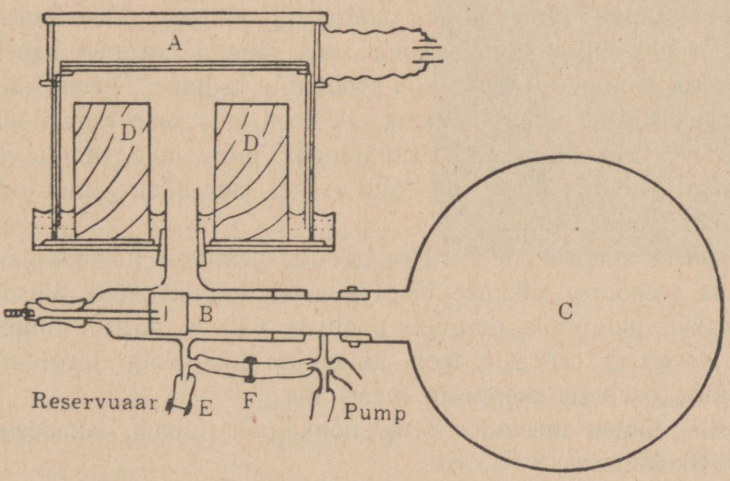
Missugune on seejuures energia bilanss?

Enne kui siirdume meile nii tähtsate arvude juurde, peatume lühidalt huvitavail meetodeil, mis võimaldasid füüsikuil vahetult vaadelda kõiki neid sub-aatomlikke osakesi ja muundumisi.

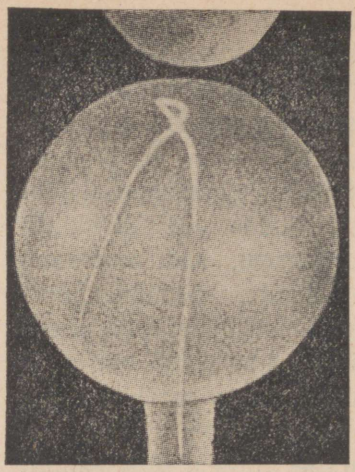
Need meetodid põhinevad faktil, et laetud osake lennul läbi aine, näiteks läbi gaasi, kisub teele sattuvate aatomite kihtidest välja elektronid. Aatomid saavad laengu, s. t. ioniseeruvad. Et aatomites on, vastandina tuumale, väliselektronide hulk küllalt tihe, siis tekitab osake oma teekonnal hulgaliselt sääraseid ioone — terve aheliku. Muidugi kulutab ta seejuures oma energiat elektronide lahtirebimiseks ja pidurdub aegamööda. Laadimata osake ei tekita i o n i s a t s i o o n i.

Geiger'i mõõtjaks nimetatakse aparaati, millele piisab ainult ühe lendunud osakese tekitatud ionisatsioonist, et selles toimuks elektrilaeng, „tõuge", mille tulemusena ilmub registreerivale fotolindile joon. Selle aparaadiga võib osakesi loendada.

„Wilson'i kambrik" on aga veel huvitavam seadis. See on niiske õhuga täidetud nõu. Kui sel momendil, mil kambrikusse



Joon. 25. Wilson'i kambriku skeem. *A* — ruum, kus toimub gaasi tühjenemine laengust ja kust lendab osake läbi.



Joon. 26. Sellel Wilson'i kambrikust tehtud ülesvõttel näeme magnetiseeritud kera poole lendava elektroni jälge.

lendab osake, kiiresti suurendada kambriku mahtu kolvi väljatõmbamisega, siis niiske õhk jahtub ja tiheneb ioonide ümber, millede ahelake tähistab osakese teed. Tekib osakese poolt jäetud udune jäljend, mida võib vaadelda või pildistada, kuni ta pole jõudnud laiali valguda. Mõnikord ühendatakse kambrik mõõtjaga, siis lülitab osake ise voolu ja pildistab end, nagu inimene tänava fotoautomaadis. Tänu Wilson'i kambrikule muutusid aatomikillud füüsikuile samasuguseks kombatavaks reaalsuseks nagu elavhõbedasammas baromeetri torus.

Juuresolevail ülesvõtteil võib näha mõnede osakeste teid. Ühel neist on jäädvustatud alfa-osakese sattumine lämmastiku tuuma ja viimase lõhestumine: tuuma lõhestumine toimus kohal, kus jäljend haruneb kaheks. Üks haru kuulub väljalennanud prootonile ja teine, lühem, tähistab järelejäänud hapniku tuuma O^{17} teed, mis saab tagasilöögi, nagu iga tulistanud püss. Kolmandat jälge pole, nagu võis oodatagi: tuuma tunginud alfa-osake ise hävis, muutudes hapniku aatomi osaks.

Osakese energia üle kuni ta täieliku peatumiseni võib otsustada ta teekonna pikkuse järgi gaasis. Lõpuks võib Wilson'i kambrikku paigutada magneti pooluste vahele, mille mõjupiirkond kõverdab osakeste teed. Jäljendite käänakute järgi võib otsustada osakese laengu ja massi üle.

Selle tähtsa meetodi esitas nõukogude füüsik, akadeemik D. V. Skobeltsõn.

Lämmastiku tuumade lõhestamisel näitas energia arvutamine järgmist: alfa-osakese energia oli 7,7 miljonit elektron-

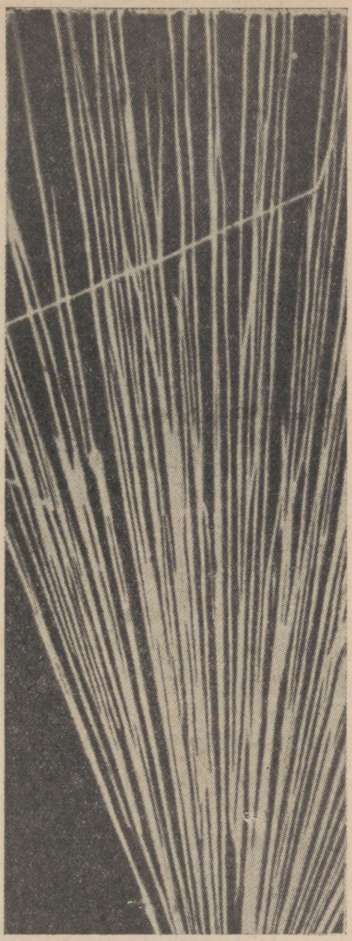
volti. (Elektron-volt eV on füüsikute poolt tarvitatava energia mõõduühik. Ta on väga väike, üks soojuskalor vastab $2{,}6 \times 10^{19}$ elektron-voldile. Miljon elektron-volti märgitakse MeV.) Laialilendaval prootonil ja hapniku tuumal on pärast lõhestamist kokku 6,5 MeV energiat. Kulutatud on rohkem energiat, kui reaktsiooni lõpuks saadud. Kadu on 1,2 MeV.

Alumiiniumi tuuma (laeng 13, mass $27 : {}_{13}Al^{27}$) purustamisel sama alfa-osakesega tekib pärast prootoni väljalendamist räni tuum ${}_{14}Si^{30}$ ja vabaneb 3 miljonit elektron-volti energiat.

Selle suuruse hindamiseks meenutagem, et ühe grammi kivisöe põlemisel tekib 8000 kalorit soojust. Arvutades, kuipalju soojust langeb igale süsiniku aatomile ja muutes selle elektron-voltideks, saame 4,2 eV energiat. Enamiku keemiliste reaktsioonide poolt tekitatav energia väljendub mõne elektron-voldi suurustes arvudes. Tuumareaktsioonide puhul hüppame aga korraga ühelistelt miljonitesse.

Säärane kuristik on tuuma ja keemiliste arsenalide vahel!

Nagu mainitud, muunduvad neis laboratoorseis katseis ainult üksikud tuumad, tabavad märki ainult üksikud alfa-osakesed; kuid



Joon. 27. Alfa-osakeste vool, milledest üks on sattunud lämmastiku aatomi tuuma. Ülesvõtet • põiki läbiv pikk jälg on tuumast väljalennanud prootoni jälg; lühike haru on tuuma tagasipõrkamise tee.

Rutherford'i allikad — radioaktiivsed ained — levitavad neid vähesel hulgal. Kerkis küsimus, kuidas kunstlikult saada laetud osakeste suure kiirusega võimsat voolu. Oli tarvis ehitada iooni-kahureid (heeliumi või vesiniku tuuma võib ju pidada elektroni kõrvaldamise teel aatomi poolt laetud iooniks).

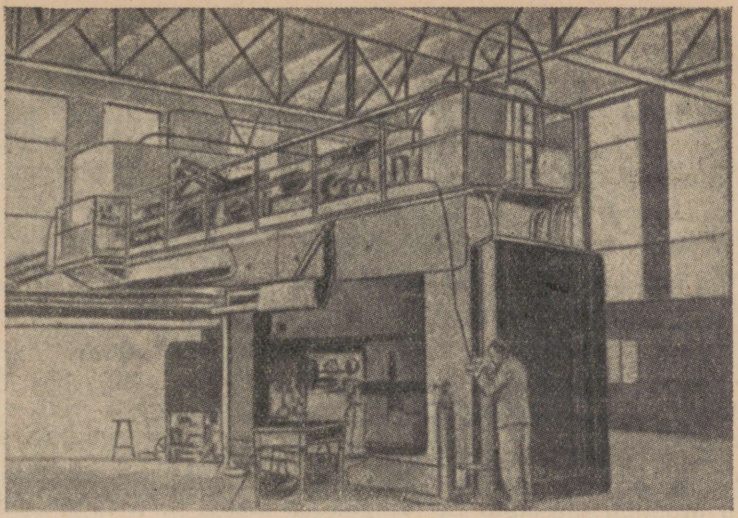
Osakesi saab liikuma panna ruumis, kus mõjuvad elektri tungid, s. t. elektriväljas. Elektroni (ütleme, prootoni) laenguga võrduva laengu potentsiaali lisadiferentsi iga voldi kohta saadakse energia 1 eV (siit tuleneb ka nimetus elektron-volt). Ka magnetväljad võivad panna osakesi liikuma, kuid siis on tarvis väga võimsaid magneteid.

Tähelepanuväärse iooni-kahuri ehitas 30-ndatel aastatel füüsik Lawrence. Selles „tsüklotroni" nime all tuntud kahuris sunnivad elektri- ja magnetväljad laetud osakest liikuma mööda spiraali, saades igal ringil ühesuguste ajavahemike järel tõukeid ja kogudes aegamööda üha rohkem energiat. Selles aparaadis (kui võib aparaadiks nimetada kahekordse maja kõrgust masinat) saadi 32 MeV suuruse energiaga alfa-osakeste vool tavalise 7—8 asemel (radioaktiivsetel ainetel). Tsüklotronis liikuv prootonite kimbuke andis õhku 70 sentimeetri pikkuse kiire. Selle kahuri mürskudega võib tulistada aatomituuma kantsi ja loota edu.

Samal ajal juhtis Wilson'i kambrik füüsikuid veel mõnele avastusele, mis uuesti lükkasid ümber kõik meie kujutlused algtellistest, milledest on ehitatud maailmasüsteem.

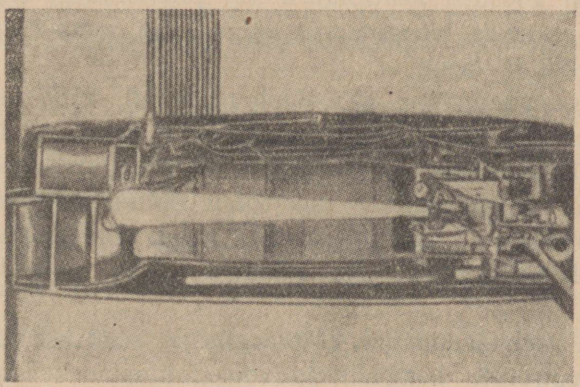
Uurides maailmaruumi avarusest meie juurde tulevaid saladuslikke, erilise läbitungijõuga nn. kosmilisi kiiri Wilson'i kambriku abil, avastasid füüsikud ülesvõtteil uue huvitava osakese. See oli kerge osake ja pidi kõigi arvestuste järgi omama elektroni massi, kuid magnetväljas kaldus ta tavalise elektroni suhtes vastassuunda. See oli positiivne elektron!

See oli hämmastav avastus, mida aga varsti kinnitasid rohkearvulised vaatlused. Selgus isegi, et need positiivsed osakesed võisid tekkida aines ühel ajal elektronidega. Säärane „paar" ilmub äkki mingi väga tugeva kiirguse kvandi mõjul ja mõlemad osakesed tõmbavad magnetväljale täiesti ühesugu-



Joon. 28. See suur masin on Lawrence'i tsüklotron.

sed, kuid erisuunalised teed. Uus osake nimetati p o s i t r o n i k s. Teooria, mis seletab ta tekkimist ja üldse õigustab ta olemasolu, on väga keeruline ja siin pole võimalik sellel peatuda.



Joon. 29. Niisuguse prootonitekimbu võib tsüklotron paisata õhku.

Veel tähtsam on teine avastus. 1931. aastal, tulistades alfa-osakestega kerget elementi berülliumi, avastasid füüsikud, et element levitab tugevaid, väga suurt massiivsust läbivaid kiiri, mis ei tekita ionisatsiooni, s. t. on laenguta. Otsustati juba, et need on gamma-kiirte footonid. Kuid nende omadused olid imelikud: nad võisid vesinikku sisaldavast ainest välja lüüa prootoneid ja käitusid üldse mürsk-osakestena. Wilson'i kambrikus nad ei jätnud jäljendit, sest neil puudus laeng, aga nad võisid kõrvale tõugata oma teele sattuvaid lämmastiku, heeliumi ja teisi tuumi, kusjuures nende tuumade jäljendid olid juba nähtavad ja nende järgi võis kindlaks teha kõigi nende sündmuste nähtamatu süüdlase tee. Ilmselt oli see osake. Teelt tõugatud tuumadele edasiantud energia hulga järgi võis arvutada ta kaalu ja kiirust. Selgus, et nähtamatu osakese mass võrdub prootoni massiga. Et tal puudus laeng, s. t. ta oli elektriliselt neutraalne, nimetati ta n e u t r o n i k s. See on veel üks osake, millel on võime tuumast lenduda. Vanu „telliseid", purustamatuid aatomeid asendavate aatomi allosakeste arvule lisandus veel üks.

Neutron ongi laenguta prooton, mis koos prootoniga kuulub kõikide aatomituumade koostisse. Et neutroni mass võrdub prootoni massiga, siis ei mõjusta see aatomkaalu, ükskõik kas tuum koosneb neutronitest või prootonitest. Et prootonid ei tekita tuumas laengut, siis selgub siit, miks aatomkaal on suurem kui ta laeng.

Laengu puudumine võimaldab neutronil, mida tuumad kõrvale ei tõuka, vabalt läbistada aine suuri massiive. Teda pidurdavad ainult otsesed kokkupõrked tuumadega; see-eest toimub sääraseid kokkupõrkeid — neutronite sattumisi tuumadesse — palju sagedamini kui tulistamise puhul alfa-osakestega. See kõik teeb neutronitest eriti võimsad relvad tuumade purustamiseks.

Olgu veel tähendatud, et praegusajal saadakse tohutu energiaga neutronite kompaktseid voole, tulistades berülliumi ja mõningaid teisi elemente Lawrence'i tsüklotronis liikuma pandud raske vesiniku tuumadega — deutronitega.

Viimase kümne aasta jooksul on füüsikud agaralt rünnanud aatomi tuuma, varustatult kõigi nende ülivõimsate heitemürskudega. On tulistatud kiirete prootonite, deutronite, alfa-osakeste ja neutronitega kõige erinevamate elementide tuumi. Lühikese ajaga avastati umbes kuussada tuumareaktsiooni, kusjuures eraldati või neelati iga tuuma kohta miljonite elektron-voltidega mõõdetavaid energiahulki. Mõnikord, neelanud mingi osakese, tuum ei lagunenud üldse, vaid rikastus ainult selle osakese võrra ja tekkis raskem element. Mõnikord toimus säärase tuuma lagunemine alles teatava aja pärast, tekkisid uued radioaktiivsed ained, mis lagunesid niisama pikkamisi nagu uraan ja raadium, kuid viimastest siiski tunduvalt kiiremini. Üks element muutus niisama kergesti teiseks nagu eri värvusega soolalahused keemikute katseklaasides. Loodi terve „tuumakeemia", õigemini alkeemia.

Esitame mõningaid tüüpilisi tuumareaktsioone, märgituna füüsikute poolt. Elemendi märgist vasakul on tuuma laeng, paremal — mass (aatomkaal). Elemendi nimetus leidub lk-l 70 esitatud tabelis.

Neutron märgitakse ${}_0n^1$. See oleks nagu element, mille tuuma laeng on null, mistõttu ta ei moodustagi oma aatomeid ja molekule, s. t. ta ei esine ehedalt. Laengute summa ja masside summa paremal ja vasakul peavad olema ühesugused.

Berülliumi tulistamine alfa-osakestega väljendub järgmiselt:

$$ {}_4Be^9 + {}_2He^4 \rightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1. $$

Nõnda tekivad neutronid. Alljärgnev väljendab liitiumi tuuma tulistamist prootonitega:

$$ {}_3Li^7 + {}_1H^1 \rightarrow 2\,{}_2He^4. $$

Liitium laguneb kaheks alfa-osakeseks, eraldades 17,5 MeV.

Lämmastiku lagundamine neutronitega väljendub järgmiselt:

$$ {}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_5B^{11} + {}_2He^4, $$
$$ {}_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1. $$

Nagu näha, võib reaktsioon toimuda kahel viisil.

Ent see alkeemia pole meid veel seni lähendanud tuuma energia kasutamisele. On tänamatu ülesanne lagundada iga üksikut tuuma mõnetonnise tsüklotroni abil. Kujutlege vaid, et bensiiniaurudega täidetud lennuki mootori silindris peaksime süütama iga molekuli eraldi! Vaevalt saaksime panna propelleri korraks tiirlema. Kogu asi seisneb bensiini iga molekuli keemilise muundumise tõttu tekkinud energias, mis põhjustab järgmise molekuli muundumise. Seega tekib sääraste muundumiste ahel, nn. a h e l r e a k t s i o o n. Oli tarvis leida samasugust ahelreaktsiooni tuuma jaoks.

Säärased reaktsioonid avastatigi 1939. aastal, enne Teise Maailmasõja algust; tehti huvitav tähelepanek, et neutronite toimel tekib uraanil element baariumi isotoop, mille aatomkaal on veidi üle uraani poole aatomkaalu. Otsekohe esitati ka vastav avastatud nähtuse seletus: see on täiesti uus, senimärkamata tuumareaktsioon, kusjuures raske elemendi, antud juhul uraani aatomi tuum ei paiska välja osakesi, vaid lõhkeb kaheks osaks, mis lendavad määratu energiaga laiali. Uue nähtuse avastamisele vahetult järgnenud uurimustes kuulus austav osa nõukogude teadlastele, Stalini preemia laureaatidele G. N. Flerov'ile ja K. A. Petržak'ile, kes tegid kindlaks järgmised asjaolud.

Mõned rasked elemendid, nende hulgas uraani isotoop kaaluga 235, võivad lõhustuda neid pommitavate neutronite mõjul peaaegu võrdseiks osadeks ja moodustada seejuures keskmiste aatomkaaludega elementide aatomid. Säärasel uraani „jagunemisel" vallanduv energia pole mitte viis ega kümme, vaid umbes kakssada miljonit elektron-volti. Ent tähtsaim on selles reaktsioonis, et uraani tuuma igal jagunemisel vabaneb uusi neutroneid, keskmiselt üks kuni kolm. Ja alles need neutronid võivad purustada järgmise uraani-aatomi ja nii kord juba alanud lõhustumine jätkub iseenesest. Teatud tingimustes võib protsess toimuda niivõrd kiiresti, et tekib kohutav plahvatus.

Nähtavasti on täiesti võimalik mingi sellise reaktsiooni kasutamine tuumaenergia tootmiseks tööstuslikul teel.

Kõigist senituntuist sadu miljoneid kordi kontsentreerituma energiaallika leiutamine avab tehnikale ja kogu inimkultuurile

hoopis uued võimalused. Rakendatuna inimkonna loova tegevuse teenistusse, muudab tuumaenergia Maakera välimuse teiseks.

Uraani tuumade jagunemisprotsessi uurimisel avastati kaks uut elementi. Selgus, et uraani tuum võib neelata neutroni ja hiljem välja paisata algul ühe ja siis teise elektroni, kusjuures ta laeng suureneb kummalgi korral ühe ühiku võrra. Tekivad tuumad, millede kaal on 239 ja laengud 93 ja 94. Need „uraanitagused" elemendid olid meile seni tundmatud. Looduses neid ei leidu ja esmakordselt saadi neid laboratooriumis. Neid nimetatigi päikesesüsteemi kahe „Uurani-taguse" planeedi järgi neptuuniumiks ja plutooniumiks. Lisaks on andmeid veel kahe elemendi loomise kohta, mille aatominumbrid on 95 ja 96, need nimetati ämerikaaniumiks ja küüriumiks.

Praegusaja alkeemial mitte ainult ei õnnestunud muuta üht elementi teiseks, vaid luua ka uusi, mida senini ei tuntud.

Kuid pöördugem taas maailmasüsteemi juurde. Nagu nägime, ei õnnestunud viia kõike olemasolevat 92-lt aatomilt kahele elektriosakesele — negatiivsele elektronile ja positiivsele prootonile. Loodus ei taha olla selline, nagu inimmõistus tast aru saab. Me tutvusime juba kahe osakestest „tellisega": kerge, positiivselt laetud osakese, „pahupidi elektroni" — positroniga ja „laenguta prootoni" — neutroniga. On olemas veel kiirgava energia kvandid — footonid, mis pole kunagi liikumatud ja sünnivadki ainult selleks, et kihutada 300 000-kilomeetrilise kiirusega sekundis. Nähtavasti tuleb pidada fikseerituks veel ühe kerge, laenguta osakese — „neutriino" olemasolu. See osake ei suuda nihutada paigalt vastujuhtuvat tuuma ja on täiesti nähtamatu. Kaalutlustest ja katseist, mis selle olemasolu peavad kinnitama, ei ole võimalik siin rääkida.

Millest koosnevad siis tuumad, kust nii mitmekesised osakesed välja lendavad? Prof. D. J. Ivanenko Leningradist avaldas esimesena arvamust, et tuum koosneb ainult prootonitest ja neutronitest. Mitmed erakordselt mõjukad kaalutlused viisid füüsikuid järeldusele, et see peabki just nõnda olema. Tuum sisaldab niisama palju prootoneid, kuipalju ta laengus on ühi-

kuid, s. t. vastavalt aatominumbri arvule. Ülejäänud tuuma mass koosneb neutronitest, mis laengule midagi ei lisanda. Tähendab, tuumas on Z prootonit, mis moodustavad laengu Z, ja $M—Z$ neutronit. Nende summa annab massi M. Ühe või kahe neutroni lisandamine tuumale loob endise laenguga isotoobi, ainult pisut teissuguse massiga. Nii on uraani tuumades 92 prootonit ja 143 või 146 neutronit. Isotoobid saame massiga 235 ja 238.

Ent kuidas lendub tuumast see, mida ta ei sisalda? Kuidas tekivad ja absorbeeruvad aatomis energia tihendused — footonid ehk valguskvandid? Tänapäeval räägitakse prootoni muundumisest tuuma sisemuses neutroniks ja positroniks või neutroni muundumisest prootoniks ja elektroniks. Sääraste muundumiste puhul võikski elektron või positron tuumast lenduda. Ent kuidas muundub säärane algosake? Nähtavasti pole ka meie maailmasüsteemi uued „tellised" veel universumi kõige elementaarsemad algained. Tõenäoliselt tegeleb tuleviku teadus ka nende sisestruktuuri uurimisega.

Peaaegu nelikümmend aastat tagasi ütles juba Lenin, lükates ümber mahhistide vaateid, kellede hulka kuulus ka juba eespoolmainitud Ostwald: „... elektron on niisama a m m u t a m a t u nagu aatom, loodus on lõpmatu ..." [1].

Juba tollal, 1909. aastal, juhtis ta tähelepanu sellele, et „... kaob see piir, milleni me tundsime mateeriat seni, meie teadmine tungib sügavamale ..." [2].

Teadus liigub, viimaseil aastakümneil ta otse tormab peadpööritava kiirusega kogu aeg edasi ja kunagi ei või olemasolevat teadmiste taset pidada lõplikuks, tühjaks ammutatuks. Isegi raske on kujutleda XX-ndal sajandil füüsikute poolt sooritatud töö grandioossust. On ju kõik need osakesed, aatomid, mille olemasolus veel viiskümmend aastat tagasi kaheldi, meid ümbritsevad esemed, oleme meie ise. Kõik meie tavalise maailma mitmekesised nähtused — rongi liikumine, kasvav

[1] В. И. Ленин, Сочинения, т. XIII, стр. 215.

[2] Sealsamas, lk. 213.

puu, vihm ja tuul — on ainult teiste mikroskoopiliste protsesside grandioossed kompleksnähtused, milledes peitub pisimate kehakeste lugematute hulkade ühetaoline parvlemine, mida hävitavad aeg-ajalt katastroofid, moodustades kõik jälle uuesti ümber. Ja ometi on meil õnnestunud eraldada meile tuntud karmidest nähtustest seda mikroskoopilist õrna maailma, vaadelda, mõõta ja valitseda teda oma aparaatides! Füüsikaseadused võimaldasid meil taibata maailma nähtuste kõige ootamatumaid omadusi. Leverrier avastas „sule otsaga" planeet Neptuuni. Füüsikud on avastanud „sule otsaga" kümneid Neptuune; õigupoolest viimasel kolmel aastakümnel nad ei teegi muud, kui avastavad Neptuune.

Ja mis edasi? Astronoomide pikksilmad tungisid läbi ruumi, kandsid meid peadpööritavaisse kaugustesse ja vaadates kaugusesse nägime lõpmatust. Me ennistasime mineviku, lahendasime oma planeedi ja ta ema — Päikese sündimise mõistatuse. Me vaatasime aegade sügavusse ja nägime seal lõpmatust. Me tungisime oma mõistuse ja aparaatidega aine sisemusse ja taas avanes meie ees lõpmatus.

Nende kolme lõpmatusega — k a u g u s e s s e, s ü g a v u s s e ja s i s e m u s s e — võiksime lõpetada oma vestluse, kui neile ei lisanduks veel üks meie ees avanev lõpmatus, kui vaatame e d a s i: see on inimmõistuse ja inimkultuuri võimaluste lõpmatus.

Tavatuid nähtusi universumis.

I. V. Sergejev.

Muistse ebausu lätteil.

Öö lõppenud, saabub igal hommikul selge või sompus päev. Igal hommikul tõuseb idast päike ja loojub igal õhtul läänes. Saabub öö. Ja kui taevas pole kaetud pilvelinikuga, löövad ta tumesinisel kuplil särama lugematud tähed. Une hõlma vaibunud maa kohale kerkib hõbedane kuu.

Kord on ta ümar ja sätendav nagu läikima hõõrutud kilp, kord poolringi-taoliselt kahanenud, vahel sirbikujuline, mille teravikud on pöördunud kas paremale või vasakule.

Nii kordub see päevast päeva, aastast aastasse ning sajandist sajandisse.

Inimene vaatles pikki aastatuhandeid Päikese ja Kuu rangelt seaduspärast liikumist. Ta märkas, et tähedki ei püsi paigal ja liiguvad. Taeva vaatlemise hõlbustamiseks liitis inimene tähed üksikuiks gruppideks, tähtkujudeks. Pikaajaliste vaatlustega tehti kindlaks, et kogu tähistaevas otsekui tiirleks ühe liikumatu ja heleda tähekese ümber, mis asetseb viimasena Väikese Vankri (Väikese Karu) tähtkuju saba lõpus. Seda liikumatut tähte nimetasid eri rahvad igaüks omamoodi. Venelased nimetavad teda Polaartäheks, idapoolsed karjusrahvad aga nimetavad teda Temir-Kasõk, mis tähendab Raudne Vai. See vai nagu oleks löödud taeva kõrgeimasse tippu ja selle ümber liiguvad tähed nagu hobused köie otsas [1].

---

[1] Eestlased nimetavad seda tähte juba vanast ajast Põhjanaelaks. (Vast. toim. märkus.)

Ainult mõned üksikud tähed näisid otsekui ekslevat teiste tähtede hulgas taeval, mistõttu neid nimetatigi planeetideks, s. t. rändtähtedeks.

Ainiti vaadeldes planeetide liikumist märkas inimene selles kindlat seaduspärasust. Iga planeet sooritab oma määratud teekonna, ilmudes ja kadudes taevavõlvil kindlal ajal.

Taevakehade liikumisele rajati ka ajamõiste. Kuu sooritab oma faaside ehk muutuste seeria, kadudes ja ilmudes uuesti iga kolmekümne päeva tagant ning seda ajavahemikku nimetati kuuks. Samuti nimetatakse ka Kuud ennast. Kolmekümne päeva jooksul kasvas Kuu kitsast sirbikesest poolringiks, siis muutus poolring täisringiks, täiskuuks, hakkas siis taas kahanema, muutudes uuesti sirbiks, mille kumerus oli pööratud ainult teisele poole; sirp muutus iga päevaga kitsamaks ja kadus siis hoopis; kahe päeva pärast ilmus uus Kuu.

Joon. 30. Suure Karu (Suure Vankri) tähtkuju ja Põhjanael. Taeval on väga kerge leida Põhjanaela. Selleks tuleb ainult tõmmata mõtteline sirge läbi Suure Karu kopa kahe äärmise tähekese (või läbi Suure Vankri tagumiste rataste). Selle sirge pikendusel asetseb hele Põhjanael.

Samuti nagu vaheldusid Kuu üksikud faasid, asendas suvi kevadet ja sügisest sai talv. Neli aastaaega moodustas aasta, millesse kuulus kaksteist kuud; Kuu jõudis selle aja jooksul teha rohkem kui kaksteist täisringi.

See oli väga täpne, muutumatu vaheldus. Inimene suhtus aukartusega sellisesse tarka korraldusse, kuigi talle selle korra põhjused ja ehitus olid tundmatud ning arusaamatud.

Inimesed katsusid ammust ajast seletada universumis kehtivat korda mingite inimmõistusele arusaadavate kujutlustega. Et aga puudusid küllaldased teadmised, mõeldi välja tõelisusega sarnastena näivaid muinasjutte.

Nii kujutlesid inimesed Maad tohutu tasapinnana, millel asetsevad mäed ja nende vahel mered, orud, nurmed, linnad ja asulad. Muiste oli Maa inimeste kujutluses liikumatu ja toetus mingisugustele sammastele. Või jälle arvati, et ta asetseb kilpkonnal või kolmel vaalal või ujub ääretus ookeanis ... Millele aga toetuvad need sambad, kilpkonn, vaalad või ookean? Siin sattus inimene segadusse ja piirdus sellega, et see on saladus ja et see on koguni „suur saladus".

Taevast pidasid inimesed servadega Maale toetuvaks siniseks kõvaks kristallkupliks. Mis aga on teispool seda kuplit? See oli jällegi saladus.

Tähed näisid inimestele selle kupli külge riputatud ripp- või rasvalampidena. Keegi tundmatu süütas nad igal õhtul ja kustutas taas igal hommikul. Inimesi huvitas väga selline küsimus: kuhu kaob iga kuu lõpul Kuu ja mis temaga juhtub? Sellele vastasid nad: vanast Kuust tehakse tähti ja igal kuul ilmub uus, Päikesest valmistatud Kuu. Huvitav on märkida, et peaaegu kõigil rahvastel on väljendeid, nagu „uus Kuu" või „noor Kuu", mis pole aga hoopiski tõele vastav.

Paljude rahvaste keeltes on maailmast ja ta nähtustest hulk sääraseid muinasjutulisi kujutlusi tänapäevani säilinud. Näiteks teab praegu igaüks, et Päike on Maakera suhtes liikumatu, Maakera aga pöörleb ja tiirleb, sooritades oma teekonda ümber Päikese. Kuid me ütleme ikkagi: „päike tõuseb", „päike liigub taeval", „päike loojub, läheb puhkama, heidab magama". Need väljendid on tekkinud neil kaugetel aegadel, kui inimesed veel arvasid, et maailma keskpunktis asetseb liikumatu ja kõikumatu Maa ning ümber tema liiguvad Päike ja tähed, nagu Kuugi.

Samasuguste muinasjuttudega püüdsid inimesed seletada taevalaotuses valitsevat iidset ja muutumatut „tarka" korda. Ja seepärast häiris inimesi iga kõrvalekaldumine sellest kor-

rast, iga selle korra rikkumine, tekitades neis ebausklikku hirmu ja ahastust.

Seda tarka korda aga rikuti üsna sageli.

Selgel päikesepaistelisel päeval hakkas arusaamatul põhjusel kustuma soojuse- ja eluallikas — hunnitu Päike.

Päikese pimestav ketas kadus aeglaselt musta katte alla. Hääbusid kõik päevased värvitoonid. Tuhkjashall hämarus kattis Maa, Päike kadus pikkamööda ja kattus lõpuks täiesti. Taevas süttisid tähed, loomad sattusid ärevusse, vaikis ehmunud lindude sädin ja näis, et pimedus on saabunud igaveseks — Päike kadus, suri. Tähendab, ka Maa pidi surema, sest juba kauges minevikus teadsid inimesed, et Päikeseta on elu Maal võimatu.

Ja polegi ime, et inimesi haaras õud sellise nähtuse ees, milles peitus surm.

Siis ilmus Päike uuesti. Ent inimene ei teadnud, miks. Võinuks ju juhtuda, arvas ta, et Päike polekski enam ilmunud ja et seda vältida, püüdis inimene peletada kurje vaime, oletades, et draakon ja teised tumedad jõud püüavad Päikest ära viia. Inimesed tagusid vastu katlaid, anumaid ja trumme, peksid keppidega vastu õõnsaid palke ja nende suureks rõõmuks ilmus Päike taas oma pimestavas säras. Inimesed olid veendunud, et nende poolt tekitatud müra oli hirmutanud kurje vaime ja nad minema ajanud.

Ja mõnikord heledal kuuvalgel ööl hakkas Kuu ootamatult kaduma. Ta ei ilmunud vahel enne järgmist õhtut ja inimene tõstis hirmust väriseva pilgu, kartes mitte näha tavalisel kohal öist valgustajat. Võis ju juhtuda, et ta ei ilmugi. Ja samuti, nagu nad hirmutasid vaime, kes tahtsid Päikest ära viia, nii hirmutasid nad ka neid, kes tahtsid varastada Kuud.

Ent mõne aja pärast ilmus Kuugi tagasi taevale, nagu poleks midagi juhtunud. Siis püüdsid inimesed seletada, miks Kuu oli vahepeal kadunud. Ebausklikult ühendati Kuu kadumine mingi ennustusega: Kuu või Päikese varjutust pidasid inimesed mingisuguseid ebasoovitavaid või kohutavaid sünd-

musi — veeuputust, maavärisemist, sõda jne. — ennustavaiks taevaendeiks.

Vahel juhtuski, et mõnele seda liiki sündmusele eelnes varjutus, mis kinnitas inimeste ekslikku ebausklikku arvamust. Varjutust hakatigi pidama õnnetuse käskjalaks.

Igasugust taeval märgatud korrapäratust, igat seletamatut ja arusaamatut nähtust hakkasid inimesed pidama taevaendeks.

Juhtus vahel, et pimedal taeval süttis äkki mingi pika sabaga tundmatu kohutav täht. See oli komeet, mis tähendab tõlkes „karvane". Komeedid ilmusid väga harva ja nende ilmumise põhjused olid arusaamatud. „Milleks see?" arutlesid inimesed ja kartsid ähvardavaid „karvaseid" tähti, arvates, et nende ilmumisega keegi taevas elutsev taevakehade valitseja hoiatab inimesi neid ähvardava hädaohu eest. Ja komeetigi hakati pidama õnnetuse ennustajaks, mis pidi tooma katku, nälga, sõda.

Kuid vahel toimus taeval hoopis imelikke asju. Päikese või Kuu ümber ilmusid äkki kahvatud ringid või süttis Päikese kõrval veel kaks-kolm päikest; Kuu kõrvale ilmusid uued kahvatult hõbedased kuud; Kuuga lõikus kiirgav rist; taevale kerkisid helendavad sambad; Päike laskus silmapiiri taha võikana — räbaldunud ja käristatud äärtega või sarnanes loojudes hõõguva munaga; Kuu ümber ilmusid vikerkaarevärvilised rõngad; kõige sagedamini juhtus „imesid" mägedes: taevale ilmusid mingisugused veidrad viirastused — inimesed, loomad, asjad; või korraga keset ööd hakkas taevas lõõmama heledaimas valguses ja sarnanes sätendava, teemante täistikitud eesriidega; taevas tekkis tõeline korralagedus, tähed otsekui kisti oma kohtadelt ja nad langesid vihmavalinguna alla Maale.

Ebausklik hirm häaras neid arusaamatuid taevanähtusi vaatlevaid inimesi. Neile näis, et saabub maailma lõpp. Oma kogemustest lähtudes ei suutnud inimesed kujutleda igavest olemasolu, nagu nad ei kujutlenud ka maailma igavest elu, millel ei saa olla lõppu, nagu pole olnud algustki. Kuid kõigi aegade preestritel oli kasulik säilitada inimestes ekslikku usku

mingisse karistusse kõrgemalt poolt nende pattude eest, veenda inimesi, et nad võivad iga silmapilk hukkuda, sest kõrgeima olendi tahtel võib saabuda maailma lõpp või, nagu seda nimetati, viimnepäev.

Ebausust teadusliku tunnetamiseni.

Meie päevini säilinud kirjaliku kultuuri kõige ürgsemad mälestised sisaldavad palju kaasaeglaste mälestusi tollal toimunud taevanähtuste kohta. Enamikus kaasaeglaste kirjeldustes hinnatakse neid nähtusi kohutavate õnnetuste ennetena. Kuid ebausu aganate seast, millega vanad mälestused on üle kuhjatud, kuuleme vene krooniku kauget ja kainet häält.

Ajaraamatu lühikestes ridades ta märgib:

„1028. aastal. Taevale ilmus säärane ilmutus, mis võis olla nähtav kogu Maal."

Ilmselt omistasid kaasaeglased sellele taevailmutusele mingi erilise, saladusliku tähenduse ja nähtavasti ootasid mingit ähvardavat viletsust. Kroonik aga ei uskunud alusetuid eelarvamusi ja näis kontrollivat neid. Ja aasta hiljem leidub ajaraamatus lühike märge:

„1029. aastal oli rahulik."

Vene rahvaeepose suurepärases mälestusmärgis „Lugu Igori sõjaretkest" kirjutab tundmatu laulik taevailmutustest 1185. aastal Igori ja polovetside vahel toimunud lahingu eelõhtul:

„Teisel päeval kuulutab varakult verine puna koidu tulekut, mustad pilved merelt tahavad katta nelja päikest ja pilvedes sähvivad sinised välgud . . ."

„Kolmandal päeval oli pime. Kaks päikest kustus, mõlemad purpurpunased sambad kahvatusid . . . Kajaala jõel kattis pimedus valguse."

Need hirmuäratavad ilmutused nagu ennustasid Igori väe lüüasaamist. Ja tõepoolest polovetsid hävitasidki selle. Kuid luuletaja seletab polovetside võitu omamoodi:

„Võitluse asemel paganatega on vürstidel kodusõda; vend ütleb vennale: „See on minu ja too on minu!" Ja vürstid hakkasid vähese kohta „seda suurt" lausuma, ise endile mässu sepitsema; paganad aga tulid igast küljest võidukalt Venemaa pinnale."

See kaasaeglane hindas sündmusi õigesti: mis tähendasid siin ilmutused, kui vürstid selle asemel, et kõik üheskoos kaitsta Venemaad, ise tülitsesid omavahel?

Pihkva piiramise ajal 1581. aastal ilmus taevailmutus. Üks pealtnägijaist kirjeldab seda salapärase, imeilusa nähtusena: ta näinud suurt valgust ja helendavaid sambaid ning selles valguses jumalaema terve hulga Pihkva pühakutega — linna kaitsjatega. Vaadeldes taevast mitte ebausklike, vaid kainete silmadega, kirjutas teine pealtnägija oma päevikus: „Täna ja eelmistel öödel paistsid taeval kaht ratsaväesalka kujutavad kolonnitaolised märgid... Kuid siin pole mingit pahavaimu, pigem on see mingi loodusemäng, auramine vms."

Ilmutuseks Pihkva kohal osutusid virmalised. Tollal ei teadnud keegi nende põhjust. Põhjas, kus esineb sageli virmalisi, suhtub rahvas neisse rahulikult. Kuid parasvöötmes, kus asub Pihkva, ja lõuna pool, samuti Lääne-Euroopas olid virmalised haruldus. Polegi siis ime, et inimesed suhtusid neisse hirmuvärinaga ja nägid neis mingite hädade endeid.

Esimene vene teadlane Mihhail Lomonossov kirjutas oma „Õhtustes mõtisklustes virmaliste puhul":

Päev mähib kinni oma palged
Ja nurmi varjab niiske öö;
Must vari katab mäed valged,
On päiksekiirtel lõppend töö.
Täis tähti avanenud kuristik, mis tühi;
Arv puudub tähtedel ja kuristikul — põhi.

Sääraste ülevate ridadega paljastas suur õpetlane oma mõtisklusi looduseimedest. Tal polnud endal selget kujutlust vastusest küsimusele, mis on virmalised, kuid ta püüdis mõista seda nähtust ja selle põhjusi.

Kus, Loodus, sinu seadus on?
Et kesköö-maadelt tõuseb koit.
Või tuleb seal vast päiksetroon,
Või merejäääst on tekkind loit?
Et külma leek meid kattis jälle!
Päev öösel uuest' saabus Maale!...

Miks vilgub öösel hele kiir?
Miks kerkib taeval tuleniit?
On pilvedeta silmapiir,
Kuid lõõmab välkudest seniit?
Kuis võimalik, et külmund aur
Kesktalvel tulekahju sünnitand?

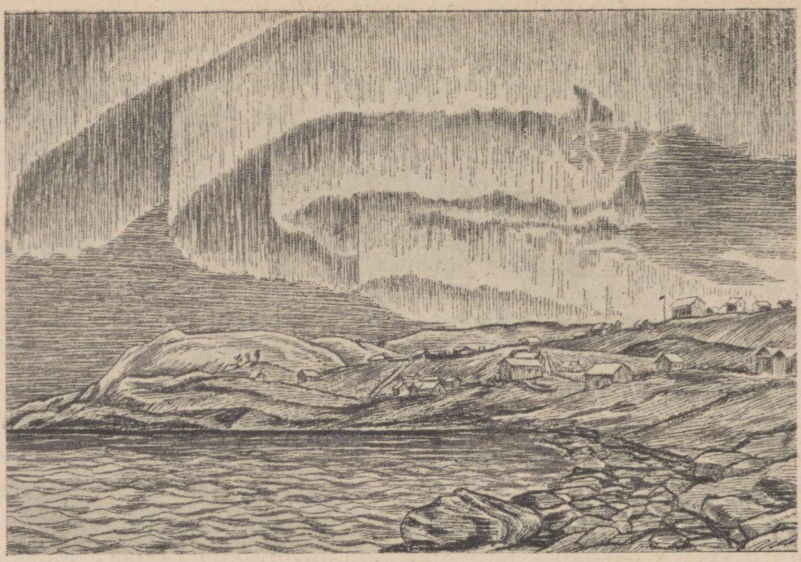
Lomonossov toimis tõsise teadusemehena. Toetudes oma kaasaja teadmistele, püstitas ta teaduslikke oletusi (hüpoteese) ja püüdis nende abil lahendada mõistatust, muuta hüpoteesi seaduseks, s. t. teatud nähtuste õigeks põhjenduseks.

Pikki ja vaevalisi teid pidi sammus inimkond teda ümbritsevate sadade mõistatuste lahenduste poole.

Et seletada õigesti päikese- ja kuuvarjutusi, mõista, mis on komeet, „tähesadu", rõngad Kuu ümber, imelikud viirastused mägedes, sambad ja ristid taeval, selleks pidi inimene õigesti aru saama oma asendist maailmas. Mõistagi, niikaua kui ta arvas, et Maa seisab kolmel vaalal ja et tähti tehakse vanast Kuust, olid need nähtused talle mõistatuslikud.

Päikese ja Kuu liikumise pikaajalise, sajandeid kestnud jälgimisega tegid inimesed kindlaks mingi püsiva korrapärasuse neis liikumistes ja Kuu ning Päikese vastastikuse sõltuvuse. Juba kaks tuhat aastat tagasi teati Kreekas ja Egiptuses üsna täpselt, millal võib oodata päikese- või kuuvarjutust! Kuid teati ainult nii-öelda järeldust, kuna põhjus jäi arusaamatuks. Aegade jooksul õppisid inimesed üksikuid fakte õigesti kõrvutama, õppisid siduma põhjust ja tagajärge ning lükkasid ümber kujutletud ebausklikud seosed.

Juba ammu, kaua aega enne Kopernikust ja Galileid, avaldasid vanaaja mõtlejad arvamust, et Maa on kerakujuline. Nende-



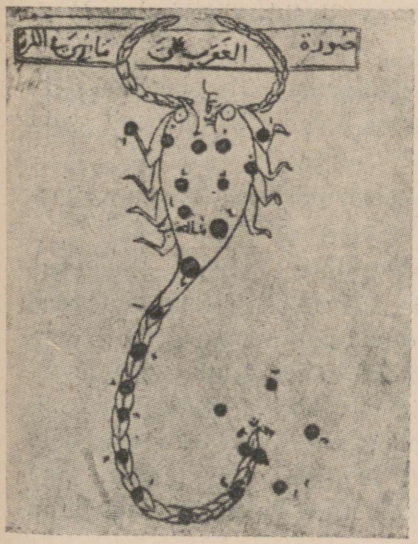
Joon. 31. Põhjavalgus meie kauges põhjas, Barentsi mere rajoonis.

teadlaste hulgas tuleb mainida laiadele massidele veel tundmatu, tadžiki rahva suure mõtleja ja filosoofi, teadlase ja poeedi Nosiri Hisrau nime, kes sündis Kubadiani linnas, praeguses Mikojanabadis.

Hisrau elas käesoleva aastatuhande koidikul (ta sündis 1005. aastal). Ligemale tuhat aastat tagasi kirjutas ta:

> ....et Jupiteri, Marssi ja Kuud
> Valgustavad põleva Päikese leegid,
> Et Maa meresid, kõrbeid ja mägesid
> Kannab õhk, pole siin alusmüüri muud...

Ta kirjutas, et Päike on palju suurem kui Maa, et Maa ja Päike ja tähed tiirlevad ääretus universumis. Ta küsis endalt: kas universum liigub, kas tal on sügavus ja kõrgus? Oma tähelepanuväärses poeemis „Mõistusest ja haridusest" ta ülistas mõistust ja kutsus üles mõtlema:



Joon. 32. Ühel ajal Kopernikuse ja Galileiga elasid ja töötasid meil Kesk-Aasias suured astronoomid. Üks neist, usbeki astronoom Ulug-Bek (XV sajandil) ehitas Samarkandi lähedale observatooriumi ja koostas kuulsad tähtede nimestikud ning tabelid. Esitame siin mõned leheküljed Ulug-Beki raamatust.

Asjade olemusse mõistuse silmega vaata —
Need ainult suudavad läbida elu koort.
Ihusilmi oled sa ravinud sageli, —
Kas poleks aeg ka ravida mõistuse omi?
See, mis ihusilma eest varjule jääb,
Mõistuse selgele pilgule nähtavaks saab!
Mõistus on safiir, elav süda aga maak,
Kuid kaevanduseks meie hing on ise!...
...Mõistus on sulle saladuste saadik:
Ega ta muidu poleks asunud su südamesse.
Piiluri kombel paljusid asju salajasi
Taas küsitleb, jäädes sinuga kahekesi...

Tuhat aastat tagasi kõlasid need sõnad, kuid ei leidnud vastukaja kaasaeglaste seas. Targad ja õiged mõtted suruti maha tolleaegsete pimedusejüngrite poolt.

Kuidas inimesed avastasid universumi.

Kõiki taevanähtusi võis seletada alles pärast seda, kui oli selgunud Maa enda kuju ja asend ruumis.

Esimesed, kes tegelikult tõestasid Maa suletud kera taolise kuju, olid kuulsad meresõitjad, kes sooritasid reise ümber Maakera.

Üks selliseist meresõitjaist oli Kolumbus. Ta otsustas sõita Euroopast Indiasse, kuid mitte, nagu tavaliselt, ida poolt, vaid lääne suunas.

„Sest kui Maa on kerakujuline, siis peab see olema võimalik," kaalutles ta.

Ebakindlail laevakestel — karavellidel — sõitis Kolumbus oma kaaslastega Atlandi ookeani. Pärast kauaseid vintsutusi saabusid nad uue maa randa. Kolumbus arvas, et see ongi India, ja nimetas seepärast uuel maal asuvaid inimesi indiaanlasteks. Ent see polnud India, vaid uus maailmajagu, mida hiljem nimetati „Ameerikaks". Kolumbus suri ega teadnudki, et ta polnud Indias, vaid oli avastanud uue maa. Uut maad aga nimetati juba teise meresõitja — Amerigo Vespucci nime järgi.

Reisul juhtus Kolumbusega huvitav lugu. Jamaika saarel piirasid mässulised pärismaalased Kolumbuse ta väikese salgaga sisse. Teades, et lähemal ajal toimub kuuvarjutus, teatas leidlik Kolumbus saare elanikele: „Kui te ei alistu mulle, siis ma võtan teilt jäädavalt kuuvalguse." Kolumbuse ähvardust võeti umbusklikult. Kui pärismaalased aga järgmisel ööl nägid, et Kuu tõesti hakkab kaduma, tormasid nad Kolumbuse juurde anudes, et ta õise valgustaja neile tagasi annaks. Kolumbus täitis kiiresti nende palve, sest see hakkas ka ilma tema vahelesegamiseta juba iseendast täituma ja varjutus lähenes loomulikul teel lõpule.

Pärast Kolumbust asus ümbermaailmareisule Magalhães. Ta läks Kolumbuse teed pidi, sõitis ümber Ameerika ja liikus siis edasi lääne suunas. Laevad jõudsid hiigelsuurde ookeani, mille meresõitjad nimetasid Suureks ehk Vaikseks ookeaniks, sest nende sõidu ajal püsis seal vaikne ilm. Lõunapoolkera taeval nägid reisijad uusi tähti ja tähtkujusid, mis nende kodumaal olid tundmatud. Nad nägid päikese- ja kuuvarjutusi, imelist taevavalgust. Päevad möödusid päevade järel, ookean aga ei lõppenud: ees laius vaikne ääretu meri. Madrused muutusid rahutuks. Tõusis nurin. Magalhães'i süüdistati, et ta püüab kiriku väitele, et Maa on tükk maismaad ääretus tasapinnalises ookeanis, vastu vaielda. Ja selles nad praegu veendusidki; kui palju nad ka edasi sõitsid, ikka oli nende ees sama lõpmatu vesi. Nad kartsid, et neil ei õnnestu kunagi enam koju tagasi jõuda. Magalhães üksinda ei kaotanud mehisust. Üks Magalhães'i kaaslastest kirjutas reisupäevikus:

„Kuigi kirik on pühakirja alusel alati kinnitanud, et Maa on suur, veega ümbritsetud tasandik, ammutas Magalhães oma kindluse järgmisest kaalutlusest: kuuvarjutuste puhul on Maa poolt tekitatud vari ümar; missugune aga on vari, säärane peab olema ka teda tekitav ese . . ."

Magalhães'i ajal oli see vari kõige veenvamaks tõendiks Maa kerakujulisusest.

Esimene reis ümber Maakera kestis kolm aastat. Magalhães'il ei õnnestunud seda lõpetada. Kokkupõrkel Filippiini

saarte pärismaalastega sai ta surma. Teele asunud kolmest laevast jõudis koju tagasi ainult üks — „Victoria". Ta kere nagises, mastid kõikusid, põhja olid vaglad läbi söönud, purjed olid räbalais. „Victoria" tähendab „võit" ja Magalhães'i reis oli tõepoolest inimese ja teaduse võit.

Ümbermaailmareisud veensid inimesi, et Maa on ümar, et Maakeral pole ülemist ega alumist poolt, pole algust ega lõppu.

Muistsed mõttetargad — Aristoteles ja hiljem Ptolemaios —, püüdes selgitada maailma struktuuri, oletasid, et Maa on liikumatu ja Päike, Kuu ning teised taevakehad tiirlevad ta ümber. Nelisada aastat tagasi peeti seda maailmasüsteemi täiuslikuks, kuigi juba ammu enne seda paljud filosoofid ja teadlased hakkasid kahtlema Maa liikumatuses.

Kakskümmend aastat pärast Magalhães'i surma järeldas tark astronoom Kopernikus aastaid kestnud kaalutluste ja taevavaatluste põhjal, et Maakera pole liikumatu, vaid pöörleb ümber iseenda ja liigub ümber Päikese. Ta tegi kindlaks, et Maa pöörleb ümber iseenda 24 tunniga, ümber Päikese aga 365¼ päevaga ja kirjutas sellest raamatu. Katoliku kirik kuulutas Kopernikuse raamatu ketserlikuks ja keelas usklikel lugeda teadlase „jumalavastaseid" teoseid.

Kuid teaduse arenemine jätkus. Eriti aitas universumi tunnetamisele kaasa pikksilm, mille itaalia õpetlane Galilei taeva poole suunas.

Hoolimata kõigist puudustest avastas Galilei valmistatud teleskoop sõna tõsises mõttes uue maailma. Keskaja kirik aga tembeldas Galilei tegevuse ülimal määral patuseks. Üheksa aastat enne teleskoobi leiutamist põletati Itaalias tuleriidal geniaalne õpetlane Giordano Bruno, kes väitis, et elu võib esineda ka teistel planeetidel, mitte ainult Maakeral. Ent õnneks oli Galileil mõjukaid eestkostjaid, kes tundsid ise huvi saladusliku taeva vastu. Tänu sõprade toetusele, kes kaitsesid teadlast inkvisitsiooni (nii nimetati katoliku kiriku vaimulikku politseid) haaravate käte eest, jätkas ta oma taevavaatlusi.

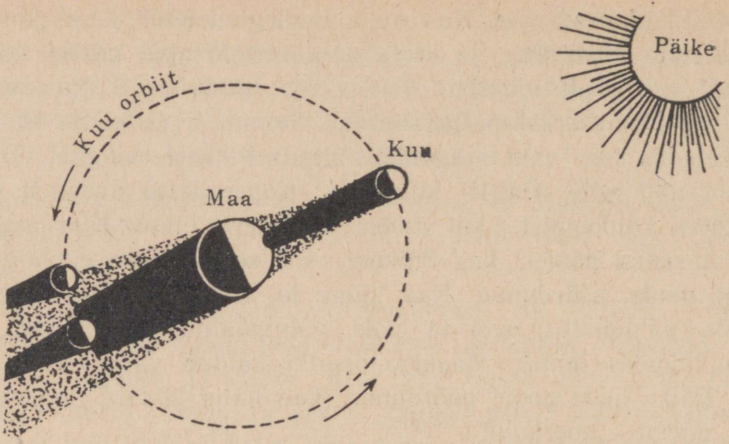
Galilei avastas, et Kuu on mägedega kaetud kera, kus on orge ning madalikke, ja et ta sarnaneb Maaga, millest ta on ainult tunduvalt väiksem. Päike aga, mida peeti Kuu-suuruseks, on Maakerast palju suurem. Samuti avastas ta, et Kuu ei helenda ise, vaid peegeldab ainult Päikese valgust. Teleskoobi abil võis Galilei kinnitada Kopernikuse avastust, mis selgitas kuuloomist: kui ümber Maakera liikuv Kuu asetseb meist samal poolel, kus Päikegi, siis sellal Päike ei valgusta meie poole pöördunud Kuu külge ja kogu see Kuu külg on meile nähtamatu, sest ta pole valgustatud. Ent niipea kui Kuu, liikudes ümber Maakera, pisutki kaldub vasakule, valgustab Päike meie poole pöördunud Kuu külje kitsast ribakest ja me näeme „noorkuud".

Mida kaugemale kõrvale Päikese ja Maa vahelisest suunast liigub öine valgustaja, seda suuremat osa ta pinnast valgustab Päike ja seda ümaramaks muutub Kuu. Kui ta 14—15 päeva pärast asub otse Päikese vastas, näeme juba tervet Kuud ja see ongi täiskuu.

