POPULAARTEADUSLIK SARI

G. A. ARISTOV

MAA JA MERI

RK „TEADUSLIK KIRJANDUS"

G. A. ARISTOV

MAA JA MERI

RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“
TARTU, 1948

Tõlgitud teose järgi:

Г. А. Аристов, Земля и море. Военное Издательство Министерства Вооруженных Сил Союза ССР, Москва 1947.

Tõlkinud M. Aints.

Sissejuhatus.

„Ma elan, süvenenult vaadeldes minevikku; ma kujutlen terveid maid, piirkondi, ookeane ja inimesi, millised kuuluvad ajaloole . . . suurepärane võime endas esile manada kogu universumi; kolossaalne nauding liikuda, olles sidumata aja ja ruumi köidikutega.“

Balzac.

Maa — see on inimkonna häll. Meie elame Maa peal, ta toidab meid. Millise rõõmuga hüüab meremees: „Maa!”, kui ta pärast pikka rännakut ulgumerel silmab kallast oma laeva pardalt.

Maa saatuse küsimus huvitas inimest juba tema teadliku elu koidikul. Kuid kahjuks omati väga kaua aega valekujutlust meie planeedist, ja isegi praegu pole meie teadmised Maast ja tema vesikestast õieti veel küllaldased.

Maa oma mandritega, ookeanide ja meredega, veerikaste jõgede ja järvedega on suur, värvirikas ja mitmekesine. Me peame teda tundma õppima iga päev, igakülgselt ja väsimatult.

Maa minevik ja tulevik on raskeimaks küsimuseks täpses loodusteaduses. Et peensusteni ja igakülgselt tundma õppida meie planeedi mandrite ja veekogude mitmekesisust, ei jätku loomulikult ühe inimese elueast; Maad uurivad nüüd ja tulevikus veel paljud inimpõlved.

Muidugi mitte igaühele pole arusaadavad selle küsimuse kohta eriteadlastele kirjutatud mahukad raamatud. Seepärast tahab esitatava väikese raamatu autor abistada laiemaid lugejate ringe, selgitades meie planeedi asendit maailmaruumis, aidates lugejail tundma õppida tema minevikku, aidates neil lõppeks kujutlust saada sellest kolossaalsest tähtsusest, mida omavad mered ja ookeanid Maa palge vahetpidamatus muutumises ja mitmekesise elu järkjärgulises arenemises meie planeedil.

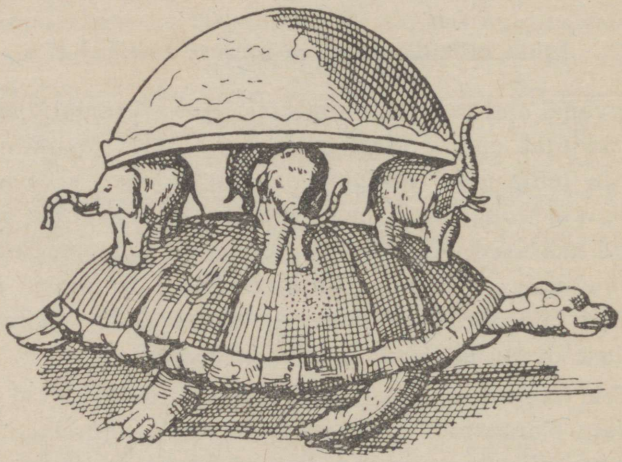
Mida mõeldi maast ja merest antiikajal?

Igivanal ajal ei olnud inimestel õiget arusaamist sellest, mida kujutab endast Maa, millel ta „seisab" ja milline on ta kuju (ehk, nagu öeldakse, „vorm"). Nad ei teadnud sedagi, kui kaugele ulatuvad merede ja ookeanide kolossaalsed avarused. Neil olid arusaamatud tugevate tormide ja kohutavate orkaanide põhjused. Neid hirmutasid kõuemürinad ja välkude sähvatused, näides neile vihaleaetud jumaluse õudse häälena ja relvade helgina.

Meie kauged esivanemad ei teadnud midagi meid ümbritsevate planeetide ja tähtede maailma olemusest. Nende silmaring oli väga piiratud. See on ka arusaadav: nad ju ei sooritanud kaugeid merereise ja ei omanud arusaamist kiirest liikumisest paigast paika. Lendamisest õhus nad isegi ei unistanud, neile paistis ju imena lindudegi lend. Nad ei evinud neid suuri ja üldisi eelnevate sugupõlvede kogemusi, mida omame praegu meie. Nende „ajalugu" oli ilmselt primitiivne ja vaene, olgugi et ta oli kaunistatud fantastiliste legendidega jumalatest, vägilastest ja sangaritest.

Siiski ei seganud see inimesi kauges minevikus imetlemast tähtede heledat sära ja Päikese sädelevat hiilgust. Arvatavasti seisid nad tundide kaupa mässava mere kaldal, nautides murdlainete vaatemängu.

Juba oma arengu koidikul lõi inimene mitmesuguseid oletusi sellest, mida kujutab endast Maa, tema mered ja ookeanid, mida kujutab endast kogu teda ümbritsev maailm. Need mõnikord küllaltki fantastilised ja naiivsed oletused kandusid üle ühelt inimpõlvelt teisele, muutudes legendideks, ja paljud neist on jõudnud isegi meieni.



Joon. 1. Ürginimeste kujutlus: Maa neljal elevandil.

Oletused sellest, mida kujutab endast Maa ühes oma merede ja ookeanidega, kandsid iga rahva juures erinevat iseloomu, olenedes peamiselt sellest, missugustes looduslikes tingimustes elasid need rahvad. Põlismetsade elanike vaated maailma ehitusest erinesid põhiliselt nende rahvaste vaateist, kes elasid tollal avaratel stepilagendikel või suurte jõgede, merede ja ookeanide rannikuil.

Indias leidub palju elevante ja kilpkonni; pole imestada, et iidsete hindude arvates asetses Maa hiigelelevantidel, kes seisid määratus ookeanis ujuval tohutu suurel

kilpkonnal. Nende arvates tekkis vihm sellest, et elevandid oma pikkade lontide abil aeg-ajalt kastsid Maad mereveega.

Teised rahvad pidasid Maad tasaseks lagendikuks, mis asetseb neljal hiigelsambal ja omab „äärt", milleni mitte keegi kunagi pole jõudnud. Maa all valitses nende arvates igavene pimedus ja seal piinati suuri patuseid.

Suurte ookeanide ja merede kallastel elavad rahvad mõtlesid, et Maa asetseb kolmel ääretus ookeanis ujuval hiigelvaalal. Nad oletasid, et maaväringud, millega kaasuvad mõnikord suured purustused, tekivad sellest, et vaalad, kelledel asetseb Maa, endid aeg-ajalt liigutavad.

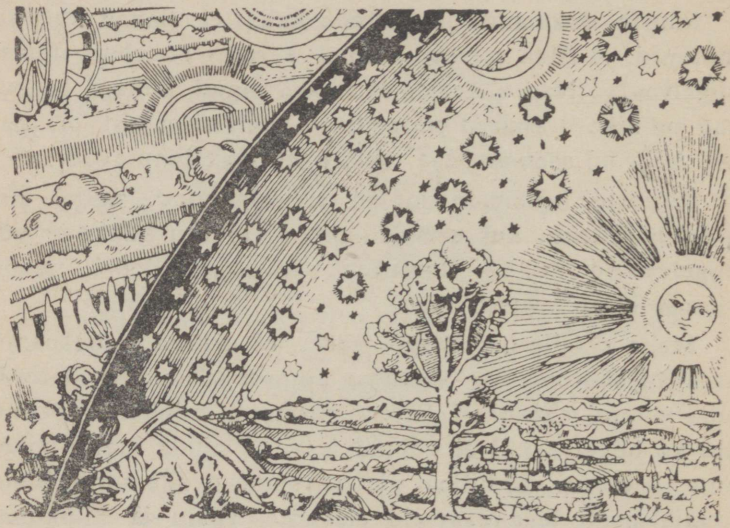
Sääraste legendide loojad ei selgitanud, millel siis asetseb ookean, kus ujuvad igavesti tohutu kilpkonn või hiigelvaalad; millele toetuvad sambad, milledel, nende oletuse järgi, asetseb Maa?