Jätkates oma muutumatut liikumist, hakkab meile nähtav Kuu väliskuju muutuma, sest me ei näe enam Päikese poolt valgustatud Kuu tervet poolkera, vaid ainult osa sellest. Kuu asub jälle vanale teele, ta sirp muutub kitsamaks, ainult sirbi teravikud on nüüd endastmõistetavalt suunatud teisele poole. Lõpuks jääb järele õige kitsas, vaevaltmärgatav sirbike, mida me näeme hommikul koidu ajal; pärast seda ta kaob hoopis. Kuid Kuu kaob, et ilmuda kahe päeva pärast uuesti õhtustes ehakiirtes.

Miks toimuvad päikese- ja kuuvarjutused.

Kuu vaatlemine selgitas ka varjutuste põhjused. Päikesevarjutused võivad toimuda ainult noorkuu ajal, s. t. siis, kui Kuu asub Maakera ja Päikese vahel. Kuu tõkestab Päikese valgust ja heidab Maakerale varju. Paikades, mida see vari läbib, nähaksegi päikesevarjutust.



Joon. 33. Nii toimuvad päikese- ja kuuvarjutused.

Varju riba, mille laius on 200—250 kilomeetrit ja millega kaasneb veel laiem poolvari, jookseb suure kiirusega mööda Maakera pinda. Seal, kus vari on kõige tihedam ja tumedam, nähakse täielikku päikesevarjutust, mis võib kesta kõige rohkem umbes 8 minutit. Seal aga, kuhu langeb poolvari, nähakse osalist varjutust. Väljaspool seda poolvarju pole näha enam mingit varjutust, seal särab Päike endiselt.

Nii said inimesed lõpuks teada, miks toimub päikesevarjutus. Arvutades kauguse Maakeralt Kuuni, mis on ümmarguselt 380 000 kilomeetrit, ning teades Kuu liikumiskiirust ümber Maakera ja Maakera liikumiskiirust ümber Päikese, võidi määrata juba absoluutse täpsusega millal ja kus on päikesevarjutused nähtavad.

Kui inimestele said arusaadavaiks senised salapärased taevanähtused, mõistsid nad ka, et paljugi, millest jutustatakse pühakirjas, ei vasta tegelikkusele. Muinasjutt räägib, et Kristuse surmapäeval kustus Päike ja „pimedus valitses kogu Maal kuuendast tunnist üheksanda tunnini". Meie aga teame, et see on võimatu. Selleks oleks tulnud sooritada teine imetegu — peatada kolmeks tunniks taevakehade liikumine. Kuid see on

samasugune absurdsus kui muinasjutt Joosuast, kes käskis peatuda Päikesel.

Teades päikesevarjutuse põhjusi, on kerge kindlaks teha, miks toimuvad kuuvarjutused.

Nagu võib juba arvata, saavad kuuvarjutused toimuda ainult täiskuu ajal, s. t. siis, kui Maakera asub Päikese ja Kuu vahel. Sattudes varju, mille heidab meie planeet ruumi, varjutatakse Maa kaaslane Kuu. Et aga Maakera on Kuust palju suurem, siis, sattudes tema tihedasse varju, kaob Kuu meie silmist mitte mõneks minutiks, vaid kaheks-kolmeks tunniks.

Juba kaks tuhat aastat tagasi oskasid inimesed ennustada kuuvarjutusi. Sajandeid kestnud taevavaatlused võimaldasid kindlaks teha kuu- ja päikesevarjutuste ranget, kuid küllaltki keerulist perioodsust. Ent miks nad toimusid, seda ei teatud. Alles pärast Kopernikuse, Galilei, Kepleri ja paljude teiste silmapaistvate astronoomide avastusi võimaldus sekundilise täpsusega ennustada päikese- ja kuuvarjutuste algust, kestust ja

Joon. 34. Moskvas jälgiti päikesevarjutust 9. juulil 1945. a.

piirkonda. Peaaegu niisama täpselt võib määrata, millal toimusid päikese- ja kuuvarjutused sada, kolmsada, tuhat ja kümneid tuhandeid aastaid tagasi: kas vürst Igori vene sõjaväe lahingu eelõhtul polovetsidega, kas Egiptuse vaarao Psammetichi sünnipäeval või sel kaugel päeval, mil praegusaja inimese ürgesivanem esmakordselt relvastus kiviga.

Nii võime järeldada, et päikese- ja kuuvarjutused pole üldse mingisugused tavatud taevanähtused. Nad on korrapärased ja mõistagi ei või neis olla midagi üleloomulikku.

Pealegi toimuvad kuu- ja päikesevarjutused üsna sageli. Igal aastal on Maakeral näha mitu sellist varjutust. Päikesevarjutusi nähakse ainult teatud piirkondades: seal, kus libiseb üle Maakera Päikest varjutav Kuu vari.

Kust tulevad ja kuhu lähevad komeedid.

Haruldasemad nähtused taeval on komeedid — sabaga tähed.

Vaevalt väärivad meenutamist kõik need ebausklike inimeste väljamõeldud totrused, milledega nad püüdsid endale kuidagi seletada komeetide ilmumise põhjusi. Tavaliselt ühendati neid viimsepäevaga, s. t. maailma huku või lõpuga. Muistseilt ja keskaegseilt kirjanikelt säilinud kirjeldused komeetide kohta on hämmastavalt fantastilised. Nad nimetavad komeete tulisteks mõõkadeks, põlevateks pistodadeks ja veristeks lohedeks. Nelisada aastat tagasi kirjeldas tuntud prantsuse kirurg tema poolt nähtud komeeti järgmiselt:

„Oma kohutava välimusega viis komeet kogu rahva suurde segadusse ja tekitas inimeste südameis säärast ängistust, et mõned surid hirmust, teised aga haigestusid. See oli tavatult pikk, vere värvusega taevakeha; ta aluse juurest paistis pikka tulist mõõka hoidev käsi, mille tera oli ümbritsetud kolme tähega. Kummalgi pool hirmuäratavat taevakeha olid segipaisatult verega niisutatud mõõgad, noad ja pistodad, millede keskelt vaatasid jõllis silmadega ja lahtiste püstjuustega õudsed inimnäod."

Joon. 35. Päikesevarjutus 24. jaanuaril 1925. a. Ülesvõte on tehtud ühes New Yorgi pargis ja sellel on selgesti näha põlev latern.

Mida küll ei mõtle välja inimese fantaasia! Vaevalt tohiks kahelda, et prantsuse kirurg, s. t. inimene, kes tollèaja mõiste järgi oli õpetlane, teadlikult valetaks. Muidugi mitte. Ta kirjeldas seda, mis temale ja teistele ta ümbruskonnas näis toimuvat taeval. Täpselt samuti leidub tänapäevalgi inimesi, kes on „näinud" Kuul Kaini ja Aabeli kujusid või mingeid teisi pilte, mis tekivad inimeste kujutluses ja näivad neile tõena.

Heledaid komeete ilmus väga harva, mistõttu neid peeti igasuguste õnnetuste kohutavaiks ennustajaiks, kuigi juba 1900 aastat tagasi rooma filosoof Seneca protesteeris sääraste fantastiliste seletuste vastu. Geniaalse ettenägelikkusega oletas ta, et komeedid on looduse poolt määratud teesid pidi korrapäraselt liikuvad taevakehad. Ent alles XVIII sajandil märkas Halley, võrreldes komeete jälginud astronoomide märkmeid, et teatav komeet ilmus kindlate ajavahemikkude tagant uuesti. Tal kulus palju aega oma teekonna sooritamiseks hiigelorbiiti mööda, et ilmuda jälle Maakera lähedale. Oma oletuste ja arvutuste alusel ennustas Halley selle komeedi ilmumist 1758. aasta lõpul või 1759. aasta algul. See ennustus täitus täielikult; määratud ajal lõi komeet taeval särama. Viimast korda oli ta nähtav 1910. aastal. Halley auks anti sellele komeedile ta avastaja nimi.

Palja silmaga hästi nähtavad komeedid on haruldased. Ent teleskoobi abil avastatakse ja vaadeldakse neid igal aastal mitmeid. Juba 300 aastat tagasi ütles kuulus astronoom Kepler teravmeelselt, et ääretus maailmaruumis on niisama palju komeete kui kalu ookeanis.

Pealtnäha kohutavad komeedid on samadele taevamehhaanika seadustele alluvad taevakehad nagu planeedidki. Komeedi tuum koosneb üksikuist kivi- või rauakamakaist. Tuuma läbimõõt pole suur ja nähtavasti ei ületa mõndakümmend kilomeetrit. Kuid seda tuuma ümbritseb hiigelsuur gaasiline mass, nn. komeedi pea, mis muutub 30 kuni 300 miljoni kilomeetri pikkuseks sabaks, ületades kaks korda Maakera ja Päikese vahelise kauguse.

Uurides eriaparaadi — spektrograafi abil komeedi pead ja saba moodustavat äärmiselt hõredat gaasi, selgus, et see gaas on väga mürgine: ta koosneb süsinikoksüüdist (vingugaas) ja tsüaanist — lämmastiku ja süsiniku ühendist.

Asjade tõelist seisukorda mittetundvad inimesed väidavad tavaliselt, et komeedi kokkupõrkel Maaga või isegi „karvase" tähe möödumisel Maakera lähedalt ähvardab meid kas meie planeedi hukk, mis pihustub kohutava hoobi tõttu, või kõige

Joon. 36. Ülesvõte komeedist, mis on tehtud „ajaga“, s. t. teatava aja vältel. Valged joonekesed taeva tumedal foonil on fotoplaadile jäänud tähtede jäljed.

elava surm komeedi gaaside poolt tekitatud mürgistuse tagajärjel. Katsete põhjal võib aga väita, et juhul, kui Maakera peakski sattuma komeedi sabasse, ei tähendaks see meile mingit ohtu. 1910. aastal möödus Halley komeet Maakera lähedalt ja „haaras" teda oma sabaga. Kuid Maakera elanikest ei märganud keegi mingit muutust, kõik jäi endiseks.

Pealegi on välja arvutatud, et komeetide rohkusele vaatamata võib juhtuda mõnel neist lähem juhuslik kokkupuude Maaga umbes üks kord saja tuhande aasta jooksul.

Nii on hajutatud veel üks muinasjutt haruldasest taevanähtusest — komeedist.

Lendtähed ja „tähesadu".

Kõik nn. tavatud taevanähtused võiks mahutada meie maailma kolmele korrusele. Kõige ülemisel korrusel, tohutus kauguses Maakerast, tekivad päikese- ja kuuvarjutused, ilmuvad ja kaovad komeedid; teisel, keskmisel korrusel, sadade kilomeetrite kõrgusel maapinnast, tekivad imepärased virmalised; esimesel korrusel aga, s. t. meie maa atmosfääri alumistes kihtides, toimuvad kõik teised taevanähtused: päikesesapid, kuurõngad, säravad ristid, sambad jms.

Nn. „tähevihm" ehk „tähesadu" on huvitav nähtus, mida ei saa mahutada ainult ühele korrusele. See algab kõige ülemisemal korrusel ja muutub nähtavaks alles alumisel.

Me kõik oleme korduvalt näinud, kuidas järsku kuskil kõrgel pääseb täht lahti ja lendab ülepeakaela alla, jättes enda taha heleda tulejoa. Ebausklikud inimesed ühendasid tavaliselt lendtähe ilmumise „kunagi selle tähe all sündinud" inimese surmaga. Mõistagi ei pääse ükski täht taevast lahti, sest täht on niisamasugune määratu taevakeha nagu meie Päikegi; kuid need, mida me ekslikult nimetame lendtähtedeks, polegi tähed, vaid väikesed maailmaruumis tiirlevad kehad.

Nagu Maa ja kõik teised meie päikesesüsteemi taevakehad, tiirleb ümber tsentrumi — Päikese — lõpmatult palju sääraseid

Joon. 37. Boliid.

väikesi tahkeid kilde ja riismeid. Kui tohutu kiirusega lendav Maakera lõikub sääraste kivitükikeste vooluga, siis sarnaneb ta, prantsuse astronoomi Flammarioni sõnade järgi, läbi kihulaste parve lendava hiigelsuure kahurikuuliga.

Sattudes Maa atmosfääri kohtavad kivikesed õhu kolossaalset vastusurvet. Kohutava õhusurve ja hõõrdumise tagajärjel hakkavad need kivikesed hõõguma ja auruvad kiiresti, jättes taevale hõõguvatest aurudest koosneva heleda viiru. Neid kivikesi, millede lend meenutab tähtede langemist, nimetatakse meteoorideks. Nad süttivad 100—120 kilomeetri kõrgusel ja kustuvad 50—60 kilomeetri kõrgusel maapinnast.

Meie planeet Maa läbistab igal aastal augustis ja novembris peamisi meteooride masse; seepärast näemegi sügisel tähevihma ehk -sadusid. Tavaliselt aga näeme ainult üksikuid Maa atmosfäärist läbitungivaid meteoore.

Enamasti ei ületa nende mõõtmed kreeka pähkli omi. Väikesed kivitükikesed kas muutuvad auruks või sulavad õhus ja langevad peene tolmuna Maale, mida võib hästi märgata mägede lumistel kõrgustel. Kui langev meteoor on küllalt suur ja ei jõua oma välkkiire lennu kestel auruda, siis langevad Maakerale võrdlemisi suure kaaluga „taevakivid". Seda juhtub harva, kui aga kümneid, sadu ja isegi tuhandeid kilogramme raske hõõguv keha langeb Maakerale, võib ta põhjustada isegi tunduvaid purustusi. Mõnikord lõhkeb selline suur kivi enne maapinnale jõudmist õhus tuhandeks tükiks. Lõhkemisega käib kaasas tavaliselt kõva mürin. Enne lõhkemist ja maa-

Joon. 38. „Taevakivi", mis kaalub üle 15 tonni ja mis langes Ameerika Ühendriikidesse, Oregoni osariiki. Meteoriiti säilitatakse New Yorgi muuseumis.

pinnale langemist nimetatakse säärast taeval lendavat tulikera boliidiks, maailmaruumist Maakerale kukkuvaid tükke aga meteoriitideks.

Veidi üle 30 aasta tagasi langes Siberi asustamata taigasse hiigla meteoriit. Mitmekümne kilomeetri ulatuses oli taiga põlenud, määratul maa-alal puud maha murdunud. Langenud meteoriidi koht leiti üles, kuid nähtavasti sügavale maasse tunginud meteoriit on tänini päevavalgele toomata.

Meteoriidid koosnevad kas kivist või puhtaimast rauast vähese nikli lisandiga või siis kivi ja raua segust. On huvitav märkida, et inimkond sai esmakordselt puhast rauda mitte Maalt (maakoores pole ehedalt keemiliselt puhast rauda veel leitud), vaid taevast, meteoriitidest. Meteoori rauda hinnati omal ajal kullast kallimaks, sest rauamaagist puhast rauda välja sulatama õppisid inimesed alles hiljuti. Vahel leidub meteoriitides pisikesi teemante, nagu see juhtus Pensa lähedal aastat nelikümmend tagasi.

Üks meteoriit on ülemaailmse kuulsusega. See on muhameedlaste suurim pühadus — Kaaba kuulus must kivi —, mida säilitatakse Mekkas (Araabias). Sellele kivile, „taeva annile", osutavad pühalikke auavaldusi kõik, kes tunnustavad islamit — muhamedi usku.

Mis on virmalised.

Kõige tähelepanuväärsemaks taevanähtuseks tuleb pidada oma ilult rabavaid virmalisi ehk polaarvalgust. Nad süttivad pimedail polaaröil ja on mõnikord mitmevärvilise hiigla kaare kujulised; vahel sarnanevad nad sätendava eesriidega või kiududest koosneva, kõigis vikerkaare värvides sillerdava vööga või õõtsuvate säravate sammastega, mis nagu kannaksid taevast.

Virmaliste loomust on seletanud paljud teadlased ja üks esimesi oli kuulus Lomonossov, kes selle nähtuse viis ühendusse elektriga.

Juba ammu täheldati, et polaarvalgusega kaasnesid järsud magnetilised võnkumised; sellal magnetnõel „tembutab", nagu ütlevad meie põhjapoolsed meremehed, kompass lakkab töötamast. Need magnetitormid langevad ühte suurte tumedate laikude ilmumisega Päikese pinnale. Neil aastail, mil Päikesel on palju laike (see kordub keskmiselt iga üheteistkümne aasta tagant) täheldatakse Maakeral eriti palju polaarvalgust.

Virmaliste mõistatus lahendati alles hiljuti. Neid seletatakse elektrilise helendusega atmosfääri kõrgemais hõredates kihtides Maakera pooluste piirkondades. Atmosfääri osakesed põrkavad kokku elektriliselt laetud osakestega, mida Päike paiskab maailmaruumi päikeselaikude piirkondadest. Spetsiaalseadeldiste abil võivad teadlased laboratooriumis virmalisi kunstlikult esile kutsuda. Kasutades magnetiseeritud raudkera Maad kujutava väikese mudelina ja asetades selle elektriseeritud osakeste kiiresti liikuva voolu teele saab tekitada isegi mitmekesiseid virmaliste vorme.

Nii paljastas teadus veel ühe looduse saladuse. Taas on selgitatud üks tavatu taevanähtus, näidatud, et selles pole midagi salapärast ega ebaharilikku.

Vikerkaarest, päikesesapist ja säravaist ristidest taeval.

Haruldasteks peeti ka neid taevanähtusi, mida nägi vene sõdalaste leeris „Lugu Igori sõjaretkest" luuletanud laulik.

Üht neist nähtustest — päikesevarjutust — me juba tunneme, ent teisest — nelja päikese ilmumisest venelaste ja polovetside lahinguvälja kohale — tuleb veel lähemalt kõnelda.

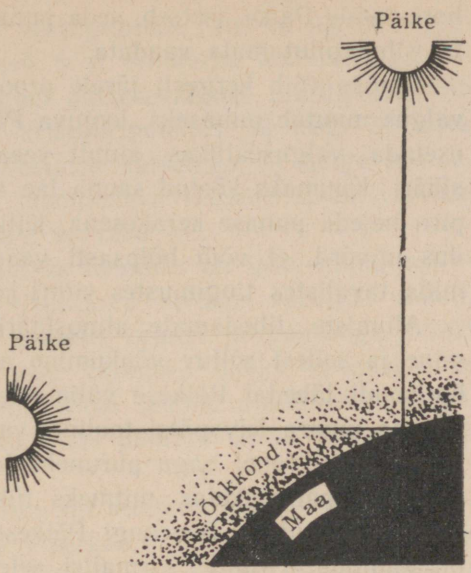
Me elame õhu-ookeani põhjas. Nii päikesesapid kui ka kõik teised taevanähtused, milledest edaspidi jutustame, esinevad nimelt selles õhu-ookeanis.

Kõik teavad, et Maad ümbritseb õhukiht ehk atmosfäär, milleta elu Maakeral poleks mõeldav. Võrreldes Maakera läbimõõduga on see kiht väga õhuke. Maakera diameeter ehk läbimõõt on umbes 12 700 kilomeetrit, tähelepanekuist aga nähtub,

et atmosfääri läbimõõt ei ületa 800 kilomeetrit. Inimene võib tõusta ainult 7—8 kilomeetrini, sest kõrgemal pole võimalik enam hingata.

Tänapäeval võivad lennukid tõusta kaks korda nii kõrgele, kuid siis peab lendureil tingimata kaasas olema hapnikutagavara ja erilised hapnikumaskid, sest muidu nad lämbuksid suures kõrguses.

Samuti on teada, et lendurid rõivastuvad kõrglennule asudes väga soojalt: mida kõrgemale, seda külmem. Samal põhjusel ei sula kõrgeil mägedel ka lumi kõige kuumemail suvepäevadel. Maapinnast kaugenedes langeb temperatuur umbes 6 kraadi kilomeetri kohta. Kui termomeeter näitab maapinnal 20 kraadi sooja, siis viie kilomeetri kõrgusel langeb elavhõbedasammas termomeetris 10 kraadile alla nulli ja 10 kilomeetri kõrgusel on juba 40-kraadiline pakane.



Joon. 39. Päikesekiiri nõrgendab paks õhukiht, mis siniseid kiiri hajutab rohkem ja seepärast paistab Päike tõustes ja loojudes punasena.

Samuti tuleb endale selgesti kujutleda, kuidas jõuavad meieni Päikese või teiste valguseallikate kiired, kui nad asetsevad meie pea kohal seniidis või otse meie ees horisondi kohal. Joonis-skeem (joon. 39) annab sellest küllalt selge kujutluse.

Kui Päike on taeva kõrgeimas punktis, seniidis, siis tungivad päikesekiired läbi võrdlemisi õhukese atmosfääri kihi. Päike on sellal nii pimestav, et ta peale ei või vaadata. Päikese tõustes või loojudes vähendab ta valgust aga märksa suurem õhumass, mida päikesekiirtel tuleb läbida. Mida lähemal

horisondile Päike asetseb, seda punasem ta on ja teda võib sellal silmi pilutamata vaadata.

Igaüks võib kergesti järele proovida, kuidas hele, pimestav valgus muutub punaseks, loojuva Päikese valguse taoliseks, kui asetada valguseallikas ainult veeaurudest küllastunud atmosfääri. Kuumaks kõetud sauna lae all paistab heledaim elektripirn heleda punase kerakesena, leiliruumis aga langeb ta heledus niivõrd, et võib hõlpsasti vaadelda elektripirni hõõgniite, mida tavalistes tingimustes silmi kahjustamata ei või teha.

Alumiste, tihedamate atmosfääri kihtide ebaühtlane soojumine ja sellest sõltuv võnkumine ning nihkumine moonutavad horisondi lähedal Päikese välimust. Vahel näib ta muna- või lameda ümara leivapätsi taoline, vahel on tal ruudu või kolmnurga kuju, vahel nagu puruneks juba pooleldi silmapiiri taha kadunud päikeseketas mitmeks tükiks, liikudes katkendlikult, otsekui hüpeldes. See ongi Päikese mäng, millest paljud vist on kuulnud. Muide, virmalisi seletasid ebausklikud inimesed „inglite mänguga taevas".

Tolle aja kohta olid säärased seletused loomulikud, tollal ei teadnud ju keegi paljude loodusnähtuste tõelisi põhjusi. Siiski leidub tänapäevalgi küllalt inimesi, kes teadmatusest peavad tavatuiks teaduse poolt juba ammu paljastatud ja seletatud taevanähtusi. Teaduse saavutused ja teaduslikud avastused tungivad tavaliselt aegamööda laialdaste ühiskonnakihtide teadvusse, eriti kui teadus käsitleb selliseid kaugeid, harilikust elust väljaspool asuvaid taevanähtusi.

Pole üleliigne meenutada sedagi, et 300—400 aastat tagasi vajati taevanähtuste seletamiseks suurt julgust. Isegi ühe piiskopi näiliselt süütu katse seletada vikerkaare tekkimist tõi kaasa karmi karistuse. Piiskopi raamat põletati ja teda ennast päästis tuleriidalt ainult surm vanglas, kuhu inkvisitsioon ta oli heitnud.

Vikerkaar tekib Maa kohal atmosfääri madalamais kihtides päikesekiirte murdumisel vihmasaju piirkonnas veeauru tilgakestes, mistõttu võib vikerkaart näha ainult Päikese vastassuunas. Vikerkaare mitmevärvilisus seletub valge päikese-

valguse murdumisega igas veetilgakeses, kus ta laguneb algvärvusteks, millest ta koosneb, s. o. punaseks, kollaseks, roheliseks, siniseks jne. Samasugust päikesevalguse murdumist võib märgata peegli servades, kristallripatsites ja isegi lihtsates klaasikildudes. Teadlased tõestasid katsetega, et kõige mitmekesisemaid värvivarjundeid moodustava seitsme spektrivärvuse segu annab ühendatult valge värvuse.

Selle väite üheks lihtsaimaks tõendiks on laste mänguasi — vurr —, mis on värvitud vikerkaare seitsme värviga: violeti, sinise, helesinise, rohelise, kollase, oranži ja punasega. Vurri pöörlemisel sulavad kõik need värvused üheks valkjashalliks värvuseks. Valge värvuse ebapuhtus seletub praktiliselt sellega, et väga raske on välja valida nii puhtaid värve, nagu esineb vikerkaares.

Palju keerulisem ja raskem oli seletada päikesesappide, Päikest ja Kuud ümbritsevate vikerkaarte või säravate ristide ja sammaste ilmumist taeval. Seistes näiteks seljaga Päikese ja näoga purskkaevu poole, mille vesi pihustub peenimaks veetolmuks, võis inimene juba ammu täheldada selles kunstlikku vikerkaart. Ent pole nii lihtne kunstlikult luua säravaid riste või päikesesappe.

Et aru saada neist taevanähtustest, peame meenutama, et suures kõrguses valitseb tugevaim pakane, mistõttu vähimadki niiskuse piisad muutuvad seal pisikesteks jäätükikesteks — peenimaiks kristallikesteks. Neis kristallikestes peegeldub päikese- või kuuvalgus ja murdub mitmesuguste nurkade all, olenevalt valguseallika (Päikese või Kuu) asukohast ja jääkristallide asetusest õhus. Kogu see valgustuse võimalike kombinatsioonide ja tingimuste mitmekesisus loob hulgaliselt atmosfäärilisi nähtusi, mida tuntakse päikesesapi, vikerkaarerõngaste, kaarte, Päikese- ja Kuu-lähedaste tulesammaste, tuleristide jne. nime all.

Selliseid õhkkonnas esinevaid nähtusi nimetatakse meteoroloogias haloodeks. See on kreekakeelne sõna ja tähendab rehepeksu ringi. Halood tekivad atmosfääri ülemistes kihtides, kus liiguvad aeglaselt kiud-kihtpilved.

Teadus on üksikasjaliselt selgitanud haloode ja kõikide taevanähtuste tekkimise, mida võhikud peavad mingite sündmuste endeiks. Seda nimetatakse atmosfääri-optikaks. Kuid lähem tutvumine sellega nõuab matemaatika ja füüsika tundmist. Paljusid siin esitatud nähtusi kinnitavad katsed. Näiteks võib täheldada haloo tekkimist, kui klaasitükk katta maarjajää kristallidega ja vaadata läbi selle Päikest või mõnda muud valguseallikat. Aga kõige lihtsama näite sellest „taevasest" nähtusest saab tänaval udusel õhtul, kui vaadelda tänavalaternaid; neid ümbritsevad samasugused heledad, vahel ka vikerkaarevärvilised oreoolid — haloorõngad.

Nii selgub, et taeval ilmuv haloo varjab niisama palju imesid ja endeid kui tänavalatern või maarjajääga kaetud tavaline klaasitükk.

Kuidas tekivad ilmutused ja kangastused taeval.

Lõpuks peatume veel ühel nähtusel, mida võib pidada ka taevanähtuseks, kuigi ta tekib peaaegu maapinnal.

Eelmise maailmasõja ajal läbis paljusid ajalehti imelik sõnum: Karpaatides tegutsev Vene armee oli näinud tavatut ilmutust: pilves taevale ilmus mingi hiiglaslik naise kuju, laps käsivarrel. Teda ümbritses imelik sära ja ta pea ümber olid heledad, korrapäraselt suurenevad ringid. Seda ilmutust ei vaadelnud mitte üks inimene, vaid tuhanded. Tollal seletasid ebausklikud inimesed seda nägemust sellega, et jumalaema ilmutas end vene sõduritele, näidates neile teed läände ja ennustades võitu. Arusaadavalt polnud see mingi salapärane ega imetaoline võitu või kaotust ennustav nägemus, vaid mägedes esinev tavaline ja paljudele tuntud atmosfääriline nähtus, mis on siiski küllaltki haruldane.

Nende ridade autoril oli juhus Tienšani mägedes näha umbes samasugust ilmutust taeval, ainult selle vahega, et taevale ei ilmunud mitte inimese kuju, vaid tavaline haraliste sarvedega mägikits, kelle pead ümbritsesid samasugused imepärased säravad järjest suurenevad ringid. Vanade raamatute

lehekülgedel võime näha sääraseid taevailmutusi näinute joonistusi: karjust oma koeraga; vanaaegses riietuses ratsanikku mõõgaga ja sulega kübaral. Kõik need kujud otsekui ripuksid taeval, vaevalt toetudes maapinnale, ja neid ümbritsevad toredad, mitmevärviliste vikerkaartena taeval laialivalguvad rõngad.

Peaaegu alati täheldatakse neid ilmutusi päikesetõusul või -loojangul ja mitte tasandikel, vaid Kaukasuse, Krimmi ja Kesk-Aasia mägedes, kus kõik tingimused on soodsad selliste taevailmutuste tekkimiseks.

Mõistagi pole selles nähtuses midagi tavatut ega salapärast. Niihästi jumalaemaks peetud naine kui ka kits ja koeraga karjus asetsesid samal ajal, kui nende kujutus ilmus taevale, kuskil maapinnal, ainult vaatlejad ei võinud neid märgata, olles kaasa kistud ilmutusest, mitte aga selle põhjustajast.

Põhjus seisneb selles, et antud juhul taevas etendab hiigla ekraani osa, millel peegelduvad juhuslike kujude varjud. Neid nähtusi võib täheldada, kui Päike on madalal ja vaatlejat ümbritseb udu ning Päikesele vastassuunas on pilv. Eseme vari langeb sellele pilvele nagu kaugele seinale ja muutub seetõttu tohutu suureks. Ringid ta ümber tekivad aga päikesekiirte murdumisest ja kõrvalekaldeist pisimais aurupiiskades, milledest koosneb udu.

Kangastus ehk fatamorgaana on kõige madalamal asetsev taevanähtus, kui nii võib väljenduda. Ta tekib otse maapinna kohal ja on samuti seletatav kiirte murdumisega atmosfääris.

Kõige sagedamini tekivad kangastused kuumades kõrbedes, kus hõõguv taevas on kuumusest läbipaistev ja õhk Päikesest kõrvetatud maapinna kohal otsekui väriseks ja võnguks.

Silmapiirile kerkivad siis imepärased aiad, linnad, sinised järved, peegeldades kauget karastavat rohelust... Ent kuidas me ka ei tõttaks selle kauni nägemuse poole, me ei jõuaks iialgi selleni. Ta eemaldub üha kaugemale ja kaugemale ning sulab lõpuks õhus.

Mõnikord ilmub mere kõikuva ja virvendava silmapiiri kohale viirastuslik laev, mis lendab mööda laineid, neid vaevu

puudutades. Vahel tekib selle laeva kohale ilmutusega sarnanev teine täpipealt samasugune laev, ent ainult ümberpöördult nagu peegelpilt, ja see teine, ümberpöördud laev peegeldub ähmaselt virvendaval taeval.

Sääraseid kangastusi ei täheldata mitte ainult kuumades maades, vaid ka parasvöötmes, näiteks Narõmis, Ukraina lõunapoolseis steppides ja Kaspia mere rannikul.

Kuidas seletada neid kangastusi? Millest nad tekivad?

Sellised peegeldused õhus, nagu aedadega linnad, laevad ja teissugused pildid, on tegelikult olemas. Nende piltide algupärandid aga asetsevad kaugel.

Originaali ja äratõmbe vahel asetsev õhk jaguneb mõnikord üksteisel lasuvaiks erineva tihedusega kihtideks, kust nagu peeglist peegelduvad kaugetelt esemetelt tulevad kiired, mis pärast peegeldumist satuvad meie silma.

On väga lihtne seda katsega kontrollida ja luua kunstlikku kangastust. Selleks tarvitseb ainult vaadata piki hõõguvat pliiti mõnele esemele, mis asetseb pliidi ja silma tasapinnal ja me näemegi selle eseme ümberpöördud kujutist kuuma, kerge ja virvendava õhukihi kohal.

Ka kangastustes, s. o. kõige lihtsamais, kuid mitte vähem imepärastes loodusnähtustes, ei või meie, teades nende tekkimise põhjusi, leida midagi tavatut, nagu me ei või leida midagi tavatut ega imepärast üheski taevanähtuses, kus see ka iganes toimuks: tuhandete, sadade või kümnete kilomeetrite kaugusel meie silmast.

„Veriseist" vihmavalinguist, imetaolisest vihmast ja punasest lumest.

Lõpuks jutustame veel ühest nähtusest, mis esineb väga mitmel kujul ja kuulub eespoolkirjeldatutega võrreldes hoopis erinevate nähtuste hulka.

Muistsed kroonikud kirjeldavad korduvalt kummalisi ja arusaamatuid taevanähtusi: XII sajandi algul sadas Prantsusmaal

„verist" vihma, sama sajandi lõpul kestsid Saksamaal kolm päeva „verised" vihmasajud. Samasugust vihma sadas ka XIV, XV ja XVI sajandil. Ka neid arusaamatuid ja seetõttu kohutavaid nähtusi pidasid inimesed õudseiks endeiks.

Prantsuse astronoom Flammarion arvestas, et ainuüksi Euroopas sadas möödunud sajandi kestel 25 korda „verist" vihma. XIX sajand aga ei erinenud millegagi XVIII sajandist.

Millega siis seletub „verine" vihm?

Seletus pole sugugi keeruline ja sääraste vihmade tekkimise tõestus on hoopiski lihtne. Tugevad tormid ja tuuled tõstavad õhku punase tolmu, mis katab tohutuid kõrvealasid, ja kannavad seda sadade, vahel ka tuhandete kilomeetrite kaugusele. Sattudes vihmapilve värvib tolm iga veepiisakese, millest koosneb pilv, ja maapinnale langevadki seetõttu õudsed „verised" vihmajoad. Võtke klaasitäis seda „verist" vihmavett ja laske tal seista — mõne tunni jooksul sadestuvad tolmu (ookri või savi) rasked värvivad osakesed paksu kihina klaasi põhja ja punase sademe kohal on puhas läbipaistev vesi.

Vahel põhjustavad „verist" vihma suured hulgad väljaheidetena värvainet eritavad eriliiki liblikad, keda tuulepööris oma teekonnal kaasa kisub. See muudabki vihmapiisad punaseks.

Tuulepööriste ja tormidega, mis tõstavad maast kõrgele õhku ja kannavad suurtesse kaugustesse viljahakke, rändrohutirtse, kalu, konni, kogutud tera- ja puuviljasaake, seletatakse ka imelisi kalade, konnade, viljapeade ja apelsinide vihmu. Säärast apelsinivihma sadas aastat nelikümmend tagasi ühes Itaalia linnakeses.

Ent kõige efektsem ja imetlusväärsem nähtus on siiski „verine" lumi. Nende ridade autoril oli mitu korda juhust vaadelda seda nähtust Kesk-Aasia mägedes, kus pimestavalt valgel lumikattel olid punased hiigla laigud. Vahel juhtub, et valge lumivaip üheainsa ööga järsku muutub „veriseks". Teadmata, millega seletada seda imelist nähtust, pidasid inimesed seda nähtamatute ja vägevate olevuste tahtel sündivaks imeks ja mingiks eriliseks märgiks kõrgemalt poolt, nagu päikese- ja kuuvarjutusigi, komeedi ilmumist või säravaid riste taeval.

Aja jooksul selgitasid teadlased, et tegelikult põhjustavad „verist" lund paljale silmale nähtamatud olendid. Nad pole aga hoopiski mitte vägevad. Need on lihtsaima mikroskoopilise taime, lume harjasputkeks nimetatava üherakulise vetika eod. Tuulest kaugelt kohalekantuina kasvavad eod lumel kiiresti ja paljunevad hämmastavalt lühikese ajaga, mõne tunniga, loendamatuks hulgaks. Harjasputke tibatillukesed vetikad on helepunase värvusega, mis muudavad lume verevalt punaseks. Kuid inimesed avastasid selle alles pärast mikroskoobi leiutamist. Teisiti oli võimatu seda taime näha.

Kasutades täiuslikke instrumente võitluses taevaste ja maapealsete nähtuste tunnetamise eest — mikroskoopi, et vaadelda paljale silmale nähtamatut maailma, ning teleskoopi, et lähendada kaugeid maailmu ja seletada nende liikumist, — paljastab teadus suured ja väikesed loodusesaladused.

Kohutavad loodusnähtused.

F. D. Bubleinikov.

Hirmuäratavad jõud.

Jälgides loodusnähtusi, nägid muistsete ajalooliste aegade inimesed neis jumalate vägevuse väljendust.

Muistsed egiptlased kummardasid Niiluse jõge Hapi-nimelise jumalana, värisesid julma kõrvejumala Typhoni ees, kes kuivatas kuuma tuulega nende põlde, ja armastasid päikesejumalat Osirist. Mitmesugused Egiptuse linnad austasid ühte ja sama loodusnähtust eri jumalatena.

Loodusjõudude kehastused olid ka muistsete kreeklaste, roomlaste ja slaavlaste esivanemate jumalad. Näiteks olid slaavlaste Perun, kreeklaste Zeus ja roomlaste Jupiter välguja müristamisjumalad.

Praegusaegsed inimesed ei pea enam loodusnähtusi, kuivõrd hukatuslikud need oleksidki, mingite „jumalate" vägevuse avaldusteks. Nad usuvad oma isiklikku jõusse ja võitlevad sageli edukalt hirmuäratavate loodusnähtustega.

Tormid ja orkaanid, maaväringud ja vulkaanilised pursked põhjustavad muidugi ka meie päevil palju viletsust. Kuid teadlased tunnevad juba nende nähtuste põhjusi ja võivad neid ennustada. Kaasaegse võimsa tehnika rakendamisega võivad insenerid sageli kaitsta inimeste elu ja eluasemeid stiihiliste nähtuste tagajärgede eest.

Selgeks näiteks inimese võitlusest loodusjõududega on Havai saartel asuva Hilo linna päästmine teda ähvardava hõõguvvedela laava voolu alla jäämisest.

Hiigla vulkaan Mauna Loa hakkas kord kraatrist laavat välja ajama. Laavavool suundus vulkaani küljelt alla mööda orgu vulkaani jalal asetseva Hilo linna poole. Vool oli umbes 60 meetrit lai ja ähvardas linna hävitada. Laava liikus aeglaselt edasi, kattudes pealt kõva koorega. Sellest koorest moodustunud loomulikus tunnelis laava enam ei jahtunud ja lähenes pikkamisi linnale.

Siis kutsuti kokku saarel vulkaani vaatlemisega tegelevate sõjaväelaste ja teadlaste nõupidamine, et leiutada vahendeid linna päästmiseks. Ja laavavoolu suuna muutmiseks leitigi vahend.

Otsustati pommidega lõhkuda laavavoolu suunava tunneli pealmine osa. Sõjaväevõimude korraldusel lendasid pommilennukid üksteise järel tunneli algusesse ja heitsid alla raskeid pomme. Tunneli alguse purustamiseks ja laava suunamiseks teisale, kus ta ei ähvardanud enam Hilo linna, piisas kuuest tonnist pommidest.

Nii õnnestus päästa kogu linn isegi säärase loodusjõu käest, nagu seda on vulkaaniline purse.

Keerisetaolised liikumised Maakera atmosfääris.

Õhk, mille liikumist nimetatakse tuuleks, võib oma masside küllalt kiire kohavahetamisega muutuda kohutavate ja hukatuslike nähtuste põhjustajaks. Tuul, mis tekib õhu liikumisel 15-meetrise kiirusega sekundis, murrab suuri puid ja purustab oksi. Kui tuule kiirus tõuseb 20 meetrile sekundis, on see juba torm. Veel suurema kiiruse puhul lükkab tuul ümber korstnaid ja kisub ära katuseid.

Paraskliimas on purustavad tormid kaunis haruldased, kuid troopikas on nad alatiseks nuhtluseks.

Ühe sellise tormi ajal purustati terved asundused Barbados'e, Santa-Lucia ja Martinique'i saarel. Tuuleiilid rebisid puud juurtega maast, õhus lendas hoonete rususid, kive, loomi ja inimesi. Üksnes Martinique'i saarel hukkus selle tormi ajal kümme tuhat inimest.

Saamumiteks nimetatavad kohutavad tormid möllavad Sahara liivakõrve kohal. Liiva- ja kivipilved tormavad õhus nagu lumi meie lumetuiskude puhul. Nad matavad kinni õitsvad oaasid koos haritud aedade ja põldudega, hävitavad kaamelite ja hobuste karavane ...

Troopilised tormid tekivad sagedaimini ookeanide kohal. Päike soojendab õhku ühes kohas tugevamini, teises nõrgemini. Soe õhk tõuseb üles, selle asemele aga sööstavad jahedad õhuvoolud. Kahe õhumassi vahel tekib määratute õhumasside keerlev liikumine, mille läbimõõt on 150—200 kilomeetrit ja mida nimetatakse tsükloniks.

Tsükloni piirkonnas keerleb õhk väga suure kiirusega, põhjustades orkaanilise tuule. Mida lähemale tsükloni keskmele, seda kiirem on õhumasside keeriemine, päris keskmes aga valitseb täielik vaikus ja madal rõhk, mistõttu õhk voolab tsükloni keskmesse kokku.

Tohutu kiirusega keereldes liigub tsüklon samal ajal Maakera pinda mööda troopikast parasvöötmesse. Samaaegselt ta laieneb, haarates mõnetuhande-kilomeetrise läbimõõduga alasid, kuid ühtlasi nõrgeneb ta jõud. Keerlevate õhumasside poolt tekitatud tuul kaotab purustava jõu.

Keerisetaoline õhuliikumine võib toimuda ka väiksemas ulatuses, läbimõõduga ainult kümneid või sadasid meetreid. Seda nähtust nimetatakse pilvesambaks.

Pilvesammas on palju hirmuäratavam nähtus kui tavaline tuulekeeris. Kõrves keerutab ta üles tohutu liivasamba, mille tipp ulatub madala äikesepilveni. Ta liigub kõrves kiiresti edasi, kiskudes kaasa või mattes liiva alla teele ettejuhtuvaid loomi ja inimesi.

Pilvesambad ei kihuta mitte ainult kõrbeis, vaid ka asustatud aladel — Põhja-Ameerikas, Jaapanis, Hiinas. Õige harva esineb neid ka Lääne-Euroopas ja Nõukogude Liidus.

Kohutav pilvesammas või, nagu ameeriklased teda nimetavad, tornaado (mis tähendab hispaania keeles „tuulekeeris") möllas mõni aasta tagasi Ameerikas, La Plata linna läheduses. Selle pilvesamba läbimõõt oli umbes kilomeeter. Ta haaras

Joon. 40. Liivast pilvesambad kõrves.

suure hooga äärelinna, tõstis mõned majad õhku ja purustas kivist koolimaja. Kiirrongi kiirusega tuiskas see pilvesammas piki maad, purustades maju, kiskudes puid juurtega maast ja pühkides minema mullapinna koos põõsaste ja rohuga.

Taolist nähtust täheldati 1917. aastal Nõukogude Liidu põhjaosas. Pilvesammas tekkis Balti merel, läbis Karjala, Koola poolsaare ja kadus kuhugi kaugele Jäämerre. Ta jättis oma teele 1,5—2 kilomeetri laiuse murtud puudega maa-ala ja lõhkus hulgaliselt puitehitisi... Ta liikus 100-kilomeetrise tunnikiirusega ja kulges mööda maad umbes 1500 kilomeetrit.

Pilvesammas tõstab õhku ja kannab seal edasi kõike, mis on talle jõukohane, ja põhjustab sageli väga huvitavaid nähtusi.

Näiteks, haarates maapinnalt punast tolmu, põhjustab ta „verist" vihma, mis ajab inimesed paanikasse, kes ei tea vihmavee säärase ebatavalise värvuse põhjusi. Teinekord sajab vihmaga koos suurel hulgal kalu ja konni, mida pilvesammas on jõe või järve veega õhku tõstnud.

Kui pilvesammas tekib merepinnal, tõuseb õhku tohutu veesammas, mis purustab kalapaadid pilbasteks. Laevad võitlevad nendega merel, tulistades neid kahureist.

Keerisetaolised liikumised planeetide ja Päikese atmosfääris.

Pilvesambaid, tsükloneid ja teisi nähtusi peab tekkima muidugi ka teiste planeetide ja samuti Päikese atmosfääris.

Nii näeme Jupiteri atmosfääris kiiresti liikuvaid tihedaid pilvi, mis venivad võõtidena rööbiti planeedi ekvaatoriga. Juba sadu aastaid järgemööda märkavad astronoomid Jupiteri atmosfääris mõistatuslikku punast laiku, mida varem peeti laavajärveks. Nüüd aga on selgunud, et see punane laik on mingi Jupiteri atmosfääris liikuv tahke moodustis.

Kui pilveviirud Jupiteri atmosfääris lähenevad punasele laigule, siis nad ei lähe sellest otse üle, vaid põikavad kõrvalt mööda. Jupiteri atmosfääris märgatakse tihti pilvede kiireid kohamuutmisi ja lagunemisi, mis tunnistavad mingite kohutavate tormide olemasolu sel planeedil.

Eriti huvitavad on Päikese atmosfäärilised nähtused. Päikese atmosfääri ülemistes kihtides on kuumus kuni 3000 kraadi, aga selle hõõguva gaasikera läbipaistmatu pinna lähedal tõuseb temperatuur kuni 5000 kraadini. Säärane temperatuurivahe põhjustab hiiglaslikke keeriseid, mis sarnanevad pilvesammastega. Kuid nende „pilvesammaste" mõõtmed on nii suured, et mõni neist mahutaks kümmekond meie Maa sarnast kera.

Neid „pilvesambaid" Maakeralt vaadeldes näeme neid nagu „pealtpoolt", mistõttu sammaste asemel paistavad meile Päikese pimestavalt valgel pinnal tumedad laigud. Kui niisugune „laik" läheneb Päikese pöörlemise tagajärjel ümber oma telje päikeseketta servale, siis paistab täiesti selgelt, et see on lehter Päikese atmosfääris. Nagu näitasid Päikese laikude asukoha mõõtmised, liiguvad need keerised suure kiirusega.

Päikese laikude arvus täheldatakse perioodsust. Pärast vaheaegu, mil laike peaaegu polegi, hakkab nende arv suurenema

ja saavutab haripunkti ligikaudu üheteistkümne aasta pärast. Neil ajajärkudel märgatakse tugevaid magnetilisi torme, s. t. magnetnõel kaldub loomulikust asendist kõrvale.

Veeuputused ja üleujutused.

Eespool nägime juba, kuidas kerge, peaaegu märkamatu õhuliikumine küllaldase kiiruse puhul muutub hirmuäratavaks tormiks.

Samuti võib tavaline vihm mõningail tingimustel põhjustada purustavaid veevoole, üleujutusi ja tervete linnade hävimist.

Laialdastelt maa-aladelt kõrgmäestiku orgu kogunenud vihmavesi moodustab mässavaid voolusi — mäestikujõgesid, mis tormavad maruliselt mööda mäekülgi alla, juurides välja puid ja kiskudes kaasa kümneid tonne kaaluvaid suuri kive. Kohates oma teekonnal ülesharitud maid, aedu, asulaid ja linnu, põhjustavad mäestikujõed õudseid laastamisi.

1921. aastal, pärast neljatunnilist vihmavalingut mägedes, säärane voolus ujutas üle Alma-Ata linna. Linna tänavaile jäid kruusa lademed ja 1,5 meetri paksused kivirahnud, 25-tonnised kaljukamakad ja 2 meetri sügavused vee-uurded. Nagu teada, põhjustavad vihmad ka jõgede tulvi, milledel vahel samuti on katastroofiline ulatus.

1937. aastal põhjustas Põhja-Ameerikas Mississipi jõgi kohutava veeuputuse. Kestvate ränkade vihmasadude tagajärjel tulvasid Mississipi ja ta suuremad harujõed üle kallaste ja ujutasid üle määratuid maa-alasid. Vesi liikus kiirrongi kiirusega, kiskudes maast suuri puid juurtega välja, purustades hooneid ja hävitades paise. Mõne tunniga purunesid ja hävisid terved linnad.

Samalaadse, ent veelgi kohutavama uputuse põhjustas Huanhe jõe tulv Hiinas. Jõgi murdis paisud, ujutas üle määratu maa-ala ja hävitas mitu miljonit inimest.

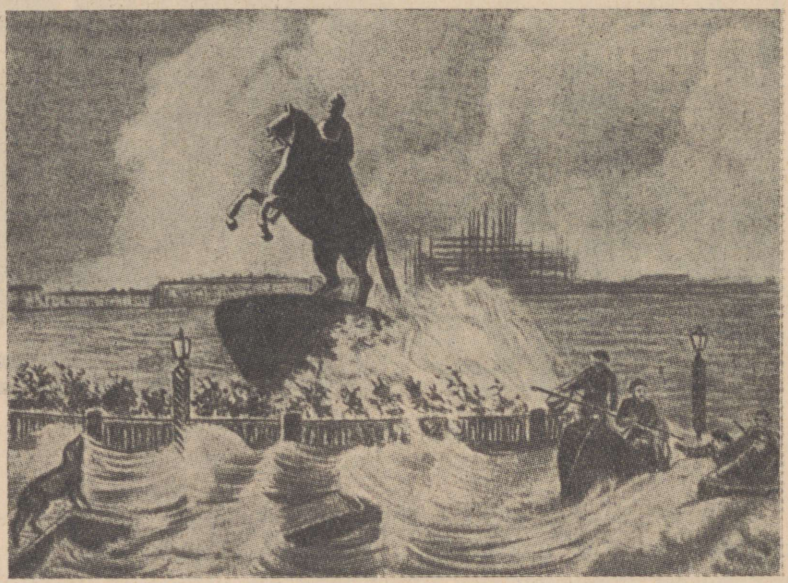
Joon. 41. Mäestikujõe poolt uuristatud kuristik.

Mererannal võib uputust põhjustada ka tuul, mis ajab vee kaldale. Säärased uputused on sagedased Leningradis. Linna asutamisest saadik on seal olnud juba üle kolmesaja uputuse, mida on põhjustanud Läänemerelt puhuvad tuuled.

Tugevad läänetuuled tõstavad Euroopa läänerannikuil Atlandi ookeani taset, vesi tõuseb ka Läänemeres, tormab Soome lahest Neeva sängi ja tekitab vahel väga suuri uputusi. Uputuste ajal täituvad Leningradis hoonete keldrikorrused veega, tänavad ujutatakse üle ja liiklemine toimub ainult paatides.

Veel õudsemate veeuputuste põhjuseks on äkilised maapinna vajumised, milledega kaasnevad maaväringud.

Näiteks toimus säärane katastroof möödunud sajandi teisel poolel Baikali järve kaldal. Kudarini stepi ootamatu vajumise tagajärjel selle järve vesi ujutas üle umbes 250-ruutkilomeetrise maa-ala. Vesi tungis võimsate jugadena vajunud pinnases avanenud laiadest lõhedest, valgus laiali ja ujutas stepi üle. Nii tekkis Kudarini stepi asemele uus Baikali järve laht — Provali (Vajumise) laht.



Joon. 42. Veeuputus Peterburis 1824. aastal.

Eespoolkirjeldatud veeuputused tekivad ootamatult ja põhjustavad seetõttu linnade purustamisi ning paljude tuhandete inimeste hukku.

Kuid Maakeral toimub veel palju grandioossemaid nähtusi, nimelt merede rünnakuid ja tervete maade üleujutamisi. Me ei märka neid ainult sellepärast, et need nähtused arenevad väga aeglaselt ja ainult väga hoolikad vaatlused võivad meid nende olemasolus veenda.

Teadlastel on siiski õnnestunud kindlaks teha, et paljud kunagised veealused Läänemere ranniku kaljud on kerkinud nüüd veepinnale. Sama nähtust täheldatakse ka Norra fjordides, kus mõnisada aastat tagasi veepinnal asunud sadamakaide rõngad on praegu kõrgel vee kohal. Skandinaavia keskosas aga on selgunud veel suurem maapinna tõus.

Sääraseid nähtusi võib seletada ainult mandri aeglase tõusuga.

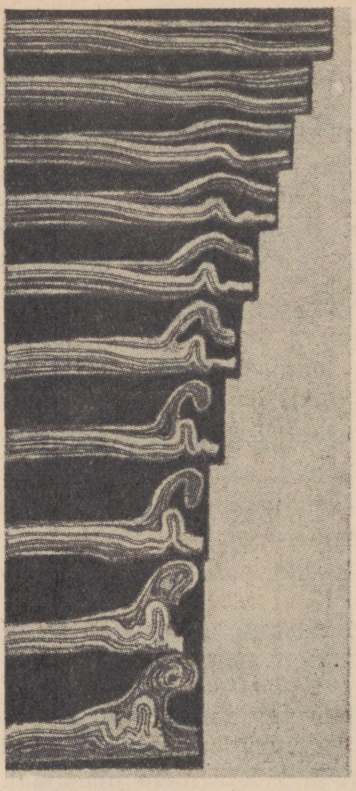
Teistel juhtudel, vastupidi, rand alaneb ja meri tungib maismaale. Näiteks täheldatakse seda nähtust Läänemere lõunarannikul, kus leidub üleujutatud metsi.

Mere pealetungiga seletuvad ka merepõhjast leitud ehitiste varemed, näiteks Krimmi läänekaldal ja Musta mere idakaldal.

Mõnel juhul on kõikumised perioodilised ja isegi igivanal ajal on maa-alad vajunud mere tasemest madalamale ja uuesti üles kerkinud. Säärase vajumise ja tõusmise kujukaks näiteks on Napoli lahe rand. Seal rannas avastati Pozzuoli küla lähedal vulkaanilise tuhaga kaetud muistse templi varemed. Selle templi säilinud marmorsambad olid 6 meetri kõrguseni uuristatud kiviuuristajate meremolluskide poolt.

On täiesti ilmne, et koht, kus asetseb tempel, on selle ehitamisest möödunud kahe tuhande aasta jooksul vajunud umbes 6 meetri sügavusse vee alla ja sellal puurisidki kiviuuristajad templi sambaisse auke.

Samasugune nähtus esines Kaspia rannikul Bakuu piirkonnas. Seal kerkisid Bakuu lahest veepinnale araablaste poolt



Joon. 43. Maakoore järkjärguline kokkutõmbumine mägede tekkimisel.

keskajal ehitatud kindluse seinad ja tornid. Saar, millele see kindlus oli ehitatud, jõudis tuhande aasta jooksul vajuda merepinna alla ja uuesti üles kerkida.

Norra rannikul on selgesti näha viit muistset rannajoont. Need on mereastangud, s. t. murdlainete poolt väljaraiutud kümnete meetrite laiused väljakud. Aleasundi piirkonnas tõusevad astangu hiiglasuured astmed tähelepanuväärsele kõrgusele merepinnast, kusjuures astangu alumine aste on ainult mõne meetri kõrgusel üle veepinna. Praegu aga uhuvad murdlained uut astet. On ilmne, et see rand tõuseb.

Norra ranniku mereastangute asetus tõestab, et mõnekümne tuhande aasta jooksul on Lõuna-Norra rannikuosad vee alla vajunud ja hiljem uuesti praegusele tasemele tõusnud. Võib-olla on sealsel rannikul esinenud koguni perioodilisi kõikumisi.

Näited ranna kõikumisest Napoli lahes ja Bakuu lõhangus, Norra ja Krimmi rannikul tunnistavad, et tahke maakoor pole liikumatu: mõnes kohas ta vajub, teisal aga tõuseb. See on Maakera pinnal täheldatavaist nähtustest üks märkimisväärsemaid, millel on tohutu tähtsus Maakera elanikkonnale.

Samalaadseid nähtusi peab toimuma ka teiste planeetide pinnal. Laialdased tasandikud Kuul, mida astronoomid nimetavad „meredeks", kujutavadki endast tegelikult Kuu pinna vaju-

mikke. Merede ääres aga tõusevad vahel kõrgele pikad kõrgmägede ahelikud. Kogu Kuu pind on lõhestatud sügavate ja laiade pragudega.

See kõik räägib Kuu koore suurtest kõikumistest. Kuul ei ole vett ja nende kõikumistega ei kaasnenud üleujutused. Ent Kuu koore lõhenemine pidi põhjustama sääraseid kuuväringuid, milliseid me ei tunne Maakeral. Et selles veenduda, piisab hiigellõhe vaatamisest, mida hüütakse „püstseinaks". Kui Kuu koor piki seda „seina" vajus, pidi olema tunda kohutavat tõuget.

Jäätumised Maakeral ja planeetidel.

Mitte ainult vedel vesi, vaid ka tahke jää võib katta terveid maa-alasid. Perioode, mil jää on kuhjunud mingile maa-alale, nimetatakse jää-ajastuiks. Meie päevil elab üle jää-aega Euroopa ja Ameerika vahel asuv hiiglasuur saar — Gröönimaa —, mis oma ulatuselt kujutab endast peaaegu mandrit. See maa on kaetud reljeefse jääkilbiga, mille paksus tema keskosas ei lange alla kilomeetri. Jää alla on mattunud orud ja mäed, mille tipud mustade kaljudena kerkivad jääkõrve kohal. Jää nihkub pikkamisi ookeani ranniku poole. Hiiglasuured rahnud murduvad lahti ja ujuvad jäämägedena ulgumerele. Jäämäed kujutavad endast terveid jääst mägesid, mis ulatuvad 100 meetrini üle merepinna ja 800 meetri sügavusse vee alla.

Teadlased on leidnud kõikjal Euroopa ja Aasia põhjarannikul sellise jäätumise jälgi, mida praegu Gröönimaa üle elab. Kunagi laskus jää Skandinaavia ja Koola poolsaare mägedelt ja nihkus mööda tasandikke kaugele lõuna ja kagu poole. Samuti nagu praegused mäestiku jääliustikud kannavad oma pinnal tohutuid kivihunnikuid, kandis ka muistne jääliustik endaga kaljurahne, mis püsivad tänapäevani. Hiigla kaljurahnud, mida võib näha Moskva ümbruses, võiksid olla ainult jääliustikkudega kaugelt põhjast siia kantud. Kõikjal Moskva

ümbruses leiduv kivide ja kiviprügiga segatud savi pärineb samuti jääliustikest, mis hõõrusid peeneks oma kivise sängi ja muutsid teele sattuvad kivid liivaks.

Enne jääajastut valitses Lääne-Euroopas ja ka meie maal peaaegu troopiline kliima. Siin elasid paksunahalised imetajad, kes olid praegusaja elevantide sugulased, ja teised troopikaloomad. Kui põhja poolt hakkas jää peale tungima, surid need loomad välja. Kümnete aastatuhandete kestel muutus kliima kord soojemaks, kord külmemaks. Jää kord taandus, kord tungis taas edasi. Umbes 30 tuhat aastat tagasi jäi lõpuks püsima praegune kliima. Jää mandril taandus ja sulas, kuid soe kliima, mis valitses Euroopas enne jää-ajastut, pole veel tagasi tulnud.

Planeedi pinna jäätumine sõltub tema keskmisest aastatemperatuurist. Marsil, kus keskmine temperatuur on palju madalam Maakera temperatuurist, peaksid olema tekkinud küllaldase veehulga olemasolul püsivad jääliustikud.

Päikesest määratus kauguses asuvad suured planeedid on lausa jääladened. Niisiis Jupiteril, kus temperatuur ei tõuse kõrgemale —150 kraadist, peaks vesi lasuma planeedi pinnal alatise jääkoorikuna, mida mööda voolavad vedela ammoniaagi (gaas, mille vesilahust nimetatakse nuuskpiirituseks) jõed, mis on sadanud planeedi atmosfääris hõljuvaist ammoniaagipilvedest.

Päikesest veel kaugemal asetsevail planeetidel Uuranil ja Neptuunil on aga nii kohutav pakane, et isegi gaasid peavad nende pinnale langema valge lumekihina.

Maaväringud.

Peale aeglaste, tähelepandamatute, sajandeid kestvate kõikumiste esineb maakoores veel tõukeid ja põrumisi, mis kanduvad tohutuisse kaugustesse. Maakoore nõrku põrumisi me tavaliselt ei märkagi. Kuid erilised aparaadid märgivad säärased maakoore väringud sikk-sakkidena paberilindile. Vahel põhjus-

tavad põrumised aknaklaaside klirisemist, kiviehitiste seintes krohvi varisemist ja pragude tekkimist.

Mis põhjustab maaväringuid? On selgunud, et suurtesse kaugustesse levivad tõuked maakoores tekivad maakihtide nihete tagajärjel ühenduses mägede aeglase kerkimise protsessiga või maakoore suurte tükkide sisselangemise puhul lõhedesse.

Maakoore kurrud, mis moodustavad mägesid, kerkivad väga aeglaselt, kusjuures kerkimine ei toimu ühtlaselt, vaid tõugetena. Pinge maakoore kihtides koguneb järk-järgult. Kui ta ületab kiviladem ete vastupanu, toimub nihe. Kiviladem ed purunevad ja nihkuvad kõrvale: vajuvad alla või kerkivad üles. On täheldatud ka keerulisemaid nihkeid.

Neid tõukeid ja liikumisi nimetataksegi maaväringuteks. Kohta maakoore sügavuses, kus toimub masside järsk nihe, nimetatakse maaväringu koldeks. Ka vulkaaniliste pursetega kaasnevad sageli tugevad maaväringud, mis levivad aga võrdlemisi väikestele aladele. Nõukogude Liidus on Taga-Kaukaasia, Kesk-Aasia, Altai, Baikali-tagune ja Kamtšatka need tsoonid, kus esineb sageli tugevaid maaväringuid.

Maaväringutega kaasnevad mõnikord kohutavad purustused, mäelihked ja lõhede tekkimine maapinnas. 1923. aastal purunes maaväringu ajal Jaapanis täielikult Jokohama linn, kus hukkus 100 000 inimest.

1939. aastal oli tugev maaväring Lõuna-Ameerika läänerannniku mägedes, kus hukkus palju linnu ja asulaid, kuigi maaväring kestis ainult kolm minutit.

Maaväringu ajal ühed maapinna osad vajuvad, teised aga kerkivad. Esineb ka horisontaalseid nihkeid piki lõhesid, nagu näiteks 1906. aastal San Francisco maaväringu puhul.

Maaväringu poolt põhjustatud grandioosseim maapinna varisemine oli Murgabi jõe orus Pamiiris 1911. aastal.

Määratult tugeva maa-aluse tõuke mõjul varises terve mägi ja ummistas põiki kogu Murgabi jõe oru. Tekkis omapärane 600—700 meetri kõrgune pais. Varisenud kaljud katsid umbes

Joon. 44. Pärast maaväringut Hispaanias maapinda tekkinud praod.

16-ruutkilomeetrise maa-ala ja matsid tervenisti väikese Ussoi küla. Maaväring purustas viis küla.

Hiiglasliku tammiga paisutatud jõgi moodustas kõrgmäestiku järve. Kahe aasta pärast oli ta 26 kilomeetrit pikk ja suurenes üha. Varsti ujutas järv üle naabruses asuva Sarez'i küla, mille elanikud pidid kolima mujale. Sellelt külalt järv saigi oma nimetuse.

1914. aasta algul hakkas järve vesi vähehaaval nõrguma läbi kivikildude mäe, mis oli ummistanud jõeoru. Veenired voolasid endisse jõesängi ja liitusid ojaks. Ent vee juurdevool teispool ummistust oli tublisti suurem. Järv aina kasvas. Kahekümne aasta jooksul tõusis ta pind 140 meetri võrra ja järve pikkus ulatus 60 kilomeetrini. Praegu on järve sügavus mõnes paigas üle 500 meetri. See on sügavaim järv, mis kunagi on tekkinud jõeoru ummistuse tulemusena.

Kogu seda tohutut veemassi hoiab kinni Ussoi ummiku kõrge „pais". Kuid aegamööda murrab vesi endale üha laiema tee läbi kivide ja kildude hiigla massi.

Vulkaanilised pursked Maakeral.

On teada, et Maakera sisemuses temperatuur tõuseb. Sügavates kaevandustes on suvel ja talvel ühtemoodi soe. On kaevandusi, kus temperatuur tõuseb 35—40 kraadini. Sügavamais kaevandustes on veelgi kuumem. 3500—4000 meetri sügavuste pragude põhjas vesi keeb ja muutub auruks. Vaatlustel selgus, et kivimite temperatuur tõuseb keskmiselt ühe kraadi võrra süvendi iga 30—33 meetri kohta.

Tähendab, 50—60 kilomeetri sügavusel Maa sisemuses on kivimite temperatuur +1500 kuni 2000 kraadi, millises kuumuses nad peavad sulama.

Seepärast oletataksegi, et Maakera tahke kivikoore all asetseb kivimasside sulanud kiht, mis on küllastunud gaaside ja aurudega ning mida nimetatakse magmaks.

Eraldades gaase ja aure muutub Maa pinnale kerkinud

Joon. 45. Tegutsev vulkaan Kljutševski Kamtšatkal.

magma laavaks, mis vulkaaniliste pursete ajal välja valgub.

Vulkaanide pursked tekitavad Maakera elanikele palju viletsust: nad hävitavad seemendatud põllud, viinamäed ja puuviljaaiad, purustavad ja matavad tuha, kõntsa või laava alla terved linnad, hukkub tuhandeid ja kümneid tuhandeid inimesi. Nõukogude Liidus võib vaadelda vulkaanilisi purskeid Kamtšatkas, kus on palju vulkaane. Näiteks üks neist, Avatšinski väike vulkaan, mis oli kustunud umbes kakskümmend aastat, ärkas korraga 1926. aasta märtsis. Ta tipu kohale kerkis hiigla sammas musta suitsu, mille kuju kiiresti muutus, sarnanedes kord kapsa kuurmelehtedega, kord seenega, kord männiga. Kaotamata ühendust vulkaaniga hõljus ta aeglaselt ookeani poole, venides 50 kilomeetri pikkuseks.

Siis toimus gaaside plahvatus. Õhku lendas punaselt hõõguvaid kive ja laavajugasid, mis paistsid eemalt tulesambana. Nad paiskusid laiali vulkaanipommide ja -kivide sätendava ilutulestikuna ja sadasid vihmana mäenõlvadele. Kajas lakkamatu mürin ja ragin.

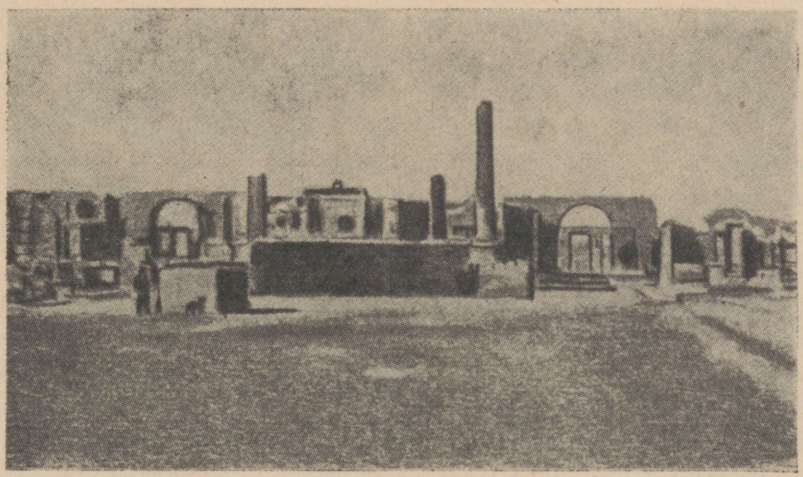
Kui leek kustus, võis vulkaani kohal näha gaasisammast, mis tõusis 17 kilomeetri kõrgusele ja mida läbistasid välkude tulised sikk-sakid.

„Järgmisel päeval vulkaan suitses nagu tavaliselt ja võinuks arvata, et ta on rahunenud, ent korraga lõi vulkaani kraater leegitsema. Hõõguvvedel laava kerkis üles ja täitis kraatri. Ta paiskus üle äärte ja voolas laiali katkematu jõena. Laskudes hargnes ta allapoole sööstvaiks üksikuiks harudeks. Vulkaani nõlval avanes 160 meetri pikkune ja vähemalt 16 meetri laiune valges tules helkiv pragu."

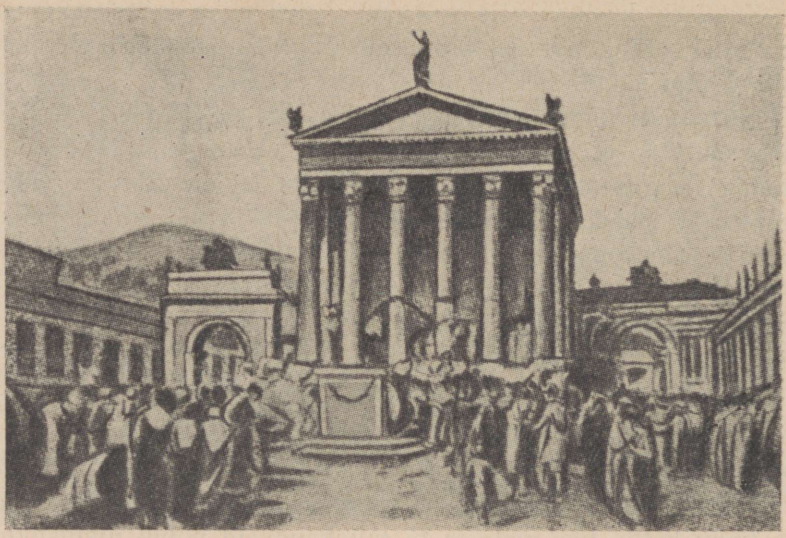
Säärane on vulkaanilise purske tavaline pilt.

Lõuna-Itaalia lääneranniku ja lähedastel saartel on palju tegutsevaid vulkaane. Neist tuntuim, Vesuuv, asetseb umbes kümme kilomeetrit Napolist ida poole.

Meie ajaarvamise algul näis Vesuuv veel tavalise mäena. Ta tippu kattis tihe mets ja ta viljakandvaid nõlvu ulatuslikud viinamarjaistandikud ja aiad. Vesuuvi läheduses oli mitu tolle aja kohta küllaltki suurt linna. Ja äkki täiesti ootamatult



Joon. 46. Jupiteri templi varemed Pompejis (pärast väljakaevamist). Templi hävitas Vesuuvi purse.



Joon. 47. Jupiteri tempel Pompejis (restaureeritult).

ärkas Vesuuv (see oli 79. aastal meie ajaarvamise järgi). Ta ümbruses tekkisid maaväringud. Kohutav plahvatus viis minema mäe tipu. Mulla ja kivitükkide pilv varises viinamägedele ja aedadele. Väljapaisatud vulkaanilise tuha hulk oli nii suur, et mattis enda alla vulkaanist mõne kilomeetri kaugusel asetseva Pompeji linna. Et purskega kaasnes kohutav vihmavaling, tekkisid tormavad porijõed, mis ümbruse üle ujutasid. Peale Pompeji hävisid veel Herculaneumi ja Stabiae linn, hulk asulaid ja üksiktalundeid.

Kui katastroof möödus, kuivasid porijõed ja õitsvate linnade, viinamägede ja aedade asemel laius lage tasandik. Aegamööda kattus linnade hukkumispaik taimestikuga ja inimesed unustasid katastroofi, asusid uuesti Vesuuvi lähedusse ning rajasid jälle viinamarjaistandikke ta nõlvadele.

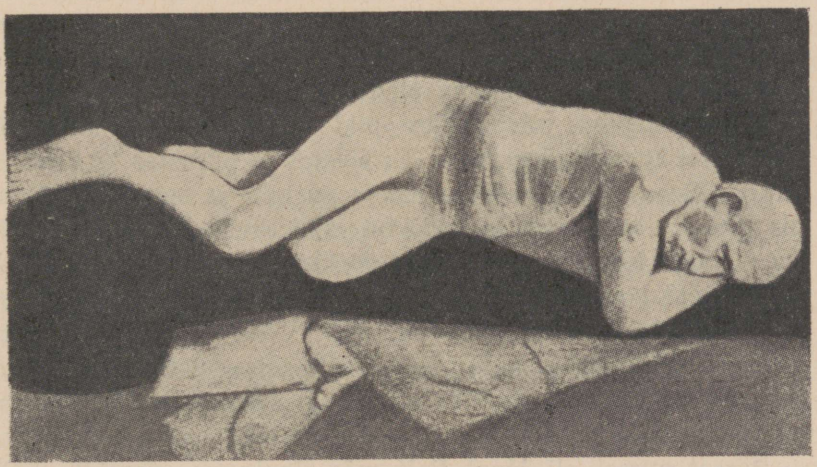
XVIII sajandi algul sattusid Itaalia talupojad kaevu kaevamisel marmorkujule. Kui alustati väljakaevamisi, siis avastati terve linn pooleldi purustatud ehitistega, ümberpaisatud kujude

ja sammastega, sõiduteedega, purskkaevude ja majadega. Väljakaevamised kestsid väga kaua ja nende tulemusena leiti hulgaliselt söögi- ja keedunõusid, mitmesuguseid majapidamistarbeid ja hästi säilinud seinamaale. Need võimaldasid täieliku kujutluse saamist Rooma linnade elust meie ajaarvamise algul.

Vulkaane võiks pidada Maakera kaitseventiilideks: kui gaaside surve ta põues ülemääraselt suureneb, murrab see surve läbi ummistuse maakoore kanalis ja gaasid võivad väljuda maapinnale.

Mõnedes vulkaanides ei katke kunagi maa-aluste masside ühendus Maakera pinnaga ja kraatris on alati hõõguvvedela laava järv.

Vaikses ookeanis Havai saarel on Mauna Loa vulkaan, mille nõlval on säärane kraater — Kilauea. Vedel laava selles sisaldab vähe gaasi ja valgub rahulikult üle kõrge järsu valliga ümbritsetud kraatri ääre. Kraater Kilauea on neljakilomeetrise läbimõõduga sügav lohk, mille edelapoolse serva põhjas on teine, samuti püstloodis seinte ja umbes 800-meetrise läbimõõduga süvend, kus asetsebki vedela laava rahulik järv.



Joon. 48. Vesuuvi purske ajal hukkunud gladiaatori laip, mis leiti Pompeji väljakaevamistel.

Geoloog professor A. P. Pavlovi kirjelduse järgi on selle tulikuuma järve pind kaetud õhukese tinahalli koorega, mille praokeste vahelt helgib hõõguvvedel mass. Vahetpidamata tõusevad ta kohal õhku 30 meetri kõrgused tulised fontaanid. Järve pinna tõustes voolab laava üle kraatri äärte. Hangunud laavakihid kõrgendavad pikkamööda kraatrit ümbritsevat sõrmusetaolist valli. Vahel nihkub vallile ka järve katva tahke koore tükke, mis kuhjuvad üksteisele nagu kivid katusel.

Peale Vesuuvi ja Kilauea tüüpi vulkaanide tuntakse veel sääraseid, millede laava on niivõrd sitke, et ummistab väljapääsukanali. Niisugune vulkaan suleb kauaks väljapääsu maaalustele gaasidele, millede surve aga üha suureneb, kuni lõpuks toimub kohutav plahvatus.

Mainitud nähtuse näitena võiks tuua Martinique'i saarel Mont Pelé tulemäe purset. Seda vulkaani peeti kaua aega kustunuks. Kuid käesoleva sajandi algul avaldas ta tegevuse tunnuseid: tekkisid kerged maapinna väringud, mäe tipu kohale tõusid aurud, pragudest hakkas eralduma lämmatavaid gaase.

Kauase tegevusetuse jooksul oli tekkinud vulkaani tippu järv. Kui tekkis purse, siis tuha ja mullaga segunenud järvevesi ujutas üle mäejalal asetseva suhkruvabriku koos töölistega. Ent see oli alles puhkeva katastroofi algus, mis puhkes kolme päeva pärast. Kostis kohutav plahvatus ja kraatri kohale ilmus kerakujuline pilv, mis laskus piki mäenõlva alla, kasvades samal ajal kiiresti kõrgemaks. Ta põletas ja purustas kõik teelesattuva. See oli gaaside ja aurude segu tuha ja suurte kividega, mis tormas laviinina otse vulkaani jalal asetseva Saint-Pierre'i linna poole. Kogu linna elanikkond hukkus, ehitised purunesid ja mattusid kivide ning tuha alla. Peale ühe hukkusid isegi kõik aurikud ja laevad sadamas.

Nagu selgus hukkunud linna väljakaevamistel, oli olnud linna kattev mass nii tuline, et puu momentaanselt ära põles, klaasasjad aga pehmusid ja kaotasid kuju.

Pärast purset oli Mont Pelé mäe tipul paks gaaside poolt väljasurutud hangunud sitke laava sammas, mille kõrgus ulatus umbes 150 meetrini.

Lõpuks on teada veel purskeid, mis kujutavad endast maa alla kogunenud gaaside kohutavaid plahvatusi ilma laava ilmumiseta.

Niisugune purse toimus 1883. aastal India ookeanis Krakatau saarel. Plahvatus rebis tükkideks kaks kolmandikku saarekesest, mille asemele tekkis 300 meetri sügavune meri. Vulkaan paiskas gaasid koos tuhaga mõnekümne kilomeetri kõrgusele. Meri kattus paksu tuhakorraga. Peene tolmu pilved tõusid kõrgeisse atmosfäärikihtidesse ja lendasid ümber kogu Maakera.

Vulkaaniliste pursete põhjuseks on Maa sügavuses oleva magma eriolukord, mille temperatuur on väga kõrge ja mis gaasidega küllastunult asetseb tuhandetesse atmosfääridesse küündiva hiigla rõhu all. Magma on võimeline kiiresti liikuma ja külmadest kivimikihtidest läbi tungima, ainult tahke maakoore vastusurve hoiab teda rahulikus olekus. Ent maakoores olevate lõhede tsoonides murravad gaasid mõnikord endale väljapääsu maapinnale ja rõhk magmale langeb. Siis hakkab laava keema, eraldades määratul hulgal mööda kanalit maapinnale tungivaid gaase ja aure, mis kisuvad kaasa hõõguvvedela massi. Maa geoloogilises minevikus oli vulkaanilistel nähtustel palju suurem tähtsus tema pinna muutumisele kui meie päevil.

Laava voolas maakoore pikkadest ja laiadest pragudest välja ja kattis suuri maa-alasid. Siberis, Indias ja Taga-Kaukaasias on sadu tuhandeid ruutkilomeetreid kaetud hangunud laavaga.

Praegusajal on maakoor muutunud palju paksemaks ja temas ei teki enam sääraseid lõhesid, mille kaudu suured laavamassid võiksid välja valguda. Ainult Islandi saarel on veel tänapäeval märgatud selletaolist purset mõnekümne kilomeetri pikkuse prao kaudu.

Kuid ka ühe keskse väljapääsukanaliga vulkaanide pursked on põhjustanud suuri muudatusi Maakera pinnal. Huvitavat pilti sääraste pursete mõjust võib näha Põhja-Ameerika Kaljumägede vulkaanilises piirkonnas. Jõe poolt uuristatud kuristiku kallakus paljastub viisteist massiivset tuhakihti, milledest igaühes on näha tuha alla mattunud metsa suuri puutüvesid. Viis-

teist korda kasvas tuhakihil üles mets, et vulkaani purske tagajärjel taas mattuda.

Vulkanismi jäljed Kuul.

Muidugi toimusid ja toimuvad vulkaanilised nähtused ka teistel universumi kehadel. Maakera satelliit Kuu oli kauges minevikus võimsate vulkaaniliste jõudude tegevuse areeniks.

Nüüd on Kuu juba niivõrd jahtunud ja paksu tahke koorega ümbritsetud, et tuli ei jõua enam sellest läbi murda ja me ei märka kunagi Kuu pinnal vulkaanilisi purskeid. See-eest näeme aga pikksilmaga seal kümneid tuhandeid igaveseks kustunud vulkaane. Ühed neist on teravmägede taolised, tassikujulise süvendiga tipus, ja nad sarnanevad kõigiti Maakera praeguste vulkaanidega. Kui oleks võimalik Kuu pealt vaadelda Vesuuvi, siis paistaks see samasuguse mäekesena.

Tuhandetena Kuu pinda katvad rõngasmäed ei sarnane Maakera mägedega. Need on Kuu kraatrid, mis kujutavad endast väljapoole lausikut ja sissepoole järsult allalangevat rõngakujulist valli nagu Kilauea ehk Mauna Loa kraater Maakeral.

Kuu rõngakujuliste kraatrite keskkohas kerkib sageli ta tasaselt pinnalt koonusetaoline küngas. Rõngakujulise kraatri põhi on peaaegu alati teda ümbritsevast maapinnast tunduvalt madalam.

Paljude rõngaskraatrite läbimõõt on kümneid ja mõnedel isegi sadu kilomeetreid. Sääraste kraatrite sisemusse mahuksid Maakera suurimad linnad ja mõnedesse isegi terved väikesed riigid.

Nagu Maagi, oli algul ka Kuu sulanud hõõguvvedela aine kera. Kiirates soojust maailmaruumi, kattus ta tahke koorega. Õhuke koor ei suutnud algul ohjeldada Kuu sisemuse hõõguvvedelat ainet, mis tungis koorest läbi pinnale ja moodustas laavajärvi. Aeg-ajalt tõustes valgus laavat kaldaile, kus ta jahtudes kujundas rõngasvalli, nagu näeme seda Havai saare tulemägedel.

Laava väljavalgumine alandas hõõguvvedela järve pinda.

Kui siis laava kattus tahke koorega, osutus Kuu kraatri põhi tunduvalt madalamaks kraatrit ümbritsevast tasandikust.

Kuid harukordadel võis laava hanguda ka sellal, kui ta täitis kraatrit valli servani. Siis pidi kujunema lausik kõrgendik. Kuul leitigi niisugune kiltmaa. Ilmselt kujutab see endast rõngakujulist kraatrit, mis on ääreni täis hangunud laavat. See lame mägi on ümberlükkamatuks tõendiks arvamusele, et rõngakujulised vallid on kunagi tegevuses olnud vulkaanide kraatrid.

Ent kraatri hangunud põhja all võis säilida tahke koore purustamiseks piisavalt gaase. Siis toimus purse keskkanalist, mille tulemusena kuhjus keskelasetsev räbuküngas, mis sarnaneb koonusekujuliste Vesuuvi tüüpi vulkaanidega Maakeral.

On väga võimalik, et ka Maakeral toimusid kunagi samasugused nähtused, kusjuures tekkisid rõngakujulised kraatrid. Kuid Maakeral hävisid nende kraatrite vallid maakoore kivimeid purustava õhu ja vee toimel. Kuul aga ei saanud seda juhtuda, sest seal pole ei õhku ega vett.

Vulkaanilised pursked Päikesel ja tähtedel.

Vulkaanilisteks purseteks võiks pidada ka Päikesel täheldatavaid hõõguvtuliste gaaside purskeid. Täieliku päikesevarjutuse ajal plahvatavad äkki päikeseketta äärtelt otsekui tulekeeled — protuberantsid. Spektroskoobilistel uurimustel nähtus, et need on Päikese sisemusest väljapaiskuvad hõõguva vesiniku ja teiste gaaside massid. Gaasid ja metallide aurud tõusevad Päikese pinnalt sadade tuhandete kilomeetrite kõrgusele. 50—70 kilomeetrist mitte kõrgemale ulatuvad Maakera gaasipursked on nendega võrreldes tähtsusetud.

Gaasipursete kõrgus Päikesel on seda imetletavam, kui arvestada raskustungi erinevust Päikese ja Maakera pinnal. Keha, mis kaalub Maakeral üks kilogramm, kaaluks Päikesel 28 kilogrammi. Kui raskustung Maakeral oleks niisama suur kui Päikesel, siis meie vulkaanid suudaksid paisata gaase ja peenikest tuhka ainult kahe-kolme kilomeetri kõrgusele. Päike aga paiskab gaase sadu tuhandeid kordi kõrgemale.

Sääraste kohutavate plahvatuste võimalus Päikesel seletub ainete tohutute temperatuurivahedega Päikese sisemuses ja ta pinnal. Sellal kui Päikese sisemuses ainete temperatuur tõuseb mõne miljoni kraadini, on Päikese pinnapealsete kihtide — fotosfääri temperatuur ainult +5000 kraadi. Päikese sisemuses valitseval temperatuuril pole enam keemilisi elemente. Aatomid lagunevad osiseiks. Aine Päikese sisemuses peab olema harukordselt elastne ja plahvatav. Isegi Päikese pinnatemperatuuri tasemeni jahtudes annab see elementaarosakeste „gaas" aurutaolises olekus elemente.

Murdes külmemate kihtide vastupanu Päikese pinnal, lendavad hõõguvad „gaasid" ta sisemusest maailmaruumi, liikudes sadu kilomeetreid sekundis. Päikese sisemusest paiskunud gaaside tohutu kiirus seletub ainult Päikese põues valitseva harukordse survega.

Väljapaiskunud gaaside ruumala ületab tuhandeid kordi Maakera ruumala. Päikese vulkaaniliste gaasipursetega võrreldes on maapealse vulkanismi jõud täiesti tühine. Aga mõnede tähtede aine grandioossete plahvatustega võrreldes on Päikese protuberantsid tuliste gaaside väikesed purskkaevukesed. Maailmaruumis täheldatakse tähti, mis kord heledalt süttivad ja siis jälle nõrgemaks muutuvad. Heleduse muutused toimuvad rangelt kindlail perioodidel ja neid tähti nimetatakse muutlikkudeks tähtedeks ehk tsefeiidideks.

Spektroskoobilised vaatlused näitavad, et säärase tähe süttides lendavad Maakera suunas hõõguvad vesinikumassid, tähe tuhmudes aga eemalduvad gaasi-massid Maakerast.

Seda nähtust võib samuti pidada vulkanismi rangelt perioodilise iseloomuga avalduseks.

Lõpuks on ka „uue" tähe süttimine „valge kääbustähe" grandioosne plahvatus, mille massis toimub aine lagunemine (nn. ahelreaktsioon, mis algab ühes kohas ja levib kogu tähe massile). Seejuures muutub tunduv osa tähe massist vesinikuks, heeliumiks ja lämmastikuks, moodustades uue gaasilise udukogu, mille keskmes asetseb tähe aine lagunematu jääk.

Sellised on vulkanismi avaldused universumis.

Päike — elu allikas.

Prof. S. D. Balahhovski.

Muistsed egiptlased pidasid helendavaid taevakehi jumalaiks. Üks peajumalaist nende hulgas oli päikesejumal — suur Re. Teda kujutati pistriku peaga inimesena või laialiminevate kiirtega ringikesena. Märgiks, et see jumalus annab toitu inimestele ja loomadele, kujutasid egiptlased ta kõrval viljakandvaid kõrsvilju, ja otsekui tahtes öelda, et päikesejumal on elu allikas, joonistasid nad ta kõrvale veel kaks tulekeelt.

Mõned aastatuhanded tagasi elanud egiptlased ei tundnud keemiat ega füüsikat, neid teadusi polnud sellal veel olemas. Ent juba noilgi kaugeil aegadel inimesed taipasid, et Päike on elu allikas.

Tänapäeval pole raske tõestada, et Päikeseta on elu võimatu ja et kogu energia, mille elusolendid kulutavad oma elutegevuse avaldusteks, saadakse otsesel või kaudsel teel Päikeselt.

Kui vaatleme kiiresti voolavat jõge, siis mõtleme sellal kõige vähem Päikesele. Aga just Päike ongi tõstnud õhku veeaurud, millest kujunesid pilved. Pilvedest sadas vihma ja lund. Külmadele mäetippudele kogunes palju lund ja jääd, millest tekkisid jääliustikud. Need jääliustikud toidavad lugematuid ojakesi, ojadest aga moodustuvad jõed.

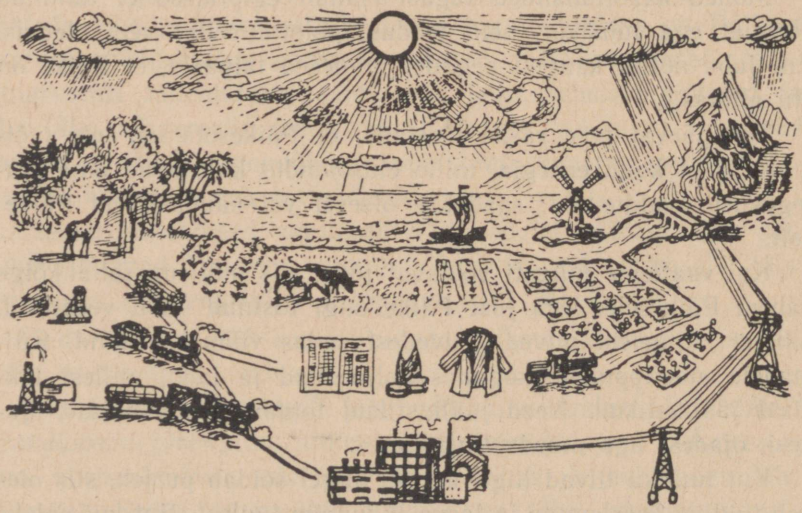
Kui tuuliku tiivad liiguvad või merel sõidab purjek, siis oleneb tuuliku keerlemine ja laeva liikumine tuulest. Ent kui poleks Päikest, siis poleks tuultki: päikesekiired soojendavad atmosfääri ja panevad õhukihid liikuma. Õhu liikumine aga ongi tuul.

Joon. 49. Re — muinasegiptlaste päikesejumal.

Maapinnalt pealepoole pilvi kihutava lennuki paneb liikuma mootoris põleva bensiini energia. Bensiini saadakse naftast, mis sisaldab kunagi päikesekiirte toimel kasvanud ja arenenud loomade ning taimede jäänuseist koosnevaid aineid.

Pikka, raske koormaga raudteerongi veab vedur, mille ahjus põlevad puud või kivisüsi. Kuid puud kasvasid päikesekiirte mõjul ja kivisüsi on mullakihtide vahel õhu juurdepääsuta söestunud muistsete taimede jäänused.

Elektrigeneraatorite energia tekib turba, puude, kivisöe või nafta põlemisest elektrijaama ahjus. Kui aga elektrivool saadakse langeva vee energiaga pöörlevaist hüdroelektrijaama turbiinidest, siis teame juba,



Joon. 50. Tuul, vihm, kasvav puu, pead loov nisu, vedur, mille ahjus põleb nafta, ja tehas, mis tarvitab kivisütt — kõik see on Päikesest tuleva kiirgusenergia realiseerimine. Kogu meie elu ja kultuur peatuks, kui kustuks Päike.

et vee liikumine on Päikese tegevuse tulemus. Kui teie laual põleb elektrilamp, siis õigupoolest on sellegi valgus pärit Päikeselt, kujutades endast Päikese vangistatud energia vabastamist.

Kui aga Päike ootamatult kustuks, siis poleks enam tuult, poleks udu ega lund, temperatuur langeks nii madalale, et keemilised protsessid muutuksid võimatuks ja elu Maakeral peatuks.

Mis on Päike?

Päike kujutab endast määratu suurt kera, mille ruumala on Maakera ruumalast 1 300 000 korda ja kaal 324 000 korda suurem. Päikese pinnatemperatuur ületab tunduvalt selle temperatuuri, mida me võime saada kõrgahjudes ja laboratooriumides, s. t. mitte alla 6000 kraadi.

Iga ümbritsevast keskkonnast rohkem soojenenud keha eraldab soojust — kiirgusenergiat. Selles võime kergesti veenduda ahju ust avades. Isegi kui ahjus pole enam leeki ja on jäänud ainult tuline tuhk, tunneme ikkagi sooja hõngu. Ent katke nägu paberilehega, ja selgub, et soojus ei tungi kohe läbi paberi. Nähtamatute soojuskiirte teele on asetatud takistus. Kiired ei mõju enam meie nahale. Me ei tunne neid enam, ei aisti neid.

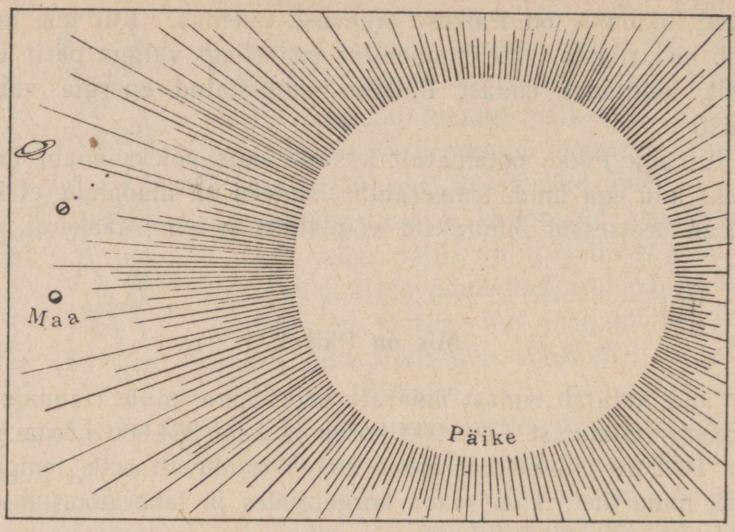
Kuidas tuleb aga kustunud ahjust veel sooja?

Mitte ainult hõõguvad söed ja tuhk, vaid ka ahju soojenenud seinad eraldavad silmale nähtamatuid soojuskiiri.

Kui sõed, metall või mistahes aine on hõõguvtuline, siis saadab ta välja ka nähtavaid valguskiiri. Näiteks kiirgab elektrilambi hõõguv peenike traadike üheaegselt nii valgus- kui ka soojuskiiri.

Päikesest kui eriti kuumast kehast väljuvad nii nähtamatud soojus- kui ka nähtavad valguskiired. Läbinud 150 miljonit kilomeetrit õhutut ruumi, saabuvad need kiired Maakerale.

Koos valguskiirtega saadab Päike meile veel ultravioletseid ehk keemilisi kiiri. Ka need on silmale nähtamatud nagu soojuskiiredki. Neid nimetatakse seepärast keemilisteks, et nad



Joon. 51. Päike saadab oma energiat igasse külge. Väike Maakera saab sellest ainult tähtsusetu osa.

avaldavad suurt mõju meie planeedil toimuvaile kõige mitmekesisemaile keemilistele protsessidele. Neid kiiri kasutatakse ohtrasti arstiteaduses. Rohkesti ultravioletseid kiiri eraldavate eriliste elektrilampidega kiiritatakse haigeid. Säärast lampi nimetatakse vahel „kunstlikuks päikeseks".

Planeetidevahelises ruumis ei takista miski või peaaegu miski kiirgamisenergia levimist. Kuid Maakera ümbritsev atmosfäär, s. t. õhk ja selles leiduvad tolmu- ja veeosakesed peavad kinni osa kiiri. Pilvedelt peegeldub tagasi maailmaruumi tunduv osa neile langevaist valgus- ja soojuskiirtest. Kuid ikkagi jõuab enamik päikeseenergiast maapinnale. Maapind soojeneb ja annab oma soojuse edasi temaga kokkupuutuvaile õhukihtidele, jahtudes aga hajutab õhk soojuse ruumi. Maakerale langevast päikeseenergiast kiirgub tunduv osa tagasi maailmaruumi ja läheb kaotsi, kuid teatav osa sellest peetakse siiski ajutiselt kinni. Ja see ongi kogu Maakera elu allikas.

Päikese tähtsus maakoore elus.

Päike soojendab Maakera erinevaid osi ebaühtlaselt. Poolustel on külm, troopikapiirkonnas palav; kõrgetel mägedel on igavene lumi, orgudes aga soe. Soojenenud õhk tõuseb üles, tema asemele aga voolab külm õhk. Sellest tekivad õhuvoolud ja tuuled.

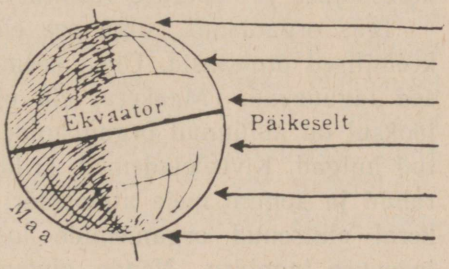
Meremehed tunnevad hästi troopikamail puhuvaid passaate. Need tuuled tekivad külmadest õhuvooludest, mis liiguvad külm- ja parasvöötmeist Maakera ekvaatori poole.

Passaattuuli kasutati meresõitudel enne aurumasinate ja aurikute leiutamist. Tuhanded purjekad liikusid siis purjedega. Nagu juba teame, on tuule liikumapanev jõud ainult päikesekiirte energia eri kuju.

Mereäärsete linnade elanikud teavad hästi, et päeval puhub tuul merelt kalda poole, öösel aga vastupidises suunas. Et päeval soojeneb maismaa merest kiiremini, tõuseb soe õhk maa kohal üles ja merelt voolab jahedam asemele. Öösel aga jahtub maismaa kiiremini kui meri ja külm õhk voolab mere poole, mille kohal tõuseb üles soe õhk. Nende perioodiliste tuulte liikumisenergia on samuti merd ja maad soojendavate päikesekiirte energia.

Päikese poolt soojendatavate merede ja ookeanide pinnal aurub vesi ja õhk küllastub niiskusega. Soojad niisked õhumassid tõusevad üles ja kanduvad kaugele. Õhu jahenedes niiskus tiheneb ja tekivad pilved. Väikesed udupiisad liituvad üksteisega ja muutuvad veetilkadeks. Sajab vihma.

Vihmavesi koguneb ojadesse ja jõgedesse.



Joon. 52. Päike ei soojenda Maad ühtlaselt. Kõik Maakerale langevad kiired ei anna ühesugust soojushulka: poolustele langevad kiired kaldu ja soojendavad vähem kui ekvaatoril.

Jõed voolavad järvedesse ja meredesse, Päike aga jätkab vee soojendamist ja aurustamist, küllastades õhku niiskusega.

Mägedest allavoolav vesi (vihmavalingud) ja ojade ning jõgede vesi omab suurt jõudu.

Mäestikujõed veeretavad hiiglakive. Ojad ja jõed ajavad veskites vesirattaid ringi ja panevad liikuma teradest jahu jahvatavad veskikivid.

Vee jõud paneb ringlema hüdroelektrijaamade turbiinid. Mehhaaniline liikumisenergia muutub niiviisi elektrivooluks.

Hüdroelektrijaamades kasutab inimene ainult tähtsusetut osa päikesekiirte energiast.

Isegi tulise sikk-sakina läbi äikesetaeva lõikuv välk on äikesepilvede elektrilaenguks muundunud päikesekiirte soojus.

Õhk ja vesi purustavad kivimeid; tuul, vihmavalingud, ojad ja jõed aga kannavad ning asetavad teisale purustamise saadusi: kruusa, liiva ja kõntsa. Merede ja ookeanide põhja kogunevad veest varisenud sadestised. Aja jooksul tekivad neist uued, nn. settekivimid.

Kõik need protsessid tulenevad sellest, et Päike soojendab maapinda. Allegooriliselt võiks neid nimetada maakoore „eluks".

Ent taimede ja loomadegi orgaaniline elu on samuti päikesesoojuse ja -valguse resultaat.

Igas organismis, olgu see elevant või mikroob, toimuvad keemilised protsessid. Ühed keemilised ühendid kujunevad, teised lagunevad. Maakeral elu olemasolu pikkade ajajärkude jooksul on kuhjunud organismide elutegevuse produktide tohutud hulgad. Kivisöelademed, kriidimäed, lubjakivi kihid, korallrahud ja koguni meie atmosfääri hapnik — see kõik on Maakeral elutsenud organismide loendamatute põlvkondade elutegevuse tagajärg. Nende elutegevus on aga päikeseenergia otsese või kaudse kasutamise tulemus.

Energia ja keemilised protsessid organismis.

Elusorganismis toimuvate keemiliste protsessidega kaasneb enamasti energia neeldumine või eraldumine. Elunähtused

kujutavad endast teataval määral keemiliste nähtuste või ainete muundumiste ahelikku. See toimub aineosakeste — aatomite ja molekulide vastastikuse mõjustuse teel.

Näiteks tekib väävli põlemisel terava lõhnaga väävligaas, mida kasutatakse puu- ja aedviljade desinfitseerimiseks; pärast säärast töötlemist säilivad nad hästi üle talve. Väävligaasiga hävitatakse ka elu- ja laoruumides parasiite ja putukaid. Väävli põledes ühineb selle üks osake kahe hapnikuosakesega. Selle keemilise protsessiga kaasneb soojuse, s. t. energia eraldumine.

Taimede lehed saavad vett ja süsihappegaasi. Veest ja süsihappegaasist moodustuvad suhkur, tärklis ja hulk teisi väga keerulisi aineid. See on näide säärasest keemilisest nähtusest, kus lihtsatest ainetest tekivad keerulisemad ained.

Kui võtta suhu tükike leiba ja hoida seda seal kaua, siis tekib suus kergelt magus maitse. See seletub leivas leiduva tärklise keerulise struktuuriga osakeste (molekulide) lagunemisega lihtsamaiks molekulideks. Need molekulid kujutavad endast suhkruosakesi, milledest koosneb tärklis. Süljes sisalduvate eriliste ainete mõjul laguneb tärklis ja see iseloomustab säärast keemilist protsessi, kus keerulistest ainetest tekivad lihtsamad.

Hingamine on organismide elutegevuse peamisi avaldusi ja sarnaneb põlemisega.

Põledes ühinevad ained kiiresti õhuhapnikuga, eraldades soojust ja valgust. Puutüki põledes ühinevad puu kudedes leiduv süsinik ja vesinik õhuhapnikuga. Süsiniku ühinemisel hapnikuga tekib süsihappegaas, kuna vesinik annab hapnikuga ühinedes vee (auruna), kusjuures eraldub palju soojust, mida võib kasutada õhu soojendamiseks toas või vee soojendamiseks katlas. Varem või hiljem see soojus siirdub kiirgusenergiana tagasi maailmaruumi.

Elusorganismis toimuvad alatiselt mitmesuguste „toitainete" põlemisega sarnanevad „hapendumis"-protsessid. Kuid hapendumisprotsess elusrakus erineb oluliselt põlemisest õhus: see toimub tunduvalt aeglasemalt ja temperatuur ei tõuse kunagi nii kõrgele kui õhus põlemisel. Kui paber või puu põleb õhus, siis lõpeb põlemine kiiresti. Põlemine ehk hapendumine toimub

organismis tunduvalt aeglasemalt ja lisaks põletab organism ainult niipalju ainet, kuipalju ta vajab.

Mõlemate protsesside, niihästi organismis hapendumise kui ka õhus põlemise lõpptulemused on enamasti ühesugused: nii muutub suhkru hapendumisel organismis kogu vesinik veeks, süsinik aga süsihappegaasiks. Kui põletada ahjus tükk suhkrut, tekivad samad ained.

Ent on ka sääraseid keemilisi protsesse, kus soojus ei eraldu, vaid neeldub. Niisugused protsessid saavad toimuda ainult sel juhul, kui ainete segu saab energiat väljastpoolt.

Näiteks laguneb vesi, kui lasta veeauru läbi hõõguvate süte. Seejuures läheb kaotsi osa süte soojust, nad jahtuvad. Kuhu kadus siis sütes olnud soojus? Nähtavasti kulus see vee lagundamiseks, s. t. vee hapnikuosakeste eraldamiseks vesinikust. Kuid selle energia võib saada tagasi, kui hapnik ühineb uuesti vesinikuga, näiteks lastes elektrisädeme läbi nende gaaside segu. Siis tekib vesi ja eraldub niisama palju soojust, kui kulus vee lagundamiseks.

Päikeseenergia osa organismide elus.

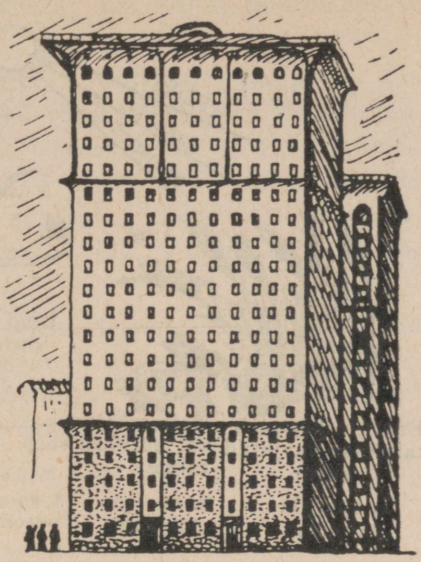
Võtkem teise näite: taim imab juurtega vett ja saab õhust süsihappegaasi. Neist lihtsaist ühendeist kujunevad suhkur, tärklis ja paljud muud keerulised ühendid. Kuid suhkru ja tärklise moodustumine süsihappest ja veest on võimalik ainult sel juhul, kui taim saab ka valgust ja soojust. Nende keemiliste protsessidega kaasneb energia neeldumine. Siin esitatud näites on selleks energiaks Päikeselt meile saadetav energia.

Suhkru tekkimisega taimes kaasneb energia neeldumine. Kui aga suhkur hapendub organismis või põleb õhus, siis eraldub energia soojusena.

Aga mida võiks öelda kapis või laekas oleva suhkrutüki energia kohta? Energiat ei neeldu ega eraldu. On see siis hävinud? Muidugi mitte pole see kadunud, sest seda võib iga silmapilk päevavalgele tuua: piisab ainult suhkrutüki põlemisest või söömisest ja ta energia vabaneb — eraldub soojust.

Siit võime järeldada, et suhkru moodustumisel jäi ta tekkimisele kulunud energia varjatud olekus suhkruosakestesse, mistõttu sääraseil juhtumeil räägitaksegi seotud ehk varjatud energiast.

Iga elusorganism avaldab üsna mitmekesist elutegevust: kasvuprotsessis kogub organism ainet ja sellega seotud energiat ning kulutab seda tööd tehes ja liikudes. Mõned organismid (näiteks taimed) on võimelised püüdma ja kasutama päikeseenergiat, mida rohelised taimed keeruliste ainetena on kogunud.



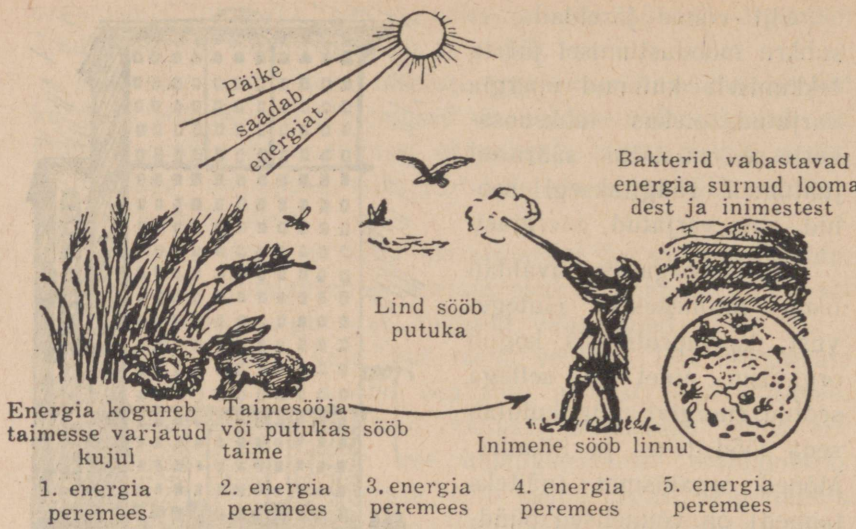
Joon. 53. Ühes suhkrutükis peituvast energiast piisab kolme inimese tõstmiseks selle maja katusele.

Inimorganismi kasv kestab teatava eani. Väikesest lapsest saab täiskasvanud inimene. Allikas, kust laps ammutab oma kehale ehitusmaterjali, on tema poolt vastuvõetud toit. Toiduained töödeldakse inimese organismis ja muudetakse ta keha kudedeks.

Toit, mida inimene sööb, on kas taimse või loomse päritoluga. Loomse päritoluga toit — piim, liha, rasvad, munad — on loomade poolt taimse toidu töötlemise saadus.

Taim võib areneda ja kasvada pinnasel, mis ei sisalda orgaanilisi ühendeid. Säärases pinnases leiduvad mineraalained sisaldavad väga vähe varjatud energiat, mida võiks vabastada. Ent niisugusel pinnasel täiskasvanuks arenenud taimekoed sisaldavad väga palju varjatud energiat, mida võib päevavalgele tuua ja vabastada, näiteks heinte, õlgede, puude jne. põletamisega.

Kust tuleb see energia?



Joon. 54. Päikeseenergia vahepealsed peremehed.

See energia on lõpptulemusena päikeseenergia modifikatsioon.

Taime varjatud energia kandjaiks on peaaegu kõik need ained, milledest on ehitatud nende koed. Suhkru, tärklise, tselluloidi ja valkude moodustumine toimub ainult käsi-käes energia kulutamisega. Sel viisil koguneb taimede kudedesse energiat.

Kui taimes toimub energiakulu nõudev protsess, siis saadakse see energia taimes sisalduva tärklise, rasvade ja teiste ainete põlemise arvel.

Taimi süües neelavad loomad alla toitaineisse kogunenud energia. Loomade organismis need ained kas muutuvad põledes energiaks või moodustavad uusi kudesid. Vastmoodustunud koed on samasugused energiakandjad nagu toitained. Näiteks on rasvkude nii loomadel kui ka inimestel varjatud energia tagavara.

Rasket füüsilist tööd tegev tüse inimene kõhnub, kulutab oma rasvatagavara, vabastab energia. Vabanedes, s. t. kuju muutes,

energia muundub lõpuks soojuseks, mis hajub ümbritsevasse atmosfääri.

Kaameli küürud kujutavad endast rasvakotte, panipaiku, kus säilitatakse energia, mida kaamel vajab pikkade ja raskete teekondade puhul läbi veetu kõrve. Pärast rasket ja kestvat reisu on need küürud tavaliselt kokku kuivanud — loom on oma tagavarad ära kulutanud. Aga niipea kui kaamel satub soodsamatesse tingimustesse, hakkab ta jälle koguma rasvatagavarasid ja ta küürud ennistuvad.

Päikeseenergia on läbinud esimese peremehe — taime, ja jõudnud teise peremeheni — loomani, kes seda tagavara ajutiselt endas säilitab. Loomasaadustest toituv ja uut energiat omandav inimene on niimoodi kolmandaks peremeheks.

Aga peamiseks energia allikaks loomadele ja inimestele on taimed.

Taimed koguvad ja säilitavad päikeseenergiat.

Rohelised taimed koguvad päikeseenergiat. Ja nagu näeme, kasutavad seda energiat ka teised Maakeral elutsevad organismid.

Roheliste taimede ja lehtede rakud on rikkad värvaine ning klorofülli poolest. See on väga keeruline ühend ja ta keemiline koostis meenutab mõnes suhtes veres leiduvat hemoglobiini. Klorofülli mõjul tekivad õhu süsihappest ja veest energiakülllased viinamarjasuhkru osakesed, mida nimetatakse ka glükoosiks.

Suhkru ja teiste selletaoliste ainete moodustumisel neeldub palju Päikese kiirgusenergiat. Nagu juba öeldud, vabaneb suhkru oksüdeerumisel kogu see varjatud energia soojusena või (loomadel) mehhaanilise energia kujul.

Klorofülli abil moodustunud ained kanduvad taime mahladega teistesse rakkudesse, kus oksüdeerub teatav hulk energiarikkaid aineid. Vallandunud energia kulub uute ainete moodustamiseks, mis on samuti energiakandjaiks.

Uuesti moodustunud ainete hulka kuuluvad rasvad ja valgud.

Valgud on äärmiselt keerulised orgaanilised ühendid. Peale süsiniku, vesiniku ja hapniku sisaldavad nad veel lämmastikku. Edaspidi näeme, kust taim saab lämmastikku. Mõningad valgud sisaldavad veel lisaks väävlit ja fosforit.

Nii loovad roheliste taimede rakud energiarikkaid ühendeid. Osa energiast kasutavad taimed oma isiklikeks vajadusteks, kuna ülejäänu pannakse varuna kõrvale. Eriti palju on tagavarasid seemneis, mida kasutavad noored võrsuvad taimed. Taime energeetilise tagavara näitena võib esitada sedasama tärklist, mis moodustab paljude kõrsviljade terades aine peamise osa, näiteks nisus ja rukkis. Teistel juhtudel on peamisteks energeetilisteks varudeks rasvad, mida tavaliselt nimetatakse taimeõlideks.

Kunagi aga ei kasuta taimed ise kogu nende poolt neelatud päikeseenergia. Suurema osa sellest energiast tarvitavad teised Maakeral elutsevad olendid, nende hulgas ka inimene.

Energia vabanemine.

Loomade ja taimede kehas peituv energia vabaneb varem või hiljem mitmesuguste keemiliste protsesside teel.

Peamised säärastest protsessidest on oksüdeerumisprotsessid. Neis protsessides lagunevad energiarikkad ained ja moodustavad lõpuks vee ning süsihappe.

Protsessi, milles energiarikkad ained happeid moodustades organismi rakkudes aeglaselt ära põlevad, nimetatakse hingamiseks, mille puhul vabaneb palju energiat.

Hingamisprotsessid on kõige iseloomustavamateks eluavaldusteks. Nad on väga mitmesuguse iseloomuga. Vahel nad teostuvad atmosfääri (õhu) hapniku, vahel vees lahustunud hapniku arvel[1]. Vahel teostub hingamine ka teiste ühendite

[1] Vees lahustub tavaliselt palju õhku ja järelikult mingil hulgal ka hapnikku.

koostisse kuuluva hapniku arvel, mistõttu elu on võimalik isegi ookeani suurtes sügavustes või tihedalt suletud nõudes, kus vesi ei sisalda lahustunud õhku.

Hingamine on iga elava raku vältimatu tunnus. Päikeseenergia kogujad, roheliste taimede klorofülli sisaldavad rakud, hingavad nii päeval kui ka öösel. Pealegi, kasutades päeval päikeseenergiat, neelab taim süsihapet ja eritab hapnikku, mistõttu ongi päeval nii kerge ja hea hingata metsas ning aias. Öösel eritavad taimed ainult süsihapet.