Meile kõigile on praegu teada, et mered ja ookeanid katavad suurema osa Maakera pinnast ja uhuvad alaliselt oma vetega maismaad. Samuti teame, et niihästi kilpkonn kui ka hiigelvaalad ei võinud igavesti ujuda meres-ookeanis — varem või hiljem pidi saabuma nende surm. Kuid ürgajal peeti legendaarseid elevante, vaalu ja kilpkonni „pühadeks" loomadeks.

Hiljem levis arvamus, et Maa kujutab endast suurt tasapinnalist keha, nagu mingit hiigelmõõtmetega „toa" põrandat; toa seinteks ja laeks oli kindel sinine taevavõlv, kus öösiti süttisid paljud heledad tuled. Teise variandi järgi lasus kindla taevavõlvi äär võimsail mäeahelikel.

Primitiivsete tähelepanekute järeldusel tekkinud kujutluse järgi asub Maa „äär" seal, kus taevas „ühtib" Maaga. Arvati, et võib minna selle maailma ääreni ja näha, mida tehakse „sealpool" taevavõlvi.

Keskaja vaimulikud jutustasid, et ühe vanaaegse kloostri uudishimulik munk olevat kuidagi osanud minna „maailma ääreni". Ta pistnud pea läbi taevavõlvi kristalse kupli ja näinud seal palju mitmesuguses suuruses rattaid ja mehhanisme — nagu mingis hiigelsuures kellas. Kõrval — kõrgemal kohal — näinud ta istuvat ebaharilikus tugi-



Joon. 2. Nii kujutasid vaimulikud endale ette „maailma äärt".

toolis auväärset, uskumatult suure halli habemega vanameest valges rüüs, kes, nagu talle näis, kogu aja keeranud mingisuguseid kruvisid.

Munk oleks veel palju üht-teist näinud, kuid äkki salvas teda tüütav kärbes ja ta ärkas sügavast ning magusast unest.

Meenutades kõike unesnähtut pani munk sandaalid jalga ja asus teele. Ta käis mitu päeva ja ööd ning jõudis

lõpuks kaljusele kaldale. Tema ees laiusid mereavaruse sinised kaugused. Ta ei ulatunud vaatama üle ääretu vee sileda pinna. Kuid nüüd juba ilmsi, tegelikkuses, nägi ta kusagil kaugel eespool kristalset taevavõlvi, mis otsekui sukeldus oma äärega mere sügavusse. Niisugune on keskaegne legend.

Räägitakse, et väga ammu, mäletamatuil aegadel, käisid tütarlapsed mõnikord maailma äärel linu ketramas. Ööks panid nad oma vokid taevavõlvile nagu riiulile.

Võiks tuua veel terve rea oletusi, legende ja muistendeid maailma ehitusest, mida lõid kauge mineviku rahvad, kuid meile näib, et on täiesti küllalt ka nendest, milledele oleme vihjanud. On ilmne, et ka meie kauged esivanemad püüdsid, niipalju kui neil jätkus kujutlusvõimet, nii või teisiti endale luua pilti maailma ehitusest.

Millest kõneleb meile mere pind?

Vanad kreeklased jõudsid esimestena järelduseni, et Maa ei oma mitte tasapinnalist, vaid kumerat, kera kuju. Esimesena hakkas seda õpetama silmapaistev vanaaja õpetlane Aristoteles, kes elas 2300 aastat tagasi. Tema arvukaid teoseid kasutati paljude sajandite kestel kui „stabiilseid õpperaamatuid" Kreeka ja Rooma koolides ja keskaegsetes ülikoolides.

Aristoteles õpetas, et Maa omab kera kuju ja on maailma keskuseks; Kuu, Päike ja planeedid ringlevad Maa kui keskuse ümber.

Astronoom Ptolemaios, kes elas meie ajastu teisel sajandil, arvas samuti, et Maa on tsenter, s. o. maailma keskus. Ümber Maa ringlevad Päike, planeedid ja tähed. Oma isiklikud vaated ja oma eelkäijate õpetused universumi ehitusest võttis Ptolemaios kokku suures raamatus,

mida keskaegsed õpetlased nimetasid „Almagest"[1]. See maailmavaade sai ptolemaiose ehk geotsentrilise[2] süsteemi nimetuse.

Arusaamisele, et Maa omab kera kuju, ei tulnud inimesed mitte kohe, vaid pikkamööda, arvukate tähelepanekute kaudu. Sellele aitas palju kaasa kaubanduse areng ja ühenduses sellega kauged teekonnad meretagustesse maadesse. Siiski peab ütlema, et õiget kujutlust Maa kujust omasid väga vähesed. Aga kuidas inimesed siiski tulid sellele?

Kõigile on teada, et Maa peal seistes näeme ainult väga väikest osa tema pinnast, mitte rohkem kui viie kilomeetri kaugusele endast. See osa Maa pinnast on igalt poolt piiratud vaatepiiriga, s. o. joonega, millel taevas nagu ühtiks Maaga. Igaüks teab, et selle jooneni me minna ei saa. Paljud arvatavasti on selles korduvalt veendunud ka praktiliselt.

Et seda kogeda, piisab, kui minna lagedale väljale, märkida vaatepiiril mõni põõsake ja minna selleni. Kuid teil tarvitseb vaid paigast liikuda, kui märkate otsekohe, et vaatepiir hakkab samuti nihkuma teie liikumise suunas. Lähete kuni märgitud põõsakeseni, aga vaatepiir, s. o. koht, kus taevas ja maa nagu ühtiksid, on võtnud uue asendi.

Sama toimub, kui märgite lagedal merel mõne punkti just seal, kus näib ühtivat taevas ja vesi. Laeva lähenedes

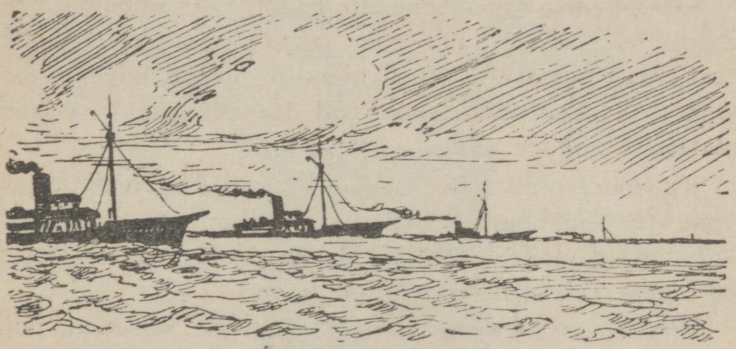
---

[1] See keskaegne sõna tekkis araabiakeelsest sõnast „Al Magisti", mis tähendab „suurepärane" (looming); araabia astronoomid hindasid väga kõrgelt Ptolemaiose tööd, mis kreekakeelses algupärandis kandis pealkirja „Matemaatiline kogumik".

[2] Maailma süsteemi, mille keskuses asetseb „raske" Maa (kreeka keeles „geo") nimetatakse geotsentriliseks.

teie poolt märgitud esemele eemaldub vaatepiir kogu aja. Lõpuks jõuab teie laev märgitud esemeni, kuid vaatepiirini ei jõua siiski kunagi.

Juba ammu on tähele pandud, et mida kõrgemale tõusta Maa pinna kohale, seda kaugemale eemaldub vaatepiir ja seda suurem osa maapinnast avaneb meile vaatlemiseks. See aga on kahtlemata tõendiks, et Maa pole mitte tasapind, vaid omab mõnevõrra kumerust.



Joon. 3. Laev kaob vaatepiiri taha järk-järgult, tähendab — Maa pole tasane.

Võib oletada, et paljudel lugejatel on olnud juhus kordki elus viibida mere kaldal ja silmitseda eemalduvat aurikut. Kujutlege, et teie näiteks asute Novorossiiski sadamas, seisate kail ja vaatlete Musta mere avarust. Päev on selge, päikesepaisteline. Taevas on läbipaistvalt sinine, ümberringi mitte pilvekestki. Valitseb täielik vaikus. Ainult kalda ääres loksuvad sõbralikult merelained, uhtudes rannakive.

Teie tõstate binokli ja jätkate kauguse vaatlemist.

Äkki ilmub kaugel edela suunas vaevaltmärgatav täpike. Järk-järgult suureneb ta ja veepinnal võib juba eraldada

mastide tippe. Mõne aja pärast ilmuvad korstnad, selle järele laevalae pealisehitised. Auriku lähenedes saab nähtavaks ka ta kere. Ta jõuab kaini ja randub.

Mõne aja pärast väljub mootorlaev „Gruusia" Novorossiiski sadamast. Jälgides tema eemaldumist, panete tähele vastupidist pilti: algul kaob laeva kere, seejärel korstnad ja lõppeks ei näe teie isegi enam korstnaist tulevat suitsu.

Samasuguste tähelepanekute kaudu tulid inimesed arusaamisele, et mere pind pole mitte tasane veelagendik, vaid omab kumerust. Selle kumeruse, nende hiigelveemägede taha nagu peidaksidki end laevad kaldal seisvate vaatlejate pilkude eest.

Kui mere pind oleks tasane, näeksime laeva kõiki osi tema igal eemaldumisel meie vaatepiirkonnas ühesuguselt; nad näiksid meile, olenedes laeva kaugenemisest, ikka väiksemates ja väiksemates mõõtmetes.

Niiviisi veendusid inimesed lõppeks, et Maa pole tasane ja et kogu ta pind omab teatud kumerust.

Mida jutustavad meile Maast merereisid ja kuuvarjutused?

Kuuvarjutused tekivad sellest, et Kuu satub Maa varju [3]. Jälgides seda nähtust, märkasid inimesed, et Kuu kettale nihkuv Maa varju. äär on ümmargune. Säärane vari võib langeda ainult kerataolistelt kehadelt. See oli

---

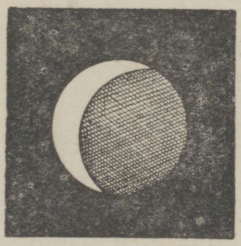
[3] Kuu pöörleb ümber Maa ja satub mõnikord Päikese ja Maa vahele või asetseb Päikese suhtes Maa taga. Siinjuures teisel juhtumil võib Kuu mõnikord osutuda täpselt Päikest, Maad ja Kuud ühendaval sirgjoonel, mis läbib nende ketaste tsentrumeid. Siis varjab Maa Päikese täielikult Kuu eest ja Maa pealt langeb Kuule vari.

üheks kõige enam põhjendatud tõendiks, et Maa omab kera kuju.

Siiski ei osutunud ka see, näiliselt küllaldaselt põhjendatud tõend, ikkagi seevõrd veenvaks, et kõikide poolt oleks lõplikult tunnustatud Maa piiratud olekut ruumis ja tema kerataolisust.

* * *

Maa piiratud olek ruumis tõestati esmakordselt kindlalt ja lõplikult ümbermaailmareisiga, mille sooritas enam kui 400 aastat tagasi vapper portugali päritoluga meresõitja ja maadeuurija Fernão Magelhães.



Joon. 4. Kuule langeb Maa ümmargune vari.

Aastal 1519 moodustas Magalhães 300 inimesest koosneva ekspeditsiooni ja alustas sõitu viiel karavellil (purjelaeval) Hispaania rannikult reisiks „ümber maailma". Oma karavellidega ristles ta Atlandi ookeanil, purjetas edasi piki Lõuna-Ameerika kaldaid ja läbis seejärel tema poolt avastatud väina Vaiksesse ookeani. Risteldes India ookeanil, purjetades piki Aafrika lõunarannikut, sõitis Magalhães'i ekspeditsioon seejärel ümber Healootuse neeme. Lõpuks pöördus ta tagasi Atlandi ookeani ja jõudis Hispaania rannikule.

See suur teekond kestis kolm aastat. Ekspeditsioonist osavõtjad elasid oma teekonnal üle määratuid raskusi, kusjuures enamik neist ei jõudnud üldse sellelt kaugelt sõidult kodumaale tagasi. Ei jõudnud Hispaaniasse tagasi ka selle teekonna organiseerija, suur meresõitja Magalhães: ta hukkus ühes oma paljude kaaslastega ägedas lahingus metslaste vastu Filipiini saartel, kus ekspeditsioon oli sunnitud peatuma.

Ülejäänud teeosa Filipiini saartelt kuni Hispaania rannikuni sooritas ekspeditsioon juba ilma Magalhães'ita. Viiest laevast jõudis Hispaaniasse ainult üks, aga kolmesajast meresõitjast saabus kodumaale tagasi ainult umbes kakskümmend meest.

Et täielikumalt kujutleda selle teekonna raskusi, tuleb meeles pidada, et see oli sooritatud väikestel purjelaevakestel.

Palju halbu päevi elas Magalhães'i ekspeditsioon üle. Selged ilmad ja pärituul vaheldusid tihti uskumatult tugevate tormide ja vihmavalingutega. Juhtus, et kõuemürin ja välgusähvatused vältasid tunde. Mässav meri paiskas karavelle nagu kergeid laaste küljelt küljele; kord tõusid laevad kõrgele laineharjale, kord vajusid lainete vahele nagu kuristikku. Hirmsasti mürises meri ja vastas nagu kaja kõuemürinale, kerkisid üles lained, üks suurem kui teine. Ja sageli näis, et Magalhães'i ekspeditsioon hukkub. Kuid vaprad meresõitjad juhtisid osavalt oma kergeid purjelaevu. Neid ei kohutanud tormid ega halvad ilmad — ikka julgelt läksid nad edasi.

Magalhães'i teekond ümber maailma lükkas lõplikult ümber kõik legendid sellest, et Maa omab hiiglaslike mõõtmetega tasase ketta kuju. See teekond tõestas, et pole olemas mingit „maailma äärt", et liikudes Maal kogu

aja mingisuguses kindlas suunas edasi võib lõppeks tagasi jõuda samasse punkti, kus teekond algas.

Joon. 5. Fernão Magalhães.

Väga paljudes, isegi tõsistes raamatutes kirjutatakse, et Magalhães'i teekonnaga oli tõestatud Maa kerataoline kuju. See pole siiski õige: Magalhães'i teekond tõestas ainult seda, et Maa on ruumis piiratud ja omab üldiselt mingisugust „kerakujulist" vormi. Teekonda ümber maa-

ilma oleks võinud sooritada ka sel juhtumil, kui Maal oleks olnud näiteks väga suure muna, kurgi või mingi muu teise väljavenitatud eseme kuju. Kuid kõigile on teada, et niihästi muna kui ka kurgi piirjooned on küllaltki erinevad kera kujust.

Ka pärast Magalhães'i teekonda ümber maailma jäi küsimus Maa kujust lahtiseks ja oli paljude teaduslike vaidluste teemaks.

Maa tõelise kuju küsimuse juurde pöördume tagasi allpool, nüüd aga asume Päikese tõusu ja loojangu küsimuse vaatlemisele.

Päikese tõus ja loojang. Päeva ja öö vaheldus.

Igaüks teist on muidugi sageli vaadelnud Päikese tõusu ja loojangu suurepärast pilti. Linnades, nagu teada, pole võimalik vaadelda neid nähtusi nende täies ilus, sest vaatepiir on siin suletud majade ja teiste suurte ehitistega. Linnaelanikud näevad Päikest ainult siis, kui see asub kõrgel horisondi kohal.

Hästi on näha Päikese tõusu ja loojangut maal, veel paremini aga lagedal väljal või ulgumerel.

Hommikul ilmub vaatepiiri idapoolses osas järkjärgult koit, taevas muutub purpurpunaseks ja hakkab aegamisi valgenema.

Seejärel ilmub horisondi tagant algul pikkamööda päikeseketta kitsas ülemine äär. See suureneb vähehaaval, kuni lõpuks vaatepiiri kohale ilmub särav päikeseketas kogu oma suuruses.

Seejuures tekib mulje, nagu lamaks Maa peal tuline purpurpunane hiigelkera. See mulje kaob alles Päikese järkjärgulisel kerkimisel kõrgemale vaatepiiri kohale. Ta nihkub, nagu meile näib, aeglaselt mööda taevast edasi.

Liikudes kogu aja vasakult paremale, tõuseb Päike üha kõrgemale, ta värvus muutub ikka rohkem ja rohkem helekollasemaks, ta mõõtmed aga vähenevad.

Saavutades kõrgeima punkti, hakkab Päike, liikudes ikka samas suunas, vähehaaval laskuma ja lõpuks peidab end hoopiski horisondi taha.

Kuid enne loojumist, samuti nagu hommikul tõusteski, muutub Päike vaatepiiri lähedal purpurpunaseks ja oma mõõtmeilt uuesti just nagu suuremaks.

Sel ajal avaneb meie pilkudele suurepärane vaatemäng. Algab eha. Päikese loojangu suunas kattub taevas tiheda punaga. Tekib mulje, nagu oleks see kusagil kaugel mässava suure tulikahju kuma.