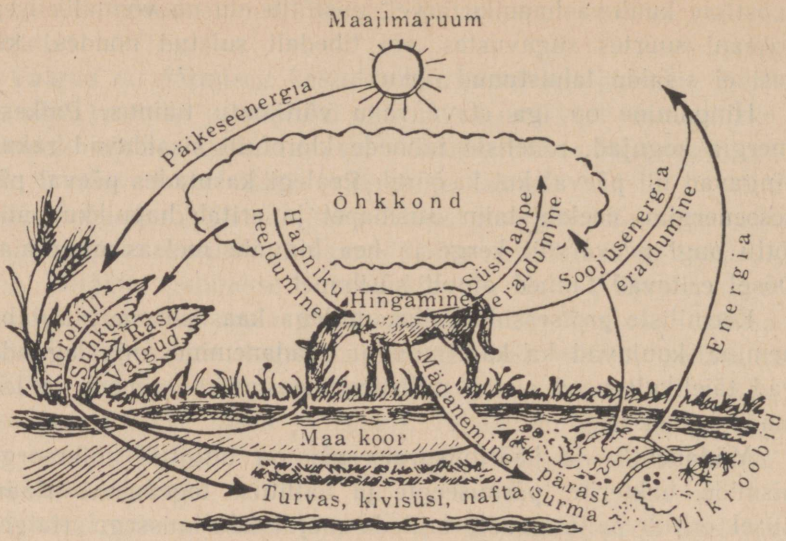
Keemiliste protsesside hulka, millega kaasneb energia vabanemine, kuuluvad ka käärimine ja mädanemine, mis lagundavad täielikult need ained, milledest koosnevad taimede ja loomade kehad.

Mädanemis- ja käärimisprotsessid on tingitud mikroorganismide, bakterite, pärmiseente ja hallituse tegevusest. Käärimisel eritub palju gaase, millede mõjul käärimissegu (taigen, kali, õlu) hakkab liikuma, „käärima", — siit tuleb ka sõna „käärimine". Taim- ja loomorganismide aine purustamine on mikroorganismide kollektiivne töö. Iga mikroobide liik teostab ahelas mingi lüli purustamise. Ja lõpuks ongi purustus täielik: elusorganismi aine muundub süsihappeks ja veeks. Valkainete lagunemisel tekib ka veel lämmastik.

Kui ühed mikroorganismid on oma töö lõpetanud, s. t. viinud lagunemise teatava astmeni, kaovad nad ja asemele ilmuvad teised, kes sooritavad purustamise järgmise staadiumi. Näiteks lagundab pärm suhkru või tärklise, moodustades alkoholi ja süsihappegaasi. Äädikhappe bakterid muudavad alkoholi äädikhappeks. Lõpuks teised mikroobid oksüdeerivad äädikhappe ja muudavad selle süsihappeks ja veeks.

Energia ringlemine.

Päike soojendab mere pinda. Tekib vee aurumine. Õhk küllastub niiskusega. Vee muutumisega auruks kaasneb suure hulga soojuse neeldumine. Et muuta liitrit keeva (s. t. 100 kraadini soojendatud) vett auruks, selleks vajatakse ligi kuus korda



Joon. 55. Energia ringkäik looduses.

rohkem soojust kui selle liitri vee keema ajamiseks, s. t. 100 kraadini soojendamiseks. Osa päikeseenergiat peitub varjatud olekus veeaurudes, pilvedes ja ududes. Niiskusega küllastunud õhk, mis merest kaugele kandub, jahtub ja aurud muutuvad veetilkadeks. Sel kombel vabaneb vee aurustamiseks kulutatud energia ning kandub üle atmosfääri ja Maale, kust ta kiirgub tagasi maailmaruumi.

Merest kuskil kaugel elutsev taim saab eluks vajalikku niiskust vihmadelt ja ududelt. Sellest veest ja süsihappest loob taim keerulisi orgaanilisi ühendeid. Selle protsessi käigus rakendatakse palju päikeseenergiat.

Kui taim sureb, langevad ta lehed, taim hakkab mädanema, käärima ja laguneb. Kogu see energia, mida sisaldasid taimes leiduvad ained, vabaneb uuesti ja kandub edasi — kas vahetult või mitme vahepealse peremehe kaudu — Maakera pinnapealsetele kihtidele või atmosfääri. Kuid nagu teada, läheb atmosfääri soojus kiirgusenergiana maailmaruumi.

Osa taimi söövad loomad. Looma seedekanalis lahustuvad ja osalt lagunevad seedemahlade toimel taimse päritoluga energiarikkad ained. Lahustunult ja ümbertöötatult imenduvad need ained verre ja kanduvad looma kudedesse ja rakkudesse.

Seal nad kas põlevad ära, vabastades soojusenergiat, või moodustavad energiatagavarasid sisaldavaid kudesid. Energiarikaste ainete hulka kuuluvad näiteks rasvad ja nn. loomne tärklis ehk glükogeen, mida sisaldavad lihaste ja maksa rakud.

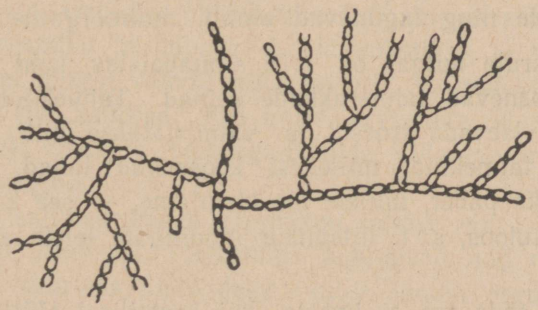
Töötades vabastab loom varutud energia uuesti. Muutudes soojuseks hajub osa sellest ruumi.

Selline on päikeseenergia ringlemine Maakeral. Selle tagajärjel moodustuvad taime- ja loomakehade kõik ained. Tähtsaimaid aineid on suhkrud, valgud ja rasvad.

Mis on suhkrud?

Paljud imestavad kuuldes, et kaugeltki mitte kõik suhkrud pole magusad ained. See suhkur, millega me teed joome, nn. peedi- või roosuhkur, on vaid üks suhkru paljudest liikidest.

Keemias eristatakse liht- ja liitsuhkruid. Näiteks koosneb peedisuhkur lihtsuhkrute kahest teineteisega ühendatud osakesest. Lihtsuhkrute hulka kuuluvad nn. viinamarjasuhkur ja puuviljasuhkur. Lihtsuhkrute osakesed moodustavad üksteisega ühendatult liitsuhkrute suuremaid osakesi, kusjuures muutuvad suhk-



Joon. 56. Tärklise molekul. Iga kuustahukas kujutab endast lihtsuhkru molekuli. Seotult moodustavad nad liitsuhkruid, näiteks tärklise või veel keerulisema tselluloosi.

Joon. 57. Tärkliseterad mikroskoobis.

rute omadused, näiteks maitse, lahustumisvõime ja füüsikalised erisused. Tekivad uued, mõnikord lihtsuhkrutega vähe sarnanevad ained.

Nii tekib näiteks viinamarjasuhkru suurest hulgast molekulidest (osakestest) tärklis, millel pole magusat maitset ja mis ei lahustu külmas vees. Kuid teda võib lagundada koostusosadeks ehk lihtsuhkruteks ja siis tekib taas magus maitse ning lahustumisvõime. Tärklist lagundada pole aga raske: piisab ta keetmisest happega. Kui see keetmine toimub erilises aparaadis, nn. autoklaavis, kus protsess teostub kõrgel temperatuuril ja suuremal kui atmosfäärilisel rõhul, siis toimub tärklise lagunemine väga kiiresti.

Tärklise seda omadust kasutatakse väga sageli tööstuses. Peale peedist valmistatava suhkru (peen- ja tükksuhkur) toodetakse veel palju suhkrut kartuli-, maisi- ja teistest tärkliseliikidest. Näiteks on säärane tärklise suhkur kõigile tuntud „paastu"-suhkur.

Looduses leidub väga mitmekesiseid liitsuhkruid. Paljud neist lagundatakse maos ja soolkanalis seedemahlade toimel lihtsuhkruiks ja seega on nad kasutatavad loomade ja inimeste poolt. Ent mõned suhkrud ei alistu mao- ja sooltemahlade toimele ning lagunevad ainult mikroorganismide mõjul.

Liitsuhkrute hulgas on eriti silmapaistev koht tselluloosil, millest koosnevad taimerakkude seinad. Taimekiud, milledest punutakse laevade trossid ja valmistatakse niiti, kudumeid, riideid, ja taimekiud, milledest koosnevad lauad, põletuspuit ja lõpuks ka paber, millele me kirjutame, — see kõik on peamiselt tselluloos, s. t. liitsuhkur mõningate teiste ainete lisandiga.

Teades seda me ei imesta, kui keemilisel töötlemisel saadakse saepurust või ajalehepaberist ehtsat magusat suhkrut, ta on ainult peedisuhkrust pisut vähem magus. Nn. „filterpaber"

on peaaegu sajaprotsendiliselt tselluloos, s. o. peaaegu tervenisti liitsuhkur.

Pole raske veenduda, et liht- ja liitsuhkrud on ained, mis sisaldavad palju varjatud olekus energiat. Piisab, kui süüdata mõni liitsuhkur, näiteks paberitükk, ja vaadata, kui palju soojus- ja valgusenergiat see eraldab põlemisel.

Meie organism on võimeline kasutama liitsuhkruid energiaallikatena ainult sel juhul, kui tal õnnestub lagundada neid oma maos ja soolkanalis lihtsuhkruiks.

Tselluloosi ja tervet hulka teisi liitsuhkruid meie seedemahlad ei lagunda ja isegi ei lahusta, mistõttu inimene ei saagi tarvitada toiduks rohkesti tselluloosi sisaldavaid aineid. Ent mäletsejad loomad saavad seda kasutada.

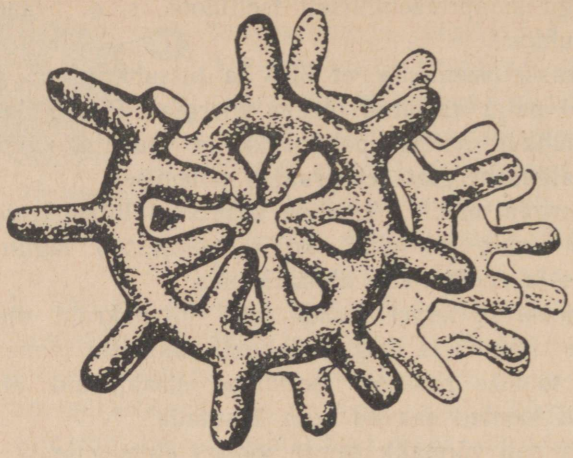
See on neil võimalik nende sooltes elutsevate ja tselluloosi lagundavate eriliste bakterite tõttu. Kui lagunemisprotsess on jõudnud lihtsuhkruteni, siis imeb looma organism need vasttekkinud lihtsuhkrud endasse ja kasutab nad ära.

Tänu mikroorganismide kaastööle kasutavad rohusööjad väga ohtrasti tselluloosi sisaldavaid „raskesti seeditavaid" produkte, nagu õled ja heinad.

Mis on valgud?

Valgud on eriti keerulised ühendid, mis sisaldavad peale süsiniku, vesiniku ja hapniku ka lämmastikku ja mõnel juhul veel vähesel hulgal väävlit ning fosforit. Valgud on organismi põhimised elu kandjad. Kui mitte arvestada konte ja rasvkudesid, siis enamiku loomorganismide kuivaine moodustavad peamiselt valgud.

Valgud satuvad looma organismi taimse või loomse päritoluga toidu söömisel. Soolestikus lagunevad nad otsekui valguosakeste suurteks „tükkideks", mida looma organism imab sooltest ja saadab verre. Koos verega kanduvad nad kudedesse ja rakkudesse, kus neist moodustuvad taas organismile vajalikud valgud.



Joon. 58. Valgu molekuli struktuur nõukogude teadlase professor Talmudi teooria kohaselt.

Taim võib elada ja areneda puhtmineraalses pinnases, mis ei sisalda mingeid orgaanilisi ühendeid. Säärases pinnases pole valke ega ka nende lagunemissaadusi. Ent seal on lämmastikku sisaldavaid aineid, mida kasutades taimed toodavad oma rakkudes valke. Maapinnas leiduva lämmastiku puhul areneb taim kiiresti. Seega mõjutab lämmastik tõhusalt viljasaaki. Lämmastikväetised kuuluvad tähtsaimate hulka.

Meid ümbritsevas õhus on lämmastikku 80 protsenti, kuid see gaasitaoline lämmastik tekitab keemilisi ühendeid väga raskesti ja taimed ei saa seda kasutada. Taimedes aga leidub suurel hulgal lämmastikku sisaldavaid valke. Näiteks on neid kõrsviljades üle 12 protsendi. Tähendab, meie põldudelt kogutakse igal aastal koos saagiga tohutud hulgad seotud lämmastikku. Näiteks on välja arvutatud, et NSV Liidus kogutakse igal aastal koos saagiga mitu miljonit tonni lämmastikku.

Kust võtavad taimed need tohutud hulgad lämmastikku?

On mitu allikat. Osa lõikusega eemaldatud lämmastikust antakse põldudele tagasi sõnnikuga, osa kunst- ehk mineraalväetistega — salpeetriga jm.

Näib, et neist allikaist ei piisa tunduva lämmastikukao katmiseks. Niisugune pidev lämmastikukadu võiks kurnata mulda ja meie põllud kaotaksid aja jooksul viljakuse.

Kuid on veel muid allikaid, mis kõrvaldavad lämmastikunälja ohu. Äikese ajal elektrilaengud — välgud — muudavad mõnel määral õhulämmastikku lämmastikhappeks, mis tungib koos vihmaveega mulda.

Eriti tähtis osa on bakteritel, kellede elutegevuse tagajärjel tekivad lämmastikuühendid. Need on nn. lämmastikubakterid ja teised taolised mikroorganismid.

Lämmastikubakterid arenevad jõudsasti mõnede taimede juurtel, nagu ristikheinal, hernel, türgioal jm. Et lämmastikubakterid on klorofüllita organismid, siis ei saa nad vahetult kasutada päikeseenergiat oma elutegevuseks. Nad saavad vajaliku energiahulga taimede elutegevuse saadustest, andes vastutasuks enda poolt eritatud lämmastikuühendeid. See taimede ja bakterite koostöö pakub huvitavat pilti. Lämmastikubakterid elutsevad taimede juurtel ja saavad neilt oma elutegevuseks vajalikke aineid. Lämmastikubakterid omakorda moodustavad õhulämmastiku arvel lämmastikku sisaldavaid ühendeid ja annavad need edasi taimedele, kus sellest seotud lämmastikust moodustuvad valgu molekulid. Mullas elab peale lämmastikubakterite ka teisi mikroobe, kes on võimelised siduma õhulämmastikku.

Valgud sisaldavad suurel hulgal energiat. Loom võib neid süües kasutada valke kas ehitusmaterjaliks või energiaallikaks.

Mis on rasvad?

Elusorganismide rakkude poolt väljatöötatud keemiliste ühendite hulgas on rasvad kõige energiarikkamad ained: ühe grammi rasva põlemisel eraldub kaks ja veerand korda rohkem soojust kui ühe grammi suhkru või tärklise põlemisel. Taimedel sisaldavad rasvu peamiselt seemned (õlide kujul), looma organismis aga rasvkoed, näiteks nahaalune koestik.

Peale erilise rasvkoe sisaldavad looma organismis rasvu võrdlemisi vähesel määral ka kõik teised koed ja rakud. Nagu juba mainitud, on rasvkoed energiavaruks, mida organism kasutab neil juhtudel, kui talt nõutakse suurt energiakulu. Esmajärjekorras põletab organism suhkru, teiseks — rasvad.

Töötades ja nälgides kõhnuvad inimene ja loom kiiresti: kulutades energiat põletab organism rasvatagavarad.

Kuid jälle toitu saades võib organism selle kaotuse kergesti katta.

Looma organismis tekivad rasvad toitrasvade või suhkrutaoliste ainete ümbertöötamise saadusena. Nii võib näiteks siga sööta ainetega, mis rasva peaaegu ei sisaldagi, kui seejuures aga sööt on küllaldane, rasvub siga ometi hästi.

Tüsedusele kalduvad inimesed väldivad tavaliselt toidus suhkru tarvitamist.

* *
*

Niiviisi ehitab ja varub taim päikeseenergiat, kasutades suhkruid, rasvu ja valke. Kõik need sisaldavad varjatud kujul päikeseenergiat.

Toitudes taimedest ehitab loom oma keha rasvad, suhkrud ja valgud. Koos taimetoiduga saab loom energiat, mis on seesama päikeseenergia.

Sajad õpetlased on uurinud aastakümneid kõiki neid energia ühelt peremehelt teisele ülemineku keerulisi protsesse ja ainete muundumisi. Tuhandete katsetega on tõestatud, et suhkrute, valkude ja rasvade tekkimine on taimorganismide energia kasutamise tulemus.

Süsiniku ringlemine looduses.

Kõigile on tuntud energia ja aine jäävuse seadused.

Mitmesuguste keemiliste elementide aatomid siirduvad ühest ühendist teise, kuid aine ja energia ei hävi: nad võtavad ainult osa omapäraseist ringlemistest.

Üheks sääraseks ringlemiseks, mis on tingitud elu olemasolust Maakeral ja päikeseenergia toimest, on süsiniku ringlemine.

Õhk sisaldab maapinnal tühisel hulgal (0,03 protsenti) süsihappegaasi või, teiste sõnadega, süsihapet. Tänu taimede rohelistes osades leiduvale klorofüllile toimub energiarikaste ainete moodustumine õhu süsihappe ja vee ühinemisel. Nii seotakse ja kõrvaldatakse pidevalt atmosfäärist süsihappegaasi.

Siin võib kerkida küsimus: kas ei saabu lõpuks silmapilk, mil õhus pole enam süsihapet ja taimed ei saa Maakeral elada?

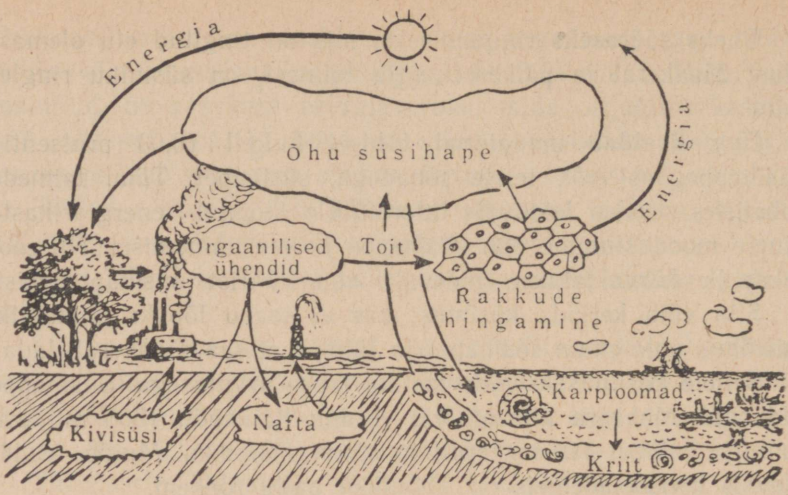
Sellele küsimusele võib vastata täpse arvutusega. Süsihappe üldkogus Maakera atmosfääris võrdub ligikaudu 1500 miljardi tonniga, millest 410 miljardit tonni on süsinikku. Muide, teadaolevais kivisöelademeis on süsinikku palju rohkem.

Tavalise suhkru aastatoodang kogu maailmas sisaldab umbes kümme tuhat tonni süsinikku. Järelikult võiks suhkrutööstus siduda kogu õhu süsihappe 41 miljoni aasta jooksul! Siis lõpeks ka roheliste taimede elu ja seejärel hukkuksid näljast kõik teisedki elusolendid. Kuid seda ei saa kunagi juhtuda, sest samaaegselt süsiniku sidumisega areneb ka vastupidine protsess — süsiniku vabanemine.

Surres satub taim loendamatute ja kõikjal leiduvate bakterite saagiks. Tekivad käärimis- ja mädanemisprotsessid, millede tulemusena kogu seotud süsinik vabaneb ja pöördub süsihappe kujul tagasi atmosfääri.

Osa süttsisaldavaid energiarikkaid ühendeid satub loomade söödaks. Süües suhkrutaolisi aineid — tärklist, tselluloosi jm. — kasutavad nad ära nendes ainetes leiduva energia, kuna süsinik pöördub süsihappe kujul atmosfääri tagasi.

Kuid mõnikord langevad suured süsinikuhulgad kauaks ajaks ringlemisest välja: tunduvad taimse aine massid kogunevad sääraseisse tingimustesse, kus ei toimu nende lagundamist mikroorganismide poolt (mädanemist). Näiteks tekib niiviisi turvas raba põhjas, kus õhu juurdepääsuta toimub söestumine, s. t. süsiniku kuhjumine. Samuti söestusid liiva- ja savikihtide all taimejäänuste massid ja moodustasid kivisöe.



Joon. 59. Süsiniku ringkäik looduses.

Nafta tekkimine looma- ja taimejäänuste lagunemise tulemusena seob samuti süsinikku.

Väga suured kogused süsinikku ja koos sellega ka energiat on mattunud sügavale maapõue, kus nad ootavad inimest, kes need rikkused maapinnale tooks. Põletades sütt ja turvast vabastame energia ja anname atmosfääri tagasi vastava hulga süsihappegaasi. Taimed seovad selle ja saadavad uuesti üldisse süsiniku ringvoolu.

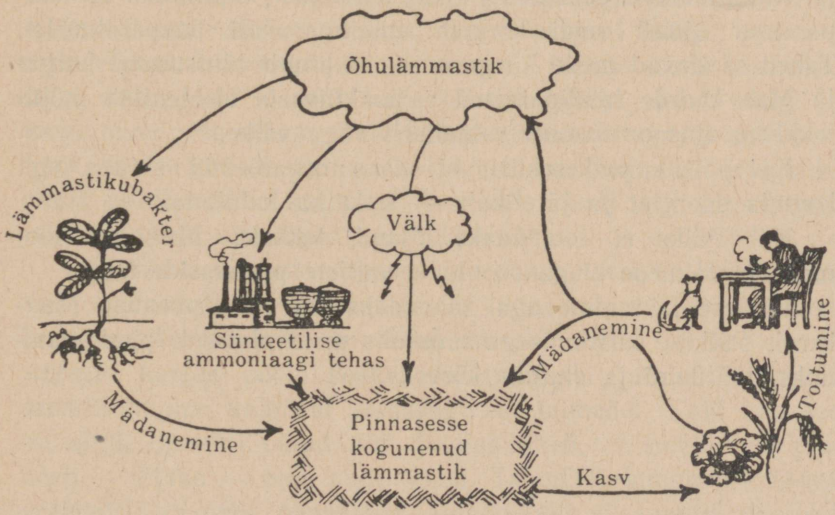
Peale kivisöe, turba ja nafta tekkimise on veel üks protsess, millega kaasneb suurte süsinikuhulkade „vangistamine": see seisneb hiiglasuurte kriidi- ja lubjakihistike tekkimises. Meriloomade — korallide, molluskide jne. määratud hulgad seovad vees lahustunud kaltsiumi süsihappega: tekivad meriloomade karbid ja teised välisskeletid. Surnud meriloomade skeletid ja karbid katavad üleni merede ja ookeanide põhja, mille tagajärjel tekivad massiivsed kriidi- ja lubjakihistikud ning kerkivad merepõhjast korallrahud. Need protsessid toimuvad paljude miljonite aastate jooksul. Seal, kus kunagi mühasid merelained, kerkivad praegu terved lubja- ja kriidimäed, mis kujutavad endast seotud süsihappe tohutuid varusid.

Lämmastiku ringlemine looduses.

Taimed kasutavad mullas leiduvaid lämmastikku sisaldavaid keemilisi ühendeid, milledest nad ehitavad valku ja valgutaoliste ainete osakesi. Kui lõpeb elutsükkel, sureb taim ja laguneb; mädanemis- ja teiste bakterite mõjul lagunevad valgud lihtsamaiks ühendeiks, mida taimede järeltulevad põlvkonnad kasutavad uute valguosakeste ehitamiseks.

Ent osal taimedel on teissugune saatus: loomad söövad neid ja ehitavad taimevalkudest, s. t. taime poolt seotud lämmastikust, oma isiklikud „looma"-valgud. Kuid varem või hiljem surevad ka need loomad ja nende laibad lagunevad ning neis sisalduvat lämmastikku kasutavad uuesti taimed.

Samaaegselt toimub looduses veel kaks protsessi: gaasitaoline õhulämmastik seotakse ja muudetakse elektrilaengute mõjul lämmastikhappeks; teisest küljest moodustavad peamiselt liblikõieliste juurtel elavad erilised mikroorganismid oma eluprotsessis gaasitaolisest lämmastikust lämmastikku sisaldavaid aineid. Võiks kujutleda, et kui need protsessid kestaksid



Joon. 60. Lämmastiku ringkäik looduses.

küllalt kaua, siis kogu atmosfääri lämmastik osutuks seotuks. Et lämmastikhappe tekkimisel lämmastik ühineb hapnikuga, siis kaoks õhust samuti ka hapnik.

Kuid seda ei saa kunagi juhtuda.

Samaaegselt lämmastiku sidumisega toimub looduses ka vastupidine nähtus — gaasitaolise lämmastiku vabanemine eriliste mikroorganismide, nn. „denitrifitseerivate" bakterite mõjul, kes lagundavad orgaanilisi lämmastikuühendeid ja muudavad need gaasitaoliseks lämmastikuks.

Seepärast jääb, tänu kahe vastassuunalise protsessi olemasolule, meie atmosfääri koostis konstantseks.

Päikese tähtsus.

Nii näeme, et elunähtused kujutavad endast põhimiselt keemiliste protsesside rida. Ilma energiata keemilised protsessid peatuvad. Tähtsaimate ainete moodustamiseks on vaja Päikese kiirgusenergiat — valgust ja soojust.

Kui Maakera ei saaks Päikeselt soojust, siis oleks ta temperatuur ainult veidi kõrgem maailmaruumi temperatuurist. Tähed saadavad meile kiirgusenergiat ainult tähtsusetul hulgal, ja Maa koorde laialipaisatud radioaktiivsete elementide mõjul tekkiv soojus on samuti suhteliselt väga väike.

Kui poleks päikesekiiri, ei saaks organismid siduda ega koguda energiat ja järelikult — seda ka kulutada.

Kui Päike ei soojendaks Maad, lakkaks Maakeral loomade ja taimede eluga seotud keemiliste protsesside kulg.

Päikese jahtumine aga tähendaks ka elu lõppemist Maakeral. Päikese kustumisega muutuks meie planeedi pind pimedaks, jäätunud ja elutuks kõrveks.

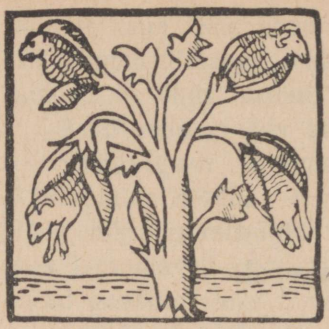
Elu tekkimine Maakeral.

Akadeemik A. I. Oparin.

Elu meie ümber.

Kuhu me ka pilgu iganes heidame, kõikjal näeme mitmekesiseid loomi ja taimi. Peaaegu kogu maismaa on tihedalt kaetud taimestikuga. Steppides, metsades ja mägedes elutsevad mitmesugused metsloomad, linnud ja roomajad; meie jalgade all kihab rohi putukaist. Isegi veetuis kõrbedes ja kaugel põhjas kohtame elusolendeid. Meredes, järvedes, jõgedes ja tiikides on ülikülluses vetikaid, kalu ja igasuguseid mere- ning mageveeloomi. Mullas ja vees leidub arvutul hulgal pisimaid elusolendeid, baktereid ja hallitusseeni. Nende eosed lendlevad isegi õhus. Neid kleepub meie rõivaste külge, satub söögi ja joogi sisse. Me oleme ümbritsetud elusolenditega ja me kuulume ka ise nende hulka. Seepärast on loomulik, et igaüks meist esitab endale küsimuse: kust on tulnud need elusolendid ja kuidas nad siis lõpuks on tekkinud?

Me võime päevast päeva tähele panna, et elusolendid tekivad omataolistest: inimene sünnib inimesest, vasikas lehmast, kanapoeg koorub kana munetud munast, kalad tekivad samasuguste kalade poolt koetud kalamarjast, taimed kasvavad seemneist, mis valmisid samasugustel taimedel. Kuid kas see on alati, igavesti olnud nii? Teadus ütleb, et isegi meie planeeti — Maad — pole alati olnud. Ta tekkis kunagi Päikesest eraldudes ja oma olemasolu algperioodil ei saanud ta olla asustatud loomade ja taimedega, sest ta temperatuur oli selleks



Joon. 61. Puuviljast isetekkivate lambatallede kujutis (Mondeville'i järgi, XIV sajandil).

liiga kõrge. Tähendab, meie elava maailma esivanemad, kõige esimesed elusolendid, ei saanud sündida omataolistest, vaid pidid tekkima mingil muul teel.

Kauges minevikus, palju miljoneid aastaid tagasi Maal elutsenud loomade ja taimede väljakaevatud jäänuseid uurides võime vahetult veenduda, et meie planeedi elav maailm pole olnud alati säärane, nagu ta esineb meil praegu. Meie Maakera olemasolu möödunud ajastuil asustasid teda teissugused loomad ja taimed. Mida kaugemale laskume aegade sügavikku, mida iidsemaid jäänuseid me uurime, seda lihtsam, ühtlasem ja lihtsama ehitusega Maakera elanikkond kerkib meie vaimusilma ette.

Suur inglise teadlane Charles Darwin tõestas täie kindlusega, et praegusaegsed taimed ja loomad, kaasa arvatud ka inimene, tekkisid vähem arenenuist ja lihtsama ehitusega elusolendeist, kes kunagi asustasid Maakera. Need elusolendid põlvnesid omakorda veel lihtsama ehitusega ja veel varem elanud olendeist. Nii laskudes järk-järgult astmelt astmele, jõuame elu alguse, nende kõige lihtsamate elusolendite juurde, kes olid kõige elava esivanemaiks Maakeral. Ja siin tekib küsimus: kuidas tekkisid ja kust tulid need kõige lihtsamad, kõige algelisemad elusolendid? Võib-olla tekkisid nad iseenesest, võib-olla tärkasid nad ise vahetult ümbritseva looduse elutuist, anorgaanilistest ainetest?

Kas on võimalik elusolendite tekkimine?

Inimsoo mõtlemise ajaloos on olnud ajajärk, mil arvati, et enam või vähem lihtsa ehitusega elusolendid, mingisugused limused, keldrikakandid või koguni tõugud ja putukad tõepoolest võivad sündida iseenesest, võivad ise tekkida. Sellest mõt-

Joon. 62. Medal Francesco Redi (1626—1697) portreega.

test pidasid kinni muistse Kreeka filosoofid ja keskaja õpetlased. See arvamus kestis sajandeid ja isegi praegu arvavad lihtsameelsed inimesed sageli, et tõugud tekivad sõnnikus ja mädanevas lihas iseenesest ning mitmet liiki tubased parasiidid sünnivad jätistest ja mustusest.

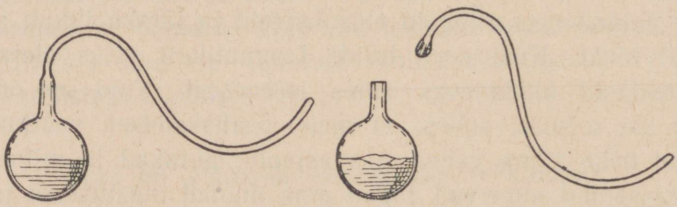
Säärane arvamus põhineb meid ümbritseva looduse naiivsel ja pealiskaudsel vaatlusel. Oletagem, et meil on mingisugused mädanevad ained: roiskunud kala või liha, mädanev sõnnik. Enne polnud neis mingeid elusolendeid ja järsku ilmub arvutul hulgal tõuke. Kust need tulid? Loomulikult võiks oletada, et nad tekkisid mädanevas aines iseenesest. Kuid see on vale. Kogu asi seisneb selles, et meie pealiskaudsel vaatlusel on jäänud kahe silma vahele üks asjaolu: putukad ja mitmesugused parasiidid munevad sageli oma munad mustusesse ja roiskuvaisse ainetesse. Ja just neist munadest arenebki elusolendite uus generatsioon.

Selle asjaolu tõestas täpselt juba XVII sajandi keskpaiku itaalia õpetlane Redi. Ta näitas oma katseis, et valged liha-

tõugud pole midagi muud, kui kärbse tõugud, mis väljuvad kärbeste poolt lihale munetud munadest. Kui asetada lihatükk nõusse ja riidega tihedalt kinni katta, siis ei ilmu sellel mingeid tõuke, kuigi liha läheb mädanema. Järelikult pole siin mingit isetekkimist: mädanev liha on ainult see koht või pesa, kuhu kärbsed munevad oma munad.

Mida tähelepanelikumalt inimesed uurisid ümbritsevat elavat loodust, seda vähem usuti elusolendite isetekkimise võimalust, mis on ka arusaadav. Säärased elusolendid, nagu näiteks tõugud ja putukad, on ju väga keerulise ehitusega, omades sisemisi ja väliseid seede- ja hingamiselundeid ning närvikava. On võimatu ja pole mõeldav kujutleda, et nad võisid tekkida iseenesest, lihtsalt mustusest ja jätistest. Ja täpsed vaatlused kinnitavadki tõepoolest, et nad sünnivad alati tingimata ainult endataolistest, arenevad munadest, mida munevad nende vanemad.

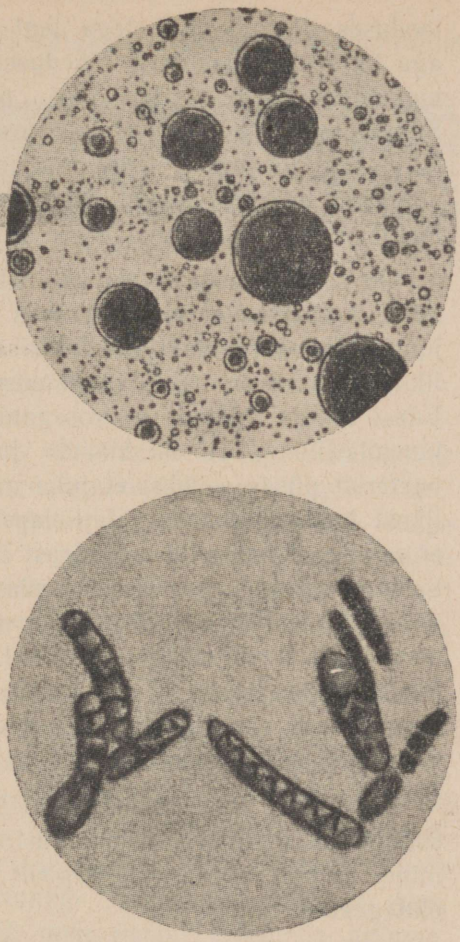
Umbes samal ajal, mil Redi sooritas oma kuulsaid katseid, avastas teine teadlane, amsterdamlane Antony Leeuwenhoek, endavalmistatud luupide abil lihtsaimate elusolendite, bakterite, pisimate pärmiseente ja teiste nn. mikroorganismide ehk mikroobide senitundmatu maailma. Enamasti on need elusolendid niivõrd väikesed, et isegi kõige teravama silmaga neid ei näe. Neid võib eraldada ainult tugevasti suurendava luubi või mikroskoobi abil. Esimesel pilgul paistab mikroorganismide struktuur olevat äärmiselt lihtne. Nad on kepikeste-, kerakeste-



Joon. 63. Pasteur'i kolb peenikese painutatud kaelaga. Kui kolvis puljong läbi keeta, siis ei rikne see kaua aega, sest kaela niiskete käärude külge jäävad peatuma kõik idud, mis õhuga koos võiksid sinna sattuda. Kui kael ära murda, ilmuvad puljongisse arvukad mikroobid.

või põiekeste-kujulised ja põgusal, pealiskaudsel vaatlemisel võib neid pidada lihtsalt elusaine tombukesteks. Ent juba Leeuwenhoek märkas, et need lihtsaimad elusolendid võivad elavalt liikuda, toituda, kasvada ja paljuneda.

Amsterdami teadlase huvitav avastus pälvis üldist tähelepanu ja leidis palju matkijaid. Mikroorganisme avastati kõikjal, kus toimus orgaaniliste ainete mädanemist või käärimist. Neid leiti mitmesugustes leotistes ja keedetes, mädanevas lihas, roiskunud puljongis, hapupiimas ja käärivas meskis. Tarvitses ainult kiiresti roiskuvaid, kergesti mädanevaid aineid mõneks ajaks asetada sooja kohta, kui neis kohe ilmusid mikroorganismid, mida seal varem polnud. See-



Joon. 64. Bakteri ülipeen sisestruktuur.

pärast tekkiski arvamus, et mikroobid tekivad siin vahetult mädanevast ainest, sünnivad iseenesest.

See mõte püsis visalt teadlaste ajudes XVIII sajandil ja isegi XIX sajandi esimesel poolel. Alles XIX sajandi keskpaiku lükati see tõekspidamine ümber geniaalse prantsuse teadlase Louis Pasteur'i katsetega. Pasteur tõestas kõigepealt mikroorganismide harukordselt laialdast levikut meid ümbritsevas

looduses. Paljude katsetega tegi ta kindlaks, et kõikjal, eriti aga inimeste eluasemete läheduses, maas, vees ja õhus leidub lugematul hulgal mikroobide pisimaid eluvõimelisi idusid. Suurlinnade õhk kihab sõna otseses mõttes neist eluivakestest. Nii leidis Pasteur Pariisi õhu ühes kuupmeetris 10 000 eluvõimelist mikroorganismi. Nad ümbritsevad meid kõikjal, neid leidub meie keha pinnal, meie rõivail, toidus, tööriistadel.

On kerge mõista, et jättes lahtiselt õhu kätte mikroorganismide arenemisele suurepäraseks toitekeskkonnaks oleva puljongi, leotise või muu vedeliku, satuvad tingimata sellesse vedelikku mikroobide nähtamatud eosed, kuigi me seda ei märka. Edasi näitas Pasteur mikroorganismide erakordselt kiiret paljunemisvõimet. Toitekeskkonda juhuslikult sattunud ainsastki bakterist piisas selleks, et juba mõne tunni pärast leida vedelikust bakteri tuhandeid lapselapsi ja lapselapselapsi. Pasteur ei seletanud bakterite salapärast ilmumist puljongitesse ja leotistesse mitte nende isetekkimisega, vaid mikroorganismide idude juhusliku sattumisega neisse vedelikesse õhust, nõu seinte küljest või mingil muul teel. Kui nõus leiduvad vedelikud hoolikalt läbi keeta ja siis kaitsta nõu mikroorganismide eest, kes võiksid sattuda sinna juurdevoolava õhuga, siis ei teki vedelikus mikroorganisme ja seega ei esine ka mädanemist.

Nii lükkas Pasteur ümber oletuse, et mädanevad vedelikud sünnitavad mikroorganisme. Vastupidi, nende vedelike mädanemine toimub sinna väljastpoolt sattunud mikroorganismide elutegevuse tagajärjel.

Näiteks kasutatakse praktiliselt seda asjaolu laialdaselt konservitööstuses. Me asetame kiiresti roiskuvad ained hermeetiliselt suletud, kinnijoodetud konservipurki ja kuumutame siis, kusjuures surmame sellega purgis leiduvad mikroorganismide eosed. Uusi eoseid sinna aga sattuda ei saa. Seepärast säilivadki säärased saadused kuitahes kaua. Kuid tarvitseb ainult avada purk ja lühikese ajaga roiskub selle sisu sinna väljast sattunud mikroorganismide elutegevuse mõjul. Pasteur'i katseil on suur tähtsus ka arstiteaduses. Need katsed näitasid meile

tee võitluseks mitmekesiseid haigusi edasikandvate kahjulike bakteritega.

Nii tõi Pasteur oma katsetega inimkonnale hindamatut kasu, kuid elu isetekkimist ta eitas. Ta tõestas, et isegi säärased lihtsad olendid, nagu mikroorganismid, ei teki iseenesest, et tänapäeval nad tekivad samuti nagu kõik teisedki elusolendid — ainult omataolistest, ainult sündimise teel.

Teooria selle kohta, et elu on siirdunud Maakerale teistest maailmadest.

Meid ümbritsevas looduses ei leia me kunagi isetekkimise juhtumeid, ei lihtsaimate mikroorganismide ega kõrgelt arenenud olendite puhul. Kust ilmusid siis meie planeedile kõige esimesed elusolendid? Kas ei võinud nad lennata meie juurde Maakerale kusagilt väljastpoolt, samuti nagu bakterite eosed satuvad toitevedeliku nõusse õhust? See näib olevat täiesti uskumatu.

Kuid möödunud sajandi lõpul esitati just säärane oletus, et seletada elu tekkimist Maal. Pärast Pasteuri katseid arvasid paljud ta kaasaeglased, et elusolendid ei saagi kunagi, ei mingisugustes tingimustes tekkida teisiti, kui ainult sündides. Ent kui see on nii, siis pole elul algust, ta peab olema igavene. Otsekohe aga räägib sellele vastu asjaolu, et Maakera pole igavene ja on tekkinud ise kunagi Päikese atmosfäärist. Aga, küsisid igavese elu pooldajad, miks peame tingimata arvama, et elusolendid võisid elutseda ainult meie juures Maakeral? Meie tähtede maailma lõputus ruumis leidub kahtlemata ka teisi taevakehi, milledel olid arenenud elusolendid juba ammu enne meie planeedi tekkimist. Elu pisimad kübemed, mikroorganismide eosed, lendasid nii või teisiti nende taevakehade pinnalt tühja tähtedevahelisse ruumi ja siit võisid nad juhuslikult sattuda ka teistele planeetidele. Sel kombel nad asustasid ka Maakera, kui see oli juba tekkinud ja kui seal olid kujunenud eluks sobivad temperatuuri- ja niiskusetingimused.

Sääraste kujutluste tuliseks pooldajaks oli rootsi teadlane Arrhenius, kelle arutlused selle puhul olid lühidalt järgmised. Igaüks meist on tähele pannud, kuidas tuul tõstab maapinnalt tolmu. Tõusvad õhuvoolud võivad kanda vähimaid tolmuosakesi ja nendega koos ka bakterite eoseid tohutusse kõrgusse, mitukümmend kilomeetrit maapinnast. Arrheniuse arvates peavad need osakesed meie atmosfääri ülemistes kihtides mitmesugustel põhjustel saama elektrilaengu ja lendama atmosfääri piiridest planeetidevahelisse ruumi. Seal, õhutus ruumis, liiguvad bakterite eosed ja tolmuk übemed väga suure kiirusega. Arrhenius arvestas säärast kiirust, et Maast eraldunud tolmuk übe pidi juba 14 kuu pärast välja lendama meie päikesesüsteemi piiridest. Teatavasti on meie päikesesüsteem väga suur. Vestluses „Kas on olnud maailma algust ja kas tuleb maailma lõpp?" räägiti päikesesüsteemi struktuurist. Seal öeldi, et päikesesüsteemi kaugeim planeet Pluto tiirleb ringi mööda, mille läbimõõt on 40 korda suurem Maakera orbiidi läbimõõdust.

Et kujutleda selle ringi, s. t. meie päikesesüsteemi suurust, peame arvestama järgmisi arve. Maakera läbimõõt on umbes 12 700 kilomeetrit. Päikese läbimõõt võrdub aga peaaegu poolteise miljoni kilomeetriga. Kui asetaksime Maakera Päikese keskmesse, siis tiirleks Kuu Päikese sisemuses umbes kahe kolmandiku kaugusel ta pinnast. Vähendame Päikese väikese õuna suuruseks. Vastavalt sellele kujutaks siis Maakera endast pisikest, vaevaltnähtavat liivatera. Et kujutleda aga selle ringi suurust, mida mööda tiirleb Pluto, peame asetama oma õunast Päikese suure linnaväljaku keskele, ja siis tiirleks piki selle väljaku piirjoont päikesesüsteemi kaugeim planeet. Nüüd on selge, kui kiiresti peab liikuma meie tolmuk übe-bakter, et läbida seda hiigla kaugust 14 kuuga.

Kuid meie planeetidesüsteem pole ainus maailmaruumis. Tegelikult kujutab iga täht endast samasugust taevakeha nagu meie Päike. Mõned neist on meie Päikesest isegi tunduvalt suuremad, kuigi nad näivad meile ainult helendavate täpikestena oma suurest kaugusest. Alles hiljuti õnnestus tõestada, et peaaegu veerandil kõikidest tähtedest, mida näeme taeval, on

ümber nende tiirlevad väikesed satelliidid — meie Maa taolised planeedid.

Miks siis mitte oletada, et ka nendel planeetidel, täpselt nagu Maakeralgi, on elu, et need meist kauged maailmad on eluidude igavesed taimelavad? Nende pinnalt, täpselt nagu Maakera pinnalt, võivad eralduda ja lennata tähtedevahelisse ruumi pisimad tolmuk übemed ja koos nendega ka mikroorganismide eosed. Seepärast võiks arvata, et niisugused eosed lendasid kunagi teistelt tähtede maailma planeetidelt tollal veel elutule Maakerale.

Seejuures on esimeseks ja vältimatuks tingimuseks, et need eluidud jääksid ellu ega hukkuks oma pikal teekonnal läbi tähtedevahelise ruumi, mis on kohutavalt suur. Üks täht asetseb teisest ääretult kaugel. Et seda kaugust kujutleda, jätkame eespooltoodud võrdlust, milles Päikest vähendati õuna suuruseks. Et samas mastaabis kujutleda tähtedevahelisi kaugusi, peaksime asetama ühe õunast Päikese Moskva ja teise New Yorki. Isegi sel juhul, kui aineosake liiguks Arrheniuse arvestatud kiirusega, jõuaks ta meile lähima täheni alles 9000 aasta pärast. Seejuures tuleb arvestada kõiki neid ohte, mis varitsevad meie eluidusid nende pikal teekonnal: planeetidevahelise ruumi kohutav pakane, niiskuse ja hapniku täielik puudumine jne.

Tekib loomulikult küsimus: kas suudavad eluidud taluda kõiki neid katsumusi ja säilitada maailmaruumis viibimise paljude aastatuhandete kestel oma eluvõimet, et uuele planeedile sattudes seal paljuneda ja panna alus kogu ta tulevasele elanikkonnale?

Esitatud teooria pooldajad kulutasid küllaltki palju vaeva ja teravmeelsust, et tõestada eluvõimeliste eluidude siirdumise võimalust ühelt taevakehalt teisele. Tõepoolest osutusidki meile tuntud bakterite eosed, nn. spoorid, haruldaselt vastupidavaiks igat laadi ebasoodsaile välistingimustele. Nad ei vaja üldse õhuhapnikku; neid võib kuivatada täieliku niiskuse kadumiseni neist ja säilitada absoluutselt kuivas olekus. Selliseis tingimustes nad säilivad paljusid aastaid ega avalda mingit elumärki. Kuid piisab ainult nende niisutamisest, et nad otsekohe hak-

kaksid kasvama ning paljunema. Bakterite spoorid taluvad kergesti ka madalat temperatuuri. Paljud neist säilitasid oma eluvõime isegi pärast kestvat viibimist 200-kraadilises pakases. Mõned uurijad väidavad, et neil on õnnestunud elustada bakterite spoore, mis on viibinud paljusid aastatuhandeid Siberi igavesti külmunud maapõues.

Kirjeldatud vaadete pooldajad ütlevad, et muidugi enamik idusid pidi hukkuma maailmaruumis, aga Maad võidi ju seemendada paljude aastamiljonite kestel. Kui selle aja jooksul kasvõi üksainus eluvõimeline spoor jõudis Maakerale, siis piisas juba sellestki meie planeedi asustamiseks.

Teaduse viimase aja andmed sunnivad aga meid niisuguse võimaluse täielikult kõrvale heitma. Praegusajal on teada, et maailmaruumist tungib läbi eriliiki valgus, nn. lühilainelised ultravioletsed kiired. Maapinnani need kiired ei jõua, sest nad imab 30 kilomeetri kõrgusel atmosfääris leiduv gaas — osoon. Ent me võime moodustada neid kiiri kunstlikult. Ja nad osutusid kõige elava hävitajaiks. Nende kiirtega valgustatud bakterid ja nende spoorid hukkusid mõne minuti jooksul. Arusaadavalt satub iga eluidu õhutus maailmaruumis tingimata nende kiirte mõju alla ja hukkub seejuures paratamatult väga lühikese aja jooksul. Järelikult ei võinud kunagi kanduda Maakerale mingisuguseid eluvõimelisi eoseid. See on täiesti võimatu ja mõeldamatu.

Kõike öeldut kokku võttes jõuame täiesti lootusetutele tulemustele. Kahtlemata oli kord aeg, mil meie planeedil ei elutsenud mingeid elusolendeid; järelikult pidi elu Maakeral kunagi ja kuidagi algama. Kuid, esiteks me teame, et isegi lihtsaimad elusolendid ei teki iseenesest, ja teiseks on vaieldamatult kindel, et nad kuidagi ei saanud kusagilt väljastpoolt Maakerale sattuda. Tekib täiesti väljapääsmatu ummik, otsekui lahendamatu mõistatus. Tänapäeva teadusel on aga siiski õnnestunud põhjendatult vastata elu tekkimise küsimusele.

Mateeria arenemise ajalugu. Süsiniku olemasolu algvormid.

Friedrich Engels, üks marksismi aluste rajajaid, juhatas õige tee selle ülesande lahendamiseks. Tema arvates pidi maapealne elu sündima Maakeral elutust mateeriast. Kuid see ei sündinud ühekorraga, nagu püüdsid tõendada isetekkimise pooldajad. Isegi kõige lihtsamate elusolendite struktuur on niivõrd keeruline, et nad ei saa tekkida äkki, moodustuda otse meie silmade all lagunevaist vedelikest ja leotistest. Nad võisid ja pidid tekkima järk-järgult ning nende ainete väga kaua kestvate muunduste teel, millest nad koosnevad. Need muundused toimusid juba väga ammu, juba Maakera tekkimise ja ta olemasolu esimeste algperioodide ajal. Ja et lahendada elu tekkimise küsimust, selleks tuleb uurida neid muundusi ja Maakera kujunemise ning arenemise ajalugu.

Kaasaegsel teadusel on õnnestunud seda ajalugu küllaltki täpselt kindlaks teha ja sel kombel ka mõista, kuidas tekkisid kõige esimesed elusolendid Maakeral. Kuid enne, kui siirdume selle ajaloo lühikesele käsitlemisele, tuleb meil vähemalt põgusalt tutvuda nende ainetega, milledest on ehitatud meie ja teiste loomade, taimede ja mikroobide kehad. Praegu leidub neid aineid peaaegu eranditult ainult elusolendeis, organismides, mistõttu neid nimetataksegi orgaanilisteks aineteks. Mille poolest nad erinevad teistest, eluta looduse aineist? Eelkõige selle poolest, et nende aluseks on element süsinik. Söes, tahmas ja grafiidis on seda elementi peaaegu puhtalt. Orgaanilistes ainetes on ta ühinenud teiste elementidega, kuid ta olemasolu seal on kerge avastada, kuumendades neid aineid väga kõrge temperatuurini. Neis tingimustes orgaanilised ained põlevad õhu käes ära, õhuta aga söestuvad. Võtame näiteks puu, kuivad lehed või juured, võtame naha, karvad või liha: kõik need ained söestuvad õhuta kuumendamisel ja avaldavad sellega, et nad on ehitatud ainest, mille aluseks on süsinik. Kui kuumendada aga anorgaanilisi aineid — kive, klaasi, metalle, siis need ei söestu, sest neis pole süsinikku.

Nagu juba öeldud, on süsinik orgaanilistes ainetes ühinenud

teiste elementidega: vesinikuga ja hapnikuga (need kaks elementi omavahel ühinedes moodustavad vee), lämmastikuga, mida leidub suurel hulgal õhus, väävliga, fosforiga jne. Mitmesugused orgaanilised ained kujutavad endast nende elementide väga mitmekesiseid ühendeid, kuid kõigi nende aluseks on alati süsinik.

Seepärast, tahtes teada saada, kuidas tekkisid orgaanilised ained Maakeral, peame algul uurima süsiniku ajalugu, selgitama missuguseid muudatusi see element on läbi teinud ja missuguseid ühendeid ta on moodustanud juba ammu enne meie planeedi tekkimist.

Sel kaugel ajal oli Päike üksildane täht ja veel kohutavamalt kõrge temperatuuriga kui praegu. Me võime tähistaeval tähele panna selliseid haruldaselt tuliseid tähti, millede pinnatemperatuur tõuseb +25 000 kraadini ja kõrgemale. Nad helenduvad heledas sinakas-valges valguses. Uurides tähtede valgust erilise aparaadi, spektroskoobi abil, me võime mitte ainult kindlaks määrata nende taevakehade temperatuuri, vaid võime ka kindlaks teha nende koostise peaaegu niisama täpselt, nagu uuriksime tähtede materjali oma keemialaboratooriumides.

Kas leidub neil tähtedel meid huvitavat elementi, süsinikku? Jah, eranditult kõikide tähtede atmosfäärid sisaldavad süsinikku, kuid 20 000—25 000-kraadilise temperatuuri puhul ei moodusta ta enam mingisuguseid keemilisi ühendeid teiste elementidega. Teda leidub seal aine pisimate hajutatud osakeste, aatomite kujul, mis liiguvad ruumis korrapäratult ja moodustavad tähe atmosfääri koostisse kuuluva gaasi.

Ka Päikese atmosfäär sisaldab süsinikku. Kuid meie Päike on praegu juba jahedam (kui nii võib väljendada) kollane täht, mille pinnatemperatuur on „ainult" 6000—7000 kraadi. Säärasel temperatuuril hakkab süsinik juba ühinema teiste elementidega, moodustades suuremaid gaasiosakesi — molekule. Neist ühendeist, mida võib avastada Päikese atmosfääris, tuleb mainida esmajoones süsivesinikke, süsiniku ühendeid vesinikuga. Nende ühendite kõigile hästi tuntud esindaja on bensiin, mis on võrdlemisi keeruliste süsivesinike segu. Nende süsi-

vesinike osakeste ehk molekulide koostisse kuulub mitu süsiniku ja mitu vesiniku aatomit. Niisuguseid süsivesinikke pole Päikesel veel saanud tekkida. Siin leidub ainult väga lihtsaid süsivesinikke, milledes üks süsiniku aatom on ühinenud ainult ühe või kahe vesiniku aatomiga.

Peale süsivesinike leidub Päikese atmosfääris veel süsiniku ühendeid lämmastikuga — mürgist gaasi tsüaani ja lõpuks veel nn. dikarbooni. Viimases gaasis on süsiniku aatomid üksteisega paarikaupa ühinenud.

Dikarbooni olemasolu Päikese atmosfääris on huvitav seepoolest, et see näitab süsiniku aatomite harukordset võimet ühineda omavahel isegi sellise ülikõrge temperatuuri puhul, nagu see esineb Päikese pinnal. Tehnikast on teada, et süsinik sulab kõige raskemini kõigist meile Maakeral tuntud aineist. Süsi või grafiit põlevad õhu käes, kusjuures õhuhapnik oksüdeerib nad süsihappeks. Kui neid aga kuumendada õhu juurdepääsuta, siis ei sula nad isegi mitte 2000-kraadilise kuumuse puhul. Seepärast valmistataksegi grafiidist kõige raskemini sulavad tiiglid, milledes sulatatakse metalle; seepärast panemegi söe elektroodidena elektrilaternaisse, sest ükski teine materjal ei taluks 4000-kraadilist volta kaare kohutavat kuumust. Alles niisugusel temperatuuril hakkab süsinik osaliselt muunduma tahkest olekust auruks. Päikese atmosfääris on süsinik auru kujul, kuid isegi siin, 6000-kraadilises temperatuuris, hakkavad süsiniku aatomid omavahel paarikaupa ühinema. Edasisel jahtumisel liituvad nad veel suuremaiks osakesteks, väikesteks piiskadeks või kristallikesteks ja muutuvad gaasitaolisest olekust vedelaks või tahkeks kehaks.

Maakera tekkimine. Algsüsivesinike moodustumine temal.

Meid huvitab Päikese atmosfääri koostis seepärast, et Maakera on tekkinud samast materjalist, mis kunagi kuulus Päikese atmosfääri. Ligikaudu kolme miljoni aasta eest eraldus Päikese pinnast hulk gaasitihendusi, milledest edaspidi kujunesid kõik päikesesüsteemi planeedid.