Eriti ilusaid värve võib näha sel ajal merel; mitte ainult vesi, vaid ka kõik ümbritsevad esemed ja inimesed omandavad erilise koloriidi, erilise vastuhelgi.

Miks siis toimub taeva selline värvumine Päikese tõusul ja loojangul? Nagu teada, ümbritseb meie Maad õhkkond — atmosfäär —, mis ulatub „üles“ kuni tuhande kilomeetrini. Õhkkond omab suurima tiheduse Maa pinnal, kuid mida „kõrgemale“, seda rohkem ja rohkem muutub ta hõredamaks.

Sel kombel elame meie sügava ja ääretu õhuookeani põhjas, milles tihti esinevad kolossaalsed tormid, saadetuna elektrilistest laengutest, ja kus täheldatakse õhumasside mitmesuguseid voolusi ja sademeid vihma, lume ja rahe näol; mõnikord (peale vihma) avaneb meie pilkudele vikerkaare ilus vaatemäng, sageli tungivad meie Maa atmosfääri väikesed kõvad kehad ja siis võime jälgida meteooride ilmumist öise taeva foonil.

Tänu õhu olemasolule näib meile taevas päeval sinisena. Seda sinisest õhust eesriiet peetigi muiste mingiks

kõvaks „kristalseks“ taevavõlviks, mis kuplina katab tasast maapinda.

Hommikul ja õhtul, kui vaatepiiri tagant ilmub Kuu või Päike või kui nad peidavad end selle taha, näivad nad meile punakatena, purpursetena. Sellist värvust omavad Päike ja Kuu hommikul ja õhtul seepärast, et me sel ajal vaatleme neid läbi tihedama õhukihi kui siis, kui need taevakehad asuvad kõrgel horisondi kohal.

On teada, et mida paksem on atmosfäärikiht, seda rohkem peab ta kinni kiiri. Eriti kergesti peab kinni Maa atmosfäär siniseid ja rohelisi kiiri, kõige vähem punaseid, oranže ja kollaseid. Seetõttu näivadki Päike ja Kuu hommikuti ja õhtuti taevas ligidal olevat (kui Kuu ja Päike asuvad madalal vaatepiiri kohal) ja paistavad meile purpurses, oranžis või kollakas-punases värvuses.

* * *

Vanasti, nagu juba öeldud, mõtlesid inimesed, et meie Maa seisab liikumatuna universumi keskuses, aga Päike ja kõik teised taevakehad tiirlevad ta ümber, ja et seepärast vaheldubki öö päevaga ja päev ööga.

Nii näiteks arvas munk Kuzma Indikoplov, kes elas meie ajastu kuuendal sajandil, et universum kujutab endast nagu mingisugust hiiglamõõtmelist kohvrit. Oma raamatus „Kristlik topograafia“ kirjutab ta: „Asustatud Maa tõuseb lõunast põhja ikka kõrgemale, nii et lõunapoolsed maad on tunduvalt madalamal põhjapoolsetest. Seepärast omavad põhjast lõunasse voolavad paradiisijõed Tigris ja Eufrat tunduvalt kiiremat voolust kui püha jõgi Niilus, mis voolab lõunast põhja.” „Põhjas endas”, kirjutab ta, „asub suur mägi, mille taha peidab end Päike. Sellest,“ kinnitab Kuzma Indikoplov, „tekib päeva ja öö vaheldus.“

Kuzma Indikoplovi arvates asuvad kindla taeva taga inglid, kes korjavad pilvi, saadavad vihma ja lund, põuda ja külma, tuuli ja torme.

Juba ammu purustas teadus need naiivsed kujutlused Maa liikumatusest ja Päikese loojenemisest Põhja mäe taha.

Nende nähtuste tõeline põhjus seisneb selles, et Maa ei seisa mitte liikumatuna, vaid pöörleb kogu aja vahetpidamatult ümber oma telje, sooritades öö-päeva jooksul täispöörde.

Sellise „öö-päevase pöörlemise“ tagajärjel asetab Maa kord ühe, kord oma teise poole Päikese kiirte alla.

Päike valgustab ja soojendab tema poole pöördunud poolkera. Siin muutub kogu loodus Päikese elustavate kiirte all erksaks. Sellel poolkeral on päev. Samal ajal aga ei valgusta Päikese kiired teist poolkera vastaspoolel, järelikult on seal öö ja kogu loodus vajub unne. Maa lakkamatu pöörlemise tagajärjel oma telje ümber vahetavad tema poolkerad oma asendit Päikese suhtes. Seepärast seal, kus oli öö, saabub mõningate tundide järel päev, ja vastupidi. Tuleb märkida, et ühel ja samal meridiaanil on aeg kõikjal sama, erisugustel meridiaanidel aga erinev. Allpool jutustame sellest üksikasjalisemalt, praegu ütleme ainult, et see asjaolu toob kindla korrapärasuse peaaegu igasse rahvamajandusliku elu alasse.

„Aeg on lõpetada töö,“ ütleme meie, „Päike on juba loojunud.“ Ja tõesti, töö katkestatakse öö saabudes peaaegu igal pool. Loodus ja inimesed vajuvad unne.

Kuid samal ajal algab Maa teisel poolkeral tööpäev.

Nii järjestame oma puhkuse, une ja tööaja Maa ööpäevasest pöörlemisest olenevalt, kuid Maa pöörleb iga-

vesti, ilma puhkuse vajaduseta nagu „igavene“ liikuv jõumasin.

Ööd-päevad läbi töötab ainult transport, olenemata päeva ja öö vaheldumisest. Raudteerongide liikumisele näitavad teed rööpmed, jõelaevale — tulepaagid, kuid merelaevu ja lennukeid, nagu näeme allpool, aitavad orienteeruda õhu ja mere avarustes tuletornid, raadio ja tähistaevas.

Maa öö-päevane pöörlemine.

Öö ja päeva vaheldust Maa pöörlemisega ümber oma telje katsus selgitada silmapaistev kreeka õpetlane — Aristarchos [4]. Ühtlasi esimesena väljendas ta mõtet Maa liikumisest ümber Päikese, kuid selle õpetlase vaated vajusid unustusse paljudeks sajanditeks.

Suur õpetlane ja filosoof Nikolaus Kopernikus (1473.—1543. a.), pärit Poola linnakesest Thornist, oli esimene, kes pärast Aristarchost tuli järeldusele, et Maa pole mitte maailma liikumatuks keskuseks, mille ümber tiirlevad Päike, planeedid ja tähed.

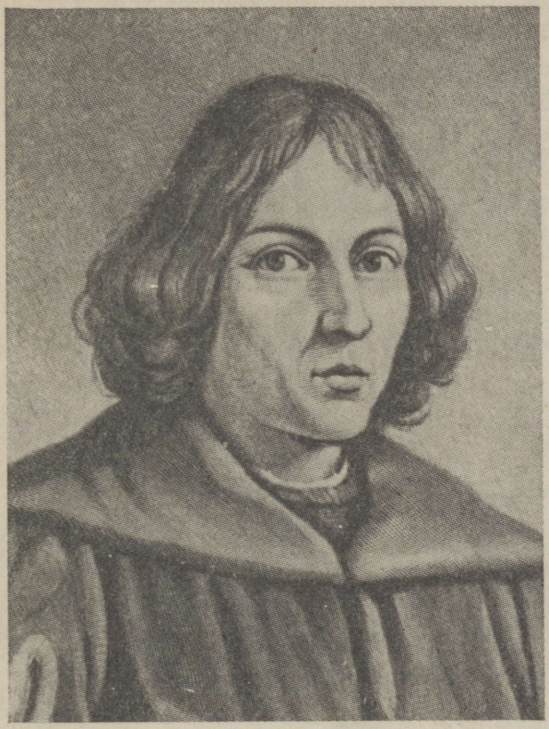
Oma raamatus „Taevasfääride pöörlemisest“ esitas Kopernikus oma nõndanimetatud „heliotsentrilise“[5] maailmasüsteemi. Ta nagu tõi Maa välja tema igavesest

---

[4] Elas neljanda sajandi lõpul ja kolmanda algul enne meie ajaarvamist. Aristarchose õpetusest teatab vanaaja kuulus matemaatik Archimedes oma teoses „Psammit“ (s. o. liivaterade arvutus; on olemas prof. G. N. Popov'i venekeelne tõlge).

[5] Maailmasüsteemi, mille keskuseks arvatakse olevat Päike, (kreeka keeles „helios“) nimetatakse heliotsentriliseks. Kopernikuse teos „Taevasfääride pöörlemisest“ („De Revolutionibus Orbium Coelestium“) ilmus Nürnbergis 1543. aasta maikuul, kui autor lamas juba surivoodil.

rahust, asetas ta ritta teiste planeetidega ja „sundis“ ta pöörlema niinästi ümber mingisuguse telje kui ka ümber Päikese, mille Kopernikus paigutas maailma keskusse.



Joon. 6. Nikolaus Kopernikus.

Niisiis kujutab meie Maa enesest alatiselt pöörlevat hiigelsuurte mõõtmetega vurri, kuid ilma sellise materiaalse teljeta, nagu oleme neid harjunud nägema laste mänguasjadel. Seejuures ei pöörle Maa mitte ainult ümber oma telje, vaid tiirleb samaaegselt ka ümber Päikese.

Kui ilmus Kopernikuse raamat, avaldas see hämmastavat mõju tolleaja inimeste mõtlemisele, kes olid harjunud mõttega, et Maa on maailmaruumi liikumatu keskus.

Paavst koos kõrgema katoliiklike vaimulike seisusega keelas ära, põletas ja needis Kopernikuse raamatu, pannes ta vande alla. Veel seitsmeteistkümnendal sajandil jälitas katoliku kirik karmilt kõiki, kes julgesid levitada Kopernikuse õpetust ja pooldasid mõtet Maa liikumisest. Katoliku papid oleksid ehk põletanud ka Nikolaus Kopernikuse enda, kui see suur õpetlane poleks surnud peaaegu üheaegselt oma raamatu ilmumisega.

Juba esimestel aastatel pärast Kopernikuse raamatu ilmumist oli tema õpetusel Maa pöörlemisest palju pooldajaid. Mõned neist avaldasid veel enamgi eesrindlikke vaateid universumi ehitusest, kuid selliste progressiivsete ideede propageerimist jälitati kõige karmimal viisil.

Giordano Bruno, Kopernikuse õpetuse innukas jutlustaja, väljendas umbes nelikümmend aastat pärast Kopernikuse surma mõtte, et ka Päike tiirleb samuti ümber mingisuguse telje ja et kogu päikesesüsteem on nagu liivatera, mis igavesti rändab lõpmatu universumi lagedas avaruses. Peale selle õpetas Bruno, et kõik tähed on meist kaugelolevad Päikesed ja et nende ümber tiirlevad planeedid, mis on tõenäoliselt samuti asustatud kui meie Maagi. Bruno õpetuse järgi on universum tervikuna lõpmatu ja täis elu. Need Bruno järeldused tembeldati tema ajal ketserluseks ja Brunot ennast — kõige kurjemaks ketseriks.

Katoliku papid mõistsid Giordano Bruno türmi ja piinasid teda kõige julmemalt. Kuid mingisugused ähvardused ega piinad ei murdnud ta vaimu ega suutnud sundida teda salgama oma julgeid mõtteid. Lõppeks

Joon. 7. Giordano Bruno tuleriidal.

mõistsid inkvisiitorid Brunole julmima karistuse — elusalt põletamise tuleriidal.

Enne karistuse täideviimist mungad, lugenud ette suurele märtrile kohtuotsuse, tegid talle ettepaneku oma elu päästmiseks öelda ainult üks sõna: „Salgan.“ Kuid Bruno vastas neile uhkelt: „Teie loete otsust suurema hirmuga, kui mina seda kuulan... Kes sureb ühel sajandil, jääb surematuks tulevastel ajastutel!”

Bruno eelistas pigem surra, kui reeta oma julgeid ideid, ta võttis vastu kangelase märtrisurma.

Julgelt ja uhkelt, mitte hoolides surmast, astus ta tuleriidale. Kiiresti haarasid teda leegid. Kirikukellad helisesid nagu matusteks. See sündis Roomas. Paavst ise ja kõrgid kirikuvürstid, kardinalid, vaatasid rahulikult kustuvale tuleriidale „kõige kurjema ketseri“ jäänustega.

Nii teostus 17. veebruaril 1600. a. Lillede väljakul paavstliku Rooma suurim roim.

Ebainimliku pilkamise ja irvituse alla sattus ka suur astronoom, matemaatik ja mehhaanik, Bruno kaasaeglane Galileo Galilei, kes oma raamatus „Vestlused kahest — Ptolemaiose ja Kopernikuse maailmasüsteemist“, välja antud 1632. aastal, püüdis kaitsta heliotsentrilist maailmasüsteemi.

Galileo Galilei suunas esimesena endaehitatud pikksilma taevasse ja avastas Päikesel tumedad laigud, Jupiteri neli kaaslast, mäed Kuul, planeet Veenuse faasid, lahutas Linnutee heleda vööndi reaks täheparvedeks, tegi rea suuri avastusi mehhaanikavallas. Ta omas tohutu suurt kuulsust ja populaarsust teadusemaailmas.

Siiski, vaatamata Galilei kolossaalsele teaduslikule autoriteedile, sulgesid katoliku kardinalid ta türmi ja

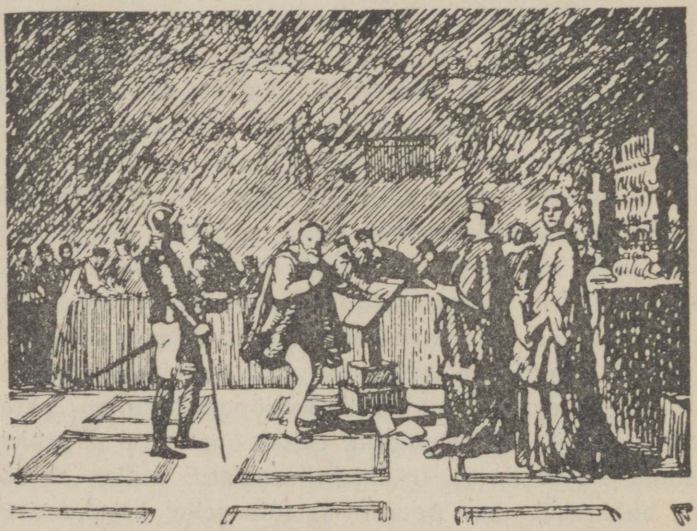
arvatavasti isegi piinasid, sundides teda lõpuks lahti ütlema kiriku poolt „keelatud“ Kopernikuse Maa pöörlemise õpetusest. Samuti kui Brunoga, õiendas paavstlik inkvisitsioon julmalt arveid ka Galileiga.

Kopernikuse õpetusest lahtiütlemiseks oli Galilei sunnitud alla kirjutama alljärgnevale dokumendile:

„Mina, Galileo Galilei, Florenzist pärineva õndsa Vincenco Galilei poeg, 70 aastat vana, isiklikult seatud kohtu ette, siin, põlvedel teie ülipühitsetud kardinalide, ülemaailmse kristliku ühiskonna kindral-inkvisiitorite ees, evangeeliumi ees, mida näen oma silmadega ja mida puudutan oma kätega, vannun, et mina alati olen uskunud ja jumala abiga saan uskuma kõike, mida püha katoliku ja apostlik rooma kirik arvestab tõena, mida jutlustab ja mida õpetab. Kuid et püha kohus käskis mind täielikult maha jätta valearvamust, nagu oleks Päike maailma liikumatu keskus, kuna Maa pole keskus ja liigub, samuti keelas ükskõik millisel kujul pooldada, kaitsta või levitada mainitud valeõpetust, mina pärast seda, kui mulle oli selgitatud, et see õpetus on pühakirjavastane, kirjutasin ja trükkisin raamatu, milles esitasin juba hukkamõistetud õpetuse ja tõin selle kasuks argumente — muide, mitte sugugi otsustavaid —, siis sellega tõmbasin endale tugeva kahtlustuse ketserluses, s. t. selles, et pooldan ja usun, nagu oleks Päike maailma liikumatu keskus, Maa aga pole keskus ja liigub.

Soovides praegu teie ülipühitsetud ja iga kristlase-katoliiklase mõistusest ära kaotada seda tugevat ja õiglaselt minu vastu tekkinud kahtlustust, ütlen ma puhta südamega ja õiglase usuga lahti mainitud eksiarvamustest ja väärõpetustest, nean neid ja vihkan neid ja üldse igat püha kiriku vastu öeldud eksimust ja arvamust.