See gaasitihendus, millest tekkis Maakera, oli tähtede maailmas võrdlemisi väike moodustis. Tema soojus hajus kergesti külma planeetidevahelisse ruumi, mistõttu ta jahtus võrdlemisi kiiresti. Seejuures pidid kõige kergemini veelduvate ainete aurud temas tihenema piiskadeks, mis raskustungi mõjul langesid tulevase planeedi keskmesse. Sel kombel tekkis juba Maakera kujunemise väga varases staadiumis teda sünnitanud gaasitihenduse keskmes massiivne hõõguv tuum, mille ümber edaspidi kujunesid ka planeedi ülejäänud osad.

Päikese atmosfääri teiste elementide kõrval kuulus gaasitihenduse koostisse, millest kujunes tulevane Maakera, ka süsinik. Nagu on eespool juba mainitud, erineb süsinik kõikidest teistest elementidest oma haruldaselt raske sulavusega. Juba mõnetuhande-kraadilisel temperatuuril hakkavad süsiniku gaasiosakesed kokku kleepuma, omavahel ühinema, moodustades piisku või väikesi kristalle. See pidi toimuma ka gaasitihenduse jahtumisel. Süsinik siirdus aurust vedelasse või tahkesse olekusse, sadas süsinikuvihmana või -lumena ja sattus Maakera esialgsesse tuuma. Koos süsinikuga sattusid siia ka teised kõige raskemini sulavad ained, esijoones mitmet liiki rasked metallid, eriti raud, mida leidub tohutul hulgal Päikese atmosfääris ja mis moodustas olulise osa Maad sünnitanud gaasitihendusest.

Järgneva jahtumise kestel sadestusid Maakera algtuuma ümber ka teised mitmesuguste raskemini veelduvate elementide ühendid. Neist moodustusid Maakera pealmised kihid, nn. geosfäär.

Maakera praegusaegse ehituse uurimine kinnitab täielikult äsjakujutatud pilti meie planeedi tekkimisest. Praegu tuleb pidada juba täiesti tõestatuks, et Maakera keskmes asetseb 3470-kilomeetrise raadiusega metalne tuum, mille erikaal ületab raua erikaalu. Seda tuuma katab teatav hulk kihte: vahetult tuuma ümber asetseb vahepealne 1700 kilomeetri paksune geosfäär. Selle nn. maagikihi peal asetseb kivikiht — 1200 kilomeetri paksune litosfäär. Edasi on Maakera pinnal merede ja ookeanide veekiht — hüdrosfäär ja lõpuks gaasikiht — atmo-

sfäär. Kõik need geosfäärid tekkisid järk-järgult Maakera kujunemisel. Gaasitihenduse keskmes esialgselt tekkinud Maakera tuum kattus sel kombel nii massiivse kihiga, et muutus kättesaadamatuks vahetuile vaatlustele ja uurimistele. Kuid toetudes hulgalistele andmetele võime sellest hoolimata üsna täpselt kindlaks määrata Maakera tuuma keemilise koostise. Selle peamise osa moodustab raud, millega on segunenud ka mõned teised metallid, näiteks nikkel, koobalt ja kroom. Tunduval hulgal kuulub selle koostisse ka meid huvitavat elementi, süsinikku. Raua ja teiste metallidega moodustab ta erilisi ühendeid, karbiide. Neid ühendeid tunneme hästi, sest kõrgel temperatuuril võib neid kergesti kunstlikult tekitada. Malmi sulatamisel kõrgahjudes tekib eriti suurel hulgal karbiide, mis kujutavad endast süsiniku ühendeid rauaga.

Karbiidide olemasolu Maakera tuumas on teaduse poolt tõestatud ja praegusel silmapilgul ei saa selles enam üldse kahelda. Ent praegu on need süsinikuühendid massiivse kivimitekihiga maapinnast eraldatud ja ainult väga harva, erandjuhtudel võib täheldada nende ilmumist maapinnale. Teissugune oli aga olukord meie planeedi olemasolu algperioodil. Tollal oli kivimitekiht võrdlemisi õhuke ja nõrk. Mitmesugustel põhjustel see kiht kurdus, tõmbus kortsu ja pragunes ning tuuma karbiidid purskasid või voolasid maapinnale, sattudes kokkupuutesse tolleaegse atmosfääriga.

Mida kujutas endast tookordne atmosfäär? Meie praegusaegne atmosfäär, meid ümbritsev õhk, koosneb peamiselt hapnikust ja lämmastikust. Ürgatmosfäär ei sisaldanud kumbagi neist gaasidest. Ta koosnes peaaegu tervenisti ülikuumast veeaurust. Praeguste merede ja ookeanide kogu veehulk pidi tollal olema Maad paksu kihina kattev veeaur. Selle ülikuuma auruga sattusidki kokkupuutesse maapinnale pursanud hõõguvvedelad karbiidid.

Mis toimus sel puhul? Juba suur vene keemik Dmitri Ivanovitš Mendelejev märkis omal ajal, et karbiidide (eriti rauakarbiidide) ja veeauru vastastikusel toimimisel tekivad süsivesinikud, needsamad süsiniku ja vesiniku ühendid, millest rääkisime

eespool. Samasuguseid ühendeid pidi tekkima maapinnal tohutul hulgal.

Selle suurejoonelise protsessi jälgi leiame me päikesesüsteemi teiste planeetide, eriti Jupiteri ja Saturni atmosfääri keemilise koostise uurimisel. Hiljuti õnnestus vaieldamatult tõestada, et nende atmosfääri koostisse kuulub väga suurel hulgal süsivesinikke. Nad on tekkinud seal samuti nagu Maakera pinnal. Et aga Jupiter ja Saturn asetsevad Päikesest palju kaugemal kui Maakera, siis valitseb nende pinnal väga madal temperatuur (—135 kraadi). Säärasel temperatuuril peatus süsivesinike igasugune edasine keemiline muutumine, mistõttu nad on säilinud tänini muutumatus, nn. „külmunud" olekus.

Orgaaniliste ainete tekkimine Maakera ürgookeanides.

Teissugune oli olukord Maakera pinnal. Siin pidid esialgselt tekkinud süsivesinikud paratamatult keemiliselt ühinema neid ümbritsevate ainetega, esmajoones Maa atmosfääri veeaurudega. Süsivesinikes peituvad tohutud keemilised võimalused. Paljude keemikute arvukad uurimused, eriti vene akadeemiku A. Fovorski ja tema koolkonna tööd, tõendavad süsivesinike erandlikku võimet mitmekesiseiks keemilisteks muundusteks. Meid huvitab eriti süsivesinike võime ühineda võrdlemisi kergesti veega. Pole mingit kahtlust, et ka need süsivesinikud, mis algul Maakera pinnal tekkisid, pidid suurelt osalt ühinema veega. Selle tagajärjel tekkisid Maa atmosfääris uued mitmekesised ained. Varem olid süsivesinike molekulid ehitatud ainult kahest elemendist: süsinikust ja vesinikust. Kuid peale vesiniku sisaldab vesi veel hapnikku. Vasttekkinud ainete molekulid sisaldasid seepärast juba kolme erineva elemendi aatomeid, süsiniku, vesiniku ja hapniku omi. Peatselt liitus nendega veel neljas element — lämmastik.

Suurte planeetide (Jupiteri ja Saturni) atmosfääris leiame süsivesinike kõrval ka teist gaasi — ammoniaaki. Seda gaasi tunneme hästi, sest ta vesilahus moodustab nuuskpiirituse.

Ammoniaak on lämmastiku ühend vesinikuga. Perioodil, mida me praegu kirjeldame, leidus seda gaasi tunduval hulgal ka Maa atmosfääris. Seepärast ühinesid süsivesinikud lisaks veeaurule ka veel ammoniaagiga, kusjuures tekkisid ained, mille molekulid olid ehitatud juba neljast erinevast elemendist: süsinikust, vesinikust, hapnikust ja lämmastikust.

Nii kujutas Maakera endast kirjeldataval ajajärgul paljast kaljust kera, mille pind oli mähkunud veeaurudest koosnevasse atmosfääri, kus leidus gaasidena ka süsivesinikest tekkinud mitmesuguseid aineid. Neid aineid võime täie õigusega nimetada orgaanilisteks aineteks, kuigi nad tekkisid ammu enne esimeste elusolendite ilmumist. Ehituselt ja koostiselt sarnanesid nad mõnede keemiliste ühenditega, mida võib eraldada loomade kehadest ja taimedest.

Maakera jahtus pikkamööda, andes oma soojuse planeetidevahelisse külma ruumi. Ta pinnatemperatuur lähenes lõpuks 100-le kraadile ja atmosfääri veeaur hakkas liituma piiskadeks, langedes vihmana Maakera tulisele kõrvepinnale. Maale langesid võimsad vihmavalingud ja ujutasid ta üle, moodustades keeva ürgookeani. Vihmavalingud haarasid kaasa atmosfääris leiduvad orgaanilised ained, mis sattusid selle ookeani vette.

Mis juhtus nendega edasi? Kas me suudame anda sellele küsimusele põhjendatud vastuse? Jah, tänapäeval me võime neid või nendetaolisi aineid kerge vaevaga valmistada kunstlikult oma laboratooriumides kõige lihtsamatest süsivesinikest. Võtame nende ainete vesilahuse ja jätame selle seisma enamvähem kõrgel temperatuuril. Kas jäävad mainitud ained siis muutumatuiks või toimub nendega mitmesuguseid keemilisi muundusi? Selgub, et isegi selle lühikese ajaga, mille kestel me saame sooritada oma vaatlusi laboratooriumis, ei jää orgaanilised ained muutumatuks, vaid muunduvad teisteks keemilisteks ühenditeks. Katsed näitavad vahetult, et orgaaniliste ainete seda laadi vesilahustes toimub niivõrd arvukalt mitmekesiseid muundusi, et neid on isegi raske lühidalt kirjeldada. Ent nende muunduste peamine üldine suund on juhitud sinnapoole, et ürgsete orgaaniliste ainete võrdlemisi lihtsad väikesed moleku-

lid ühinevad omavahel tuhandel viisil ja moodustavad sel teel üha suuremaid ja keerulisemaid molekule.

Selgituseks toon siin ainult kaks näidet. Meie kuulus kaasmaalane keemik A. Butlerov tõendas juba 1861. aastal, et lubjavees lahustunud formaliin muutub mõne aja pärast magusaks, kui lahus jätta seisma sooja kohta. Selgub, et neis tingimustes kuus formaliini molekuli ühinevad omavahel üheks suuremaks ja keerulisema struktuuriga suhkru molekuliks.

Meie Teaduste Akadeemia vanim liige Aleksei Nikolajevitš Bach jättis kauaks ajaks seisma formaliini ja tsüaankaaliumi vesilahuse, kusjuures tekkisid veel keerulisemad ained kui Butlerovil. Neil aineil olid hiiglasuured molekulid, mis oma struktuurilt lähenesid valkudele — iga elusorganismi peamistele koostusosadele.

Sääraseid näiteid võib tuua kümneid ja sadu. Need tõestavad kahtlematult, et lihtsaimad orgaanilised ained võivad vees kergesti muunduda palju keerulisemaiks suhkrute, valkude ja teiste ainete ühendeiks, millest on ehitatud loomade kehad ja taimed.

Need tingimused, mis tekkisid tulise ürgookeani vetes, ei erine peaaegu millegi poolest laboratooriumides loodavaist tingimustest. Seepärast pidid tekkima tolleaegse ookeani igas kohas, igas kuivavas veelombis samasugused keerulised orgaanilised ained, nagu tekkisid Butlerovi, Bachi ja teiste teadlaste katsete puhul.

Nii moodustus ürgookeani vetes vee ja süsivesinike lihtsaimate saaduste vastastikuse toimimise tagajärjel ning paljude järgnevate keemiliste muunduste kaudu see materjal, millest praegusel ajal on ehitatud kõik elusolendid. Kuid see oli alles ainult ehitusmaterjal. Et tekiksid elusolendid — organismid, pidi see materjal saama tarviliku kuju, teataval viisil organiseeruma. Kui tohib nii väljenduda, siis olid need alles tellised ja tsement, millest võib küll püstitada ehitist, kuid mis pole veel ehitis ise.

Kuidas tekib siis see ehitis? Kuidas tekkis see ehitis, see organisatsioon, mis on omane elusolenditele? See küsimus jäi kauaks ajaks mõistatuseks. Kuid tänapäeval on teadus selle lahendanud. Võrdlemisi hiljuti õnnestus tõestada, et väga suurte ja väga keeruliste molekulidega varustatud orgaanilised ained (näiteks valgud) võivad eralduda väikeste, kuid mikroskoobis siiski nähtavate piiskadena, kui segada nende vesilahuseid omavahel. Näiteks kui segada želatiini- ja kummiaraabikulahust, näeme järgmist pilti: kumbki lahus eraldi oli läbipaistev, kuid pärast segamist see muutus sogaseks ning mikroskoobis võis näha väikesi vees ujuvaid teravalt piiritletud piisku.

Esimesena neid nähtusi uurinud hollandi teadlane de Yong andis neile piiskadele üsna keerulise nimetuse — „koatservaadid". Ta näitas, et kogu lahuses ühtlaselt hajunud želatiini ja kummiaraabiku molekulid hakkavad koatservaatide tekkimisel kogunema parvedeks või terveiks molekulide hunnikuiks, mis lõpuks lahusest eralduvad mikroskoobis nähtavate piiskadena. Neisse piiskadesse koguneb kogu orgaaniline aine ja neid ümbritsev vedelik kujutab endast lihtsalt vett. Piisad ise on ka vett täis imbunud, kuid vaba veega nad ei segune ja iga tilk oleleb eraldi, individuaalselt.

Vaatamata piiskade vedelale olekule pole molekulid neis enam juhuslikult laiali paisatud nagu lahuses, vaid on teatavas korras omavahel liitunud. Nii ilmnevad juba koatservaaditilkades mingi, muidugi veel väga lihtsa ja üsna ebakindla ehituse, organisatsiooni algmed.

Siiski omab see organisatsioon tilgakese suhtes, mis sellega on varustatud, juba väga suurt tähtsust. Iga koatservaaditilk, mis leidub selle või teise aine lahuses, võib kinni püüda neid aineid.

Kui näiteks lisada veele, kus ujub koatservaaditilku, veidi värvainet, siis näeme, et algul värvub kogu vedelik. Kuid

aegamööda vedeliku värvus üha nõrgeneb ja lõpuks kaob hoopis. Kogu värvaine on siirdunud koatservaaditilkadesse.

Samal viisil võivad tilgakesed kinni püüda neid ümbritsevas lahuses leiduvaid teisi orgaanilisi aineid. Ent need ained ei liitu koatservaatidega lihtsalt mehhaaniliselt. Siin toimub tilgakese enda materjali ja imatud ainete vastastikune keemiline mõjutamine, toimub uute ainete loomisprotsess. Selle tagajärjel võib koatservaaditilgake soodsais tingimustes suureneda mahult ja kaalult, s. t. ta võib kasvada ümbritsevast lahusest püütud orgaaniliste ainete arvel.

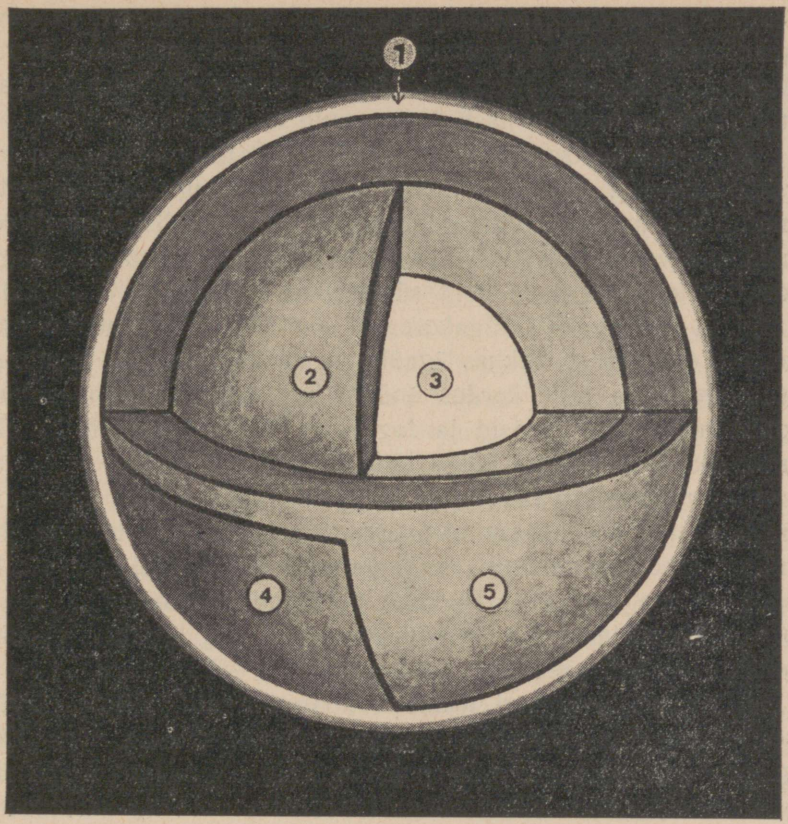
Kuid, nagu kohe võime tähele panna, toimub igas tilgakeses rööbiti loomisega alati ka vastupidine protsess, lagunemine. Olenevalt tilga koostisest ja sisestruktuurist võib see või teine neist vastassuunalistest protsessidest toimuda kiiremini. Seetõttu toimuvad ühes tilgakeses kiiremini ülesehitusprotsessid, teises aga, vastupidi, lagunemisprotsessid.

Ürgorganismide tekkimine.

Nagu juba mainitud, pidi Maakera ürgvetes meie planeedi olemasolu kindlal perioodil tekkima umbes samasuguseid aineid, nagu me neid praegu leiame taimedes ja loomade kehades, teiste hulgas ka valkaineid. Et koatservaadid tekivad nende ainete lahuste lihtsa segunemise puhul, siis pole mingit kahtlust, et varem või hiljem ürgookeani vetes pidid kujunema need tilgakesed.

Katsume mõttes jälgida mõne säärase esialgselt tekkinud tilgakese edasist saatust. Juhime kõigepealt tähelepanu sellele, et meie tilgake ei ujunud lihtsalt vees, vaid mitmekesiste orgaaniliste ainete lahuses. Ta püüdis neid aineid; järelikult toimusid temas loomis- ehk kasvamisprotsessid. Kuid nendega rööbiti toimusid ka lagunemisprotsessid. Seepärast sõltus iga tilga saatus sellest, kumb neist kahest vastupidisest protsessist jäi peale, kumb arenes kiiremini.

Kui meie tilga sisestruktuur ehk organisatsioon arenes sel-



Joon. 65. Maakera läbilõige: 1 — Maakera õhkkest, 2 — maakkest, 3 — tuum, 4 — maakoor, 5 — kivikest.

liselt, et lagunemisprotsessid temas olid ülekaalus, siis ei võinud ta kestvalt püsida. Varem või hiljem pidi ta iseenesest lagunema ja hävima. Ümberpöördult aga, need tilgakesed, kus loomisprotsessid lagunemisega võrreldes olid ülekaalus, mitte üksnes ei säilinud, vaid nende maht ja kaal suurenesid ja nad kasvasid.

Ürgookeanis tekkinud rohkete koatservaatide seas oli väga erineva ehitusega tilku. Olenevalt sellest ehitusest ühed neist

säilisid ja kasvasid, teised aga samal ajal lagunesid ja hävisid jäljetult. Toimus koatservaaditilgakeste omapärane „loomulik valik", toimus „halvasti" kujunenute hukk ja täiuslikumate ning kiireks kasvuks hästi kohanenute kasvamine.

Kuid iga koatservaaditilgake ei võinud ühtlase massina piiritult kasvada. Saavutanud kindla suuruse, jagunes ta paratamatult sisetungide mõjul sõsartilgakesteks, millised omakorda hakkasid edasi kasvama. Sisestruktuurilt olid need sõsartilgakesed täiesti sarnased neid sünnitanud tilgakesega, nad kujutasid ju endast selle tilgakese osi ehk tükke. Ent pärast üksteisest eraldumist hakkas igaüks neist kasvama ja muutuma iseseisvalt. Ja jälle kordus endine lugu. Kõik ebaõnnestunud kujunemisvormid hävisid ja lagunesid, kuna edaspidiseks olemasoluks jäid püsima kõige täiuslikumad tilgakesed.

Sedamööda, kuidas kasvasid koatservaadid Maa ookeanis, mitte üksnes ei suurenenud pidevalt koatservaatide teatava ehitusega moodustiste hulk, vaid paranes ja täienes pidevalt ka selle ehituse kvaliteet. Iga uus põlvkond kohanes üha enam orgaaniliste ainete kiireks omastamiseks ning kiireks kasvamiseks ja paljunemiseks.

Nii arenesid kunagi tekkinud koatservaaditilgakeste järglased aegamööda „loomuliku valiku" tagajärjel juba väga kõrgel arenguastmel seisvaiks moodustisteks. Nende sisestruktuur ei muutunud mitte ainult väga keerukaks, vaid ka haruldaselt kohandatuks niisugustele elunähtustele, nagu toitumine, kasvamine ja paljunemine.

Need polnud nüüd enam lihtsad tilgakesed, vaid ürgsed elusolendid, kogu meie maapealse elu esivanemad.

Elu edasine areng Maakeral.

Oma sisestruktuurilt olid ürgorganismid tunduvalt täielikumad koatservaaditilkadest, kuid võrratult lihtsamad isegi kõige lihtsamatest praegustest bakteritest ja teistest mikroorganismidest. Kuid elu tekkimisega loomuliku valiku toime ei lõppenud.

Aastast aastasse, sajandist sajandisse ja aastatuhandest aastatuhandesse muutusid algelised elusolendid üha korrastatumaks ning koos sellega üha kohandatumaks neile tingimustele, milledes nad elutsesid.

Algul toitusid nad ainult orgaanilistest ainetest, kui aga need ained olid tunduval määral ära tarvitatud, pidid ürgorganismid kas hukkuma, või endas arendama võimet ise anorgaanilise looduse materjalidest moodustada orgaanilisi aineid. Ja tõepoolest kujunes mõningail elusolendeil järjekindla arenemisprotsessi tagajärjel võime imada päikesevalgust ja selle energia arvel ehitada oma kehas süsihappest ja veest orgaanilisi aineid. Nii tekkisid lihtsaimad taimed, sinirohelised vetikad, mille jäänuseid võime veel praegugi leida maakoore iidseis kihistikes.

Teised elusolendid säilitasid toitumise endisel kujul, kuid nende toiduallikaiks said nüüd vetikad, mida nad sõid. Nii tekkis esialgsel kujul loomade maailm.

Elu koidikul olid niihästi taimed kui ka loomad esindatud pisimate üherakuliste elusolenditena. Suureks sammuks edasi oli nende liitumine elu-ühinguteks, paljurakuliste organismide tekkimine. See avas korraga seninägematud võimalused elusolendite arenemiseks ja üha keerulisemaks ning mitmekesisemaks muutumiseks. Juba iidse eozoilise aegkonna kestel muutus Maakera elanikkond tundmatuseni. Vägevad vetikad asustasid meresid ja ookeane, millede umbekasvanud kaldaäärseis vetes ilmusid arvukad millimallikad, molluskid, okasnahksed ja mereussid. Elu asus täielikult oma õigustesse. Palju sadu ja miljoneid aastaid kestnud Maa edasine areng ongi tekitanud tal niisuguse elanikkonna, keda me praegu näeme.

* *
*

Me jälgisime elusolendite tekkimiseni viivat mateeria muutumise pikka teed. Algul nägime süsinikku, mis oli hajunud üksikute aatomitena Päikese hõõguvas atmosfääris. Hiljem ta läks süsivesinike kehade koostisse, mis tekkisid Maakera pin-

nal. Edasi need süsivesinikud muutusid hapniku ja lämmastiku tuletisteks, lihtsaimateks orgaanilisteks aineteks. Ürgookeani vetes sfirdusid need ained veel keerulisematesse ühenditesse, tekkisid valgud ja teised keerulised ained, moodustus materjal, millest on ehitatud loomade kehad ja taimed. Algul oli see materjal lihtsalt lahuse olekus, kuid hiljem ta eraldus koatservaaditilgakestena. Esimesed koatservaaditilgakesed olid võrdlemisi lihtsa ehitusega, kuid pikkamööda toimus olulisi muutusi nende struktuuris, mis läks üha keerulisemaks, ja lõpuks said neist esimesed elusolendid.

Tahtmatult kerkib küsimus: miks ei toimu seda kõike ka praegu? Miks sünnivad praegu elusolendid ainult omataolistest? Vastus sellele küsimusele võib paista esimesel pilgul võõrastav. Elu ei teki praegusel ajal seepärast, et ta on juba tekkinud. Minu poolt kirjeldatud protsessi teostumine nõuab tohutuid ajavahemikke, aga tänapäeval hävitaksid väga kiiresti iga loodusliku orgaanilise aine, kui see tekiks, bakterid ja teised mikroorganismid, kes asustavad maad, vett ja õhku, mistõttu orgaanilisel ainel poleks võimalust kestvalt muutuda, koatservaadiks kujuneda ja täiendada oma struktuuri.

Võib-olla saame aga oma laboratooriumides seda protsessi korrata ja luua kunstlikult orgaanilistest ainetest elusolendeid? Praegu pole see veel võimalik, sest me ei tunne küllalt hästi isegi lihtsaimate organismide peent sisestruktuuri. Ent kunagi kauges tulevikus see õnnestub ja inimene loob kunstlikult elusolendi.

Inimese põlvnemine.

Dots. M. Plissetski.

Juba iidsel ajal, ühiskondliku arengu koidikul, püüdsid inimesed vastata küsimusele: kellest ja kuidas põlvneb inimene? Tundmata loodusseadusi, ei suutnud nad lahendada oma põlvnemise saladust, kuigi lõid sellest legende ja muistendeid. See rahva fantaasia looming on mitmekesine ja täis vasturääkivusi. On legende, milledes jutustatakse koletislikest lindudest ja loomadest või hiiglaslikest putukaist, kes olevat sünnitanud inimese; on aga ka niisuguseid muistendeid, mis räägivad, nagu oleks inimene tekkinud vihmapiiskadest või sündinud kaljudes ja kasvanud puu otsas.

Kumidel, ühel Briti India suguharul, on legend, kuidas jumal, loonud kogu ümbritseva maailma, voolis savist kaks inimkuju, mehe ja naise. Öösel, kui jumal magas, tuli tohutu madu ja sõi need kujud ära. Jumal voolis nad uuesti ja jälle hävitas nad madu. Nii kordus see mitu korda. Siis otsustas jumal panna kujude juurde valvuri. Selleks voolis ta savist koera, puhus talle elu sisse ja käskis tal haukuda, niipea kui ilmub madu. Nõnda juhtuski. Madu kihutati minema, kujud päästeti ja neist arenes kogu inimsugu. Koerast sai aga sellest alates inimese sõber. Ta kaitseb inimest hädaohu eest, ulub, kui inimene sureb, otsekui katsudes surma eemale peletada.

See legend meenutab mitmeti piibli muistendit Aadamast ja Eevast. Aadama (muistses juudi keeles „adama" tähendab „maa") lõi jumal põrmust ja Eeva Aadama küljeluust. Ja nagu kumi suguharu legendis, ilmub ka siin madu. Ta ahvatleb

Eevat, meelitades teda võtma õuna „hea ja kurja tundmise puust". Eeva ja hiljem ka Aadam maitsesid keelatud vilja. Nii toimus esimeste inimeste pattulangemine. Jumal kihutas „patustajad" paradiisist välja ja määras nende järeltulijate osaks elu täis loobumusi ja raskusi, pannes pattulangemise peasüüdlasele — naisele — sünnitusvalud.

Kõigil neil naiivseil muinasjuttudel pole muidugi midagi ühist teadusega inimese põlvnemisest. Usk inimese üleloomulikku põlvnemisse põhineb sügaval harimatusel. Juba muinasrooma poeet ja naturalist Lucretius Carus kirjutas kaks tuhat aastat tagasi oma raamatus „Asjade loomusest":

> Inimene kaldub omistama jumala tahetele asju,
> Millede põhjusi enda aruga taibata ei suuda.

Teadus pühib minema sajandeid pühitsetud fantastika ja tunnistab tõeks ainult selle, mida kinnitavad faktid, mida võib katseliselt järele proovida, mis allub kontrollile.

> „Teadust sellepärast nimetataksegi teaduseks," ütleb seltsimees Stalin, „et see ei tunnusta fetišeid, ei karda kätt tõsta kõduneva ja vana vastu ning kuulatab teraselt kogemuste ja praktika häält. Kui asi oleks teisiti, ei oleks meil üldse teadust, ei oleks, ütleme, astronoomiat, ja me ajaksime ikka veel läbi Ptolomaiose vana süsteemiga, meil ei oleks bioloogiat ja me lohutaksime endid ikka veel legendiga inimese loomisest, meil ei oleks keemiat, ja me ajaksime ikka veel läbi alkeemikute ennustustega" [1].

Praegusaegne teadus inimesest, antropoloogia (kreekakeelseist sõnadest „antropos" — inimene, „logos" — teadus), ei tekkinud ühekorraga. Vanaaja mõttetargad rajasid ta alused juba enam kui kaks tuhat aastat tagasi, väljendades mitmeid tolle aja kohta julgeid ja suurel määral õigeid oletusi inimese seisundist looduses. Nad märkasid inimesel paljusid iseloomustavaid jooni, mis olid loomadega ühised, ja seetõttu pidasid

[1] J. V. Stalin, Leninismi küsimusi, Tallinn, 1945, lk. 444. Kõne esimesel üleliidulisel stahhaanovlaste nõupidamisel, 1935. a.

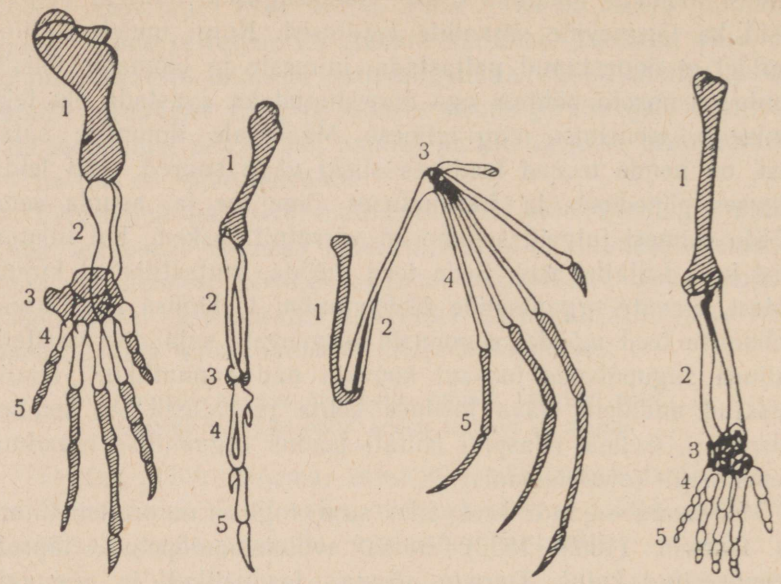
inimest loomade maailma osaks. Samasuguseid mõtteid väljendasid ka järgnevate sajandite teadlased. Kuigi muistseil filosoofidel ei õnnestunud paljastada inimeste ja loomade ühiste joonte olemasolu põhjusi ega õnnestunud ka avastada elu tekkimise ja arenemise ning inimese Maakerale ilmumise saladust, on nende teened teaduses siiski väga suured. Sest leida pilkases pimeduses ja harimatuses õige tee ja astuda seda mööda esimesi julgeid samme on võrratult raskem, kui liikuda kord juba tallatud teel. Seda teed mööda, fantastilistest kujutlustest, elavate organismide üleloomuliku tekkimise kujutlusest loobumise teed mööda, sammusid järgnevate sajandite uurijad. Paljude sugupõlvede jooksul kogusid nad kannatlikult laialipaisatud andmeid elava looduse kohta ja rajasid sel kombel alusmüüri, millele edaspidi ehitati teadus orgaanilise maailma arenemisest (evolutsioonist).

Möödunud sajandi keskpaiku suur inglise naturalist Charles Darwin (1809—1882) esitas evolutsiooniõpetuse täpselt formuleeritud kujul. Darwin tõestas teaduslikult ja veenvalt enne teda ja tema enda poolt kogutud materjali põhjal, et kõik elusolendid on omavahel sugulased. Ta kirjeldas orgaanilise (elava) maailma pikka ajaloolist arenguteekonda, lihtsaimate organismide muutumist keerulisemaiks, lihtsaimate üherakuliste kujunemist inimeseks. Lenin kirjutas, et „Nagu Darwin tegi lõpu vaatele, et looma- ja taimeliigid ei ole omavahel millegagi seotud, on juhuslikud, „jumala poolt loodud" ja muutumatud, ning esimesena asetas bioloogia täiesti teaduslikule pinnale, tehes kindlaks liikide muutlikkuse ja järjekestvuse nende vahel . . ." [1].

Evolutsiooniõpetuse üldised alused esitas Darwin 1859. aastal avaldatud teoses „Liikide tekkimine loomuliku selektsiooni teel". Inimese evolutsiooni küsimusele pühendas Darwin iseseisva töö „Inimese põlvnemine ja suguline aretusvalik" (1871. aastal). Sama küsimust käsitletakse veel Darwini teises raa-

---

[1] V. I. Lenin, Mis on „rahvasõbrad" ja kuidas nad võitlevad sotsiaaldemokraatide vastu? Tallinn, 1948, lk. 13—14.



Joon. 66. Sellest joonisest nähtub, kuivõrd sarnased on mitmesuguste loomade ja inimese esijäsemete luud: 1 — õlavars, 2 — küünarvars, 3 — ranne, 4 — kämmal, 5 — sõrmelülid.

matus „Meeleliigutuse väljendus inimeste ja loomade juures" (1872. aastal).

Tänapäeva teadus on kogunud täiendavalt määratu materjali, mis kinnitab Darwini õpetuse õigsust. Vastavalt evolutsiooniõpetusele tekkis elu Maakeral 1500—2000 miljoni aasta eest. Väga pika aja kestel kohanesid ürgsed üherakulised organismid võitluses elu eest ümbritseva keskkonnaga, teisendusid ja komplitseerusid. Nii tekkisid lihtsaimad paljuraksed loomad ja hiljem ürgkalad. Neist tekkisid kahepaiksed, kelledest said alguse roomajad. Roomajatest tekkisid omakorda linnud ja imetajad. Imetajate loomade hulgas osutub kõrgeimaks, kõige arenenumaks olendiks inimene.

Esimesel pilgul tundub päris võimatuna, et inimesel võiks

olla midagi ühist niisuguste loomadega, nagu näiteks konn, sisalik, varblane ja elevant. Kuid inimese ja nende loomade võrdlev uurimine veenab meid selle väite õigsuses. Tegelikult on kõigil loetletud loomadel selgroog (mistõttu neid nimetataksegi selgroolisteks). Selgroost väljuvad mõlemale poole roided. Skeleti luud on omavahel ühendatud sidemetega; luude külge on kinnitatud lihased, mis moodustavad organismi liikumissüsteemi. Selgrooliste keha läbivad veresooned ja närvid. Ja lõpuks on nende loomade kehal, nagu inimese kehalgi, kaitsekate.

Sarnasust võib märgata ka selgrooliste siseelundite ehituses. Välja arvatud enamik kalu, on neil kõigil kopsud ja süda. Nende seedeelundid koosnevad suust, söögitorust, maost, sooltest ja mitmesuguseist näärmeist, mis eritavad toidu omastamiseks vajalikke mahlu. Peale selle on neil eritusaparaat. Kõik selgroolised omavad nägemis-, haistmis-, kuulmis-, kompimismeelt ja paljunemiselundeid.

Kõikide selgrooliste loomade sugulust võib kindlaks teha nende jäsemete ehituse võrdlemisel. Näiteks kui võtame inimese käe ja võrdleme seda linnu tiiva või sisaliku, nahkhiire või ahvi jäsemetega, siis selgub, et need koosnevad sarnastest luudest: ühest õlavarre- ja kahest küünarvarreluust (küünarluu ja kodarluu), paljudest väikestest kämbla- ja randmeluudest ja lõpuks sõrmelülidest koosnevast viiest sõrmest.

Tõsi küll, mõnel imetajal, näiteks hobusel, on ainult üks kabjaga varustatud varvas. Kuid tähelepanelik uurimine näitab, et ka hobusel on varjatud kujul kahe puudulikult arenenud, nn. rudimentaarse (jäänuselise) varba jäänused. See viitab hobuse põlvnemisele kolmevarbalisest esivanemast, kes omakorda põlvnes veel iidsemast viievarbalisest kabiloomast.

Evolutsiooniõpetus paljastas ka puudulikult arenenud, jäänuseliste elundite olemasolu saladuse loomadel. See õpetus näitab, et looduses on kõik liikuv, muutuv ja pidevalt arenev.

Inimeses, kes põlvneb kõige madalamaist loomadest, on säilinud hulk kaugeima mineviku tunnuseid.

Nagu kõik loomad, sünnib inimene naise ühest munarakust,

mida on sigitanud mehe seemne sugurakk (spermatozoid). Järelikult ei erine inimene oma arengu algstaadiumis oluliselt mitte millegagi lihtsamaist üherakulistest organismidest.

Sigitatud raku areng algab raku järjekindla jagunemisega 2, 4, 8, 16, 32 jne. osaks (rakuks). Seda loote arengu staadiumi võib võrrelda kõige madalamate üherakuliste kolooniaga.

18—20-päevasel inimlootel on näha lõpuspilud ja suhteliselt pikk ning jäme saba. Selles arengustaadiumis ei erine inimloode oluliselt mitte millegagi teiste selgrooliste — kala, konna, sisaliku, jänese ja koera looteist. Umbes poolteise kuu pärast erineb ta juba tunduvalt teiste loomade (välja arvatud ahvi) looteist, kuid meenutab ikkagi veel vähe inimest. Sellel perioodil moodustab pea umbes poole kogu loote keha pikkusest, teise poole aga kere. Käed ja jalad hakkavad alles vaevalt arenema ja sarnanevad rohkem uimedega kui maapealsete loomade jäsemetega. Selles eas on inimlootel piki rinda ja kõhtu piimapadi, mille küljes on kuni kaheksa paari nisade algmeid. Isegi viiendal kuul, kui lootel on juba täiesti inimese kuju, meenutab ta ikkagi veel mõningaid imetajaid loomi, sest ta keha, peale huulte, peopesade ja jalataldade, on üleni kaetud õhukese karvkattega, mis kaob (välja arvatud juuksed peas) umbes kaks kuud enne sündi.

Nii näeme, et inimene (nagu kõik muudki loomad) oma arengu kestel teeb emaihus läbi mõningad etapid sellest pikast teekonnast, mida läbisid ta eelkäijad evolutsiooniprotsessis.

Vahel juhtub, et inimesel säilivad veel pärast sündi looteperioodile iseloomustavad tunnused. On teada juhtumeid, kus inimesed sünnivad karvastena, sabadega, ülearuste nisadega ja kaela fistuliga (lõpuspilude jäänustega). Niisuguseid nähtusi nimetatakse atavismideks (ladinakeelsest sõnast „atavus" — esiisa).

Peale üsna harva esinevate atavismide on inimesel väga palju alatisi välja arenemata jäänuselisi (rudimentaarseid) tunnuseid, mis tõendavad ta põlvnemist loomast. Näiteks kuulub nende hulka ussjätke, umbsoole väike ussikujuline jätke. Loomadel, eriti rohusööjatel, on jämesool väga pikk ja võtab

Joon. 67. Selgrooliste loodete areng. Tabelis on kujutatud vasakult paremale: 1 — hai, 2 — kahte viisi hingav kala, 3 — hiigla salamander, 4 — sisalik, 5 — opossum, 6 — ahv (makaak), 7 — inimene. Alt ülespoole on näidatud nimetatud selgrooliste arengu eri staadiumid, alates sigitatud munarakust kuni täiskasvanud indiviidini.

seedimisprotsessist vahetult osa. Inimesel on ta tublisti lühenenud ja hävinud osast on säilinud ainult sageli haigestuv jätke. Pimesoole haigestumine on tuntud apenditsiidi nimetuse all.

Samuti on rudimentaarne meie silmahammaste koonuseline kuju. Pealegi on mõnedel inimestel silmahambad teistest suuremad ja ulatuvad üldisest hammastereast välja nagu kiskjail. Tavaliselt arvatakse, et inimest eraldab teistest imetajatest saba puudumine. Kuid tegelikult on meil igaühel rudimentaarne sabajäänus olemas. See on mitmest omavahel kokkukasvanud sabalülist koosnev sabaluu.

Igas meie keha osas võib leida suurel arvul rudimente. Nende loetlemine nõuaks liiga palju ruumi. Ja vaevalt on selleks tarvidustki. Selletagi on selge, et inimene on kehaehituse ja elufunktsioonide poolest paljurakuline, selgrooline, imetaja. Imetajate klassis kuulub inimene koos teiste kõrgelt arenenud loomadega, poolahvide ja ahvidega, primaatide, s. o. peamiste kõrgemate loomade liiki.

* *
*

Juba muinasajal juhiti tähelepanu inimese sarnasusele ahvidega. 1800 aasta eest elanud kuulus vanaaja arst Galenos uuris ahvide anatoomilist ehitust ja jõudis järeldusele, et nad on „inimeste veidrad koopiad". Eriti palju on inimesel sarnasust inimahvidega (gibon, orangutang, gorilla, šimpans). Lõuna-Aafrika pärismaalased ei nimetanud asjata üht inimahvide liiki orangutangideks, mis tähendab „metsinimesed". See nimetus on säilinud neil tänini. Peab veel tähendama, et kuni möödunud sajandi alguseni olid mõned euroopa teadlased samuti veendunud, et inimahvid on tegelikult metsikud metsinimesed.

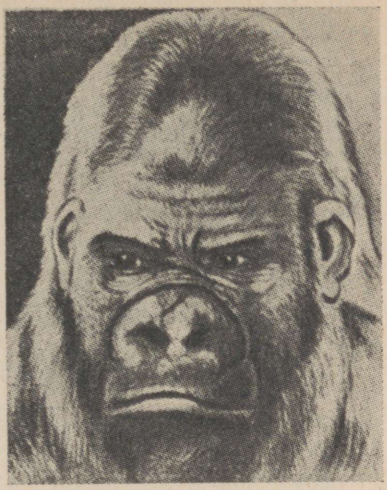
Kõrgemail ahviliikidel, nagu inimeselgi, puudub väline saba. Ka kõige madalamate liikide ahvide kõigi jäsemete sõrmedel ja varbail on küüned, mida pole teistel imetajatel. Inimahvidel on samuti nagu inimeselgi 32 hammast: lõik- ja silmahambad, eespurihambad ja tagapurihambad. Inimahvid võivad käia tagumistel jäsemetel esimesi kasutamata, kuigi nad tavaliselt liiguvad neljakäpukil. Nende rinnakorv on, nagu inimeselgi, eest tahapoole kokku surutud, aga mitte külgedelt, nagu teistel

neljajalgsetel imetajatel. Ahvide, eriti šimpansi kõrvalestad ei erine peaaegu millegagi inimese omadest.

Samuti on vere keemiline koostis ahvidel ja inimesel väga lähedane.

Mis puutub inimahvide kondikava, lihaste, veresoonte, närvide ja siseelundite ehitusse, siis ilmneb selles suur sarnasus inimese vastavate elunditega.

Inglise silmapaistev anatoom Keaths arvutas välja, et inimesel on ühiseid tunnuseid orangutangiga 56, giboniga 84, gorillaga 87 ja šimpansiga 98.



Joon. 68. Gorilla. Isaslooma pea.

Eriti hämmastav on inimese aju sarnasus ahvide ajuga. Darwin ja Thomas Huxley kirjutasid, et aju ehituse poolest erineb inimene šimpansist või orangutangist vähem kui need viimased alamaist ahvidest.

Palju tähelepanu väärib inimahvide käitumine. Uurijad on märganud neil suurepärast mälu. Nende ilme võib väljendada rõõmu, viha ja kurbust; nad naeravad ja nutavad. Šimpans ja orangutang õpivad kerge vaevaga kasutama patju ja vaipa, taldrikuilt sööma, tarvitama lusikat, kahvlit ja nuga. Nad on väga uudishimulikud, taibukad ja abinõudena ei kasuta nad ainult keppe ja kive, vaid on võimelised lahendama ka võrdlemisi raskeid ülesandeid, näiteks avama keerulise suluga suletud ust. Hulk katseid on näidanud, et šimpansid näiteks taipavad asetada kaste üksteise peale või pista keppi teise kepi õõnsasse otsa, et ulatuda kõrgelasetsevate esemeteni. Vihastena pilluvad ahvid oma vastaseid kaigaste ja kividega. Darwin kirjeldab zooloog Smith'i jutustuse põhjal järgmist episoodi: „Healootuse neemel (Aafrikas) õrritas keegi ohvitser sageli üht paaviani

(koerapealine ahv); kui loom teda ühel pühapäeval nägi paraadile minevat, valas ta auku vett, sõtkus kiiresti muda ja juuresolijate suureks rõõmuks pildus ta mööduvat ohvitseri sellega osavasti. Veel kaua aega pärast seda juubeldas ja rõõmutses paavian iga kord, kui ta nägi oma ohvrit."

Ahvidel ja inimesel on palju ühiseid maitsmisaistinguid: ahvid armastavad teed, kohvi ja veini.

Ühelgi loomaliigil pole märgata nii arenenud vastastikust abistamist kui ahvidel. Nad avaldavad harukordset hoolitsust oma poegade eest, mis mitmeti meenutab inimese armastust oma laste vastu.

Darwini tõenduse kohaselt võtavad täiskasvanud isa- ja emaahvid alati ahve-orbusid oma juurde ja kaitsevad neid hoolikalt.

1939. aastal levis kiiresti maailma ajakirjanduses tavatu sõnum: Lõuna-Aafrikas olid paavianid varastanud neegripoisikese, kes oli elanud 12 aastat nende hulgas, kuni kütid ta juhuslikult kinni püüdsid. Poiss ei osanud kõnelda ja tõi kuuldavale ainult ahvide keelt meenutavaid ebaselgeid häälitsusi.

Joon. 69. Vastsündinud šimpans.

Joon. 70. Hoides käega ja jalaga keppi püüab šimpans sellega õuna lähemale tõmmata.

Mõne aja pärast, kui poiss õppis rääkima, jutustas ta oma elust ahvide seas. Toiduks oli ta tarvitanud jaanalindude tooreid mune, kaktusi, sitikaid ja mett. Käinud oli ta tavaliselt neljakäpukil, nagu paavianidki, maganud põõsastes. Johannesburgi (Lõuna-Aafrika) ülikooli professor, kuulus antropoloog Dart, vastates Moskva ülikooli antropoloogiamuuseumi järelepärimisele, kinnitas täielikult seda, temale isiklikult tuntud juhtumit.

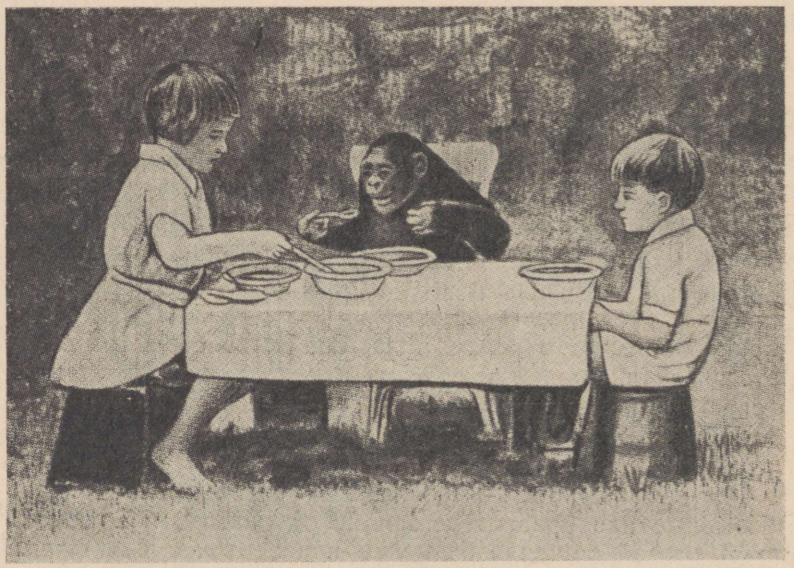
* *
*

Praegusel ajal pole ainsatki tõsist teadlast, kes eitaks inimese põlvnemist ahvist. Kui ongi vaieldavaid küsimusi, siis puudutavad need ainult üksikasju.

Kuidas toimus meie ahvist esiisade muutumine inimesteks? Kõige üldjoonelisemalt vastas sellele küsimusele Darwin.

„Inimene," kirjutas Darwin, „ei võinud saavutada oma domineerivat seisukohta maailmas käteta. Kuid vaevalt said käed täiustuda relvade tootmiseks ja kivi või oda kindlalt märki viskamiseks, seni kuni neid kasutati ainult liikumiseks ja kogu keharaskuse ülalhoidmiseks."

Darwin piirdus sellega. Engels oma tähelepanuväärses töös „Töö tähtsus ahvi inimesestumise protsessis" (1876. aastal) näitas, et inimese kujunemiseks oli tarvis: 1) et meie loomast esiisadel pidi arenema ühiskondlik instinkt, sest on täiesti mõeldamatu, et kõigist loomadest kõige ühiskondlikum olend — inimene — võinuks põlvneda ebaühiskondlikest esivanemaist; 2) et juba ammu enne meie ahvitaoliste esivanemate püstasendis kõndima hakkamist pidid nende esimesed ja tagumised jäsemed kohanema eri funktsioonide täitmiseks. Niisugune kohanemine võis kujuneda elamistingimustest puu otsas, kus keharaskuse suuremat osa kandsid tagumised jäsemed, esime-



Joon. 71. Lõunalauas. Poiss, tüdruk ja šimpans Meši on peaaegu ühevanused. Nad on koos üles kasvanud ja neid seob tihe sõprus.

sed aga kohanesid haaramiseks. Esimeste ja tagumiste jäsemete funktsioonide erinevus pidi meie ahvist esivanemail paratamatult suurenema, kui nad mingeil senitundmatuil põhjustel asusid puudelt elama maapinnale.

Joon. 72. Aafrikas väga vanast maakihist leitud pealuu, mis kuulus noorele inimahvile, australopiteegile. On põhjust arvata, et australopiteegid on inimese esivanemad.

Maapinnal elades vabanesid meie esivanemate esimesed jäsemed vajadusest liikumisel kaasa aidata ja kohanesid mitmesuguste esemete, nagu keppide ja kivide hoidmiseks, milledega võis ennast vaenlaste vastu kaitsta ja toitu hankida. Aga kui kord juba säärane tegevus osutus tulusaks, siis loomulikult pidi see aja jooksul muutuma alatiseks. Pole kahtlust, et meie kauged esivanemad, kasutades algul juhuslikult leitud kaikaid ja kive, hakkasid hiljem valima kindlaks otstarbeks sobivamaid vahendeid, mida nad hiljem teadlikult rakendasid teatavateks tegevusteks (lõhkamine, lahtiraiumine, teritamine jms.). Järelikult lakkasid meie esivanemate esijäsemed olemast liikumisvahendeiks; nad said uue, ainult neile omase ülesande — valmistada tööriistu. Sellega astuti otsustav samm üleminekul ahvist inimeseks. Ilmus uus, arukas, tööriistu valmistav olend.

Töö arenemine tegi inimesest looduse valitseja, laiendas tema silmaringi ja liitis ühiskonna liikmed kollektiivideks. Ikka sagedamini tarvitati töö juures vastastikust abi ja toetust, mis omakorda viis meie esivanemad, nagu kirjutas Engels, „vajaduseni üksteisele midagi öelda".

Kõik arenenumad loomad on võimelised kuuldavale tooma kutsuvaid või hädaohu eest hoiatavaid hääli. Kuid niisugusest suhtlemisviisist ei piisanud kujunevale inimesele. Ebaselgetele häälitsustele lisaks hakkab arenema „sirgjooneline kõne" — žestikulatsioon ja miimika. Töö ning ühiskondliku elu arene-

misega ja komplitseerumisega arenes selle täienduseks artikuleeritud kõne.

Töö ja kõne arenemine avaldas tugevat mõju inimaju arenemisele; aju arenemine omakorda mõjutas töö ja kõnelemise täiustumist.

Seega toimus ahvi inimesestumise keeruline protsess töö mõjul. Engelsil oli täielik õigus väita, et töö lõi inimese.

Praegu ei saa enam keegi Darwini ja Engelsi väidete vastu vaielda. Teadus on kindlaks teinud, et inimene põlvneb ahvist ja et see inimesestumisprotsess toimus töö mõjul. Kuidas aga seletada seda, et need ahvid, keda me praegu näeme, jäävad ahvideks ega sünni ümber inimesteks?

Niisugune küsimus kerkib tahtmatult neil, kes ei tunne või ei taipa evolutsiooniseadusi.

Eelkõige tuleb meeles pidada, et rääkides oma sugulusest ahvidega, mõtleme oma ühiseid esivanemaid, väljakaevatud inimesetaolisi ahve. Meie sugulus tänapäeva ahvidega pole otsene, vaid n. ö. nõbudesugulus. Inimahvid ja inimesed on eri oksad, mis ühisest tüvest mõnede miljonite aastate eest on välja kasvanud.

Need oksad arenesid ja teisendusid eri suundades. Üks oks inimesestus järk-järgult. Teise areng viis meile praegu tuntud inimahvide tekkimiseni. Ka need erinevad väga tugevasti meie ühiseist esivanemaist.

Samuti on ümbritsev loodus selle aja vältel märgatavalt muutunud. Kõik see on aga ületamatuks takistuseks praegusaegsete ahvide inimeseks muutumisele.

* *
*

Ahvi inimeseks muutumise protsess kestis väga pikka aega. Teadlaste arvates üle miljoni aasta. Järelikult ei muutunud meie muistsed esiisad, ahvid, mitte kohe inimesteks. Kahtlematult pidid tekkima ahvi ja inimese vahel üleminekuvormid: need polnud enam täielikult ahvid ega ka veel täielikult inimesed.

Kuigi Darwini eluajal leiti mõned üleminekutüübi pealuud, peeti neid leide praegusaegsetele inimestele kuuluvaiks, kes olid põdenud mingit haigust, mis muutis nende luid. Evolutsiooniteooria vastased püüdsid teda halvustada, väites, et paleontoloogia (teadus, mis käsitleb väljakaevatud loomade jäänuseid) ei kinnita inimese ahvist põlvnemise teooriat.

Vastuseks sellele tähendas Darwin, et piirkonnad, kus tema arvates pidid elanud olema inimeste eelkäijad, on veel äärmiselt nõrgalt uuritud ja avaldas lootust, et aja jooksul kahtlemata säärased leiud teostuvad.

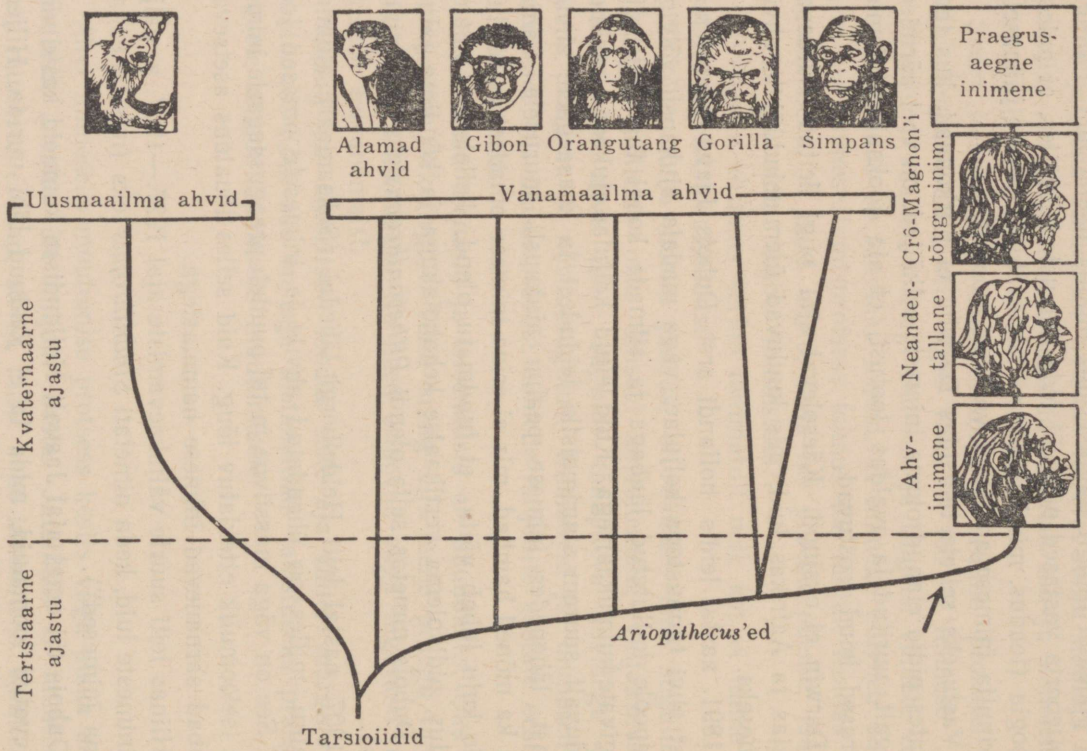
Darwin ei eksinud. Käesoleval ajal ongi leitud Euroopas, Aasias ja Aafrikas luid, mis kuuluvad üleminekutüübile ahvist inimeseks.