Vannun, et ma tulevikus ei suuliselt ega kirjalikult ei ütle midagi sellist, mis võiks tekitada minu vastu samasuguseid kahtlustusi. Samuti, kui saan teada mõnest ketserlasest või inimesest, kes äratab kahtlust ketserluses, ei viivita ma temast teatamast sellele pühale kohtule või inkvisiitorile või selle ringkonna piiskopile, kus asun.



Joon. 8. Kohtumõistmine Galilei üle.

Peale selle vannun ja tõotan, et täidan ja pean täiel määral silmas kõiki kristlikke karistusi, mis mulle on määratud või määratakse. Kui ma teostan midagi vastupidist neile tõotustele, kinnitustele ja vannetele, mille eest hoidku mind jumal, siis alistun kõikidele piinadele ja piinamistele, mis pühade seaduste ja teiste määrustega, üldiste ja privaatsetega, seda liiki seaduserikkujate vastu

on kehtima pandud ja välja kuulutatud. Aidaku mind jumal ja püha evangeelium, mida puudutan oma kätega."

Sellise alandava ja häbistava loobumise allakirjutamise hinnaga õnnestus 70-aastasel rauk-õpetlasel end lahti rebida ülipühitsetud kardinalide veristest kätest. Legend räägib, et patukahetseja särki rõivastatud Galilei, tõustes põlvedelt, põrutas jalaga ning hüüdis: „Aga ta (s. t. Maa) liigub siiski!"

Keskajal ja isegi veel uusajal hukkus palju suuri mõttetarku tuleriidal ja piinakambrites, kuid iialgi ei kustu rahva hulgas mälestus neist — see elab igavesti.

Märgime, et keeld Kopernikuse raamatult võeti katoliku kiriku poolt alles 1885. aastal nn. „elektri ja auru ajastul". Ligemale kolm ja pool sajandit oli Kopernikuse raamat olnud keelu all. Isegi vastuvaidlematud tõendid Kopernikuse õpetuse õigsuse kohta ei suutnud murda õpetatud jumalasõna-kuulutajate ja kardinalide kangekaelsust. Alles möödunud sajandi lõpul lakkasid nad hindamast Ptolemaiose iganenud teooriat.

Tõendid Maa pöörlemisest.

Teravalt silmapaistev tõend Maa pöörlemisest ümber oma telje oli Prantsuse füüsiku Foucault' poolt 1851. aastal Pariisi Panthèonis teostatud katse pendliga (67 m pikkune pendel massiga 28 kg).

See katse põhineb sellele, et tasakaalust väljaviidud pendel, nagu teame füüsikast, jätkab võnkumist kogu aja ühes ja samas suunas kuni lõpliku seismajäämiseni. Teisiti öeldes, pendel omab võimet muutumatult alal hoida oma võnkumise tasapinda.

Seda pendli omadust võib kujukalt tõestada lihtsa seadeldise abil, mis on igaühele valmistamiseks kättesaadav.

Selleks tuleb võtta painduv varb, painutada ta looka ja kinnitada otstega ükskõik millise läbimõõduga, ütleme näiteks 50-sentimeetrilise läbimõõduga ringile. Looga ülemisse osasse tuleb kinnitada niit kivikesega ja panna see omapärane pendel teatud tasapinnas võnkuma. Ringikest aeglaselt pöörates märkame, et pendel säilitab oma võnkumise suuna antud tasapinnas.

Foucault' katse jälgimisel võivad vaatlejad kergesti veenduda selles, et Maa tõesti pöörleb oma telje ümber; pendli all olev Maa pöördub aja jooksul teatava nurga all ära pendli võnkumise tasapinnast, mis säilitab ruumis sama suuna.

Maa pöördumise nurk pendli võnkumise tasapinna suhtes on erinev, sõltudes selle koha laiuskraadist, kus katse teostatakse.

Poolustel on selle kõrvalekaldumise nurk iga tunni kohta 15 kraadi, ekvaatoril 0 kraadi, meie laiuskraadides 9 kuni 14 kraadi.

Mida pikem pendel, seda märgatavam on Maa tasapinna kõrvalekaldumine võnkumise tasapinnast. Foucault' pendli pikkus oli 67 meetrit. Pendel, mis on üles seatud Leningradis endise Iisaku katedraali kupli alla, on 98 m pikk. Ta kõigub vahetpidamatult ja kinnitab iga oma uue võnkega Maa pöörlemist.

Samuti on tõestatud, et lendav mürsk kaldub Maa pöörlemise tagajärjel põhjapoolkeral oma liikumissuunast paremale poole ja lõunapoolkeral vasemale.

Kui jõed kulgevad mitte just täpselt Maa paralleelide suunas, siis uhub vesi meie põhjapoolkera jõgedel Maa öö-päevase pöörlemise tõttu parempoolseid kaldaid, lõunapoolkera jõgedel aga vasakpoolseid.

Esemed, langedes suurest kõrgusest, kalduvad alati

kõrvale, ja seejuures tingimata ida poole. See tõestab samuti, et Maa pöörleb ümber oma telje suunaga läänest itta. Kehad, mis langevad kõrgusest, kalduvad veidi itta seepärast, et pöörlemise kiirus on näiteks kõrge torni tipus

Joon. 9. Foucault' pendel Pariisi Panthèonis.

alati suurem kui maapinna lähedal ja langedes säilitavad kehad sama kiiruse, mille nad said langemise algpunktis.

Nüüd oleme kindlalt veendunud, et meie Maa pöörleb laste mängukanni — vurri sarnaselt. Ainult tuleb silmas pidada seda, mis muidugi on kõigile teada, et Maa on oma

olemuselt väga suur taevakeha ja ei oma sellist konkreetset telge nagu on vurril.

On vajalik pöörata tähelepanu veel ühele Maa pöörlemise omapärasusele. Kui tugevasti meie vurri ka ei paneks liikuma, varem või hiljem ta lakkab pöörlemast ja kukub ümber. See tuleb sellest, et vurri liikumist pidurdab kogu aja tema telje alumise otsa hõõrdumine vastu pinda, millel ta pöörleb, ja samuti õhu vastupanu.

Maa, nagu juba teame, ei puutu kokku ühegi teise taevakehaga. Ta pöörleb maailmaruumis vabana igasugusest pidurdavast hõõrdumisest[6] ja õhu vastupanust. Ta nagu „ripuks" maailmaruumis. (Allpool me näeme, et ka Maa, pööreldes maailmaruumis, allub siiski hõõrdumise mõjule.)

Seepärast pöörleb Maa alati peaaegu ühesuguse kiirusega ja kogu aja samas suunas — läänest itta. Teisiti öeldes, kui vaadata kusagilt maailmaruumist Maakera põhjapoolusele, siis näib, et Maa pöörleb kella osutile vastupidises suunas. Täispöörde sooritab Maa oma kujutletava telje ümber 24 tunniga (täpsemalt 23 tunni 56 minuti ja 4 sekundiga). Seda ajavahemikku nimetamegi öö-päevaks, mis on võetud kõikide rahvaste poolt aja mõõtmise põhiühikuks.

Mere osa Maa palge muutumises.

Kui suurepärane on loodus ja kui valjult seaduspärased on temas toimuvad nähtused! Iga päev tõuseb ja loojub Päike, öö vaheldub päevaga ja päev ööga; niisama korrapäraselt vahelduvad aastaajad.

---

[6] Maa öö-päevase pöörlemise kiirus, nagu edaspidi näeme, ei ole mitte täiesti muutumatu.

Samuti on seaduspärane ka nähtuste ringkäik, mis toimub meid ümbritsevas looduses.

Päike saadab oma hõõguvaid soojuskiiri ja tekitab Maa peal tuuli, torme, „vesipükse“ ja orkaane; ta tõstab kõrgele veeaurud ja moodustab pilvi; ta põhjustab tugevaid äikesi ja vihmavalinguid, lumetuiske ja -torme.

Veerikas Volga jookseb Kaspia merre aastatuhandete vältel. Iga päev saadavad Volga ja teisedki jõed Kaspia merre kolossaalsel hulgal vett ja näib, nagu peaks see meri oma kallastest välja tulema ja veega üle ujutama kogu Turaani madalmiku. Kuid looduses toimuva lakkamatu vee ringkäigu tõttu jääb Kaspia merepinna tase mitme meetri võrra madalamaks ookeani veepinna tasemest. Selliste näidete arvu võiks suurendada.

Nii mööduvad aastad, sajandid. Kuid ümbritsev loodus näib meile muutumatu. Samana vaatlesime teda lapsepõlves ja samasugusena näeme teda vanas eas. Maa pale näib meile terve eluea kestel täpselt samasugusena.

Ometi pole see nii. „Püsivaks“ osutub vaid kogu ümbruskonna „alaline muutumine“.

Inimene ärkab hommikul, vaatab peeglisse. Temale näib, et ta täna on samasugune kui oli eile või viiskümmend päeva tagasi. Kuid mööduvad aastad, kõrges vanuses võtab inimene kätte oma portree, mis on tehtud siis, kui ta oli alles seitsmeteistkümne- või kahekümneaastane, ja korraga märkab ta, milline suur muutus on temaga toimunud aastate jooksul. Pea, mida ehtisid kunagi tihedad mustad juuksed, on muutunud siledaks kui peopesa, piiratud vaid kitsa hõbedase juuksepärjaga. Kunagine sile ja punapõskne nägu on omandanud tumeda kollakashalli varjundi. Sügavad kortsud katavad laupa ja põski.

Samuti muutub ka Maa pale. Selleks et täheldada neid muutusi, ei piisa ainult ühest inimelust, on vähe ka mitme inimpõlve elueast, isegi kogu inimsoo ajalugu ei ole võimeline avama meile meie Maa kauge mineviku kogu mitmekesisust. Seepärast on „Maa elu“ tundmaõppimiseks kõige parem rakendada sama meetodit, mida tarvitatakse metsa uurimiseks. Sest näiteks ühe kuuse arenemise tundmaõppimiseks ei istutata pistikut ja ei oodata, millal taim teeb läbi kõik oma arenemisstaadiumid ning muutub kõdunevaks kännuks, vaid siirdutakse metsa ja õpitakse kohapeal korraga tundma selle puu iga arenemisastet. Teiste planeetide ja taevakehade uurimised nende mitmesugustes arenemisstaadiumides, mis meie planeet on juba läbi teinud või mis tal tuleb veel läbi teha tulevikus, aitavad samuti kaasa meie Maa elu tundmaõppimiseks.

Maa pale muutub lakkamatult. Nende muutuste uurimised pikkade perioodide jooksul näitavad, et seal, kus olid kunagi metsad, laiuvad nüüd stepid ehk rohtlad, ja vastupidi — sinna, kus olid stepid, on kasvanud metsad. Näib, nagu taganeks ühes kohas stepp „pealetungiva” metsa eest, teises kohas aga, vastupidi, tekivad põlismetsade asemele stepid ja mets nihkub ikka kaugemale ja kaugemale. Nii on aja jooksul meie planeedi üksikutes kohtades kunagi viljarikkad ja mitmekesise taimestikuga maa-alad muutunud viljatuiks kõrbedeks.

Seal, kus praegu mässavad mered ja kobrutavad ookeanid, kus nüüdisajal leidub meresügavusi üle 9—10 km, seal, kus praegu võime jälgida kiskjate haide riiki, vaalade ja teistegi avarate vete elanikke, kerkisid võib-olla kunagi väga ammu tohutud mäed, isegi terved mäeahelikud ja mandrid tihedate läbipääsmatute metsadega.

Vastupidi, seal, kus praegu kerkivad igavese lumega

kaetud mäeseljandikud, laiusid kunagi üsna kaugetel aegadel mered.

Nii muutub aja jooksul vee ja tuule lammutava tegevuse, Maa sisemuses tegutsevate tungide ja muude nähtuste mõjul meie planeedi pale: järk-järgult varisevad kokku mäed ja tekivad mered, paljastub merepõhi ja kerkivad uued mäeseljandikud. Praegu on ligi kolm neljandikku Maakera pinnast kaetud veekihiga. Kontinendid kerkivad merede ja ookeanide tasapinnast nagu suuremate või väiksemate mõõtmetega saared.

Kui kogu vesi, mis praegu täidab meie Maakera meresid ja ookeane, kataks ühtlase kihina kogu Maa pinna, moodustuks tõepoolest kolossaalne meri, mis uputaks terve Maakera pinna ligi kolme tuhande meetri sügavusse. Nii palju on vett meie planeedil!

Vee rohkuse ja atmosfääri suure paksuse tõttu leiab aset pidev protsess, mis mõjub Maa palgele nivelleerivalt. Seepärast meie planeedi pind, võrreldes teiste taevakehade pinnaga, näiteks Kuu omaga, näib meile ühtlasena, peaaegu siledana, kui vaatleme teda maailmaruumist. Kõrged mäed maapinna ebaühtlasel „foonil“ on peaaegu märkamatud; nad on isegi vähem märgatavad kui „kortsukesed” suure õuna koorel. Kuu maht on meie Maa mahust mitukümmend korda väiksem, kuid tema mäed ei jää kõrguselt palju maha Maa kõige kõrgematest mägedest. Kuu pind on rikkalikult kaetud kõrgete rõngasmägedega, nõndanimetatud kraatritega, mis eralduvad reljeefselt Kuu pinna üldisel foonil. Neid Kuu mägesid võib kergesti märgata päikesevarjutuste ajal, just enne varjutuse täisfaasi algust, kui Kuu mägede vahel on veel näha viimaseid valguse sädemeid.

Joon. 10. Kuu maastik. Taevavõlvil on näha Maa.

Raskustung Maal on kuus korda suurem raskustungist Kuul. Inimene, kes kaalub Maa peal 60 kg, kaaluks Kuu peal olles ainult 10 kg. Seepärast võib öelda, et meie planeet hoiab tugevamini oma vee- ja õhukihti ning seetõttu kaotab ta ka aeglasemalt veeauru- ja õhuosakesi maailmaruumi. Asi seisneb selles, et Kuu kaotas võrdlemisi varakult oma vee ja õhu, mis ei jõudnud veel täielikult avaldada seal oma nivelleerivat toimet.

Vee nivelleeriv toime tõestub kõige veenvamalt ja näitlikumalt sellega, et merede ja ookeanide põhi kujutab enesest võrdlemisi tasast ja siledat pinda.

Kuid mitte alati ei ole Maa omanud sellist vee- ja õhurohkust, mida näeme praegu; mitte alati ei ole Maa omanud ka praegust kõva kesta kogu oma looma- ja taimeriigi mitmekesisusega. Mitmeid miljardeid aastaid tagasi elas meie planeet üle oma elu nn. t ä h e l i s e s t a a d i u m i; siis kujutas ta enesest üldist tulemerd. See oli sõna tõsises mõttes „tulemaa". Plahvatused ja võimsad keerised paiskasid uskumatu jõuga igasse kaarde meie planeedi gaasilist ja hõõguvat ainest. Tol ajal levitas Maa rikkalikult soojust ja valgust maailmaruumi.

Aegamisi möödus sajandeid ja aastatuhandeid. Maailmaruumi kohutav külmus ei võinud jätta avaldamata oma mõju. Tulemeri, mis ümbritses meie Maad, jahtus järk-järgult; ta ei mässanud enam nii tugevasti ja hõõguva ainese pursked maasügavustest polnud enam nii intensiivsed. Maa astus oma elu h õ õ g u v v e d e l a s s e s t a a d i u m i.

Oli vaja paljusid aastatuhandeid, et selles kuumas vedelas meres võisid tekkida üksikutes pinna osades hanguva ainese „ujuvad saarekesed". Nende saarekeste arv kasvas pidevalt, tekkisid suured „saared" ja lõpuks kattus meie

planeet ühtlase õhukese koorega. Maa nagu oleks pulseerinud tol ajal: kohati moodustas ta kokku tõmbudes nõgusid, kohati paisus ja kerkis; ta õhuke kuum kest ei pidanud sellele pulseerimisele vastu, see katkes, pragunes ja ainese tulised massid uputasid üle suuri pindalasid, moodustades päratu suuri keeva metalli järvi. See protsess kordus paljusid kordi, kuni lõpuks Maa kattus paksu tahke koorega.

Varsti pärast seda hakkas Maa ümber järk-järgult tekkima esialgne atmosfäär, mis sisaldas eneses suure hulga vesinikku, heeliumi ja süsinikku. Kuid vesinik ja heelium haihtusid tolleaja kõrge temperatuuri juures enamikus ümbritsevasse maailmaruumi.