1891. aastal leidis hollandi arst Dubois Jaava saarel maa seest ahvi tunnustega koljulae: väga madala ajukapsli võlviga, tahapoole kallutatud laubaga ja silmade kohal tugevasti ettetungivate kulmukaartega. Kuid leitud koljulae ajukoopa maht oli tunduvalt suurem suurimaistki leidudest ja kaasaegsete ahvide omast, lähenedes inimese pealuu ajukapsli suurusele. Samas leiti ka mõned hambad, mis ei erine inimese omadest ja reieluu, mille kuju lubab väita, et tundmatu olend, kellele see reieluu kuulus, pidi olema vertikaalse kehahoiakuga ja kõndima jalgadel. Dubois nimetas selle olendi *Pithecanthropus*'eks (ahvinimeseks).

1907. aastal leiti Heidelbergi lähedal (Saksamaal) alumine lõualuu, milles on ühendatud ahvile ja inimesele omased jooned. See on väga massiivne ja tal puudub praegusaegsele inimesele iseloomulik etteulatuv lõug. Kuid selles lõualuus asetsevad hambad sarnanevad inimese hammastega.

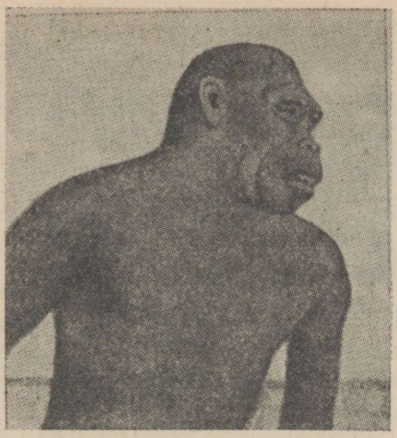
Hiinas leiti suurte väljakaevamiste ajal 1927.—1937. a. palju ahvinimeste luid, keda nimetati *Sinanthropus*'teks (mis tähendab „hiina inimesed").

Dubois tõi omal ajal Jaavalt Hollandisse kümneid kaste väljakaevatud loomaluid, mida ta ei jõudnud läbi uurida. Hiljem selgus, et nende luude hulgas oli veel neli *Pithecanthropus*'e reieluu osa.



Joon. 73. Esivanemate sugupuu.

1937. aastal leidis ameerika teadlane Königswald Dubois' kaevamispaiga läheduses samas iidses maakihis peaaegu terve kolju. Selle kuju ja ajukoopa mahu järgi otsustades kuulus see kahtlematult *Pithecanthropus*'ele. Lõpuks, 1941. aastal, kaevati Jaaval välja senini vähe uuritud mingi pool ahvi taolise olendi jäänused.



Joon. 74. *Pithecanthropus*. V. A. Katagini skulptuur Moskva Riikliku Ülikooli Antropoloogiamuuseumis.

Vanamaailma mitmesuguste maade hilisemais maakihtides on avastatud üle kahekümne luudeleiu, millede kuju tunnistab, et nad on kuulunud sellist tüüpi olenditele, kes moodustasid ülemineku ahvinimestest tänapäeva inimesteks.

Neid nimetatakse neandertallasteks Neanderthali oru (Saksamaal) järgi, kust leiti esimesena seda tüüpi ürginimese koljulagi ja mõningaid teisi luid.

Neandertali koljudel leidub veel mõningaid ahvide jooni, kuid vähemal määral kui ahvinimeste koljudel. Neandertallase laup ja lõug on vähem tahapoole kallutatud, koljulagi on kõrgem ning aju pole sugugi väiksem tänapäeva inimese ajust. Kahe neandertallase luid on leitud ka NSV Liidus: 1924. aastal Krimmis (Kiik-koba koopas) ja 1938. aastal Usbekistanis (Baisunski rajoonis, Tešik-Taši koopas). Tešik-Taši leid on säilivuse poolest üks kõige hinnalisemaid. Tešik-Taši inimese kolju ja mõned teised luud koos rekonstrueeritud üldkujuga asetsevad Moskva Riikliku Ülikooli Antropoloogiamuuseumis.

Neandertallased on meie eelkäijad. Seda tõendavad mõned väljakaevatud inimkoljude leiud, kus on ühendatud neandertallaste ja tänapäeva inimeste tunnused. Kolm niisugust leidu on

Joon. 75. Säärased pidid välja nägema ahvinimesed, esimesed olendid, kes hakkasid kasutama lihtsamaid tööriistu, kive ja keppe. Joonis Moskva Riikliku Ülikooli Antropoloogiamuuseumist.

tehtud NSV Liidus: Põhja-Kaukaasias (Podkumok), Volga ääres (Hvalõnsk) ja Moskva lähedal (Shodnja). Ka neid kolme leidu säilitatakse Moskva Riikliku Ülikooli Antropoloogiamuuseumis.

Religioosselt meelestatud inimestele, kes naiivselt usuvad, et inimene on „jumaliku loomingu kroon", osutub mõte meie loomalisest põlvnemisest vastuvõtmatuks.

Selle kohta kirjutas Darwini kaasaeglane, tuntud inglise anatoom Thomas Huxley:

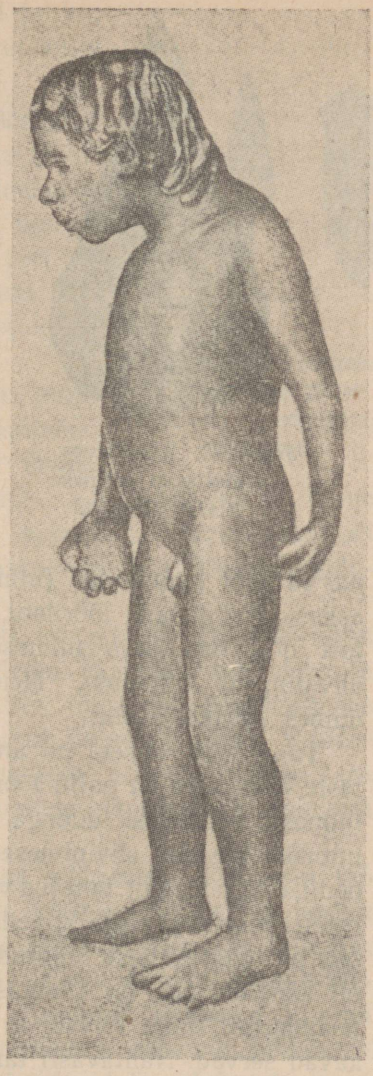
„Mõtlevad inimesed, vabanenud vanade eelarvamuste pimestavast mõjust, leiavad inimese madalas päritolus parima tõendi ta suurepäraste võimete kohta, ja arvestades ta pidevat progressi minevikus, võivad põhjendatult uskuda ta eelseisvasse suuremasse tulevikku."

* *
*

Meie kaugest minevikust huvituv uurija ei või muidugi ainult piirduda ürginimese väljakaevatavate luude uurimisega ja selle füüsilise kuju restaureerimisega. Koos inimeste väljakaevatavate luudega leitakse ka asulate jälgi ja tööriistu. Need annavad meile kujutluse muinasinimeste eluviisist. On leitud ka taimede ja väljasurnud loomade jäänuseid. Leidude asukoha sügavuse ja maakihtide ehituse iseloomu järgi on meil võimalik määrata ajavahemikku, mis eraldab meid sellest ajajärgust, mil need inimesed elasid.

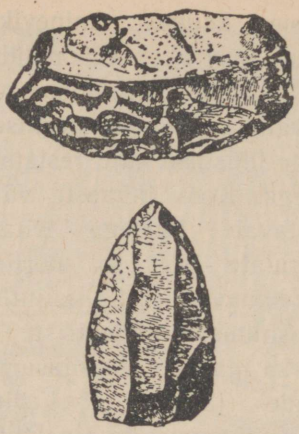
Sinanthropus'te väljakaevamisel leiti suurel hulgal väga jämedalt väljatöötatud kvartsiidist riistu. Samuti leiti seal kunstlikult teritatud luutükke. Tuleb märkida, et paikades, kus teostati *Sinanthropus*'te väljakaevamist, ei leidu üldse kvartsiiti. Tähendab, hiina ahvinimesed hankisid seda kusagilt ja toimetasid oma koopaisse.

Koos *Sinanthropus*'te luudega, nende kivist ja luust riistadega leiti ka tule ja tuha jälgi, loomade ja *Sinanthropus*'te eneste söestunud luid. Osa toruluid oli puruks taotud, kust nähtavasti oli üdi välja võetud. See kõik tõendab, et *Sinanthro-*



Joon. 76. Neandertali poiss Tešik-Tašist. Gerassimovi uus skulptuur, mis on voolitud A. O. Okladnikovi poolt väljakaevatud pealuu ja teiste luude järgi.

Joon. 77. Käsikirves — heidelbergi inimese kivist tööriist.



Joon. 78. Neandertallaste kivist tööriistad: kaabik (ülal) ja odaots (all).

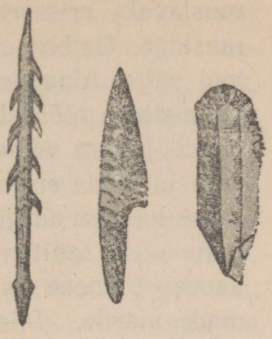
pus'ed olid kannibalid (inimsööjad), et nad kasutasid tuld ja oskasid valmistada tööriistu. Teiste sõnadega, oma võimete poolest olid nad juba inimesed, kuigi nad välisilmelt väärivad ahvinimeste nimetust. Neid lahutab meist määratu ajajärk, umbes 700 000 aastat.

Tunduvalt rohkem on andmeid neandertallaste kohta. Teadlaste käsutuses on palju tööriistu, mis on leitud koos tänapäeva inimeste eelkäijate luudega. Kõige vanemateks relvadeks, mida inimene kasutas ahvinimesest neandertallaseks ülemineku perioodil, olid jämedalt tahutud võrdlemisi suured kivid, 10—15 sentimeetri suurused „käsikirved". Nende kirveste alumine (töötav) osa on igast küljest tahutud ja teritatud; ülemine osa aga, mis oli käepidemeks, on enamasti hoopis töötlemata. Hilisema aja neandertali tüüpi relvad on väiksemad ja neil on teravad, lõikavad servad. Nähtavasti tarvitati neid kaabitsaiks ja nugadeks.

Mis puutub praegusaegsesse inimtüüpi, kes kujunes umbes 80 000—100 000 aasta eest (mõnede teadlaste arvates 150 000—200 000 aasta eest), siis nende tarbeesemete hulgas leiame juba kõige mitmekesisema ja eriotstarbelise iseloomuga kivist ja luust riistu: nuge, odasid ja nende otsi, odaheitjaid,

kääre, naaskleid, nõelu jms. Kivi ja luu töötlemises oli inimene sellal saavutanud juba suure meisterlikkuse.

Meie kaugete esivanemate tööriistad annavad meile selge kujutluse mitte ainult nende majanduslikust, vaid ka ühiskondlikust eluviisist. Ürginimese elu polnud kerge. Võitluses olemasolu eest pidi ta kannatama palju viletsust ja puudust. Elu alalhoiuks vajalikku toitu tuli otsida ja vallutada.



Joon. 78. Crô-Magnon'i tõugu inimeste luust ja tulekivist (ränikivist) tööriistad.

Ainult piibliloo-taolised muinasjutud kujutavad ürginimeste elu paradiislikuna. „Et ürginimene sai kõik vajaliku tasuta kingitusena looduselt," kirjutas Lenin, „on rumal jutt... Enne meid pole olnud mingit kuldset ajastut ja ürginimene oli täiesti maha surutud olemasolu raskustest ja võitlusest loodusega" [1].

Kui suhteliselt nõrk ja halvasti relvastatud inimene oleks pidanud oma olemasolu eest võitlema üksinda, siis oleks ta hukkunud. Ent teda päästis kollektiiv, ühiskond. Algul oli see luusiv kari, kes rändas toiduotsinguil paigast paika. Rändamine oli seetõttu kerge, et ürginimesel polnud mingit vara peale kõige primitiivsemate kiviriistade ja keppide, mingeid toidu- ega rõivavarusid.

Ühiskonna edasine areng toimus pikkamisi. Täienesid töö vormid ja tööriistad. Algul juhuslik küttimine omandas püsiva ja süstemaatilise iseloomu. See sai alguseks loomade taltsutamisele ja hiljem karjakasvatusele. Koos sellega komplitseerusid ühiskondlikud vahekorrad. Inimesed hakkasid liituma sugukondadeks ja suguharudeks, milledest edaspidi põlluharimise ja käsitöö ilmumisega tekkisid rahvad ja rahvused.

Inimene on võrdlemisi noor Maakera elanik. Kuid oma tegevusega muutis ta järsult oma elamistingimusi. Loomade iseloo-

[1] В. И. Ленин, Сочинения, т. IV, стр. 182.

mustavaks erisuseks on kohanemine ümbritsevate loodustingimustega. Ümbritsevale keskkonnale kohanematud loomad surevad välja. Ainuüksi inimene, alates oma tekkimisest ja hakates valmistama tööriistu, lõi endale kunstliku keskkonna. Kehakate, elamu ja tuli võimaldasid inimesel asuda laiali üle kogu Maakera ja elada erinevais kliimatingimustes. Inimene hakkas alistama looduse ürgjõude ja neid oma huvides kasutama, kasvatama uusi, senitundmatuid taimede ja loomade liike. Sel viisil kaevas inimene oma tegevusega kuristiku enda ja kõigi loomade vahele. Inimene, olles oma põlvnemiselt ja kehaehituselt loom, muutus isandaks, „looduse kuningaks"; selles looduses teostas ta nii sügavaid muudatusi, et ta töö tulemused võivad kaduda ainult kogu Maakera hukkudes.

* *
*

Inimese loomalisele päritolule väliselt mitte vastu vaieldes astuvad reaktsioonilised teadlased siiski välja monogeneesi vastu, Darwini õpetuse vastu inimese põlvnemise kohta ühtedest esivanematest. Vastukaaluks monogenistidele kaitsevad nad polügeneesi-teooriat, tänapäeva inimrasside põlvnemist erinevatest loomaliikidest.

Rasside all mõistavad antropoloogid inimeste rühmi, kes erinevad üksteisest mitmete pärilike füüsiliste tunnuste poolest: naha, juuste ja silmade värvuse poolest; nina, huulte ja juuste (kräsus, lainelised ja sirged) kuju poolest; pea (pika, lühikese ja keskmise) kuju poolest. Rassilised erinevused on niivõrd silmatorkavad (näiteks naha värvus, juuste kuju jms.), et pealiskaudne vaatleja võib tõesti püüda seletada nende põlvnemist mitte ühest, vaid erinevaist inimese eelkäijaist, kes omakorda põlvnesid väljakaevatavate loomade eri liikidest.

Tegelikult aga piisab kummagi mainitud teooria kasuks rääkivate kaalutluste hoolikast võrdlemisest, et veenduda, kuivõrd põhjendamatu on polügenism.

Kõik praegusaegsed inimrassid põlvnevad väljakaevatud ja inimesestumise teekonnal teatavale, küllaltki kõrgele tasemele

jõudnud inimestest. Oma mitmesuguseil arenemisastmeil võis ja isegi pidi inimsugu erinema terve hulga rassitunnuste poolest. Mida laialdasemalt on Maakeral levinud loomade liik, mida mitmekesisem on teda ümbritsev loodus, seda muutlikum ta on. Darwin tõestas seda. Iga niisugune liik koosneb rassidest, s. t. väliselt üksteisest erinevaist rühmadest. Inimene levis oma tekkimise algaegadel Maakeral laialdaselt. Meenutagem, et ahvinimeste ja neandertallaste jäänuseid on leitud vanamaailma üksteisest väga kaugel asetsevais paikades. On täiesti arusaadav, et inimese rassilised erinevused tekkisid juba tol kaugel ajal.

Ent neandertallaste ja seda enam veel ahvinimeste rassid erinevad järsult tänapäeva rassidest. On küllalt põhjust väita, et praegu olemasolevad rassid tekkisid alles pärast seda, kui oli kujunenud praegusaegne inimtüüp. Nii kujutavad inimrassid endast üht liiki. Rassid pole üksteisest isoleeritud, nende segunemine suureneb üha enam, hoolimata usulistest, klassilistest ja rahvuslikest eelarvamustest. Isegi väliselt kõige erinevamate rasside — eurooplaste, mongolite ja neegrite vahele ei saa tõmmata teravaid piire, sest leidub mitmeid üleminekurühmi, mis otsekui moodustaksid ühenduslülisid nende vahel. Sel kombel sulavad rassid aegamööda ühte, paljudel juhtudel täiesti sõltumatult nende vahel toimuvaist ristumistest.

Aga kõige tähtsamaks tõendiks liigiühtsuse ja inimsoo. ühevääršuse kasuks on see fakt, et kõikide rasside kõikidel inimestel on ühesugune tunnete väljendusviis (miimika, žestikulatsioon), et kõigil inimestel, sõltumatult rassist, on üldiselt ühesuguseid vaimseid võimeid, et neil kõigil on artikuleeritud kõne, et nad kõik elavad ühiskondlikult, teevad tööd ja arendavad kultuuri.

Kui me mõttes pilgu tagasi heidame, siis veendume, et kaasaegsed tsiviliseeritud rahvad ei erinenud vanal ajal oluliselt millegagi tänapäeva kultuuriliselt mahajäänud rahvastest. Me leiame neil umbes samasuguseid tööriistu ja tarbeesemeid. Keeleliste igandite järgi veendume, et ka ühiskondliku organisatsiooni vormid olid neil ühesugused. Ajalooliste sündmuste

kujunedes jõudsid mõned rahvad tsivilisatsiooni teekonnal kaugele ette, sellal kui teised rahvad takerdusid oma arengus. Teissuguseis tingimustes võinuks pilt olla teissugune. Fakte, mis öeldut kinnitavad, on palju. Näiteks olid egiptlased mõne tuhande aasta eest kõige tsiviliseeritum rahvas maailmas. Me vaatleme praegugi imetlusega Egiptuse muistseid püramiide, arhitektuuri poolest tähelepanuväärseid templite ja tervete linnade varemeid ning imetleme põlluharimissüsteemi. Kuid hiljem läks esikoht kultuuris egiptlastelt teistele rahvastele. Sama võiks öelda ka hiinlaste, hindude ja paljude teiste rahvaste kohta, kes kuuluvad kõige erinevamaisse rassidesse.

Ühe sõnaga, pole mingit alust rääkida kõrgematest ja madalamatest rassidest, nagu eviksid ühed neist juba loomu poolest kõrgemaid vaimseid võimeid ja oleksid seetõttu määratud valitsema teiste, vähem väärtuslike rasside üle.

See „teooria" pole sugugi mitte uus. Juba palju sajandeid tagasi väitsid orjapidajad, et nemad on „maa sool", kõrgemad olendid ja võim orjade üle on nende „loomulik õigus". Feodalismiajastul tõendasid aadliseisuse esindajad samuti, et neil on „valged luud", et nende soontes voolab eriline „sinine veri" ja et seetõttu nad on õigustatud ekspluateerima pärisorje. Seda ekspluataatorlikku ideoloogiat väljendas äärmise selgusega möödunud sajandil saksa feodalist Stillfried. Ta väitis, et aadel on ainus jumalast õnnistatud õilis seisus. Sellal kui talupoeg on „organiseeritud kartulimass", on aadlik loodud peenimaist aineist, mida ta saab juba emaihus ja hiljem imeb endasse emapiimaga. Siit tulenebki sotsiaalne võrdsusetus, kirjutas Stillfried.

Maailmakaubanduse areng ja võõraste maade vallutamine eurooplaste poolt põhjustasid teooria valge rassi üleolekust väljaspool Euroopat asetsevate maade värviliste rahvaste üle.

Hiljem, kui asumaad olid juba jagatud Euroopa riikide vahel ja algas võitlus maailma ümberjaotamiseks, tekkis uus teooria Euroopa rahvaste omavahelisest võrdsusetusest. Saksa imperialistid propageerisid seda jampsi eriti tugevasti, püüdes

Joon. 80. Inimrasside peamised tüübid.

tõendada, et sakslased on „kõrgem rass", mistõttu neil olevat suurem õigus kui teistel rahvastel valitseda asumaade rahvaid.

See „võigas teooria, mis on teadusest niisama kaugel kui taevas maast" (Stalin) arendati saksa fašismi poolt äärmuseni ja muudeti ideoloogiliseks kilbiks, mille varjul teostati teiste maade riisumist ja rahvaste hävitamise hitlerlikku kiskjapoliitikat.

Vaevalt on vaja mingeid tõendeid, et säärasel jampsil pole midagi ühist tõelise teadusega.

Rassistide lobisemine mingite „puhtavereliste rasside" aretamisest on absoluutne mõttetus.

Nõukogude tegelikkus on rasside ja rahvaste ebavõrdsuse rassilise legendi parimaks vääranguks. „Nüüd tuleb see legend lugeda purustatuks ja kõrvale heidetuks," ütles seltsimees Stalin 1927. aastal. „Oktoobrirevolutsiooni üheks tähtsamaks tulemuseks on tõsiasi, et ta andis sellele legendile surmahoobi, näidates tegelikult, et vabastatud ja nõukogude arengu voolu kaasatõmmatud mitteeuroopa rahvad on võimelised edasi viima t õ e l i s e l t eesrindlikku kultuuri ja t õ e l i s e l t eesrindlikku tsivilisatsiooni mitte sugugi vähem kui Euroopa rahvad" [1].

[1] J. V. S t a l i n, Leninismi küsimusi, Tallinn, 1945, lk. 155.

Kuidas inimesed õppisid rääkima.

Prof. V. K. Nikolski ja prof. N. F. Jakovlev.

Mis on keel ja kuidas lahendasid inimesed ta tekkimise mõistatuse.

Lapsepõlvest saadik oleme harjunud oma emakeelega nagu kalli luulega. Ema sõnu kuuldes õpib laps mitte ainult mõtlema, vaid ka tundma; omandades keelt hakkab ta mitte ainult rääkima, vaid ka rõõmu ja kurbust läbi elama. Seepärast pole emakeel meile mitte ainult keel, vaid ühtlasi ka mõte, tunne ja teo ajend.

Õige ja parajal ajal öeldud sõna on võimeline viima inimesi kangelastegudele. Lenini sõnaga relvastatult kukutasid meie suure kodumaa rahvad tsaarivõimu; Stalini sõnadega relvastatult kihutasid venelased õlg õla kõrval kõikide teiste nõukogude rahvastega oma kodumaalt välja saksa fašistlikud vallutajad.

Vene keel kuulub maailma rikkaimate keelte hulka. Temal on sadu tuhandeid sõnu: nii sügavamõttelisi ja tundeõrnu, nii kindlaid ja nõtkeid nagu teras, mis on võimelised äratama mõtteid ja liigutama südant. Vene keeles kirjutasid suurimad poeedid Puškin ja Lermontov, taidurlikud sõnameistrid Tolstoi, Tšehhov, Gorki, säärased peened iluhindajad nagu Belinski; vene keeles on kirjutatud sügavaimate filosoofide ja revolutsiooni juhtide Lenini ja Stalini tööd.

Samasuguseks ülemaailmse tähtsusega keeleks nagu vene keel on ka inglise, prantsuse, hiina ja teised keeled.

Missuguse keele me ka iganes võtaks, ta on lahutamatu mõttest. Missuguses keeles inimene ka iganes räägiks, ta mõtleb sõnadega. Selge ja täppis mõtlemine ei kulge mitte ainult nägemispiltides, vaid ka nn. sõnalises kujus. Isegi unes või mõtteisse süvenenult liigutavad inimesed sageli huuli. Seega pole mitte ainult inimese kõne, vaid ka ta mõte artikuleeritud.

Mõtet saab väljendada mitte ainult häälitsustega, vaid võib rääkida ka käte ja kehaliigutustega, joonistustega, võib end arusaadavaks teha mingeid asju näidates või esemeile osutades. Näiteks on kurttummad harjunud oma mõtteid väljendama käte ja sõrmede liigutustega. Kuid kõigil neil juhtudel on meie aju töö tihedalt seotud mingi abinõuga oma mõtete väliseks väljendamiseks. Sünnilt kurttumma ja pimedat inglise neiut Louise Bridgemani uurides märkasid teadlased, et ta ka unes liigutas sõrmi.

Tänapäeva inimese peaaju töö on tihedalt seotud kõnevõimega, mida kinnitavad peaajuhaiguste huvitavad näited, kus haiged mõnikord unustavad nimisõnad, kuid hääldavad teisi sõnu endiselt õigesti. Inglise suur looduseuurija Charles Darwin ütles, et „pikk ja keeruline mõtteniit ei saa areneda sõnade abita, samuti nagu ei saa seda pikk arvutus valemite ja algebra märkide tarvitamiseta".

Inimese kõikidest läbikäimisviisidest võis ainult häälikuline keel saada kogu ühiskonna varaks ja muutuda võimsaks kultuuri tööriistaks. Inimese kõne on ta mõte, mis on valatud häälte vormi. Meie emakeel on meie häälitsustes kehastatud teadvus. Mõttest sõnani on ainult üks samm. „Mõtte vahetu tegelikkus on keel," kirjutasid Marx ja Engels, väljendades nende sõnadega keele tähtsuse sügavaimat mõistmist.

Ent kas keel on olnud alati nii rikas ja ilmekas, kas eksisteeris alati see side hääle ja mõtte vahel? Teiste sõnadega, kuidas tekkis ja arenes inimkeel? Kuidas õppisid inimesed rääkima?

Sellele küsimusele püüdsid inimesed vastata juba kaugel muinasajal.

Heebrealaste talmudi ja kristlaste piibli kõige vanemas

osas — 1. Moosese raamatus, mis on kirjutatud esimesel aastatuhandel enne meie ajaarvamist vanas heebrea keeles ja sisaldab legendi maailma ja inimese loomisest, — jutustatakse ka keele tekkimisest.

„Sest Jehoova Jumal oli küll maast valmistanud kõiksugused elajad välja peal ja kõik linnud, mis taeva all, ja oli neid inimese juure saatnud, et ta saaks näha, kuida tema neid pidi nimetama; ja kuida inimene iga elava hinge pidi nimetama, nõnda pidi tema nimi olema.

Ja inimene pani nimed kõigile lojustele ja lindudele, mis taeva all, ja kõigile elajatele, mis välja peal."

Piibli legend ei kõnele sellest, mis keeles rääkis inimene (Aadam) loomadele nimetusi andes. Hilisemad piibli uurijad väitsid, et inimeste ürgkeeleks oli heebrea keel. Püüded kuulutada oma rahvust kõige vanemaks sundisid aga mõningaid kristlikke kirjanikke kaitsma ebatõepärast mõtet, nagu oleks algul kogu inimkond kõnelnud üht keelt, ja koguni veel väitma, et selleks keeleks oli üks praegusaegseid keeli.

Mõnikord juhtus isegi lõbusaid kurioosumeid. Näiteks kinnitas üks autor, et esimene inimene Aadam rääkis paradiisis baski keelt, teised kirjutasid, et Aadam ja Eeva kõnelesid juba paradiisis pärsia keelt; Aadamat ja Eevat ahvatlev madu rääkis araabia keelt ja ingel Gabriel vestles nendega türgi keeles. Lõpuks leidus sääranegi veidrik, kes tõsiselt püüdis tõendada, et jumal pöördus Aadama poole rootsi keeles, Aadam aga vastas talle taani keeles, kuna madu rääkis Eevaga prantsuse keelt.

2000 aasta eest elanud suur Rooma poeet ja filosoof Lucretius jutustas oma teoses „Asjade loomusest" esimesena keele tekkimisest, toetumata legendidele ja muinasjuttudele:

Arvata, et keegi andis esemeile nimed ja õpetas ka kõnelema inimesed, on rumalus; sest kui temal oli võimalus sõnades ütelda kõik ja keelega teha kõiki hääli, miks siis oletada, et ka kõik teised samal ajal sedasama teha ei võinud?

Lucretius arvas, et inimesed ei hakanud kõnelema mitte seepärast, et keegi neile seda oleks õpetanud. Ta väitis, et keele

lõid „loodus" ja „vajadus", s. t. inimese loomulik võime kuuldavale tuua artikuleeritud häälitsusi ja tungiv tarvidus kõnelemiseks.

Mis puutub häälitsustesse, mida keel kuuldavale toob, siis loodus ise tekitas nad ja asjade nimetused määras vajadus ... Lõpuks, mis on ses imelikku, et inimsugu, olles õnnistatud hääle ja keelega, vastavalt aistinguile tähistas asju erinevate häälitsustega? Sest ka tummad karielajad ja isegi kõik metsloomad ei avalda ühesugust hüüdu, vaid erisuguseid hääli, kui neid haarab hirm, kui tunnevad valu või rõõmu. Eks ole siis loomulikum ju, et ürginimesed erinevate häälitsuste abil võisid tähistada asju.

Kuid muinasaja geniaalse filosoofi vaateid ei tunnustatud, ja alles uusaja saabudes, kui inimesed vabanesid keskaja ebausust, avanes teadusel võimalus jutustada inimestele tõtt keele tekkimisest.

Paljud teadlased on püüdnud vastata küsimusele, milline oli ürginimese keel ja missugustest sõnadest ning väljendustest sai see alguse. Et meil peaaegu täiesti puuduvad andmed neist kaugetest aegadest, siis ei jõudnud ka õpetlased kohe ühesugustele tulemustele ega püstitatud ühekorraga lõplikult järjekindlat ja selget teooriat.

Onomatopoeetiline (heli või hääle matkimise) teooria oli üks esimesi, kuid mitte täiuslikke keele tekkimise teooriaid: keele tekkimine algas sellest, et inimene matkis teda ümbritsevate asjade ja elusolendite hääli ja iga säärane hääle järeleaimamine sai pärastpoole eri looma või asja nimetuseks. Nii vahest tekkisidki inimkeele sõnad.

Kuid inimest ümbritsevas igapäevases elus ja looduses on palju esemeid ja nähtusi, mis ei tekita mingeid hääli, kuid mis on inimesele suurima tähtsusega (näiteks toit, rõivad, elamu), või sääraseid, mille hääli on raske või võimatu matkida (tuli, hulk tööriistu). Ka häälitsuste matkimine ise eeldab väga arenenud võimet nende hääldamiseks, mida aga ei võinud olla veel ürginimesel. On teada, et inimahv matkib kergesti inimese liigutusi, mitte aga häälitsusi. Järelikult pole inimkeeles leiduvad helimatkivad sõnad (näiteks „kukulind", „kiivitaja",

lastekeelsed sõnad: „auh-auh" — koera haukumine, „ammuuu" — lehma ammumine jne.) mitte ürgsed, vaid pigemini sekundaarsed, hilisema päritoluga ja kuuluvad sellesse ajajärku, mil inimesel olid juba arenenud helimatkivad võimed.

Teised teadlased oletasid, et ürginimese keel arenes aja jooksul spontaanseist, loomulikult väljalibisenud häälitsustest, väljendades tundeid, meeleolu ja muljeid, mis tekkisid temas esimesel pilgul mõnele ümbruses esinevale esemele või nähtusele. Pärastpoole need loomulikud hüüatused muutusid vastavate nähtuste või esemete püsivaiks nimetusteks ja keele sõnadeks.

Kui keele tekkimine läinuks seda teed, siis pidanuks kõik esemed, mis tekitasid inimeses hirmu, näiteks kiskjad loomad, saama ühesugused või vähemalt sarnanevad nimetused. Ühesuguseid nimetusi pidanuks saama ka rõõmu ja meeldivaid elamusi põhjustavad esemed. Lisaks eeldab see teooria vanimal ürginimesel väga arenenud, peenimate tundevarjundite olemasolu, et erinevalt hüüatada iga eri nähtuse puhul ja sel viisil rajada alus mitmekesistele sõnadele ja nimetustele üksikute esemete tarvis.

Kumbki neist teooriaist aga ei võta arvesse seda väga tähtsat seika, et isegi kõige ürgsem inimkeel pidi väljendama mitte ainult tundeid, vaid ka mingisuguseid, kasvõi kõige lihtsamaid autentseid mõtteid. Seepärast heidetigi need teooriad hilisemate uurijate poolt kõrvale ja nad said koomilised nimetused: „auh-auh teooria" (helimatkimise teooria) ja „vuih-vuih teooria" (spontaansete karjete teooria).

Alles XIX sajandil esines prantsuse teadlane Noiret põhjendatud ja tõsise katsega seletada kõne tekkimist. Tema oli esimene, kes õigesti ühendas inimeste kõnelemise alguse ürginimeste kollektiivse töötegevusega ja pidas tegusõnu, tegevuse nimetusi, keele esimesteks sõnadeks. Noiret väitis, et inimesed püüdsid töötamisel tekkivat mitmekesist müra edasi anda esimeste häälte — tegusõnade varal. Kuid sel kombel ei õnnestunud Noiret'l seletada kogu inimkõne ja mõtte rikkuse tekkimist, ning ta oli lõpuks sunnitud toetuma „mõistusele", mis on

inimese sõnade ja mõistete arengu aluseks, ilma et ta oleks üksikasjaliselt selgitanud, kuidas mõistus tekkis ja kasvas tööprotsessis.

Uusimaist katseist seletada rääkimise tekkimist väärivad erilist tähelepanu inglase F. Paget'i, ameeriklase Thorndike'i ja hollandlase van Gynneken'i vaated.

Inglise teadlane Paget väidab, et ürginimene rääkis žestidega, käte liigutustega, millega kaasnesid kõnelemiselundite (keele, huulte jt.) liigutused. Alles pärastpoole, kui inimese käed osutusid pidevalt seotuiks käsitöö, jahinduse ja koduste talitustega, nii et ta ei saanud nendega žestikuleerida, muutusid kõnelemiselundite liigutused või, nagu ütleb Paget, suu „grimassid", milledega kaasnesid häälitsused, mõtete peamisteks väljendusvahenditeks. Selles teoorias märgitakse õigesti kõnelemiselundite liigutustega kaasnevaid pea ja kogu näo muskulatuuri (miimika) saatvaid liigutusi, mis tavaliselt saadavad laste ja alaealiste igat neile rasket käsitöö või kunsti õppimist (näiteks kirjutamiskunsti). Aga vaevalt algas käte töö nii hilja, nagu eeldab autor.

Alles hiljuti andis tuntud hollandi teadlane van Gynneken huvitava seletuse kõne tekkimisele. Algul väljendasid inimesed mõtteid käte liigutustega — žestidega; matkides nendega tööliigutusi, tähistasid nad kergesti selle või teise töö nimetuse. Käte liigutustele hakkasid inimesed üsna varakult lisandama ka häälitsusi. Esimesed häälitsused arenesid huulte, keele ja kõri imevaist liigutustest, mis imikueas on omased igale lapsele. Nii ilmusid keelesse vanimad laksutavad häälitsused, mis tänini helisevad paljude primitiivsete suguharude, aga ka arenenud rahvaste huulil (bušmanitel, Ameerika indiaanlastel ja Kaukaasia rahvastel). Ürgkeel koosnes ainult liitkaashäälikutest, täishäälikud tekkisid alles hiljem. Häälikuline keel tekkis inimestel väga hilja ja koosnes algusest peale sõnadest. Kahjuks ei saa aga kuidagi nõustuda van Gynnekeni väitega, et häälikuline kõnelemine tekkis Hiinas, Egiptuses ja Mesopotaamias alles kolme ja poole tuhande aasta eest.

Ameerika teadlane Thorndike arvab, et inimese esivanemal

oli algusest peale harjumus spontaanselt liigutada kõnelemiselundeid; ta tundeid ja elamusi saatis lällutamine isegi neil juhtumeil, kui inimese esivanem oli loodustingimustes üksinda. Neist spontaanseist häälitsustest ja lällutamistest tekkisid aegamööda sõnad, kui teatavate häälte kombinatsioonide jaoks inimesel kujunesid kindlaks teatavate esemete või tegevuste tähendused. Seejärel omandasid selle inimese kaaslased need sõnad ja lõpuks muutusid nad kogu ürgaegse jõugu varaks. Vaevalt aga võis keel tekkida üksikinimese kaudu.

Kuulus nõukogude teadlane akadeemik Nikolai Jakovlevitš Marr esitas samuti omal ajal teooria, et sõnaline keel, häälikuline keel, ei tekkinud kohe, vaid algul kõneles inimene käte liigutustega, žestidega (nn. „kätekõne"), milledega kaasnesid teiste kehaosade liigutused („kineetiline kõne"). Alles hiljem, kui inimene õppis hästi valmistama kivist riistu, hakkas ta häälitsedes kõnelema. See teooria mõjutas tugevasti van Gynnekeni ja teiste tõid.

Pärastpoole Marr siiski loobus sellest arvamusest ja tunnistas, et inimene tarvitas juba kõige kaugemas minevikus häälitsusi koos kätekeelega. Noil aastail nõukogude keeleteadlane panigi aluse keele ja inimkõne kõikidele praegustele teaduslikele seletustele.

Tänapäeva õpetus keele tekkimisest põhineb ülemaailmselt tuntud õpetusel, mille lõi suur looduseuurija Ch. Darwin, kes ammu tõestas inimkonna põlvnemise loomade maailmast. Ent kas on ka loomadel oma kõne, oma keel? Kas nad saavad mingil kombel väljendada oma tundeid ja mõista teiste loomade tundeid? Kas on loomadel kasvõi algeidki sellest võimest, millest võis areneda praegusaegne inimkeel?

Kas loomad kõnelevad?

Igivanal ajal uskusid inimesed, et loomad kõnelevad. Rahvamuistendeis mainitakse seepärast pidevalt lindude ja loomade keelt. Kuidas aga lahendab selle küsimuse praeguse aja teadus?

Siin lähevad teadlaste arvamused lahku. Ühed tunnistavad loomakeele olemasolu, teised aga eitavad seda.

Eriti tuliseks „ahvide keele" pooldajaks oli Ameerika tuntud asjaarmastaja-uurija Harner. Oma teoses „Ahvide keel" tõendab ta kindlalt, et tal on õnnestunud lahendada paljude häälitsuste tähendust, milledega ahvid väljendavad oma tundeid ja mõtteid. Õppides neid häälitsusi matkima, ta koguni „kõneles" ahvidega ja talle vastati samade häälitsuste kordamisega.

Mõned „ahvide keele" häälitsused tähendavad Harneri arvates söömist, teiste tähendus vastab sõnale „jooma", kolmandad väljendavad „hädaohu" mõistet. Pea raputamine, millega vahel kaasneb häälitsus, tähendab ahvidel eitamist, nagu ta arvab. Kuid Harner tunnistab ka ise, et „ahvide keel" erineb oluliselt inimkeelest: „Ahvid ei vestle siduvalt. Tavaliselt piirdub nende kõnelus üksikute häälitsuste või karjetega, mida korratakse ühetaoliselt; oletada aga, et nende keel on välja arenenud ja kõrgelt ühiskondliku iseloomuga, tähendab väita meeletust. Liialt innukad inimesed eksivad ses suhtes ahvide ja teiste loomade keele tõelise loomuse mõistmisel."

Amsterdami teadlane Reves oma 1944. aastal avaldatud teoses eitab ahvide keele olemasolu. „Ei või olla juttugi," kirjutab ta, „ükskõik missugusest loomade keelest ... Mis puutub loomade žestide (liigutuste) keelesse, siis loomad ei saa sooritada žeste, olenematult käte olemasolust." Ent isegi see teadlane tunnistab, et ka loomad võivad ühenduses olla („kommunikatsioonis") tundeid ja soove väljendavate häälitsuste abil. Kuid loomade suhtlemine sel viisil on ühekülgne. Reves arvab, et nad ei saa küsida ega kosta, vestelda omavahel selle sõna otseses mõttes. Harneri iga häälitsuse peale vastasid ahvid samasuguse häälitsusega ja omavahel nad tavaliselt häälitsevad ühetaoliselt. Järelikult, kuna neil puudub vastastikune jutlemine, pole neil ka tõelist keelt nagu inimestel.

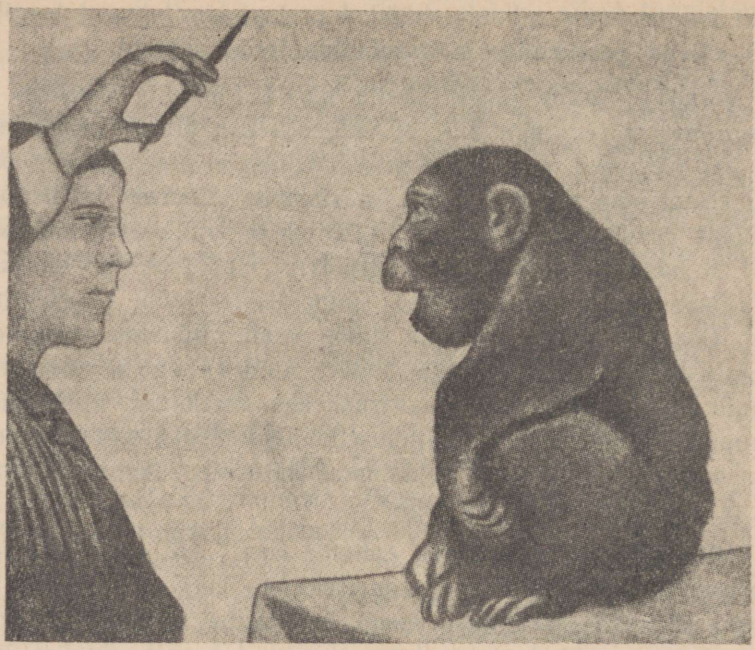
Prantsuse teadlane Boutant uuris viie aasta kestel Jaava saarel viibides gibonite „keelt", keda ta vaatles loodusetingimustes; lisaks uuris ta veel üht vangistatud emagibonit. Bou-

tant fonografeeris gibonite hüüded ja tegi kindlaks, et isagibonid võivad pooltoonide kaupa laulda terve oktaavi.

Yerkes'i sõnade järgi: „Selle uurija tähtsaim järeldus on järgmine: ta tegi kindlaks, et valgepõselise giboni häälitsused on instinktiivsed, s. t. spontaansed. Gibon ei omanda neid oma elu kestel oma vanemailt ega kaaslastelt. Boutant hoidis oma gibonit hoolega ta hõimlaste häälitsuste mõju eest perioodil, mil ta kasvatas oma ahvi vangipõlves. Kuid selle giboni kõik häälitsused olid samasugused nagu teistel tema tõugu ahvidel. Boutant räägib, et tema gibon vastas hüüetele, väljendas liigutuste abil selgesti oma soove, kuid kunagi ei toonud ta kuuldavale temale uusi häälitsusi ega matkinud oma hoidja (inimese) häält. Giboni häälitsused väljendasid ainult ta meeleolu või tundeid, need ei tähistanud toidu eri liike, vaid ainult tema rahulolu määra toiduga."

Viimasel ajal on uurinud „ahvide keelt" eriti hoolikalt vene naisuurija Lodõgina-Kots ja ameeriklane Yerkes. Esimene, kes jälgis Moskvas šimpansi poega hüüdnimega „Joni" 1½ kuni 4 aasta vanuseni, tegi kindlaks, et pärast kerget sõnalist õpet, millega kaasnesid žestid, õppis Joni mõistma temale esitatud inimkeele lauseid ja tõi ka ise kuuldavale kuni kakskümmend kolm erisugust häälitsust, mis väljendasid mitmesuguseid tundeid ja soove ning sooritas teatava hulga samuti tundeid ja soove väljendavaid liigutusi (žeste). On huvitav märkida, et Harneri poolt täheldatud alamate ahvide pearaputus eitamise märgina avaldus ka Lodõgina-Kotsi šimpansi, s. o. kõrgema ehk inimahvi juures.

Vastuseks neile inimese häälitsustele, mis imiteerisid šimpansi häälitsusi (näiteks ai-hüüdmise, ähkimise, köhimise, röhkimise hääled), tõi Joni need kuuldavale veel palju jõulisemalt, otsekui püüdes inimesest üle karjuda. Joni õppis suurepäraselt matkima koera haukumist, kuid mitte kordagi kogu kahe-ja-poole-aastase uurimise kestel ei õnnestunud märgata tema juures vähimatki püüet matkida midagi, mis kasvõi pisutki oleks sarnanenud inimese poolt artikuleeritud häälitsustega.



Joon. 81. Lodõgina-Kots (Moskva) uurib šimpansi poega, hüüdnimega Joni.

Ameeriklane Robert Yerkes uuris samuti vangistatud šimpansi hüüatusi, kusjuures teda abistas naishelikunstnik Lerned. Nad leidsid, et noor šimpans tavaliselt häälitseb sageli ja mitmekesiselt, kuid kõnelemine inimese kombel neil puudub. Kui neil peakski olema püüe hääli matkida, siis on see vaevalt märgatav. Tšim ja Pansi (ahvide nimed) matkisid sageli Yerkes'i tegevust, ent ta ei kuulnud kunagi, et nad oleksid matkinud häälitsusi ja üldse vastasid ahvid omal viisil väga harva inimese poolt kuuldavale toodud häälitsustele.

Yerkes'i kaastööline helikunstnik Lerned kirjutas nootide abil üles šimpanside hääle modifikatsioonid (modulatsioonid) ja koostas ka kuuldavale toodud hüüatuste loetelu, nimetades seda „sõnade ehk kõne-elementide nimestikuks". Selles 300-st

üksikmärkmest koostatud „sõnastikus" on esitatud šimpansi 32 peamist häälitsust.

Esitagem mõned „ahvide keele" sõnade tähendused:

Gak (Tšim) — söötmisel.

Gah (Pansi) — söötmisel.

Ghak (Tšim) — ärritatult, samuti suure emotsionaalse erutuse puhul, nähtavasti Tšim püüab rääkima hakata.

Gho (Pansi) — kiiresti ja korduvalt sõpru tervitades.

Ghu (Tšim) — ärev seletus puhkiva mootori kohta.

Ga-ha (Tšim) — üleni määrdunud näo ja rõivastega mehhaanikule.

Kah-kah (Tšim) — õnnetuse puhul, haletsedes (hääldatud sosinal).

Ki-ah (Pansi) — valukarjatus, kui Tšim teda lööb.

Kuoh (Pansi) — väga näljasena õhtusöögi eel.

Kah-hak, kah-ha-ha (Tšim) — naer.

Ho-oh (Pansi) — ärevus, esimese silbi täishäälik hääldatakse pikalt, teises silbis hääl langeb väga madalale.

Vhah (Tšim ja Pansi) — vaimustatud tervitus ärritatuna.

Vho-ah (Tšim) — vali, energiline häälitsus, kui ta oli näljane ja toodi toitu.

Huh (Pansi) — väga tasane häälitsus pessa pugedes.

Ah-oh-ah (Pansi) — poolik karje, väljendab kartust.

Ai (Pansi) — valukarje, kui Tšim teda hammustab.

Ae (Tšim) — kahetooniline karje, väljendab rõõmu või viha.

Uh (Tšim) — vastu vaieldes; (Pansi) — mitmes tähenduses: tervituse, heakskiidu ja protesti puhul.

Esitatud materjalist nähtub, et šimpansi häälitsustes võib inimkõrv teatava vilumuse puhul eraldada täis- ja kaashäälikuid, kuigi need pole nii selged ja viimistletud kui inimesel ning kõiguvad, kaldudes kõrvale ühest püsivast eeskujust. Näiteks ei eralda ahvid „g", „ng", ja „k" häälikuid ja need on ainult ühe ja sama kaashääliku osise kõikumised. Terve

hulk šimpansi üksikuid häälikuid meenutab inimese omi, näiteks kaashäälikud „m", „g", „k", „h" ja täishäälikud „u", „a".

Hääl̈itsuste tähendused tervikuna on siiski veel väga kaugel inimsõnade ja -lausete tähendusest. Ahvide karjed ja „sõnad" väljendavad ainult looma tundeid ja soove, mitte aga veel mõtet. Ent samal ajal nad ei sarnane ka loomade ja inimeste tugeva tunde ajel kuuldavaletoodud spontaansete karjatustega. Selles mõttes on need kõrgemal näiteks koera haukumisest, vingumisest, ulumisest ja teiste, vähem arenenud loomade hüüetest.

Darwin avastas oma töis mitmeil juhtumeil sarnasuse inimese ja loomade, eriti ahvide miimikas. Kassil ja koeral, kuigi need on koduloomad ja elavad juba ammu inimesega koos, ei leia me veel midagi inimese näoilme muutustega sarnanevat, meie ei märka nn. miimikat. Ahvidel aga, isegi madalamail, nagu paavianidel, hoolimata nende koonu sarnasusest koera omaga, võib juba märgata midagi, mis meenutab inimese näoilmet. Mõnutundest paavian „naerab", õigustades täiel määral väljendust „ajab hambad rõõmu pärast irevile".

Midagi taolist võib märgata ka kõrgematel inimahvidel. Darwin teatab: „Kui kõditada noort šimpansi (nad on eriti tundlikud kõditamise vastu kaenla alt, nagu meiegi lapsed), siis ta toob kuuldavale naerukihinaga või naeruga sarnaneva häälitsuse; muide, naer on vahel kõlatu ... Kui noori orangutange kõditada, siis naeratavad nad samuti ja toovad kuuldavale naerukihinaga sarnaneva häälitsuse. Kui nad lakkavad naermast, võib täheldada, kuidas üle nende näo libiseb muhelusetaoline ilme. Midagi taolist märkasin ma ka šimpansil." Samuti teatab Darwin, et mõned ahvid, kes pole inimesele lähedalt sugulased, nutavad.

Joon. 82. Rahulolev („naeratav") paavian.

Jutustades vaatlustest, mille objektiks oli väike must ahv,

kirjutab Harner: „Häälitsused, mis ta kuuldavale tõi, olid vahel kaeblikud ja ta jutt täis sügavaimat kurbust ... Niisuguste kõnede ajal ma märkasin väikesi pisaraid ta silmanurkades, mis näitasid, et tõenäoliselt ta pidi ise tundma seda, mida ta keel püüdis edasi anda. Need väikesed olendid ei vala pisaraid säärases külluses nagu inimesed, kuid need on ehtsad pisarad ja kahtlemata samade põhjuste tagajärg, mis inimesegi pisarateni viivad. Katsed õigustasid mind järeldama, et need häälitsused paluvad meie parimaid tundeid. Mida need häälitsused iseendast sisaldavad, ei suuda ma kirjeldada, kindel aga on, et nad puudutavad teatavat keelt inimsüdames, mis vastu kajab."

Innustudes liialdas Harner vahel inimese sarnasust ahviga, kuid sedasama kirjutas ka Darwin: „Me mõistame ahvide näoilme mängu ja žeste ning nemad taipavad osalt meie näoilmet ja meie žeste."

Väga paljud vaatlejad on kindlaks teinud, et ahvid tarvitavad oma tunnete ja soovide väljendamiseks mõningaid kehaliigutusi ja tegevusi, mis väga meenutavad inimese omi. Näiteks „kutsub" šimpans inimest teda väikeste kivikestega ja teiste esemetega pildudes või vedades teda lihtsalt kättpidi, kuhu tarvis. Seesama šimpans väljendab oma sõbralikku suhtumist võõrast kätt oma keha vastu surudes ja seda sõbralikult patsutades. Nagu inimenegi, „palub" ka ahv anuva häälega ja „ähvardab" karjumise, löökide ja trampimisega.

Kõiki neid vaatlusi hinnates ja vaatlejate ausameelsust tunnustades peame oma kohuseks viidata järgmisele asjaolule. Esiteks oli vaatlejail kalduvus võrrelda ahve inimesega ja teiseks vaadeldi ahve, kes enamasti olid viibinud varajasest noorusest peale vangistuses ning olid sattunud inimeste tugeva mõju alla. Seepärast ei kehti kaugeltki kõik, millest jutustavad vaatlejad, vabaduses elavate täiskasvanud ahvide kohta. Kuigi tunnistada, et ahvid on paljugi omandanud inimestelt, ei saa siiski eitada ahvide võimet väljendada häälitsuste, miimika, kehaliigutuste ja häälemuutustega oma soove ja tundeid nii, et nad saavad inimesele arusaadavaiks.

Võrdlustest nähtub, et praeguse aja inimese ja inimahvi kõneelundite ja kõrva ehitus on hämmastavalt sarnased. Inimese ja šimpansi kõrva välisosade (kõrvalesta) sarnasus sunnib oletama, et kuulmine ja muusikaliste helide ning mürade eraldamisvõime on nii ühel kui ka teisel samuti sarnane, nagu on mõlematel sarnane häälitsuste kuuldavale toomise võime ja nende kõrgendamine ning alandamine. Sunda saartel elav teine inimahv gibon on silmapaistev koguni oma „lauluvõimega", s. t. kõva häälega karjudes esitab ta kogu muusikaoktaavi.

Kuidas ka ameeriklane Yerkes püüdis esile kutsuda oma ahvi — šimpansi otsest ja vabatahtlikku häälitsuste, isegi lihtsaimate silpide matkimist, meelitades teda tasuks puuviljaga, jäid ometi kõik ta mitmenädalased pingutused tagajärjetuks. Siiski märgib ta, et ühe niisuguse katse ajal hakkas ahv huuli liigutama ja proovis teha isegi mingit häält, kuid rääkima ta siiski ei hakanud. Seepoolest erineb ahv papagoist, kes hakkab väga ruttu silpe ja terveid lauseid matkima. Ahv on liialt arukas, et mehhaaniliselt võõraid hääli järele aimata.

Tehes kokkuvõtet vaatlustest praeguste inimahvide juures, võib väita, et nad suudavad mitmesuguseid hüüdeid kuuldavale tuua, mis koosnevad inimese omadega väga sarnastest häälitsustest. Nad võivad neid hääldada kõva häälega ja sosinal, kõrgendades ja alandades inimese kombel oma hääletooni. Kuid ahvid ei häälda sõnu, ei saa omavahel tõeliselt vestelda nagu inimesed, nad ei esita küsimusi ega saa neile vastata. Isegi inimahvidel pole artikuleeritud keelt, nad ei räägi.

Tegelikult pole loomadel keelt selles mõttes, nagu see on inimesel, kuid nagu eespool nägime, on mõnedel neist, ja nimelt inimahvidel, juba kõik eeldused selleks, et niipea kui nad hakkavad tööd tegema, pidevalt valmistama ja kasutama tööriistu ning rajavad sellele alusele ühiskonna, siis nad võivad ka kõnelema hakata.

Vaatamata üksikute „sõnade" olemasolule pole inimahvid veel loonud tõelist kõnelust, mis väljendaks mitte ainult tundeid ja soove, vaid ka mõtteid.

Inimahvidel, ja seejuures ainult inimese seltskonnas, võisid mõttevälgatused ilmuda vaid harukordselt ja veel harvemini kõnelemisalged. Vastav „võime" ilmnes neil seoses looduslike tööriistade kasutamisega, näiteks kivide tarvitamisel pähklite purustamiseks või kepiga toidu hankimisel, järelikult ainult koos esimeste tööalgmetega.

Joon. 83. Rahulolematu (huuli torutav) šimpans.

Ainult inimene, kes selle võime on pärinud oma loomadest esiisadelt, suutis selle muuta ehtsaiks mõtteiks ja keeleks, sest tõeline, riistade valmistamisega algav töö on omane ainult inimesele. Tõelist kõnelemist loomadel pole. Nagu mõtegi, mis peitub kõnes, võis see tekkida ainult inimühiskonnas.

Miks hakkasid inimesed rääkima?

Suur inglise teadlane Charles Darwin tõestas, et inimene põlvneb loomast, vahetult praegu väljakaevatavaist ahvidest; Friedrich Engels aga tegi seejärel kindlaks, et meie vahetuks esivanemaks oli eriti kõrgesti arenenud inimahvide tõug. Darwini ja Engelsi eluajal polnud veel leitud niisugust ahvi. Kuid viimase kahekümne aasta jooksul on inglise teadlastel õnnestunud leida Lõuna-Aafrikas mõningaid väljakaevatud inimahvitõugude kivistunud jäänuseid, kes on inimesele lähedasemad kui praegu troopilise Aafrika padrikuis elutsevad gorilla ja šimpans. Neile uutele, inimesele kõige lähedasematele ahvidele anti nimeks australopiteegid, mis tähendab tõlkes „lõunamaa ahvid".

Viimaste aastate uurimustest on selgunud, et australopiteegid ei elanud puude otsas ja tõenäoliselt liikusid tagumistel

jäsemetel. See avastus kinnitas Engelsi mõtet, et sel viisil tehti „otsustav samm üleminekul ahvist inimeseks".

Mis sundis australopiteekide esivanemaid puu otsast maapinnale laskuma?

Tähelepanekud tänapäeva šimpanside ja gorillade suhtes näitavad, et ka nemad ei ela enam ainult puude otsas, vaid laskuvad vahel toitu otsides maapinnale. Minevikus pidi seda veel sagedamini juhtuma, sest ahvide paljunemise tagajärjel ei leidnud nad puude otsast enam küllaldaselt puuvilja ja muud toitu. Tuleb arvata, et sama põhjus sundis ka australopiteekide esivanemaid üha sagedamini puudelt maha tulema, kuni nad muutusidki alatiselt maapinnal elutsevaiks loomadeks. Siin leidsid nad uusi toiduliike: putukaid, juuri ja väikesi loomi. Ent siin ähvardasid neid ka uued hädaohud kiskjate loomade poolt.

Kõrgemate ahvide küüned on vähesobivad mulla lahtikraapimiseks. Vangistuses elutsevate ahvide uurimisest nähtus, et šimpansile meeldib väga kasutada kaevamiseks keppi. Seejuures hoiab ta seda väga erineval viisil, olenevalt vajadusest; ta ei piirdu kätejõu tarvitamisega, vaid taob vastu kõva pinda püstloodis alla, haarates kepi ülemise otsa hammaste vahele ja pannes tööle oma suu ja kukla haruldase muskulatuuri. Niisama tihti kasutab ahv selleks ka jalgu: haruldaselt ebatundliku jalatallaga surub šimpans jõuliselt kätega pisut längus hoitud kepi ülemisele otsale ja vajutab ta sel viisil sügavale maa sisse. On huvitav, et jalaga vajutamist ei ole šimpans õppinud inimeselt. Nn. „labidaga kaevamist" ei tunta Tenerifa saarel Aafrikas, kus toimetati ahvide uurimisi. Saarel elutsevad loomad olid juba ammu õppinud pärast suvist kõrvetavat kuumust, kui kõik roheline oli hävinud, maa seest juuri välja kaevama ja neid närima. Algul tegid nad seda väga usinalt kätega, kui nad aga hakkasid kepiga töötama, said nad kõva maapinda kaevata kergema vaevaga ja sügavamalt.

Kes on jälginud šimpansi, jutustab uurija, see ei saa üldse kahelda, et kaevamismängul ja eriti veel pärast seda, kui ta juhuslikult on leidnud juuri, jätkab šimpans kaevamist nimelt selleks, et neid saada. Pinguldatud vaade, kaevamise kiirenda-

mine teatud momentidel, läbituhnitud mulla hoolikas uurimine, suur huvi väljakaevatud puuviljade (mis sinna meelega olid peidetud) asukoha vastu, kõik see eraldab eriti järsult need otsingud maapinnas lihtsast kaevamisest kui mängust.

Sel juhul sarnaneb kepi tarvitamine ahvide poolt väga lähedalt kepi tarvitamisega kaevamisel paljude metsikute suguharude juures. Tasmaania saare pärismaalased ja austraallased tarvitasid enne nende avastamist eurooplaste poolt samuti teritatud keppi mugulate, juurte ja väikeste loomade otsimiseks maa seest.

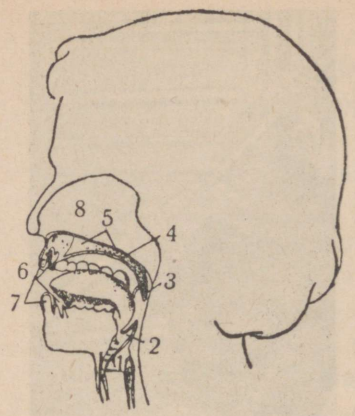
Joon. 84. Šimpans (hüüdnimega Sultan) keppi pikendamas, torgates seda teise õõnsasse keppi.

Nii nähtub vaatlustest, et praeguse aja inimahvid on võimelised kasutama valmis kujul leitud esemeid looduslike tööriistadena.

Ent siiski tähendab Engels, et „ükski ahvikäsi pole kunagi valmistanud kasvõi kõige rohmakamatki kivinuga". Ahvid, nagu teisedki loomad, tõepoolest ei valmista tööriistu ega süüta tuld, vaid kardavad seda. Tuld tarvitab ainult inimene omapärase tööriistana.

„Lõunamaa ahvide" (australopiteekide) luude juurest pole kunagi leitud mingeid tööriistade jäänuseid. Kuid võiks oletada, et see erakordselt arenenud ahv võis kasutada looduslikke vahendeid: rädi, oksi, suuri pähkleid ja kive. Elades maapinnal oli ta sunnitud toitu otsima mitte ainult maa pealt, vaid ka mullast; samuti pidi ta ennast kaitsma kiskjate vastu.

Nagu zooloogid on kindlaks teinud, elavad šimpansid ja gorillad väikeste karjadena, teadagi pidid siis australopiteegid elama veel palju suuremais ning liitunumais karjades. Samuti



Joon. 85. Inimese kõneelundid: 1 — parempoolne häälepael, 2 — kõrikaas, 3 — kurgunibu, 4 — pehme suulagi, 5 — kõva suulagi, 6 — hambad, 7 — huuled, 8 — ninaõõs.

nagu praeguse aja arenenumad ahvid, olid ka meie esivanemad — „lõunamaa ahvid" — ühiskondlikud loomad. Ent need ahvid ei valmistanud veel tööriistu ja neile polnud omane tõsine töö. Aga just töö eraldabki ka kõige iidsema inimühiskonna ahvikarjast. Ühiskond ja töö on omased ainult inimestele.

Ahvide kõndima hakkamine kahel jalal vabastas nende käed ja see tekitaski esimesed vajalikud tingimused töö ja ühiskonna sünniks. Vaba käsi võis täiustuda osavuses ja meisterlikkuses. Tänu sellele, et meie esivanemate pea kerkis maapinnast kõrgemale, sai nende nägemine laialdase vaatepiiri. Ent juba ürgahvidel teiste meeltega võrreldes vähem arenenud haistmine muutus pea maapinnast kõrgemale kerkimisega veelgi nõrgemaks.

Jalgadel kõndimine avaldas niisama suurt mõju ka hääleelundite arenemisele.

Kui inimese esiisa kehahoiak muutus püstisemaks praeguste šimpanside ja gorillade omast, siis sattusid ta helitekitavad elundid, mis vastavad inimese hääleelunditele, soodsamasse asendisse häälitsuste kuuldavaletoomiseks.

Inimese hääleelundid koosnevad paljudest elunditest, mis asetsevad hingetorus leiduva kõrisõlme ja suu ning nina vahel.

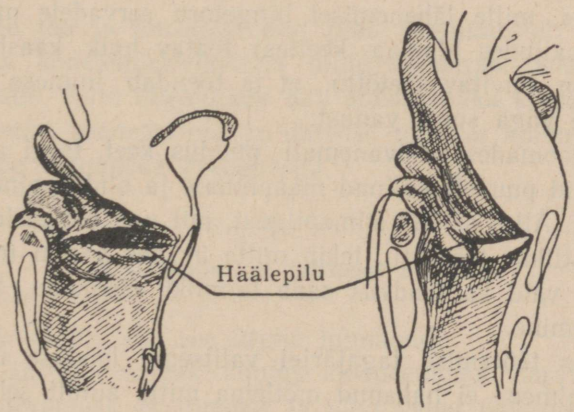
Kõriõõnes asetsevad häälepaelad kujutavad endast kaht lihasekurdu. Keeltena pinguletõmmatud häälepaelte võnkumine (vibreerimine) on inimhääle allikas. Häälepaeltest kõrgemal, hingetoru avause juures, asetseb kõrikaas, mis suleb pääsu hingekõrisse toidu neelamisel. Veel kõrgemal, suuõõnes, on

vahesein ehk pehme suulagi, mis eraldab pääsu ninakoopasse suukoopast.

Kui avada suu ja vaadata peeglisse, võib näha suulaest allarippuvat väikest kurgunibu, millega lõpeb pehme suulagi. Pehmet suulage üles ja alla liigutades võib inimene sulgeda või avada väljahingatavale õhuvoolule sissepääsu ninasse; ninast vaba läbipääsu puhul hääldatud häälikutel on nasaalne, vahel nohisev varjund. Kurgunibu võnkumisest (vibreerimisest) tekib nn. kõrahtav „r", nagu seda tavalise „r" asemel hääldavad paljud välismaalased, näiteks prantslased.

Kõige liikuvam ja aktiivsem hääldamiselund on keel. Lähenedes kord oma tipuga hammastele või kõvale suulaele, kord oma seljaga hammastele, kõvale või pehmele suulaele, moodustab ta enamiku häälikuid meie kõnes. Ka võivad huuled ümardudes ette välja sirutuda või, ümberpöördult, pingule tõmbudes end vastu hambaid kokku suruda; samuti võivad nad teineteisele läheneda või moodustada alumise huule ja ülemiste hammaste vahel pilu.

Kõiki loetletud elundeid, mis oma lähenemisega moodustavad inimkeele häälikuid, nimetatakse hääldamiselundeiks. Samad elundid ja seejuures väga sarnased inimese elunditega on ka inimahvidel. Neid pidi omama ka meie loomast esivanem.



Joon. 86. Kurgu pikiläbilõige šimpansil (vasakul) ja inimesel (paremal).

Isegi ahvil, eriti aga teistel vähem arenenud loomadel, näiteks koeral, asetseb suuõõs peaaegu ühel sirgjoonel hingetoruga. Vastavalt inimese esiisa kehahoiaku ja pea püstinemisele hakkas suuõõs aegamööda kõverduma, kuni ta asetses peaaegu täisnurkselt hingetoru suhtes, nagu seda lõplikul kujul võib täheldada praegusaegsel inimesel. Selle tagajärjel tekkisid üha soodsamad ja hõlpsamad tingimused väljahingatava õhu säästlikuks kasutamiseks häälikute kuuldavaletoomisel, sest kopsudest õhu väljavoolu tee pikenes tunduvalt. Ka hingamise muutmine (reguleerimine) osutus kergemaks.

Lisaks lakkas inimene, isegi lahtise suuga olles, hingamast ainult läbi nina, nagu hingab enamik loomi, kes on sunnitud alatiselt teritama oma haistmist. Loomad suruvad selleks oma pehme suulae vastu ülestõstetud kõrikaant, mida inimene enam selleks otstarbeks ei kasuta. Nagu mõned teadlased arvavad, oli kõrikaane esialgseks ülesandeks eraldada suu kopsudest väljuvast õhuvoolust, et õhk läbiks nina ja hoiaks alal haistmismeele erksuse. Inimesel asendab seda meelt peaaegu täielikult nägemismeel, mistõttu kõrikaas kaotas oma tähtsuse haistmise suhtes. Juba inimahvid võivad hingata osaliselt suu kaudu; kõrikaas on neil väike ja haistmine võrdlemisi nõrgalt arenenud. Inimesel on aga kõrikaas ilmselt suurenenud, mis seletub inimese kõrikaane väga varajase muutumisega häälda-miselundiks, mille lähenemisel hingetoru servadele moodustub (näiteks paljudes idamaa keeltes) teatav hulk kaashäälikuid. See fakt on huvitav seetõttu, et ta tõendab inimese häälelise kõnelemise väga suurt vanust.

Meie loomadest esivanemail puudus keel isegi siis veel, kui nad olid puudelt kolinud maapinnale ja olid õppinud käima kahel jalal. Alles sellest silmapilgust, mil nad hakkasid valmistama kunstlikke tööriistu, tekib mitte üksnes vanim inimtöö ja -ühiskond, vaid ka teadvus saab inimliku iseloomu, tekib tõeline mõtlemine.

Hakates töötamise tagajärjel valitsema looduse üle, ühiskondlik inimene ei hakanud mõtlema mitte ainult sellest, mis ta antud silmapilgul tajus oma meeltega, eriti nägemise ja

kuulmisega, vaid ka kaugeist ja puuduvaist asjadest. Aega mööda omandas ta võime mõelda nii olevikust kui ka minevikust ja tulevikust. Vähehaaval arenes ta kujutlus ja oskus ennast ümbritsevast tegelikkusest lahti kiskuda. Neid inimliku mõtlemise omadusi pidi kehastama ka inimese kõne.

Kuid inimkonna algpäevil oli mõtlemine veel tihedas seoses kollektiivse tööprotsessiga, mistõttu ühine töö sünnitas mitte ainult kõige iidsema mõtlemise, vaid ka esialgse kõnelemise.

Siiski tuleb silmas pidada, et need ürginimesed ei sarnanenud praeguse aja inimestega. Teadus on kindlaks teinud, et alates oma ilmumisest Maakerale kuni meie päevini on inimene läbinud kolm arenguastet: ürginimesed on veel ahvidega niivõrd sarnased, et neid tavaliselt nimetatakse ahvinimesteks ehk *Pithecanthropus*'teks; muinasinimesed, keda nimetatakse ka *Paleoanthropus*'teks ehk neandertallasteks, erinesid veel mitmeti tänapäeva inimesest (kuidas nägi välja teaduse andmeil neandertallane, võib lugeja näha joonisel lk. 229) ja lõpuks uued inimesed, *Neoanthropus*'ed, keda varematel aegadel nimetati teaduses ka tarkinimesteks (ladina keeles — *Homo sapiens*); nende kulka kuuluvad ka kõik meie kaasaeglased, s. t. tänapäeval Maakeral elutsevad inimesed.

Tõeline töö ja ühiskond olid juba ürginimestel. Esimesed mõtte- ja kõnelemiselemendid pidid seepärast tekkima juba ahvinimestel. Kuid ürginimese töö, ühiskondliku korra ja mõtlemise äärmise arenematuse ja lihtsuse tõttu ei võinud ka tema kõnelemine sarnaneda praegusega.

Missugune oli inimese algkeel?

Kuidas rääkis siis see ürgne inimkond?

1866. aastal avaldas kuulus looduseuurija darvinist Ernst Haeckel arvamust, et inimese ja ahvi vahel pidi olema ahvist inimeseks üleminev olend, kelle ta nimetas „vaikivaks inime-

seks" (ladina keeles *Homo alialius*). Järgmisteks arenemisastmeteks pidas Haeckel juba enam arenenud „rumalat inimest" (*Homo stupidus*) ja lõpuks „tarkinimest" (*Homo sapiens*). 1894. aastal sai teatavaks, et hollandlane Eugen Dubois oli tõepoolest avastanud Jaava saarel selle puuduva lüli, mille ta nimetas ahvinimeseks ehk *Pithecanthropus*'eks. Kahjuks nimetas Haeckel seda väljakaevatud olendit ebaõnnestunult „vaikivaks ahvinimeseks".

Ent juba 1861. aastal väitis Darwini kuulus kaastööline Thomas Huxley, et loomadega ühist loomust ja ehitust omav inimene evib ainsana üldmõistetava ja targa kõnelemise oivalise oskuse.

Kellel oli siis õigus ses ajaloolises vaidluses? Kas on õige näha artikuleeritud kõnes inimese peamist erinevust loomadest?

Ajalugu ei tunne rahvaid, kel poleks olnud häälikulist keelt. Esimestena Ameerikas, Austraalias ja Vaikse ookeani saartel viibinud Euroopa kõige varasemad reisijad ei leidnud kusagil „vaikivaid inimesi". Just vastupidi, nende poolt avastatud rahvastest ka kõige mahajäänumail — tasmaanlastel ja austraallastel — olid oma suguharukeeled, mis hilisemate uurimuste andmeil olid üpris keerulise ehitusega ja sõna- ning häälikuterikkad.

Kuid kõik meile ajaloost tuntud rahvad kuuluvad juba kolmandasse, kõige hilisemasse ja täiuslikumasse inimese arenemisastmesse, tarkinimese ehk „uue inimese" liiki. Kuid kas võib nimetada „rääkivaiks inimesteks" ka algelisemaid „muinasinimesi", neandertallasi ja veel varasemaid ürginimesi?

Me nägime, et ainult töö eraldab inimese loomadest. Nagu nähtus hiljutistest avastustest Pekingi ümbruses Hiinas, tegid juba ürginimese astmel olevad ahvinimesed tuld ja oskasid valmistada kiviriistu (nende leiukoha järgi nimetati neid *Sinanthropus*'teks, s. o. „hiina inimesteks"). Seepärast olid ahvinimesed, kuigi kõige ürgsemad, siiski juba tõelised inimesed. Nad ei elanud üksikult, vaid primitiivseis karjades. Üksik ürginimene oli liiga jõuetu võitluses loodusega. Et kindlustada oma

olemasolu, ta ei saanudki elada teisiti kui karjana. Ühine töö ja vastastikune abistamine võitluses loodusega ühendasid neid tihedamini ja tugevamini kui nende esivanemaid ahvikarjades.

Kuna tänapäeva ahvikarjad hämmastavad neid jälgivaid teadlasi oma käräkikkusega, siis paistab uskumatuna, et vanim inimühiskond olnuks vaikiv.

Viletsad puust ja kivist vahendid ning aju puudulik areng nõudsid ürginimestelt suurt füüsilist ja vaimset pingutust isegi kõige lihtsamate tööde sooritamisel, nagu puust ja kivist riistade tegemisel, tule muretsemisel, metsikute taimede korjamisel, loomade püüdmisel ja kaitsel kiskjate loomade vastu. Ainult niisuguses tööprotsessis ja ainult sel puhul oli inimestel tarvis omavahel üksteisele häälitsustega teatada mitte ainult oma tundeid ja püüdlusi, vaid ka lihtsamaid mõtteid oma jõupingutuste kooskõlastamiseks ühises töös. Säärastel silmapilkudel hakkasidki ürginimesed rääkima, rakendades uuel viisil häälitsuste kuuldavaletoomise oskust, mille nad olid pärinud oma esivanemailt, ahvidelt. „Lühidalt," kirjutab Engels, „kujunemisel olevad inimesed jõudsid selleni, et neil tekkis tarvidus üksteisele midagi öelda." Et seletus keele arenemisest tööprotsessis ja koos tööga osutub ainuõigeks, näitab võrdlemine loomadega.

Suurimad teadlased on tundnud huvi küsimuse vastu, mida kujutas endast vanim inimkeel ja missuguste elunditega hakkasid inimesed rääkima. Suur vene teadlane Lomonossov kirjutas selle kohta järgmist: „On õige, et peale meie sõnade võiks mõtteid väljendada ka silmade, käte ja teiste kehaosade mitmesuguste liigutuste kaudu, nagu seda kujutavad pantomiimid teatreis; kuid sel kombel oleks pimedas võimatu rääkida ja inimese muud toimetused, eriti käte tegevus, oleks suureks takistuseks säärasele vestlusele."

„Pole raske mõista, miks nimelt välised hääldamiselundid, mitte aga mingid muud elundid, algul täiustusid selleks eesmärgiks," kirjutas omakorda Darwin. „Me võinuks kasutada rääkimiseks sõrmi... kuid siduda sel viisil oma käsi olnuks väga ebamugav. Et kõigil kõrgemail imetajail on hääldamiselundid ehitatud meie omadega ühe ühise kava järgi, siis mõis-

tagi, kui seda võimet oli tarvis täiustada, hakkasid tingimata enam arenema just need elundid — keel ja huuled."

Et ürginimese käed olid töö ajal tegevuses, rääkimine aga oli vajalik mõtete teatamiseks just neil silmapilkudel, siis ahvinimesed pidid loomulikult kasutama vastastikuseks suhtlemiseks neid elundeid, mis võisid liikuda käte liikumist takistamata. Ka silmad on töötades tavaliselt tegevuses. Hüüdeid võib aga omavahel vahetada üksteisele vaatamata, järelikult, silmi töölt pööramata. Nii pidi inimene algul kasutama rääkimiseks teisi elundeid, mitte aga käsi. Niisuguseiks, juba küllaldaselt arenenud elundeiks osutusidki hääleelundid, millede tegevust on kerge siduda nii käte kui ka aju tööga. Lisaks on nende asend väga soodus — peaaju ja tähtsamate väliste meeleelundite, silma ja kõrva läheduses.

Lõpuks on kõlalisel rääkimisel, võrreldes kätega rääkimisega, veel terve rida eeliseid. Kõlalist kõnet võib kuulda rääkijat nägemata, silmadega aga me tajume ainult osa meid ümbritsevast ruumist, seda osa, mis asetseb meie ees. Ruumi seda osa nimetatakse vaateväljaks. Järelikult võime öelda, et vaateväli on tunduvalt kitsam kuulmisväljast. Lisaks on käte ja teiste inimkehaosade liigutused palju ühetaolisemad ja vaesemad kui silma optiline võime aistinguteks. Käsi koos sõrmedega ei saa vahetult iseendast tekitada ei valgusefekte ega värvilisi signaale. Käte liigutused — žestid — on liialt ühetaolised ja vaesed, võrreldes silma nägemisvõimega. Hääleelundid aga suudavad pakkuda meie kuulmisele täielikuma ja mitmekesisema koormuse. Nad tekitavad nii muusikalisi helisid kui ka mürasid. See tõendabki hääldamiselundite ja kuulmiselundite vastastikuses arengus ammuaegset, kaugeimasse ürgaega ulatuvat seost.

Tavaliselt arvatakse, et kõlaline keel algab üksikuist häälikuist. Ent see üldlevinud arvamus pole õige. Kuulus vene akadeemik Buslajev kirjutas umbes saja aasta eest: „Meil pole mingeid ajaloolisi tõendeid, millel võiks põhineda oletus, et inimesed esialgu kasutasid ainult üksikuid artikuleeritud häälitsusi, liites need hiljem silpideks, silbid aga sõnadeks ja

sidudes lõpuks sõnad harmooniliseks tervikuks, et väljendada mõtteid. Vastupidi, iga keele ajalugu sunnib meid veenduma, et algvorm, milles avaldus kõnevõime, on juba terve lause, mis on ka täiesti kooskõlas kõnevõime olulise ülesandega — anda edasi mõtteid artikuleeritud häälitsustes, sest mõtet saab väljendada ainult terves lauses."

Buslajevi arvamusega lause primaarsusest peab nõustuma. Kahtlust võib äratada ainult ta väide, et vanim inimkõne oli artikuleeritud. Inimene hakkas rääkima lausetega, ent kas need olid artikuleeritud?

Vanim inimkõne kõlas ahvinimeste karjades üle poole miljoni aasta eest. Et aga meie ajal pole kusagil Maakera pinnal enam elusaid ürginimesi ega ka muistseid inimesi — *Paleoanthropus*'eid, et Maakeral ei hulgu enam kuskil ürgaja inimkarju, siis paistab esimesel pilgul, nagu vaikinuks igaveseks jäljetult ka nende kõne.

Ent tänapäeva elavais keeltes, kui neid tähelepanelikumalt vaadelda, leidub huvitavaid jäänuseid mingisuguseist ürgseist lauseist, mis ei sarnane praeguse inimkõnega. Need möödunud ürgaja kõnekillud esinevad sageli kiratseval või isegi naeruväärsel kujul.

Kahe-kolmekümne hüüdega mitmesuguseid tundeid ja märguandeid (hoiatamist, hädaohtu, viha, rahulolu, nälja- ja janutunnet) väljendav ahvi, inimese esivanema karjete keel muutus alles pärast töö tekkimist tõeliseks, kuigi primitiivseks inimkeeleks. Sel keelel oli ahvide „keelega" niipalju ühist, et ta koosnes samuti mõnekümnest karjest, milledest igaüks kujutas endast veel ühtsat jagamatut silpi või selle kordumist. Kuigi täis- ja kaashäälikud esinesid niisuguste karjete osistena, polnud need veel eraldunud iseseisvate ja vabalt mistahes järjestuses üksteisega kombineeruvate häälikutena (foneemidena) nagu meie kõnes. Ent säärane karje või hüüd võis ürginimese keeles juba kombineeruda teiste samasuguste karjetega, mille tähendus võrdus terve meie lausega.

Esialgne, üsna inimsoo koidikul esmakordselt tekkinud keel koosnes üksikuist hüüdudest-häälitsustest. Iga niisugune hää-

litsus tähendas terviklikku, lõpetatud sõnumit, tervet „lauset" ega jagunenud sisemiselt üksikuiks „artikuleeritud" häälitsuste häälikuiks, milledeks jaguneb meie praegusaegne keel. Näiteks tähendavad vene keeles säärased silbid terveid lauseid, nagu „da", „ne", (rahva kõnekeeles „net" tähenduses), „nah!" (võta!), „nu!", „hei!" (hüüded inimesele). Need on silplaused, milledele elavas kõnes sageli pole vajalik lisandada teisi sõnu. Need on vastavas olukorras vestluse käigus mõistetavad ilma lisanditeta.

Tänapäeva vene keeles on need silplaused juba artikuleeritud: nad jagunevad selgesti täis- ja kaashäälikuiks (d + a = da, n + e = ne, n + a + h = nah, n + u = nu, h + e + i = hei) tänu sellele, et kõigis teistes vene sõnades me leiame ja eraldame samu täis- ja kaashäälikuid, mis on üksteisega igasugustes ühendites. Kuid selliste sõnade kõrval on elavas vene keeles säilinud teatav hulk niisuguseid häälitsusi, mida on raske või hoopis võimatu kirjatähega kujutada, milledel aga inimkõnes on siiski tähendus. Neid häälitsusi polegi nii vähe ja kuigi nad on ühesilbilised ning neis puuduvad artikuleeritud täis- ja kaashäälikud, võib nendega väljendada lihtsaid terviklikke lauseid ja üksikuid mõtteid.

Siia kuuluvad vene keeles: „mõ-hmõ" (hääldatakse suletud suuga) „jah" tähenduses; „mõk" (hääldatakse samuti suletud suuga) „ei" tähenduses; „mm?" (hääldatakse suletud suuga) küsimuse „mis?" tähenduses. Neist erinevad tähtedega kergesti väljendatavad teated: „a?" — vastuhüüd kutse peale; „sss!" — hüüd tänaval sammujale selja tagant; „tss!" — „vaikust!". Kõigil neil häälitsustel on terve teate, omaette lause tähendus ja nad on arusaadavad lisandamata sõnu, kuigi neis pole sageli üldse täishäälikuid ja kuigi nad koosnevad ainult ühest-kahest häälikust.

Veel kurioossemad on keelega laksutamise häälitsused, mida meil tarvitavad emad ja lapsehoidjad pöördumisel imikute poole; näiteks: „nts!-nts!-nts!" (keeleotsaga laksutades), mis tähendab — „ole rõõmus, naerata!". Sama kõla esineb ka lauses

„nts!-aaa... nts!-aaa...", mis tähendab lapse toitmisel „oh, kui maitsev!", „proovi, kui maitsev!".

Samad keelega laksutamise häälitsused on omandanud Kaukaasias rahvusvahelise iseloomu. Nii tähendab ühekordne keeleotsaga laksutamine „nts" mittetahtmist — „ei", aga korduvalt „nts!... nts!... nts!..." väljendab kahetsust või nukrat imestust või lihtsalt imestust. Vastavalt vene suletud suuga hääldatud „mõ-hmõ"-le „jah" tähenduses öeldakse Kaukaasias, näiteks Kabardis, poolavatud suuga „õ-õ(n)", samas „jah" tähenduses. Vene keeles öeldakse „aha" sõna „jah" asemel ja samuti ka „ahaa!"... üldse rahulolu või kahjurõõmu tähenduses teise õnnetuse puhul jne.

On huvitav, et niisugused häälitsused esinevad väga tihti inimese mõningais pöördumistes loomade poole. Nii peatavad kutsarid hobuseid hüüdega „tpruu!", mis tähendab „seisa!". Kuigi me kirjutame mainitud heli tervikliku silbina täishäälikuga „u", on see kirjutamisviis tinglik ja ebatäpne. Tegelikult kuuldub siin hääldamisel ainult kaashäälik, kogu silpi moodustav huulte värisemine, igasuguse täishääliku jäljeta. Kõige paremini võiks seda võrrelda „r"-häälikuga, mis on hääldatud ainult huultega ja kõlatult, kuid mis moodustab terve silbi.

Peaaegu samasugune häälitsus on säilinud ühes vanimas NSV Liidu keeles, abhaasia keeles Kaukaasias, kus see on keeles tavaliseks häälikuks (foneemiks), s. t. ühineb sõnades teiste täis- ja kaashäälikutega; näiteks on abhaasia keeles sõna „utprõ", mis tähendab tõlkes „küllastu (toiduga), täitu!". Õige küll, erinevalt vene omast põriseb abhaasia „tpr" nõrgalt ja peaaegu polegi siin kuulda kõva värisemist — „põrinat", kuid abhaasia keeles võis säilida selle esialgse hüüdlause muistsem tähendus, millest ajalooliselt võis kujuneda niihästi vene kutsarite hüüd kui ka abhaasia tegusõna „tprõ" tüvi.

Hobuste sundimiseks sõidu ajal tarvitavad vene kutsarid erilist vilistavat heli, tõmmates õhku sisse tihedalt kokkusurutud huulte vahelt (see meenutab pika suudluse venivat, kergelt piiksuvat häält). Tingimisi ja ebatäpselt võiks seda häälitsust väljendada: „mtss!.. mtss!..", mis tähendab jooksva või

sammu kõndiva hobuse poole pöördumisel „kiiremini, lisa sammu!".

On huvitav, et samasugune häälitsus esineb surmaohtu tähendava hüüdena Lõuna-Ameerikas elutsevatel sapažuu tõugu (*Cebus*'e perekonna) ahvidel.

Nii võib igas keeles loetleda mõningaid sääraseid naljakaid, imelikke ja esimesel pilgul isegi metsikuid hüüdeid, mis aga siiski püsivad veel kangekaelselt väga piiratud või mingis erialalises tarvituses (lapsehoidjail, kutsareil jne.). Just nende veider, karikatuurne iseloom ongi nende iidsuse parimaks tõendiks. Praegusaegses kõnes on nad mingid äraeksinud, absurdsed, peaaegu loomalikud ja artikuleerimatud, otsekui võõra kõne kivistunud jäljed, mis ei allu mingile kirjutamisviisile. Järelikult on nad tekkinud ammu enne meie kirjatähti ja enne iseseisvaid häälikuid, meie keele foneeme.

Nende iidsust tõendab osaliselt ka nende rahvusvaheline iseloom. Nii on keelega laksutamine Kaukaasias „ei" tähenduses või (kordudes) nukra imestuse väljendamiseks levinud kõikjal ühesuguses tähenduses, sõltumatult kohalike keelte ja rahvuste piiridest. Lisaks on paljudel niisugustel häälitsustel mitu tähendust, mis märkamatult muutuvad intonatsiooni lihtsa muutmise teel (tooni kõrgendamine või alandamine, võrrelge „aha" — „ahaa!"...) või sama häälitsuse kordumisel „nts!.. nts!.. nts!.." Kaukaasias. See laialivalguvus, tähenduste rohkus, ühesuguse häälitsuse mitmesugune tähendus osutuvad nende kõrge vanuse tunnuseiks. Seda laadi häälitsused on sageli tingimata ühendatud liigutuste, žestidega, esemete näitamisega; näiteks „nts!-aaa... nts!-aaa..." häälitsusega kaasneb imikule millegi maitsva näitamine käest, kuna peanoogutus küljele saadab Kaukaasia „nts!" häälitsust „ei" tähenduses. Hääle liitmine liigutusega, nn. sünkretism, on samuti nende kõrge vanuse tunnus.

On muidugi raske öelda, missugusest ajajärgust on säilinud need häälitsused meie keeles. Kuid pole kahtlust, et nad on laadilt vanemad kui tundeid väljendavad hüüdsõnad (ah! oi! päh! vuih!) või häälte matkimine (trah-tararah, kurlõõ-kurlõõ, kõll,

klirr, lirtsti, matsti, hm ja samuti ku-ke-re-kuu, ku-ku jt.). Viimased on täiesti kirjanduslikud, neid kasutatakse sageli ilukirjanduses. Seetõttu on nad ammu kaotanud oma ürgse kõla ja pole ka enam raskusi nende väljendamisel kirjas. Nende eespoolmainitud lausete huvitavat häältdamist võib kuulda veel Maakera vanimatelt ja primitiivsematelt elanikelt. Lõuna-Aafrika mahajäänud suguharude, bušmanite ja hotentottide igapäevases kõnes esineb pidevalt „nts!" — häälitsus (keelega laksutamine) ja seejuures mitte ühes, vaid mitmes variandis (keele otsaga, keele selja keskkohaga, keele küljega jne.). Bušmanile on keelega laksutamine niisama loomulik ja tavaline inimkeele häälik nagu meile „n" või „ts". Bušman ühendab oma sõnades keelega laksutamise mistahes teise kõnehäälikuga.

Nende haruldaste, kuid meie kõnes veel elavate jäänuste varal võime luua endale küllalt selge kujutluse sellest ürgkeelest, mida hakkasid rääkima meie inimestest esivanemad, kui nad, tänu tööle ja tööriistade valmistamisele, hakkasid muutuma arukaiks inimesteks.

Olles küll veel loomad, oskasid nad siiski kuni selle silmapilguni inimahvi-taoliselt häälitseda mõnekümne mitmesuguse hüüde ja karje abil, mis väljendasid nende tundeid. Need hüüded polnud aga tõelised laused, kuigi nende tähendus aja jooksul lähenes meie lausete tähendusele, nagu „süüa!" ja „juua!", ent need olid väljendatud veel terviklike, artikuleerimata hüüete ja karjetena.

Olles arendanud oma käsi ja aju raskes primitiivses ühistöö protsessis hakkas inimene rääkima selleks, et kergendada oma tööd. Loomulikult kasutas ta selleks esimeseks kõneks oma esivanemate loomalikke karjeid, kuid andis neile hoopis teissuguse, inimliku tähenduse. Igale üksikule säärasele hüüdele või karjele, milles polnud ei täis- ega kaashäälikuid, vaid kõlas üksainus jagamatu silp, andis inimene talle vestluseks vajaliku uue mõtte. Niisuguse inimese keeles polnud veel sõnu. Inimkeel sai alguse hüüd-teateist ja algas terviklike lausetega. Järelikult tekib keele arengus lause enne sõna. Inimesed alus-

tasid oma kõnelust loomalike karjetega ja häälitsustega, kuid mahutasid neisse inimmõtte. Nii sai loomalikest häälitsustest hüüd-lause ja tekkis inimkeel.

Tõsi küll, päris alguses need häälitsused ei kõlanud veel inimese, vaid looma, „ahvi keelena", mille jälgi leiame veel praegugi iganditena tänapäeva kõnes, ent neisse loomalikesse häälitsustesse mahutatud tähenduse seisukohalt on meil tegemist juba tõeliste kõlamõtetega, tõeliste lausetega.

Käsi-käes töö arenemisega õppisid inimesed pikkamööda rääkima, ja mitte enam üksikute katkendlike häälitsustega, nagu väljendavad oma elamusi ahvid, vaid seotud kõnes. Nad hakkasid oma mõtteid avaldama mitme häälitsusega, mis arendasid ja täiendasid sama mõtet ja hiljem ka mõtete ühendeid. Nii tekkis artikuleeritud inimkõne.

Inimkõne, olles algul veel halvasti artikuleeritud, kuulub seega oma tekkimiselt ürgsete ahvinimeste aega. Mingil tingimusel ei tohi oletada, et inimkõne tekkis kohe esimeste ahvinimeste karjade ilmumisega. Need esimesed inimkoondised pidid jagunema vastavalt nende paljunemisele soodsais tingimustes: emakarjadest eraldusid uued, uusi alasid asustavad tütarkarjad. Kõik need jõugud elasid hulkurielu, sest nad toitusid peamiselt metsikuist taimedest, väikeloomadest, putukaist ja linnumunadest.

Troopikamaades asetsev ahvinimeste esialgne asumisala pidi neid looduse rikkusi omama üliküllus es. Esimeste ahvinimeste üheski karjas polnud enam kui kaks-kolmkümmend indiviidi. Keel arenes igas säärases karjas iseseisvalt ja iga karja keeles esines vaevalt üle saja üksiku hüüdlause. Niimoodi kõnelesidki ahvinimesed.

Esialgne inimkoondis tekkis enam kui pool miljonit aastat tagasi ja kestis mitu korda kauemini kui inimühiskonna kõik järgnevad vormid ühtekokku. Paljude sadade aastatuhandete kestel need esialgsed inimkarjad siiski muutusid, kuigi väga aeglaselt. Ürginimesed, ahvinimesed asendusid muinasinimestega. Töö muutus keerulisemaks. Muinasinimesed pidasid jahti

isegi suurtele loomadele. Vastavalt töö komplitseerumisele täiustus järk-järgult ka inimeste mõtlemine ja kõnelemine.

„... ahvi arenematu kõri," kirjutab Engels, „kujunes ümber aeglaselt, kuid kindlalt, aegamööda paisuvate modulatsioonide teel ning kõneelundid õppisid aja jooksul hääldama üht artikuleeritud häälitsust teise järel."

Nagu eespool juba nägime, olid need häälitsused esialgu terviklikud mõttelaused, mis hiljem liitusid seotud kõneks ja siis pidi saabuma silmapilk, mil tekkis sõna-mõiste.

Ürginimeste ühiskondliku töö järkjärguline arenemine tekitas iseseisva, korjamisest eraldatud tegevuse — jahinduse. Enam arenenud muinasinimestel (neandertallastel) esines juba algeline tööjaotus, sõltuvalt soost ja vanusest — neandertallaste naised tegelesid esijoones korjamisega, mehed aga peamiselt jahindusega. Hangitud toidu jagamisel tekkis kõnelemisvajadus väljaspool tööprotsessi: mehed tahtsid saada osa sellest toidust, mis polnud hangitud nende, vaid naiste poolt, need omakorda esitasid nõudmisi enda ja laste osale. Siit järeldub, et mehed pidid õppima rääkima sellest, mida hankisid naised, ja vastupidi. Uutes ühiskondlikes töötingimustes andis rääkimistarvidus määratu tõuke ürgmõtlemise ja -kõnelemise arengule, mis polnud enam lahutamatult põimitud töö käiku. Areneb abstraktsete mõtete avaldamise oskus, tekib töötamisest olenematu kõnelus. Koos sellega tekib vajadus sõna-mõistete väljatöötamiseks laieneva tootmise üha uute nähtustega tutvumise tagajärjel.

Endised sisemiselt osadeks jagamatud hüüded-laused jagunesid nüüd esmakordselt sõnadeks ja terviklikud mõtted — mõisteteks. Need sõnad-mõisted püsisid veel endiselt seesmiselt lahutamatutena ja koosnesid ainult ühest häälitsusest, olles oma tähenduselt meie sõnadega võrreldes veel väga arenematud, laialivalguvad ja ebaselged. Nad võisid tähendada niihästi esemeid kui ka tegevust ja olenevalt nende tarvitamisest vastata meie nimi- või tegusõnadele. Kuid lause ise jagunes sel ajajärgul juba vähemalt kaheks sõnaks-mõisteks.

Vastavalt sellele muutus esmakordselt ka inimese mõtlemine

artikuleerituks. Sel kombel ilmub metsiku olemise madalaima astme lõpul see kõne ehitus, mida teaduslikult nimetatakse primaaramorfseks (s. t. primaarseks kujutuks) ehituseks. Sõna ei allu siin veel mingitele muutustele, sel pole mingeid eesliiteid ega lõppe ja vastab veel seesmiselt terviklikku, jagamatut mõistet väljendava hüüdsõna tüvele.

Samal ajal kujunes muinasinimestel ka kätega kõnelemine ehk žestide keel. Nagu veel praegugi võib tähele panna Ameerika indiaanlaste ja Austraalia suguharude juures, ei asendanud kätega kõnelemine häälelist kõnelust ega segunenud sellega. Austraalias tarvitatakse praegu žestide keelt naabersuguharude omavaheliste kõneluste puhul, kui nad oma kaasvestlejate häälelisest kõnelusest aru ei saa, või jahil, et mitte hirmutada metsloomi. Nii on Austraalias teatav hulk mitmesuguseid käte keeli. Igaüks neist etendab suguharudevahelise, s. t. omamoodi „rahvusvahelise" keele osa.

Austraalia suguharud, praegustest Maakera elanikest kõige primitiivsemad, metsikult elavate inimeste keskmise astme esindajad, omavad oma keeltes juba tüveks, silpideks, eesliiteiks ja lõppudeks jagunevaid sõnu, kusjuures silbid koosnevad neil juba kahest ja enamast häälikust. Järelikult on nende mõtlemises juba kujunenud liigitatud mõisted, mistõttu oletatav muutumatuist häälitsussõnadest koosnev karjakeel peab kuuluma metsikult elavate inimeste kõige madalamasse astmesse. Selle ajastu suurimaks saavutuseks oli artikuleeritud kõnelemine.

Miks inimkond kunagi ei rääkinud üht keelt?

Meie päevil torkab paljudele sageli silma, et mõned keeled on üksteisega väga sarnased. Kui venelased (suurvenelased) kuulevad ukraina või valge-vene keelt, siis nad peaaegu saavad sellest aru, taibates kõneluse üldist mõtet. Kuuldes aga kõnelust poola, bulgaaria, serbia või tšehhi keeles, on seda raskem mõista. Ent ka sel juhul võib otsekohe eraldada üksi-

kuid vene keelega sarnanevaid sõnu. Kõik need keeled kuuluvad slaavi keelte ühisesse peresse.

Samasugune sarnasus, kord suurem, kord väiksem, ilmneb ka niisugustel tänapäeva keeltel, nagu prantsuse, itaalia, hispaania ja portugali, mida nimetatakse romaani keelteks. Lõpuks on sarnasus ka saksa, austria-saksa, hollandi, rootsi ja teiste keelte vahel, mis kõik koos kuuluvad germaani keelkonda.

Keelte niisugusest sarnasusest järeldasid paljud teadlased varem, et säärased üksteisega sarnanevate keelte rühmad põlvnevad, nagu samadest vanematest lapsed ja lapselapsed, oletatavaist „ürgkeeltest", s. t. keeltest-esivanemaist (ürgslaavi, ürggermaani jne.), mis pole meieni ulatunud.

Seda järeldust ei saa alati tõestada faktidega. Nii on inglise keeles 20 000-st arvesse võetud sõnast umbes 5000 germaani päritoluga, umbes 10 000 romaani ja ladina sõna ning umbes 2500 romaani ja ladina keelte kaudu saadud kreekakeelset sõna, kuna ülejäänud sõnad põlvnevad mitmesuguseist ida ja lääne keeltest. Sama nähtus ilmneb ka rumeenia, eriti aga moldaavia keeles, milles on kuni 50 protsenti slaavi päritoluga sõnu. Sellised faktid seletuvad ainult erinevate keelte segunemise ja ristlemisega.

Seda arvestamata järeldasid mõned õpetlased germaani, ladina, muinas-kreeka, muinas-pärsia ja muinas-india (sanskriti) keeles esinevate üksikute ühiste tüvede ja grammatiliste vormide põhjal veel iidsema ürgkeele olemasolu. Kõikide nende, aga ka slaavi, romaani ja teiste Euroopa keelte ühiseks esivanemaks pidanuks olema indo-euroopa ürgkeel, mis oma olemuselt olnuks „ürgkeelte ürgkeel", s. t. keele vanavanemate ürgisa.

Ent sellise suunaga uurijate fantaasia (nad nimetasid endid „võrdleva keeleteaduse" esindajaiks) ei peatunud ka veel indo-euroopa ürgkeelel. Leidus õpetlasi, kes läksid isegi veel kaugemale ja kuulutasid selle kahekordselt oletatava indo-euroopa ürgkeele (mille saksa õpetlased proklameerisid „indogermaani" keeleks) temaga üldse mitte sarnanevate keelte „sugulaseks".

Võrreldes araabia ja etioopia (Abessiinias) keelt muinas-euroopa, assüüria-babüloonia, fööniikia ja teiste surnud keeltega, oletasid nad, et kõik need nn. semiidi keeled põlvnevad ühest ürgkeelest, „ürgsemiidi" keelest. Võrreldes aga muinas-egiptuse, berberi, kušiidi ja mõningaid teisi keeli, hakati neid tuletama „ürghamiidi" keelest. Semiidi ja hamiidi keelte sugulusest järeldati, et ürgsemiidi ja ürghamiidi keeled põlvnevad hamiidi-semiidi ürgkeelest, mida püüti kuulutada indo-euroopa keele sugulaseks.

Omamoodi keelte rassolje esitas hulk teisi keeleteadlasi, kes liitsid soome-ugri keeled ühte sugukonda (näiteks eesti, mordva, mari, udmurti ja teised koos soome ja ungari keelega) „samojeedide keelte" ja altai keeltega (siia kuuluvad türgi-tatari, mongoli, tunguusi-mandžuuria, „ürgeskimo" ja isegi korea ning jaapani keel).

Muidugi ei pugenud selle keeleteadusliku voolu kõik esindajad niisugusesse rägastikku. Ent leidus sääraseidki fantaseerijaid, kes väitsid, et kõik maailma keeled olevat lõppude-lõpuks tekkinud ühest ja ainsast ürgkeelest.

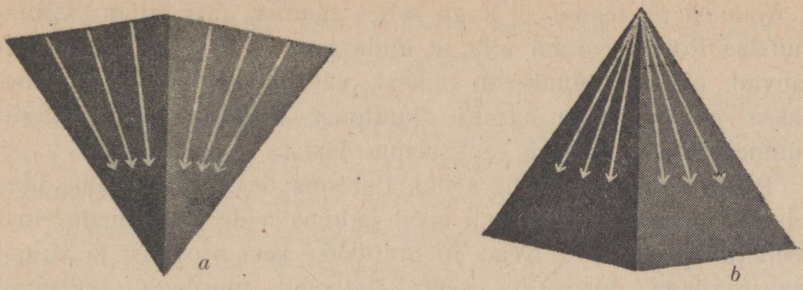
Inimesed on juba ammust ajast püüdnud avastada mingit ühtsat, üldist algkeelt. Kõikide keelte ja keelemurrete tekkimisest on juttu Paabeli torni muistses piiblilegendis:

„Aga kõigel maailmal oli üks keelemurre ja ühesugused sõnad. Ja nemad ütlesid: Et ehitagem nüüd üles enestele ühe linna ja torni (Paabeli) ja tema otsa taeva ligi ... Ja Jehova ütles: ... segagem seal nende keelemurde ära, et nemad üks teise keelemurret ei saa mõista ...

... Ja nemad jätsid linna üles ehitamata. Seepärast pandi temale nimi Pabel, et Jehova seal kõige maa keelemurde on ära seganud; ja sealt pillas Jehova neid laiali üle kõige maa."

Võitlusest ebausuga välja kasvanud ja tugevnenud tõeline teadus ei võinud muidugi rahulduda teooriatega, mis ei jõudnud legendidest palju kaugemale. Keelte omavahelise sarnasuse kohta pidi leiduma teissugune seletus.

Raske hoobi andis neile teooriatele Nõukogude suurim keeleteadlane N. J. Marr, kes valmistus võitluseks „keelte paabeli



Joon. 87. a — Keelte püramiid oli tagurpidi pööratud ja tipule seisma pandud nende poolt, kes ekslikult uskusid kõikide keelte tekkimisse ühestainsast „algkeelest". b — N. J. Marri järgi toetub keelte püramiid alusele, sest alguses polnud üks, vaid mitu keelt.

torni" vastu. Inimkeele tekkimist, kasvamist ja edasist arenemist kujutas Marr alusel seisva püramiidina. Kui oletada minevikus ühe ühise algkeele olemasolu, siis peaks see püramiid seisma tipul. Kui aga Marr püramiidi ümber keeras ja alusele seisma pani, selgus, et „inimese keel püüdleb laiast, nimelt ürgkeele seisundist, rohkearvuliste molluskitaoliste keelealgmete kujul... üles tipu poole".

Meie käsutuses pole küllaldaselt usaldusväärseid andmeid, mis aitaksid meil selgelt valgustada embrüonaalset karjakeelte aega. Ent me saame uurida võrdlemisi hiljutist keelte arengut.

Marxi ja Engelsi arvates arenesid ja täiustusid rahvuskeeled osalt keele ajaloolise arengu tõttu valmismaterjalist, nagu romaani ja germaani keeled, osalt rahvaste segunemise ja ristumise tõttu, nagu inglise keel, osalt aga dialektide (keelemurrete) keskendumise tõttu ühe keskuse ümber ühtseks rahvuskeeleks majandusliku ja poliitilise koondumise alusel. See mitmekesine protsess kulges muidugi igal üksikul juhul erinevalt.

Romaani keeled just näitavadki suurepäraselt, kuidas toimub suure hulga täiesti erinevaisse keelerühmadesse kuuluvate puudulike ja väikeste suguharukeelte ning keelemurrete kokkusulamine tunduvalt vähemaarvulisteks, ühetaolisemateks ja üksteisele lähedasemateks ühe ja sama romaani haru keelteks.

Ajaloost on teada, et kogu selles ruumis, mis hiljem sattus muistse Rooma võimu alla ja mida praegu asustavad romaani rahvad, oli mitukümmend väikest, vähemalt kaheksasse erinevasse perekonda ja harusse kuuluvat suguharu, kus räägiti kümneid suguharukeeli ja keelemurdeid.

Praegusel ajal leiame selles Euroopa osas ainult kuus üksteisega sarnanevat romaani keelt ja kuus neile veel lähedasemat keelt ja keelemurret. Need on prantsuse keel provansi ja valoonia murdega, hispaania keel kataloonia murdega, portugali keel, reetoromaani keel, itaalia keel ladiini ja friuuli murdega ning rumeenia keel moldaavia murdega.

Nii toimub keelte kontsentratsiooni- (ühinemis-) protsess. Samaaegselt toimub samadel maa-aladel keelte segunemisprotsess suguharude, rahvuste ja lõpuks rahvaste segunemise teel.

Nagu nägime, on praegusaegsed romaani rahvad (itaallased, prantslased, rumeenlased) paljude rahvaste segunemise tulemus ja järelikult tekkisid ka romaani rahvuskeeled mitmesuguste keelte ja keelemurrete segunemise ja ristumise teel. Lõpuks on samad romaani keeled veel „valmismaterjali", muistse Rooma ja selle poolt vallutatud maade asunike rahvakeele (nn. „vulgaarladina keele") arengu tulemus. Kuid see ladina keel polnud oletatav algkeel, vaid faktiline telg, mille ümber toimus keelte arvu vähenemise, nende kõvenemise ja lähenemise protsess.

Kõik need ühe ja sama nähtuse kolm palet moodustasidki romaani keelte ühtsa arengu. Samal kombel arenesid ka germaani, slaavi, soome-ugri ja paljud teised keeled.

Vene keel tekkis täpselt samuti. Ta tekkimine on tihedas seoses muinas-vene rahvuse kujunemisega idaslaavi suguharude ühinemisprotsessis.

„Valmismaterjalina" kasutati antud juhul idaslaavlaste — antide keelt, kes VI sajandi kirjanike tõendusel juba IV sajandi viimasel veerandil elasid Dnestri ja Dnepri vahel Bož'i-nimelise slaavlasest kuninga juhtimisel. Andid kõnelesid slaavi keelt ja nende suguharu nimetuse võib ära tunda vjatitši suguharu

hilisemas nimetuses, kes muuseas asustasid XI sajandil ka praeguse Moskva oblasti territooriumi.

Vene suurvürstiriigi ja pealinna Kiievi asutamisega IX sajandi lõpul tekib X—XI sajandil muinas-venekeelne kirjavara, kuhu satub literatuursel teel hulk kultuursõnu vanaslaavi (vana-bulgaaria) ja kesk-kreeka (bütsantsi) keelest.

Ühenduses mitmesuguste suguharude ja rahvaste segunemisega ja ristumisega Kirde-Venemaa (Suzdali ja Moskva) territooriumil, tungis hiljem muinas-vene keelde soome-ugri, leedu, tatari ja teisi elemente, mille tagajärjel XVI sajandist alates hakkab kujunema vene (suurvene) keel. Samal ajal hakkavad muinas-vene keelest eralduma ukraina ja valge-vene keel.

Lõpuks tekib Moskva ja hiljem Vene riigi siserajoonides iõuna-suurvene (näiteks rjazani) ja põhja-suurvene (näiteks suzdali, tveri ja jaroslavi) keelemurrete kontsentratsiooni (keskendumise ja liitumise) ja omavahelise segunemise tagajärjel moskva keelemurre ja selle alusel hiljem kesk-suurvene keelemurre, mis ongi kaasaegse vene kirjakeele aluspõhjaks.

Lähtudes neist küllaldaselt läbiuuritud näiteist võime arvestada, et varasematel aegadel toimus algul karjakeeltest suguharukeelte kujunemisprotsess ja hiljem omakorda samal kombel suguharudevaheliste ja rahvuskeelte kujunemine suguharukeeltest.

Sugulaskeelte igas rühmas on tavaliselt üks põhikeel, mille ümber on liitunud suur hulk erinevaid keeli. Ainult selle tagajärjel võisidki tekkida sugulaskeelte rühmad, mida nimetatakse keelkondadeks.

Tänapäeva teadus võib kindlalt väita, et ühe ürgkeele hargnemise võimalus kogu sugulaskeelte rühmaks asustamata maaalal ilma paljude naaberkeelte ja keelemurrete kaastegevuseta on täiesti uskumatu.

Nii nähtub kogu inimkeele arengust, et see algas suurest hulgast väikestest, isoleeritud ja väga primitiivseist karjakeeltest ja jõudis rikaste, arenenud ja isegi maailmakeelteni, võimsa kultuurivahendini.

Mitte kõikide keelte hävitamine peale oma saksa keele, nagu jutlustasid hitlerlikud rassistid, vaid ümberpöördult, keelte üheõiguslus, nende uurimine ja kasutamine elus on see, mida õpetab meile tõeline teadus.

„Nõukogude patriotism," ütleb seltsimees Stalin, „ ei killusta, vaid vastupidi, liidab kõik meie maa rahvad ja rahvused ühtseks vennalikuks pereks... Samal ajal austavad NSV Liidu rahvad välisriikide rahvaste õigusi ja iseseisvust ning on alati valmis olnud naaberriikidega rahus ja sõpruses elama. Selles on meie riigi ja vabadustarmastavate rahvaste kasvavate ja tugevnevate sidemete alus" [1].

[1] J. V. Stalin, Suure Sotsialistliku Oktoobrirevolutsiooni XXVII aastapäev, Tallinn, 1944, lk. 16.

Uni ja unenägu.

Z. V. Kossenko.

Une osa inimese elus.

Terve kolmandik inimelust möödub unes. Iga inimene kaotab uneks keskmiselt kakskümmend aastat.

Säärane suur kaotus paistab esimesel silmapilgul kahetsusväärsena. Ent kui meenutame, et inimene tõuseb igakord hommikul pärast magamist värskendatult, valmis aktiivseks tegevuseks ja tööks, siis mõistame une elulist vajalikkust.

Erinevalt inimesest ei maga mõned loomad mitte ainult öösel, vaid ka kogu talve. Näiteks vaibuvad karud ja koopaoravad taliuinakusse ning miski ei suuda peletada nende teravat unetungi.

Taimedel pole mingit loomade ajuga sarnanevat elundit, kuid ka neile tuleb õhtuti midagi unetaolist ja hommikul ärkavad nad uuesti. Näiteks keeravad mimoos ja akaatsia isegi oma lehekesed ööseks eriliselt kokku. Kui taime elektriga pidevalt valgustada, langeb ta ikkagi öö saabudes longu ja lehekesed rulluvad kokku.

Unevajadus sarnaneb toiduvajadusega. Ent magamatust on piinavam taluda kui nälga. Keskajal rakendati magamatust eriti rafineeritud karistusena. Prantsuse kuninga Louis XV elu kallale kippujat karistati magamatusega. Süüdlasel ei lastud uinuda: teda näpistati, torgiti ja valati kuuma õliga. Ja surres tunnistas õnnetu, et suurimaid vaevu ei tundnud ta mitte piinamistest, vaid unetaolekust.

Joon. 88. Kassitapud lähevad lahti päeva tõusul (vasakpoolne joonis) ja sulguvad öö saabudes (paremmpoolne joonis).

Hitlerlikud barbarid, mõnitades okupeeritud rajoonides meie lapsi ja naisi, sageli ei lasknud neil magada: nad teadsid kui piinav see on.

Unevajadus ja kestus pole kõigil inimestel ühesugune. See oleneb inimese iseloomust, ta tööst, harjumustest ja eriti vanusest. Vastsündinud magavad peaaegu kogu ööpäeva, raukadele aga jätkub 3—4 tunnist.

Vahel võib tahtejõuga nõrgendada või koguni kõrvaldada unetungi, võib ajutiselt unustada ka näljatunde. Olles millestki kaasa kistud võime unustada lõunasöögi, samuti võime unustada unegi. Kui inimene on halvas tujus, kaotab ta isu ja une. Magamisvajadust võib hävitada lühikese uinakuga, nagu võib isu rikkuda väikese leivatükiga. Vahel piisab mõneminutilisest uinakust, et saavutada erksust ja värskust.

Näiteks on teada juhuseid, kus Nõukogude Armee võitlejail tuli Suure Isamaasõja rindeil olla mitu ööpäeva järjest magamata; nii ei saanud meie rünnakrühmade võitlejad Sevastoopoli vallutamisel rohkem kui kolme ööpäeva jooksul silma kinni. Moraalne tõus, tahe, viha vaenlase vastu ja usk võidusse säilitasid erksuse ja pühkisid une silmist.

Kuid kestev magamatus võib põhjustada raskeid närvihaigusi ja isegi surma. Hiinas karistati vanasti surmamõistetud kurjategijaid sageli uneta jätmisega.

Teadlased on katsetanud loomadega: mõne unetult veedetud ööpäeva pärast surid loomad.

Mis on siis uni ja miks on ta eluliselt nii vajalik?

Mis on uni?

Muinasajal arvasid inimesed, et jumalad läkitavad inimesele une. Usuti, et uni ja surm on üksteisele lähedased nähtused; need on „sünge öö poolt sünnitatud kaksikud, kohutavad jumalad — Uni ja Surm". Vanas Kreekas nimetati unejumalaks Morpheust, Surma nooremat venda. Meie muistsed esivanemad arvasid, et uni saabub sel silmapilgul, mil „hing" ajutiseks inimese kehast hiire või mao kujul välja lipsab.

Loodusteaduste arenemisega hakkasid inimesed une mõistatuslikke nähtusi õigesti siduma närvisüsteemiga. Algul arvasid teadlased, et une ajal, s. t. puhkuse perioodil, organismi elu otsekui kustub, närvienergia alaneb. Hiljem aga seda nähtust täielikumalt uurides tegid teadlased kindlaks, et une olemus ei seisne üksnes aktiivsuse puudumises ja liikumatuses. Magades toimub kulutatud energia asendamine; kurnatud närvi- ja lihastesüsteemi otsekui laetakse uuesti. Tehti kindlaks, et uni ei etenda meie elus mitte passiivset, vaid väga aktiivset osa.

Et sellest aru saada, peab teadma, mis toimub organismis magades.

Inimesed on harjunud, et nad jäävad igal õhtul uniseks ega mõtle selle üle hoopiski, mis nendega magades toimub.

Magava inimese väline ilme on kõigile teada. Uinuval inimesel märgatakse lihaste lõdvenemist: pea langeb longu, pabeross libiseb sõrmede vahelt maha, mängukann kukub lapse kätest. Ent liigutused võivad vahel magades jätkuda; paljud räägivad, et nad võivad käies magada. Kuulus rändur Nansen kirjeldas suusatajaid, kes jätkasid magades matka. Mõnedel inimestel säilib magades tasakaal: vahel võib näha sadulas magavat ratsaväelast või kõvasti ohje pihus hoidvat pukis uinunud kutsarit.

Igaüks teab, et enne uinumist inimene tahab ennast seada mugavamalt. Loomad otsivad magamiseks sooja hubase koha, linnud peidavad pea tiiva alla, kiskjad katavad koonu käppadega. Uinumishetkega kaasneb raskustunne kätes ja jalgades, helid näivad kostvat kaugelt, silmalaud lähevad raskeks, huvi

Joon. 89. Iga elusolend magab isemoodi: lõvi magab, kattes koonu käppadega kinni.

ümbruskonna vastu kaob pikkamööda ja lõpuks saabub see tabamatu hetk, mil me otsekui katkestame sidemed tegelikkusega. Seda unnevaibumise lühikest hetke on väga raske märgata; vaevalt oskab keegi jutustada, mida see sisaldab.

Teadlased on kaua aega uurinud magavas organismis toimuvaid muutusi.

Magaja hingab sügavamalt ja harvemini. Ta süda lööb aeglasemalt. Ta punetavast näost on näha, et veri voolab nahaalustesse soontesse. Magaja kehatemperatuur langeb, millega seletubki, et pakases võib inimene rutem külmuda magades kui ärkvel olles. Seedeelundid jätkavad oma tööd ja toitaineid omastatakse öösel isegi paremini. Eriti on see märgatav imikutel: öösel magades võtavad nad kaalus rohkem juurde kui päeval. Suu, nina ja silmade limanahad kaotavad öösel oma niiskuse: suu muutub kuivaks; silmade kuivus avaldub juba enne magamajäämist, nagu oleks neisse puistatud liiva; vahel kaob magades isegi tugev nohu.

Kui avada magajal järsku silmalaud, siis näeme väga kokkutõmbunud silmaterasid. Kui arsti vasarakesega lüüa talle allapoole põlve, siis põrkab jalg nõrgemini tagasi kui ärkvelolijal. Kui torgata raskesti magavat inimest nööpnõelaga, siis ta ei tarvitsegi kohe ärgata. See räägib närvisüsteemi funktsioonide muutumisest magades.

Uinuvad meeleelundid ei lakka siiski hetkekski töötamast, kuigi magaja nagu ei reageerikski mürale, puudutamisele või heledale valgusele. Teadlased on teinud palju huvitavaid katseid magajatega ja on tõestanud, et isegi kõige tühisemad

puudutused (tasane vile, vaikne hääl, valgus, lõhnad, soojus ja külm) tekitavad muutusi magava inimese organismis: hingamine sageneb, pulss tugevneb ja vere koostis muutub.

Inimene teeb magades käte, jalgade ja peaga korratuid liigutusi, muudab keha asendit, toob kuuldavale ebaselgeid häälitsusi. Kõike seda nimetatakse teaduslikult „unerefleksideks". „Refleks" on ladinakeelne sõna ja tähendab „peegeldus".

Tähendab, inimorganism elab unes omapärast elu. Uni on „teisendunud elu". Aga miks siis magatakse?

Miks tuleb uni?

Iidseist aegadest peale on teadlased juurelnud une mõistatusliku nähtuse kallal, püüdes seda seletada.

Arvamus, et uni on väsimuse tagajärg, oli loomulik. Inimene väsib päeva lõpuks ja püüab paratamatult uinuda.

Kuid jälgides ennast ja oma ümbruskonda me ei julge väita, et alati väsimus põhjustaks und. Sageli ei saabu liigväsimuse puhul uni, vaid unetus. Imikud magavad väga palju, kuid nad ei väsita ju ennast. Pealegi leidub inimesi, kes töötavad vähe, aga magavad palju. Tähendab, asi ei seisne ainult väsimuses.

Inimene tõuseb magamast puhanuna ja erksana, mille põhjal tekkis oletus, et uni hoiab ja kaitseb organismi kurnamise eest.

Und peeti hädaohus oleva looma omapäraseks kaitseliigutuseks: väike metsloom, nähes tugevat vaenlast, satub mõnikord kangestunud või tardunud olekusse. Surnu kallale vaenlane ei tungi ja näilise surmaga loomake nagu kaitseks ennast.

Uinudes ajurakud tingimata vabastavad end kurnamisest, kuid kogu unemehhanismi ainuüksi sellega seletada ei saa. Une tekkimises etendavad oma osa veel paljud teised nähtused.

Unist inimest uurides leidsid teadlased ta verest peaaju mürgitavaid kahjulikke aineid. Äsjauinunud inimese verest eraldati süsihapet, kreatiini ja piimhapet, mis juhiti küülikute verre, kes otsekohe magama jäid.

Prantsuse teadlased Legendre ja Piéron sooritasid järgmise katse: nad ei lasknud koeri kümme päeva magada, võtsid siis nende vereseerumit ja süstisid seda teistesse, just väljamaganud koertesse. Need loomad vaibusid kohe sügavasse unne. Verest eraldatud ainet nimetasid teadlased hüpnotoksiiniks ehk unetoksiiniks. See on nagu šlakk, mis magades kaob, vabastades ja puhastades aju.

Nende teadlaste tööd võimaldasid küll sügavamale tungida une saladusse, kuid saladus ise jäi ikkagi avastamata. Kui uni tekiks ainult seoses organismi endamürgitamisega, siis ilmuks unisus aegamisi, vastavalt organismi kogunenud kahjulikele aineile. Ometi teame, et uni võib saabuda ka ootamatult.

Kui und põhjustaks ainult mürgitus, siis saabuks uni alati, kui verre on kogunenud kahjulikke aineid. Kuid suure erutuse ja kaasakiskuva tegevuse puhul võib inimene olla magamata väga kaua. Järelikult pole mürkained une ainus põhjus, kuigi nende osa selles protsessis on tähtis.

Viimasel ajal on vene füsioloogid välja töötanud unemehhanismi õpetuse. Maailmakuulus füsioloog akadeemik Ivan Petrovitš Pavlov, uurinud hoolikalt peaaju, avastas une peamise põhjuse.

Tehes katseid koertega tõestas akadeemik Pavlov, et ühe ja sama ärrituse kordumisel (näiteks ühetooniline müra või plaksutamine, soojuse ja külma toime puhul koera nahale) jääb koer magama. Uni võis olla niivõrd tugev, et looma äratamiseks tuli teda tõugata.

Akadeemik Pavlov uuris üle kümne aasta küsimust, miks koer uinub ärrituse kordumisel ja jõudis järeldusele, et sel puhul tekib nn. pidurdamine. Ta nimetas seda „sisepidurdamiseks".

Pidurdamine on vastupidine nähtus ärevusele.

Kui närvirakkudes tekib erutus, siis saadavad nad elektrisignaali-taolised märguanded elunditele — südamele, maole, lihastele — ja panevad nad tööle.

Pidurdamise puhul lakkab aga elundeid moodustavate rakkude tegevus, otsekui peataks selle pidur. Pidurdus ei jää ainult

Joon. 90. Inimese peaaju läbilõige: musta ribaga on tähendatud ajukoor; valgete täppidena on skemaatiliselt märgitud „valvepunktid", mis peavad sidet magaja ja ümbruskonna vahel.

rakku, vaid levib üha kaugemale, haarates peaaegu kogu peaaju koore, ning siis saabubki uni.

Pavlovi teooria järgi võib uni saabuda isegi tähtsusetu, kuid kestva ärrituse korral. Rahvas on seda ammu tähele pannud ja rajanud sellele hällilaulud, ühetoonilised, korduvad ja suigutavad meloodiad.

Kõik teavad, kui hea on suigatada vihmasahina või rongi rataste mürina saatel.

Tavaliselt üksikud ajurakud või rakkude rühmad pidurduvad ka päeva kestel, kuid und ei tule. Uni saabub alles siis, kui pidurdus haarab peaaegu kogu peaaju koore. Ent Pavlov märkas, et magadeski püsivad peaaju koores „vahipostid" ehk „valvepunktid", millede kaudu säilib side välismaailmaga. Magav ema ärkab otsekohe, kui ta laps nutma hakkab; lapse nuttu „kuulsid" ema peaaju vahipostid.

Pidurdus siirdub rakust rakku ja mida suurem hulk rakke on pidurdatud, seda sügavam on uni.

Meie igapäevane elu on allikaks ühetaolistele ja korduvatele ärritustele, mis päeva lõpuks pidurdavad ajukoore ja toovad une. Pidurdust soodustab ajurakkude väsimus või, nagu öeldakse, nende kurnatus.

Une tekkimise teooria edasine areng selgitas teadlastele, et uni võib tekkida ka sõltumatult ajukoorest. Tuvidel, konnadel ja teistel loomadel kõrvaldati operatsiooni teel ajukoor, kuid unefunktsioone see ei seganud. Koertel eemaldati spetsiaalselt ajukoor, kuid nad uinusid ka selleta. Nii jõuti järeldusele, et une tekkimises pole mitte ainult tähtis ajukoore, vaid ka koorealuse osa pidurdus.

Selle tõestamiseks on teadlased sooritanud hulga katseid, milledest selgus, et halli koorealuse aine torkimine või elektriga ärritamine suigutab kassid otsekohe. See uni ei erine millegagi normaalsest unest. Hiljem tõestati aju koorealuse unemehhanismi olemasolu ka inimestel. Halli koorealuse aine ärritamise puhul ajuoperatsioonidel vaibusid haiged tavaliselt kestvasse unne. Unitõppe (letargilisse enkefaliiti) surnute ajude uurimisel nähtus, et sügaval aju koorealuses piirkonnas on toimunud anatoomilised muutused.

Inimesel ja loomadel võib tekitada kunstlikku, narkootilist või hüpnootilist und.

Narkootilist und võivad põhjustada eetri- või kloroformiaurude sissehingamine ja narkootiliste ainete juhtimine organismi. Peale selle saabub uni, kui organismi mõjustada kõrgsageduse elektrivooluga.

Eriti salapäraseks peeti hüpnootilist und. Möödunud aegadel seoti hüpnoosiga müstilisi kujutlusi. Arvati, et hüpnotiseerida oskavad inimesed, hüpnotistid, omavad üleloomulikku, maagilist jõudu. Oletati, et hüpnoos on seoses mingite ülipeente ainetega, taevakehadest kiirgavate „fluiididega".

Fluiididel on „magnetiline" jõud, mis kandub üle mõnedele inimestele, kes selle tagajärjel on võimelised hüpnotiseerima.

Akadeemik Pavlovi teooria tegi lõpu säärastele „teooriatele". Hüpnoos on sisemine osaline uni. Väliselt meenutab hüpnotiseeritud inimene magajat, kelle silmad on samuti suletud ja lihaste ning siseelundite tegevus soikunud.

Iseloomustavaks tunnuseks, mis eraldab hüpnoosi unest, on „raport", hüpnotiseeritava katkestamatu seos hüpnotiseerijaga.

Inimene magab, tal on tekkinud ajukoore pidurdus. Ent üks osa ajukoorest „ei maga", peaaju ärkvelolevad valverakud jätkavad sidepidajate funktsioonide täitmist hüpnotiseerija ja hüpnotiseeritava vahel.

Hüpnoosi teine erinevus unest seisneb selles, et hüpnoos on kunstlik uni, mille põhjustavad kunstlikud ärritused: meeleelundite ühetaoline ärritus — silmavaate fikseerimine, ühetoonilised helid, sõnaline sugestioon. Pavlovi arvates on sõnaline sugestioon üks refleksidest. Sugereerida, see tähendab sundida kedagi toimima teise tahte järgi.

Akadeemik Pavlov tõestas sugestiooni lähedust refleksiga elementaarse näite varal. Lihtsustatult teostati see näide koeraga. Ärrituste abil saavutas ta koera käitumises muutusi: koera sunniti tegema seda, mida ta ei tahtnud. Näljane koer ei tormanud liha nähes selle kallale ega ilmutanud millegagi isu.

Selgub, et enne seda oli koera söödetud lihaga ainult valgustussignaalide saatel. Kui need nüüd puudusid, ei meelitanud lihatükk koera.

Inimese sugestioon hüpnoosi ajal on sellest refleksist keerulisem. Lisaks kergendab välist mõjutamist ajukoore pidurdus magades, kusjuures on nõrgenenud teadvuse ja tahte kontroll.

Hüpnootilise une variandina esineb kangestumine, mis tabab paljusid loomi, kõige sagedamini linde, kui neid järsku asetada ebaloomulikku asendisse; näiteks pöörata tuvi või kana selili ja sulgeda neil natukeseks ajaks silmad. Loom nagu tardub, säilitades selles ebatavalises asendis täieliku liikumatuse ja kangestuse. Sääraseid kangestumisnähtusi märkasid teadlased juba XVIII sajandil, nimetades neid loomade hüpnoosiks või varjusurma refleksiks.

Peale narkootilise ja hüpnootilise une on veel üks une liik, mida nimetatakse passiivseks uneks.

Passiivne uni on väga sarnane hüpnootilise unega, kuid ta ei teki mitte välisärrituste tagajärjel, vaid ärrituste täieliku lakkamise puhul, kui inimene üldse millestki ei huvitu ja suhtub ümbrusesse passiivselt. On teada, et nägemis- ja kuulmiselundite häired suurendavad unisust. Nii oli ühel haigel halva-

tud kuulmis- ja nägemismeel, kogu keha paralüüsitud ja kompimine säilis ainult veel paremas käes. Naine magas kogu aja ja ärkas ainult siis, kui puudutati ta kompimisvõimelist kätt. Teisel juhul olid haigel halvatud kõik meeleelundid peale ühe silma. Tarvitses ainult tal see silm sulgeda, ja ta jäi silmapilkselt magama.

I. P. Pavlovi poolt püstitatud uneteooria on leidnud tunnustust kogu maailmas. NSV Liidus arendavad seda teooriat edasi füsioloogid: akadeemik L. A. Orbeli, akadeemik L. S. Stern, Meditsiiniliste Teaduste Akadeemia tegevliige P. K. Anohhin.

Professor Anohhini katsed kokkukasvanud kaksikutega kinnitavad akadeemik Pavlovi teooriat ajukoore liikuva pidurduse osatähtsusest.

Ühe ühise keha ja kahe peaga tütarlapsed — kaksikud — uinusid eri aegadel. Neil oli ühine vereringe, kuid lahus närvisüsteemid. Kui varem mainitud teooria organismi mürgitamisest verre kogunenud mürkidega oleks õige, siis kaksikud pidanuks uinuma ühel ajal.

Me teame, et normaalseks magamiseks on hädavajalik kõigi välisärrituste väljalülitamine. Normaalne uni on seepärast puhkeseisund, mis tekib perioodiliselt. Tegevusse jäävad ainult need elundid, mis on eluliselt tarvilikud: süda, magu ja kopsud. Aegamööda kõiki ajurakke läbiv pidurdus uuendab nende tööd. Aju ei katkesta oma tööd tervikuna ega sidet ümbritseva maailmaga. Inimese teadvus ei kao täielikult ja seal toimub eriline tegevus, mida me osaliselt tunnetame unenäo kujul.

Unehäired.

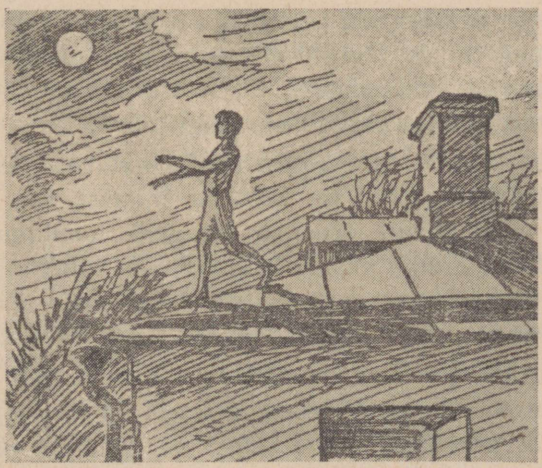
Und võivad häirida mitmesugused põhjused, nagu tugevad hääled, hele valgus, ülemäärane külm või soojus. Mõned inimesed magavad kuuvalgel halvasti. Leningradis ja üldse põhjas kannatavad paljud, eriti sissesõitnud, valgete ööde ajal unepuudust. Kuid mõnikord katkeb uni tavaliste ärrituste ootamatul lõppemisel: mölder ärkab, kui veskiratas lakkab pöörlemast; mürisevas rongis rahulikult magav reisija ärkab, niipea kui

rong peatub; sageli ärkavad inimesed, kui kell järsku lakkab tiksumast.

Elukogemused näitavad, et siin mängib teatavat osa harjumus. Võib harjuda magama kanges pakases või kuumuses või koguni tugevate häälte keskel. Meie rindevõitlejad jäid puhkehetkel magama näiliselt kõige ebamugavamas olukorras ja kõige ebatavalisemais asendeis: kõrvulukustavas tulistamismürinas, tuules ja pakases, liikuva tanki soomusel istudes.

Kui inimesel tekib teadmata põhjustel kestev unetus või ebatavaline unisus, siis tuleb selle põhjust alati otsida haigestumisest. Närvisüsteemi ja infektsiooniliste (nakkus-) haiguste puhul tekib tihti unetus, mida arstita ei saa ravida.

Unitõbi ehk letargiline enkefaliit on seoses ajupõletikuga. Olles haigestunud letargilisse enkefaliiti võib inimene magada mitu ööpäeva, nädalat, kuud ja isegi aastat. Kestva une — letargia juhud on äratanud inimeste tähelepanu; siit on võrsunud muinasjutud „magavaist kaunitaridest", „elluäratatud surnuist" ja muudest imelugudest.



Joon. 91. Kuutõbine kõnnib imetletava osavusega katuse äärt pidi ja mööda ehitiste kitsaid karniise. Kui teda aga järsku äratada, kaotab ta tasakaalu, kukub ja vigastab end.

Varemalt nähti ka unetuses midagi kummalist ja mõistatuslikku, mistõttu sel puhul ei pöördutudki arstide poole, vaid katsuti ise selle vastu võidelda. Rahututele, närvilistele ja karjuvatele lastele anti lutti mooniga. Esialgu see vahend aitas, sest moon sisaldab narkootilist uinutusainet, oopiumi. Kuid oopium rikub närvikava ja selle süstemaatiline tarvitamine on organismile väga kahjulik.

Mõned tarvitavad unetuse kõrvaldamiseks alkoholi või morfiumi. Võib-olla mõnele need „arstimid" tõepoolest mõjuvad uinutavalt. Kuid inimestele läheb niisugune „ravi" kalliks maksma. Alkohol ja morfium hakkavad varsti avaldama vastupidist toimet, s. t. ärritama ja mürgitama organismi.

Kõik tunnevad kuutõbe ehk unes rändamist, mida nimetatakse ka veel somnambulismiks.

Kuutõvega on seotud palju lugusid ja legende. Mõnedele inimestele paistab kuutõbi väga salapärasena, kuid muidugi mõista pole selles midagi salapärast. See on inimese haiglane olek, närvisüsteemi ja psüühika häire. Haigel ärrituvad peaaju koore alused keskused, mis on kujunenud muinasajal, kui inimese esivanemad elutsesid veel koopais, ronisid mööda kaljusid ja elasid puude otsas. Haiged või, nagu neid nimetatakse, kuutõbised, liiguvad automaatselt, liigutused muutuvad neil hämmastavalt osavaiks ja paindlikeks nagu ahvidel.

Kuutõve ehk unes rändamise all kannatavatel inimestel on rikutud närvikava ja kui me kohtame inimest, kes öösel ringi eksleb ja alateadlikult sooritab mingeid toiminguid, näiteks koristab tube või ronib mööda katuseid, siis tuleb niisugune inimene viia eriteadlasest arsti juurde. Näiteks on teada, et ühe epilepsia ehk langetõve liigiga kaasneb unes käimine.

Seletada kuu toimega unes rändamist on alusetu väljamõeldis. Kuutõbised hulguvad mööda katuseid ka kuuvalguseta, siis ainult ei näe neid keegi. Side kuuga on võhikute väljamõeldis.

* *
*

Me peame oma und reguleerima isegi kõige pingelisema ja raskema töö korral.

Peetakse normaalseks, et inimene magab 7—8 tundi ööpäevas.

Nagu üleliigne unetus, nii on ka üleliigne magamine kahjulik. On tähtis, et inimesel oleks oma väljakujunenud harjumus ehk rütm une ja ärkveloleku vaheldumises. Mõned peavad öötööd kahjulikuks. Ent kui inimene on harjunud niisuguse olukorraga ja organism on arendanud oma rütmi, siis võib organismi kahjustamata öise puhkuse üle viia päevale.

Kui päev on veedetud normaalselt, kui pole olnud kuritarvitust alkoholiga, kui inimene ööseks lahti riietub, kui tuba on tuulutatud ja voodi puhas, siis saabub sügav, loomulik ja värskendav uni.

Ning pärast niisugust und ärkab inimene hommikul erksas meeleolus ja töövõimelisena.

Unenäod.

Päeval, ärkvel olles, järgnevad meie talitused üksteisele loogiliselt. Unenäo piltides aga esinevad kõige veidramad ja ebaloogilisemad mõtted ning toimingud. Ent magades ei pane need mõnikord mõttetud toimingud meid isegi mitte imestama oma absurdsusega. Unenägudes ei kehti ükski loogikaseadus: surnud tõusevad üles, raukadest saavad noored, unelmad muutuvad tõeks.

Magama jäädes avanevad inimese ees mitmesugused vaatepildid nagu filmis või näidendis. Ent sügavamini unne vaibudes pole unenäod enam teatripildid, vaid kõige uskumatumad ja fantastilisemad tõelised seiklused. Magades näeme selgesti kaugeid esemeid, kuuleme täpselt hääli ja võime tunda lõhnu. Unenägude sisu võib olla väga mitmesuguse meeleolulise värvinguga: ühed unenäod on värviküllased, teravmeelsed ja rõõmsad, teised sünged, udused ja hajuvad nagu varjud. Unenäod on kunstnikke väga huvitanud. Kirjanduses, maalikunstis ja skulptuuris on pühendatud unenägudele palju suurepäraseid teo-

seid. Arvatavasti kõik mäletavad Tatjana painajalikku unenägu Puškini „Jevgeni Oneginis" ja Korolenko tähelepanuväärset jutustust „Makari unenägu".

Mõned unenäod jätavad meid täiesti ükskõikseks, teiste puhul aga elame üle kõige teravamaid tundeid: nutame, ehmume, vihkame ja rõõmutseme.

Mõned unenäod on nii maalilised ja värvirikkad, et neid on võimatu kirjeldada.

Levinud kõnekäändude järgi otsustades võib järeldada, et enamik unenägusid on meeldivad. Kui meil juhtub elus midagi rõõmustavat, siis ütleme: „Ma ei näinud seda uneski," või kui on juttu minevikust, siis öeldakse: „See kõik näib mulle mingi unenäona."

Inimest on alati huvitanud küsimus: mis on unenägu? Meie kaugetele esivanematele näis, et unenägu saabub mingist „teisest", salapärasest maailmast.

Muiste, alles teaduse algastmel, arvasid mõned rahvad, et magava inimese hing lendab magamise ajal kehast välja, rändab ringi, kohtub teiste inimeste hingedega ja külastab surnuid. Unenägusid peetigi just lennus oleva hinge eluks ja ta seiklusteks. Ühenduses niisuguste kujutlustega unenägudest ei äratatud kunagi magavat inimest, kartes, et ta on magades hingeta ja et hing tagasi pöördudes ei leia enam teed kehasse.

Mõned suguharud kujutlesid, et hing lendab inimesest ja asub teise magaja kehasse, et seda piinata, hoiatada mingi hädaohu eest või juhatada, kuidas toimida sel või teisel juhul.

Seepärast omistatigi unenägudele elus väga suurt tähtsust. Neisse suhtuti väga tõsiselt ja arvati, et unenäod läkitatakse jumalate poolt ning inimene peab loomulikult neid kuulda võtma.

Kuid kas näevad ainult inimesed und? Teadlased väidavad, et paljud loomad elavad magades läbi midagi unenäotaolist. Näiteks koerad urisevad, niuksuvad, liputavad saba, võpatavad ja teevad ujumisliigutusi. Loomad avaldavad unes kord rõõmu, kord rahulolematust. Arvatakse, et jahikoerte unenäod on keerukamad ja vastavalt koera käitumisele magades võib kogenud

kütt järeldada, mida koer unes näeb, kas jänese- või rebasejahti. Und ei näe aga mitte ainult koerad. Näiteks väidab kirjanik Seton Thompson oma jutustustes loomadest, et und näevad isegi krokodillid.

Nähtavasti ei teki inimesel unenäod mitte kohe, sündimisest alates, vaid märksa hiljem, umbes kuue kuu pärast. Sellal hakkab imik magades naeratama, häälitsema ja huuli matsutama.

Kas kõik inimesed näevad und? Mõned inimesed väidavad, et nad kunagi midagi unes ei näe. Hispaania kirjanik Cervantes jutustab romaanis „Don Quijote", et Don Quijote kannupoiss, tüse Sancho Panza, ei näinud und ja lausus selle kohta: „Ma tean, et seni, kui ma magan, ma ei karda ega naudi midagi. Olgu tervitatud see, kes armastab und!" Ka Rooma keiser Neero väitis, et ta pole kunagi und näinud.

Seda küsimust üksikasjalisemalt uurides tegid teadlased kindlaks, et keskmiselt viis inimest sajast ei näe üldse und. Üks tuntud filosoof ei nõustunud sellega ja väitis, et magamist unenägudeta pole olemas. Ta ütles, et inimesed, kes väidavad nagu ei näeks nad und, lihtsalt unustavad oma unenäod.

Tõepoolest, me teame omast käest, et unenäod ununevad ruttu, ja kindlaid tõendeid unenägudeta unest meil pole. Kindel on siiski see, et raskesti ja sügavalt magades me und ei näe.

Ent aju loov töö ei katke magadeski.

Me teame organismis magamise ajal toimuvate muutuste kirjeldusest, et inimese närvikava elab ka sellal aktiivselt. Tuletage meelde oma unenägusid: vahel te lahendasite ülesandeid, koostasite plaane edaspidiseks eluks, mõnikord te pääsesite haruldase leidlikkusega kõige täbaramaist olukordadest. Vahel tärkavad magades mõtted, mida me ka ärkvel olles kasutame. Leiduritele on tulnud unes geniaalseid ideesid, kunstnikele maalide kavandeid. Itaalia helilooja Tartini komponeeris keerulise unenäo ajal mitu sonaati; hommikul neid üles kirjutades oli ta hämmastunud meloodiate ilust. Dante kavastas oma „Jumaliku komöödia" magades. Samuti on teada, et mitmed Puškini luuletused kujunesid magades.

Miks tekivad unenäod?

Nagu juba tähendatud, põhjustab une kesknärvikava, peamiselt ajukoore sisemine pidurdus. Ent kust ja miks tekivad magaval inimesel unenäod? Missugune on nende mehhanism? Missugune peab olema seejuures peaaju seisukord? Missugusest materjalist koosnevad unenäod?

Enne kui sellele vastata, on tähtis teada, millisel kombel välismaailm sööbib peaaju rakkudesse.

Akadeemik Pavlov ja ta koolkond uurisid seda küsimust põhjalikult. Füsioloogid jagavad välismaailma ärritused nõrkadeks ja tugevateks. Tugev ärritus erutab suuremal hulgal rakke kui nõrk.

Näiteks ehmatas teid kuri koer; see oli reaalne ärritus. Mõne aja pärast te mäletate ehmatust. Teie kesknärvikava fikseeris selle sündmuse. Hiljem te koguni nagu unustaksite selle, s. t. sündmus ei püsi teie teadvuses, mulje kurjast koerast „läks alateadvusse". Magades aga võib see esile kerkida.

Inimese teadvus ei kustu magadeski täielikult ja kõrgema närvitegevuse protsessid jätkuvad. Unenäod on peaaju samasuguse tegevuse jätkamine, nagu see toimub ärkvel olles, kuid ainult omapärasel ja muutunud kujul. Peaaju on jäetud omapead.

Missugused muutused toimuvad peaajus, kui tal puudub side välismaailmaga ja ta töö kulgeb teadvuse kontrollita?

Akadeemik Pavlovi laboratooriumides tõestati, et muutused on keerulised. Enne pidurduse saabumist toimuvad närvirakkudes järkjärgulised muutused, mida nimetati „faasilisteks seisukordadeks". Sääraste seisukordade kestel reageerib rakk ümbruse ärritustele moonutatud kujul. Rakkude pidurdamisega kasvab nõrkade ärrituste tähtsus, elavnevad vanad, nagu juba unustusse vajunud jäljed. Et magades nõrgeneb erksa teadvuse aktiivne kontroll, siis läbivad aju korratud fantaasiad, kavatsused, ootused, kartused ja mälestused, kusjuures välisärritused (hääled, valgus, temperatuuri kõikumised jm.) annavad magamise ajal unenägudele kindla värvingu.

On huvitav, et enamik unenägusid tekib siis, kui uni muutub kergemaks. See on kindlaks tehtud rohkearvuliste vaatlustega ja seletub peaaju närvielementide parema reageerimisega välisärritustele erksa ja kergema une korral: aju püüab kinni isegi kõige tühisemad kahinad, lõhnad ja temperatuuri kõikumised. Päeval, ärkvel olles, ei märka inimene neid tabamatuid ärritusi, aga magades, kui inimese teadvus nagu tardub, töötab peaaju ümber säärasedki pisiärritused ja need omandavad erilise tähenduse.

Ärrituste „töötlemine" magades erineb oluliselt päevasest töötlemisest. Kõige lihtsamad aistingud põhjustavad kujutlusi, mis ei allu mingisugusele teadvuse kriitikale. Sageli tavalise loogikata ja nähtavate põhjusteta tekivad mõtted korratult üksteise järel ja pildid kuhjuvad üksteise peale. Fantaasia pääseb valla. Kaovad igasugused loogilised piirid. Niisuguses segaduses kaob varsti esialgne ärritaja ja üksteise järel voolavad uued kujutlused, illusioonid ja hallutsinatsioonid.

Oma iseloomult erinevad ärritused tekitavad vastavaid kujutlusi mitte ainult sellele elundile, millega nad kinni püüti; näiteks võivad kuulmisärritused magades põhjustada nägemiskujutlusi. On tähele pandud, et kõrged helitoonid põhjustavad kujutlusi eredaist värvidest ja, ümberpöördult, madalamad helitoonid — kujutlusi tumedaist värvidest. Ärritused põhjustavad ainult sel juhul unenägusid, kui nad pole liiga tugevad. Väga tugevajõulise ärrituse puhul ärkab inimene.

Kui inimene magab, on ta laugudega kaetud silmad isoleeritud nägemismuljetest. Ometi teab igaüks, et kõige rohkem on meil unenägudes tegemist nägemiskujutlustega. Unenägusid me nimelt näeme, vahel isegi pisimais üksikasjades. Kuidas saavad siis tekkida nägemismuljed?

Esiteks ei isoleeri suletud laud meid nägemisärritustest täielikult: veidi valgust tungib ikka läbi, olgu see siis elektri- või kuuvalgus. Teiseks säilivad päeval intensiivselt töötanud silma võrkkilel nn. „nägemisjäljed" ehk „järelpildid". Kui te päeval korjasite seeni või marju, siis, sulgedes õhtul silmad, näete arvutul hulgal seeni ja marju. Sõdurid jutustavad, et pärast

Joon. 92. Lõkke ääres istuja näeb unes, kuidas ta läheb läbi tulemere.

lahingut virvendab nende väsinud silmade ees lugematul hulgal tanke. Öösel tugevnenud vereringe võib silmas esile kutsuda võrkkile ärrituse ja järelikult ka mitmesuguseid nägemiskujutlusi.

Meie kuulmiselund on magades välismaailma mõjustustest vähem isoleeritud kui laugudega kaetud silmad, mistõttu peegelduvad väljastpoolt tulevad kuulmismuljed unenägudes palju selgemini kui nägemismuljed. Öösel pole kunagi nii vaikne, et magajani ei kostaks mingisuguseid hääli. Põrandalauad nagisevad, kuivav mööbel praksub, akna taga ulub tuul, kostab tänavamüra ja krabistab hiir. Üks teadlane tekitas magavale inimesele kunstlikult mitmesuguseid ärritusi ja tal õnnestus kindlaks teha, et kõditades sulekesega magaja ülahuult, andes talle kõlnivett nuusutada või lastes äratuskellal heliseda, tekivad teatud unenäod, mis eri isikuil on erinevad. Näiteks õnnestus väikesi kivikesi põrandale puistates tekitada magavas inimeses kujutlust tulistamisest.

Muusika, mida inimesed unes sageli kuulevad, on seletatav paljudel juhtudel krabina või tuule ulumisega. Üks unenägude uurija jutustas: „Kord ma pidin magama majas, kus tuul kaminas tasa undas; öösel nägin unes, et keegi mängib viiulil haruldaselt meloodilist menuetti, mis tänu mitmekordsele kordamisele niivõrd mulle mällu sööbis, et ärgates võisin seda veel vilistada."

Unenägude tekkimises etendab tähtsat osa ka kumin kõrva-

des, „lihasehelid" kõrvalihastes nende kokkutõmbumise tagajärjel.

Haistmis- ja maitsmisärritused võivad samuti tekitada unenägusid ja kaunistada nende sisu. Mingi tugevasti lõhnav lilleke võib põhjustada teatud unenäo, mis on seoses selle lõhnaga. Ebameeldiv maitse suus sünnitab sageli vastava unenäo.

Erilise tähtsuse unenägudele omab naha aisting keha puudutamisel, muljumisel, valu, külma ja kuumuse tajumisel. Juba kahe tuhande aasta eest tundis kreeka mõttetark Aristoteles naha kompimismeele tähtsust unenägude tekkimisel. Oma unele ja unenägudele pühendatud teoses kirjeldab ta magava inimese käe vähesest tulega paistmisest põhjustatud unenägu, kus inimene nägi, nagu läheks ta läbi tule. Vastavaid unenägusid võivad esile kutsuda ebamugav asend voodis, kurrud voodilinas, liialt soe voodivaip jne.

Tähtsat osa etendavad ka meie siseelundite — südame, kopsude ja mao poolt tekitatud ärritused. Igaüks teab, kui õhtul kõht liiga täis süüa ja magama heita, siis põhjustab raskus kõhus sageli painajalikke unenägusid. Nälg ja janu sünnitavad samuti vastavaid unenägusid.

Igasuguste unenägude tekkimises on eriti suur tähtsus inimese üldisel enesetundel, mis sõltub meeleolust, veedetud päevast ja tervislikust seisundist.

Kui inimese enesetunne on hea, siis ta näeb meeldivaid unenägusid — ilusaid maastikke, lilli ja linde. Ümberpöördult, kui enesetunne on halb, tekivad rusuvad unenäod, nähakse halba ilma ja meid jälgivad igasugused äpardused.

Unenägude liigid.

Unenäod võivad olla niisama mitmekesised kui elu, mida nad peegeldavad. Siiski on võimalik unenägude tohutut mitmekesisust liigitada mõneks tüüpiliseks rühmaks, sõltuvalt unenägude tekkimispõhjustest. Leidub mälestus-unenägusid, hirmu-unenägusid ja sääraseid, kus kõik soovid täituvad; samuti on

tüüpilisi unenägusid, mida ei näe mitte kümned või sajad, vaid miljonid inimesed.

Mõnikord võivad mitmesugused aistingud väga kaugeidki mälestusi esile kutsuda. Mälestused tekivad meil tavaliselt päeval, ent ka magades. Nad tõusevad meie mälu sügavustest ja ilmuvad ootamatult. Inimene ei või näha unes midagi sellist, mis ei ulatuks oma juurtega ta minevikku, mida ta poleks juba läbi elanud või läbi mõelnud. Seepärast on õigus sel teadlasel, kes piltlikult võrdleb unenägusid eluraamatu lehekülgedega.

Paljudele mälestus-unenägudele on meeleelundite välisärritused ainult tõukeks ja neil puudub igasugune seos unenäo sisuga. Kuid meid unes valdavad kujutlused põhinevad mälestustel. Kõige sagedamini ammutavad unenäod mälestusi kaugest lapsepõlvest. Igaüks on näinud unenägusid, mis viisid ta tagasi lapsepõlve või noorusikka. Niisugused mälestus-unenäod on tavaliselt rõõmsaloomulised: me vaatame end nagu kõrvalt, mängimas laste mänge; seejuures meenuvad vahel lapsepõlve juba hoopis unustatud sündmused.

Mõnikord meenuvad meile unes meie mälust täielikult minemapühitud asjad, inimesed ja sündmused. Ja see viibki mõned inimesed põhjendamatult arvamusele mingist üleloomulikust nähtusest.

Vahel meenub inimesele unenägudes mõne kaotatud eseme asukoht. Selles pole midagi imestamisväärset. Lihtsalt olime unustanud, kuhu asja olime pannud, kuid meie mälu sügavuses on täpselt teada asja asukoht. Sõltumatult oma tahtest vaevas meid kaua soov asja leida ja lõpuks meenuski meile magades, kus ta on.

Mälestuste sügavusest kerkivate kujutluste hulgas esineb sageli pilte, mis on ühenduses meie elukutsega. Oma unenägudes arst ravib haigeid, kunstnik maalib pilti, kohtunik mõistab kohut kurjategijate üle. Kurjategijad ise näevad unes oma kuritegusid ja neid vaevavad südametunnistuse piinad.

Oma teoses „Märkmeid surnud majast" kirjeldab Dostojevski rohkesti unenägusid, mida olid jutustanud vangis istu-

vad kurjategijad. Enamiku unenägude sisu oli seoses varem toimepandud kuritegudega. Dostojevski romaanis „Kuritöö ja karistus" piinavad Raskolnikovi vana naise tapmisega seoses olevad painajalikud unenäod. Eriti palju näiteid mõrvarite unenägudest võib tuua Shakespeare'i teostest.

* *
*

Igal inimesel on eluea jooksul oma kartusi ja soove. Kui uurida tähelepanelikult omaenda unenägusid, siis võib igaüks veenduda, millise täpsusega neis peegelduvad meie soovid ja kartused. Noorukid ja neiud näevad tihti unenägusid, milledes nad saavad sangariteks, paistavad silma teenetega kodumaa heaks ja sooritavad kangelastegusid. Tuntud on ka nn. eksamiunenäod, kus inimene näeb unes, et ta on raskel eksamil ja sooritab selle hiilgavalt. Sageli teostab inimene unenägudes keerulisi ülesandeid. Tugevat janu või nälga kannatavad inimesed näevad tihti unes kristallselge veega suuri järvi ja jõgesid või luksuslike roogadega ülikülluses kaetud laudu.

Laste unenägudes peegelduvad soovid tihtipeale hoopis lihtsalt. Laps ihaldab mingit mänguasja ja öösel näeb ta mitte üht, vaid tosinat niisuguseid mängukanne. Inimesed, kes päeval pidevalt mõtlevad kohtumisele lähedase isikuga, näevad sageli unes säärast kohtumist.

Vahest veelgi sagedamini peegelduvad unenägudes meie kartused. Hirm omaste, nende tervise ja elu pärast ilmneb unenägudes väga selgesti. Tütar, kelle isa on raskesti haige, näeb unes tema kohutavat kannatust või surma: siin on päevane kartus loogiliselt lahti rullunud ja kasvanud.

Koolitüdruk näeb und, mille sisu tuleneb eelmise päeva mõtisklustest. Ta jättis füüsika õppimata ja näeb öösel, kuidas õpetaja pärib talt kangekaelselt ja piinavalt mingisuguseid temale tundmatuid füüsikaseadusi. Sünge ja rahutu iseloomuga inimesed näevad unenägusid, kus peegelduvad nukrad meeleolud. Lõbusad ja elurõõmsad inimesed näevad sagedamini rõõmsa, humoristliku varjundiga unenägusid.

Unenäod pajatavad inimese iseloomust, ta püüdeist, mõtteist ja lootustest.

Tuletagem meelde eespoolmainitud „Makari unenägu".

Tõelise kunstnikuna peegeldab Korolenko oma teoses loomutruult Makari lootusi ja kartusi, mis on tingitud ta süngest elust täis tagakiusamisi, pettusi ja viletsusi.

Kütt Makar ei suuda kuidagi tabada rebast; tema üle irvitab ispravnik (maakonna politseiülem tsaariajal). See on kartuse unenägu.

Makar leiab üles tatarlaste poolt varastatud hobuse; tal endal avaneb võimalus varastada rebast; täitub ta salajane soov, talle andestatakse pärast surma taevas kõik patud. See on soovide täitumise unenägu.

* *
*

Praegu esitatud unenägude kõrval leidub unenägusid, mis ei kordu mitte ainult ühel inimesel, vaid esinevad väga erinevail inimestel. Ühed unenäod baseeruvad ühesugustel mälestustel, teised — ühesugusel meeleelundite ärritusel.

Tüüpiliseks peetakse unenäos kukkumist. Me kukume, aga ei jõua kuidagi kuristiku põhja. Vahel ärkame ootamatult justkui tugevast tõukest, mis paneb me keha võpatama. Või koguni näeme unes, et jalg jäi lävepaku taha kinni või me komistasime millegi otsa; ka sel juhul ärkame tugevast tõukest, mis paiskab me keha voodis üles.

Niisugused unenäod on juba ammu äratanud tähelepanu. „Don Quijote's" räägib kõrtsmiku tütar: „Ma näen tihti unes, et kukun kõrgest tornist, aga kuidagi ei jõua maapinnale; kui ma aga ärkan, siis tunnen ennast nii väsinuna ja murtuna, nagu oleksin tõepoolest äsja kukkunud."

Need unenäod esinevad tavaliselt kohe pärast uinumist, kui me veel pole jõudnud asetada keha mugavasse magamisasendisse. Neid unenägusid seletatakse kõverdunud põlvede sirutamisega lihaste äkilise lõtvumise tagajärjel, millest meie keha saab kukkumisena tunduva tõuke.

Kui kukkumis-unenäod tekitavad meis hirmutunde, siis oma iseloomult neile lähedased lendamis-unenäod on, vastupidi, väga meeldivad. Unes lendamist on kirjeldanud Puškin oma luuletuses „Husaar":

... Nagu sulg ma äkki üles hõljun,
Käkaskaela lendan, lendan,
Suund ununenud mul, ei tea;
Tähtedele ainult hõikan:
Paremal' ... ja alla langen.

Nähtavasti on säärased lennud magades põhjustanudki ebausu nõiamooride õistest rännakutest „Paljasmäele". Siit peaksid olema saanud alguse ka jutud elavate taevaminekust.

Unenäod lendamisest tekivad sagedamini siis, kui vabas õhus ja mägedes magades hingamine on eriti kerge. Astmahaigetel on hingamine tublisti raskendatud; vahel lõpevad lämbumishood katastroofiga, surmaga. Ent nad jutustavad, et pärast hingamist kergendava arstimi sissevõtmist näevad nad alati unes lendamist.

Tüüpiliste unenägude hulka kuuluvad ka need, kus inimene tunneb äärmist piinlikkust ja segadust; neis unenägudes esineb inimene eriti naeruväärseis rõivais või hoopis alasti.

Painajalikud unenäod on kõigil inimestel äärmiselt sarnased: miski kohutav — koolnu, kiskja loom või vaenlane ähvardab või kägistab meid, me ahmime õhku, teeme meeleheitlikke pingutusi vabanemiseks, kattume külma higiga ja lõpuks ärkame kloppiva südame ning ängistava hirmutundega. Unenägude uurijad tekitasid kunstlikult inimeses lämbumistunde koos sellele järgneva luupainajaga: nad toppisid magaja suu voodilinaga kinni ja pigistasid ninasõõrmed peaaegu kokku; see raskendas hingamist, katsealuse nägu hakkas punetama, kaela veresooned paisusid ja magaja hakkas oigama ja visklema. Viimaks ta kiskus endalt vaiba, ärkas külmas higis ja rääkis, et oli näinud „õudset" und.

Unenägude tõlgitsemine.

Vanasti otsisid inimesed unenägudest alati mingit salajast tähendust; unenägusid kasutati tulevikuküsimuste lahendamisel: ühtki riiklikku asja ei otsustatud unenäoseletajate osavõtuta.

Unenägudes nähti prohvetlikku ennet ja ilmutust kogu rahva saatusele. Näiteks ei alustanud kreeklased ühtki sõjaretke, ilma et enne poleks ennustajate poolt unenägude järgi „kindlaks tehtud" sõja lõpptulemus. Unenägude järgi ennustajad või õigemini nende mõistatajad lahendasid taktikalisi ülesandeid, määrasid soodsa momendi lahingu algamiseks ja valisid välja lahingupaiga. Isegi säärane kogenud väepealik nagu Makedoonia Aleksander kutsus tihti enda juurde unenäoseletajaid nõupidamiseks.

Venemaal, nagu kõikjal Euroopas, olid unenägude tõlgendajaiks vanamoorid-spetsialistid. Kirjastati eriraamatuid, „unenägude seletajaid", kus eri unenägude jaoks oli antud vastav standardseletus.

Unenägusid „mõistatati" kolmekuninga-laupäeval, täiskuu ajal, jõuluööl ja uude korterisse kolimisel. Leidub isegi vanasõna: „Uues kohas nähku pruut peigmeest unes."

Veel praegugi kuuleme vahel öeldavat: „Nägin head und", „nägin halba und". Samuti öeldakse: „Nägin vett unes, tuleb muutus"; „hammas tuli ära, see tähendab kaotust"; „pärlid ja marjad — pisaraid"; „mustus — rikkust"; „uus maja — keegi sureb".

Sageli ootavad ebausklikud inimesed oma ellu muudatusi, satuvad halba meeleollu ja teevad rumalusi paljast hirmust unenägude „prohvetliku" ja „saatusliku" tähenduse ees. On teada juhtumeid, kus inimesed pärast „ennustavat" unenägu kolisid ootamatult teise linna, müüsid või ostsid asju ja abiellusid.

Praegugi veel öeldakse mõnelpool: „Unenägu läks täide." Kuid säärastel väidetel unenägude täitumisest pole mingit alust. Tavaliselt hakatakse unenäost rääkima ikka alles siis,

kui sündmus on juba aset leidnud. Sageli on „prohvetlik" uni lihtsalt loomulik järeldus sellest, mis on läinud meile juba, nagu öeldakse, lihha ja verre. Paljud räägivad nüüd, et nad olevat unes hiljuti lõppenud sõda ette näinud. Sõda võidi oodata ja teda oodatigi ning unenägu on seetõttu loogiline. „Prohvetlike" unede tõenditena viidatakse unenägudele, millede abil on leitud kaotatud asi. On teada juhtum, kus inimene kaotas võtmed ja vaatamata pikaajalisele ning hoolikale otsimisele ei suutnud neid leida. Ta nägi unes, et istus aias ja ta kõrval puuoksa küljes rippusid võtmed. Ja võtmed olidki tegelikult seal. Selle „prohvetliku" unenäo tõlgendus on aga väga lihtne. Kuigi mälust oli jäljetult kadunud kujutlus võtmete asukohast, säilis see fakt siiski veel alateadvuses ja kerkis öösel magades uuesti esile.

Üks teadlane selgitab niisugust unenägu, mida võiks pidada „halvaks".

„Uinumise momendil tungis mulle kõrvu korstnas undava tuule ebaselge heliline ärritus.

Kunagi lapsepõlves oli mu ajus kujutlus korstnas undavast tuulest ühendatud kujutlusega nõiamoorist (Baaba-jagaast). Nõiamoor oli joonistatud raamatusse, mille mulle oli kinkinud tädi.

Sellel tädil olid hämmastavalt väikesed käed ja kuni surmani kartis ta ämblikke ja hiiri. Ämblikkude kujutlusega oli mul seotud elusa linnusööja-ämbliku pilt, keda ma olin kunagi näinud klaaskastis, mille põhjal oli sammal. Iga sellise kujutlusega liituvad veel mitmesuguste teiste kujutluste pildid, millede tulemuseks on, et näen painajalikku und. Ma näen pimedat ja õudset metsa kõvera kuusirbiga selle kohal. Mind valdab mingi häiriv ja rahutu tunne. Mul on hirm enda ja tädi pärast, kes pidi minema läbi selle metsa (tädi suri viieteistkümne aasta eest, kuid kujutlus ta surmast oli kadunud). Tahan edasi liikuda, ent mu jalad vajuvad millessegi samblataolisse. Käed muutuvad tohutult suurteks ja ma pillun eemale sõrmedest kinnihaaravaid ämblikke. Tõenäoliselt ma rähklen aga voodis, vaip libiseb ja jalgadel hakkab vilu. Samal ajal aga hak-

kan nägema unes, et seisan põlvini mässavas ja vahutavas jääkülmas vees ning mind kistakse veekeerisesse ..."

Noortega vesteldes me oleme üheskoos läbi arutanud mõningad unenäod. Osutus kõige kergemaks selgitada unenäo mehhanismi iseenda juures.

Esitame mõned näited.

Tanja K. nägi esimesel hetkel absurdsena näiva, unenägude seletaja järgi aga koguni „halva" unenäo. Ta oli näinud unes, et ta isal oli kasvanud suur punakas habe. Unenägude seletaja järgi tähendab see „piina ja kannatusi". Algul Tanja ei suutnud meenutada, et ta üldse oleks mõelnud habemele. Siis selgus aga meile järk-järgult järgmist: Tanja isal oli kunagi varem olnud habe, mis Tanjale aga põrmugi ei meeldinud. Viimasel ajal oli ta Tanjat nokkinud, lubades uuesti habet kasvatada. Unenäos peegeldus Tanja kartus, ta vastumeelsus näha isa habemega. Aga miks oli habe punane? Eelmist päeva mälus läbi arutades meenus Tanjale, et ta oli sõitnud linnalähedases rongis koos mehega, kel olid erepunased juuksed. See mälestus koos kartusega olidki ta unenäo põhjuseks.

Samal kombel arutasime läbi ka teise unenäo. Miša M. jutustas oma arusaamatu ja fantastilise unenäo: ta oli näinud unes, et ta korteri akna alla oli tekkinud jõgi ja ta uksele koputas ilus hobune. Unenägude seletaja järgi tähendas niisugune uni: „jõge näha — tuleb elumuutus", „hobust näha — tuleb vale".

Seda unenägu kannatlikult uurides selgus meile, et unenägusid, milledes esineb hobune ja tingimata ilus hobune, oli Miša korduvalt näinud. Selgus, et noormees tahtis saada ratsaväelaseks. Unes nähtud hobune oli salajaste unistuste ilmutus. Samas unenäos nähtud jõge saime kergesti seletada: sel ööl oli tulemas äike, oli olnud lämmatav ja kuum. Tüüpilistest unenägudest aga teame, et me näeme magades kõige sagedamini vett, kui tahame juua ja kui meil on palav.

Ei luupainajates ega tavalistes unenägudes pole ega võigi olla midagi salapärast. Unenäod sõltuvad üksnes inimese erisustest, ta isikust, elulaadist ja tervislikust seisundist, mistõttu

on täiesti kasutu otsida neist mingit peidetud tähendust, püüda neid seletada ja näha neis mingisuguseid tulevikuendeid.

Kuigi unenäo sisu mõnikord ühtib tulevikuga, siis juhtub seda kõige sagedamini sellal, kui elus oodatav sündmus on vältimatu. Nii nähakse unes ette lähedase inimese surma, kes on lootusetult haige. Unenäos toimub sellal ainult loogiline „viimistlemine". Kui me ei suuda ärkvel olles sündmusi alati ennustada, siis veel vähem suudame seda magades teha, mil ajukoor on pidurdatud. Unenäod ei räägi sellest, mis on tulemas, vaid pigemini osutavad sellele, mis on ja mis oli.

Nii toimuvad magades ja und nähes peaajus keerulised protsessid, mida uurib kaasaegne teadus, sammudes edasi akadeemik Ivan Petrovitš Pavlovi poolt näidatud teel. Teadlastel aga seisab ees veel palju tööd, et seletada lõpuni kõike, mis näib mingil määral „salapärasena" ja arusaamatuna.

Sisukord.

Lk.

Prof. B. A. Vorontsov-Veljaminov.
Kas on olnud maailma algust ja kas tuleb maailma lõpp? . 3

Prof. B. A. Vorontsov-Veljaminov.
Kas planeetidel on elu? 34

E. G. Ananiašvili.
Aine struktuur 62

I. V. Sergejev.
Tavatuid nähtusi universumis 106

F. D. Bubleinikov.
Kohutavad loodusnähtused 139

Prof. S. D. Balahhovski.
Päike — elu allikas 163

Akadeemik A. I. Oparin.
Elu tekkimine Maakeral 187

Dots. M. Plissetski.
Inimese põlvnemine 211

Prof. V. K. Nikolski ja prof. N. F. Jakovlev.
Kuidas inimesed õppisid rääkima 237

Z. V. Kossenko.
Uni ja unenägu 275

Vastutav toimetaja
A. Ohu.
Tehniline toimetaja
I. Rammi.

Ladumisele antud 13. I 1949. Trükkimisele antud 17. III 1949. Paberi kaust 61 × 86. 1/16. Trükipoognaid 19 + lisa 3/8. Autoripoognaid 14,7. Arvestuspoognaid 16,82. MB 00180. Laotihedus trpg. 38 000. Tiraaž 2000. Trükikoja tellimus nr. 143. Trükikoda „Hans Heidemann", Tartu. Vallikraavi 4.

Беседы о природе и человеке.
На эстонском языке.
Эгосиздат „Научная Литература", Тарту.

Rbl. 13.50

A
17722

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00962367 1