Kattunud juba üleni kõva, kuid veel kuuma koorega, oli Maa kuum veeta hiigelkõrb. Seal ei olnud ühtki ojakest, ühtki tilka vett, sest tolleaegse Maakera temperatuuri juures ei võinud ühineda hapnik ja vesinik, et tekitada vett: n a d o l i d l a h u t a t u d olekus. Meil kõigil on aga teada, et vesi on nimelt nende keemiliste elementide ühend.

Maa koore edasise jahtumisega hakkasid hapnik ja vesinik ühinedes moodustama veeauru. Kuid nad ei võinud veel muutuda veeks, sest Maa pind oli tollal lausa hõõguva raudpliidi taoline, mille temperatuur oli kõrgem vee keemispunktist. Peab võtma arvesse, et tollal oli vee keemistemperatuur mitte sada, vaid ligi kolmsada viiskümmend kraadi.

Kogu nüüdisaja merede ja ookeanide veemass nagu „rippus“ siis meie planeedi pinna kohal atmosfääri veeauru näol. Maa tolleaegne aurudest küllastunud õhukiht avaldas hiiglasuurt survet (mitte vähem kui 300 atmosfääri) ja laskis päikesekiiri vaevalt läbi, nii et Maa pinnal oli valgust väga vähe. Olgu tähendatud, et meie päevil

ka kõige paksema udu puhul, kus on raske midagi eraldada isegi kümne meetri kauguses, on palju valgem, kui oli tollal Maa peal.

Möödus pikki ajastuid ja ümbritseva maailmaruumi külmus jahutas nii meie planeedi pinna kui ka tema atmosfääri. Atmosfääri ülemised kihid jahtusid aeglaselt paljude aastatuhandete kestel; veeaur tihenes ja langes vihmana alumistesse, veel kuumadesse õhukihtidesse. Nende kõrge temperatuuri tõttu muutusid „vihmad" uuesti aurupilvedeks, enne kui nad jõudsid meie planeedi pinnani.

Alles siis, kui Maa pind jahtus seevõrra, et tema temperatuur oli madalam vee keemistemperatuurist, langesid Maale esimesed veepiisad ja sadas esimest vihma. See vihm kestis paljusid päevi ja oli rikkalik. Osa veest muutus uuesti auruks, kuid see vihm oli siiski nii tugev, et tekitas jõulised soojad veevoolused, täitis kõik Maakera koorel juba varem moodustunud ebatasasused ja aja jooksul osutus peaaegu kogu Maa pind vee all olevaks. Siis ei olnud veel mingeid kindlaid merede ja mandrite piirjooni. Ookeanid, mandrid ja mered tekkisid aga hoopis hilisemas Maa eluperioodis.

Oleks ekslik mõelda, et need piirjooned omaksid mingit püsivkindlat, muutumatut iseloomu. Maa palge muutumise protsess kestab ka meie päevil. Vastandina vee ja atmosfääri nivelleerivale toimele ei lakka Maa sisemine kuum aines, mis on tugevasti kokku surutud raske Maa koore „soomusega", moodustamast meie planeedi pinnale uusi mägesid. See vastastikune Maa sisemiste tungide tegevus, mis sünnitab ta pinnal igasuguseid kõrgustikke ja tema pinda siluv vee ning tuule tegevus lakkavad alles siis, kui meie planeedi sisemus jahtub küllaldaselt ja Maa koor muutub nii paksuks, et kaotab võime edasiseks kok-

kutõmbumiseks. Siis jääb ainult vee ja atmosfääri nivelleeriv toime, mille tagajärjel Maa pale omandab aegamööda üha tasasema ja siledama ilme.

Mere ja ookeani lainete purustav tegevus.

Meie planeedi kõikide mandrite rannajoon on ligi 250 tuhat kilomeetrit pikk ja kogu selle tohutu pikkuse ulatuses mässavad lakkamatult ööd ja päevad suurema või väiksema jõuga merede ja ookeanide lained. Tugeva tuulega löövad lained mõnikord vastu merekallast ühe ruutmeetri kohta ligi 30-tonnilise raskusega. Aja jooksul uhuvad nad ära kaldaäärse graniidi ja kivid, lõhuvad kaljusid ja põhjustavad suuri kaljurahnude varisemisi.

Mõnikord, isegi võrdlemisi lühikese ajavahemiku jooksul, muutuvad merelainete tegevuse mõjul merekallaste piirjooned tugevasti. Mõnedes kohtades muutuvad kaldad järskudeks kaljudeks ja rahnudeks, mis ripuvad meresügavuse kohal. Teistes kohtades, vastupidi, kogunevad tohutud uhtmaad, suured liivast, meretaimedest ja mitmesugustest konnakarpide jäänustest leeted või neemed, millede pikkus ulatub mõnikord sadade kilomeetriteni.

Millisel määral ja kui kiiresti toimub merekallaste piirjoonte muutumine, oleneb muidugi ka sellest, millistest geoloogilistest liikidest need kaldad koosnevad, samuti merepõhja ehituse iseloomust üksikutes merebasseinides.

Meie maad uhub 14 merd; kogu meie riigi merepiiri pikkus on ligi 33 tuhat km. Sel kolossaalsel alal arendab merelaine grandioossete mõõtmetega tööd; ta tekitab hiigelpurustusi, mida ei saa jätta tähele panemata ja arvestamata, sest sel on suur tähtsus sadamate ehitamisel, muulide ja teiste kaldaehitiste püstitamisel. Vee sellise stiihilise tegevuse mõjul ei muutu mitte ainult mere-

kallaste piirjooned, vaid ka jõgede suudmed. Näiteks on igaühele teada, kes on kordki olnud Volgal, kuidas ummistub jõesäng, missugused tohutud liivaneemed ja kolossaalsed põikmadalikud tekivad igal aastal ühes või teises kohas. Et puhastada sõiduvett ja muuta ta laevadele liikumiskõlblikuks, eemaldatakse need liivaneemed süvendajate ja mudaimejate abil. Teistes kohtades, harilikult paremal kaldal, purustab vesi suures ulatuses maapinda. Sellest tekivad mõnikord tohutud maalihked, mis osutuvad tihti hädaohtlikuks mitmesugustele kaldaehitistele.

Niisugustes kohtades ehitatakse Volgal tamme ja püstitatakse suuri kivitõkkeid.

Igaüks teab, missugust purustavat tegevust avaldavad tormised kevadised veevoolud või isegi võrdlemisi väikesed, pärast vihma tekkinud ojad. Igal aastal märkame põldudel uute nõgude tekkimist ja näeme, kui tugevasti süvenevad ning laienevad vanad nõod. Mõnikord muudab see kõlbmatuks suuri alasid põllumaast. Tugevad veevoolud murravad sageli puid ja rebivad nad juurtega välja.

Vesi tungib oma alatisel ringkäigul isegi Maa sügavusse ja jätkab seal oma purustavat tegevust; ta uhub suurel hulgal mitmesuguseid pinnaseliike, kannab neid ära nõgudesse, väikestesse jõgedesse, suurte jõgede harudesse ja lõpuks kõik, mida kannavad jõed edasi ja mis oli kunagi osa mandri koostisest, satub meredesse ja neelatakse täitmatu ookeani poolt tervenisti. Ojakeste, jõgede ja merelainete tegevuse tagajärjel uhutakse meredesse ja ookeanidesse igal aastal sadu tuhandeid tonne kruusa, liiva, muda jms.

Prantsuse geoloogi Lapparan'i arvutuste järgi kaotavad mandrid vee purustava tegevuse tõttu igal aastal

suure hulga ainest (mitte vähem kui 25 km^3). Sellise kolossaalse hulga neelab meri igal aastal! Nii suur on ta mahutavus!

Seal, kus on vesi ja atmosfäär, kuhu tungivad päikesekiired, toimub maastiku reljeefi lakkamatu muutumine, toimub mandri pidev murenemine. Isegi kõrbedes, kus pole mingit vett, allub manner tuule purustavale tegevusele. Tormid ja tuulepöörised tõstavad õhku kolossaalseid liiva- ja muu ainese hulki, kandes need kaugele merre või moodustades tohutuid uhtmaid ja luiteid, mõnikord aga täites suuri orgusid ja nõgusid.

Nii teevad vesi ja tuul paljude sajandite ja aastatuhandete vältel oma „tööd" meie mandrite purustamisel ja pole ühtki kohta Maa peal, mis ei alluks nende tegevusele.

Kõikide mandrite pindala moodustab veidi enam kui ühe neljandiku meie planeedi kogu pindalast; mandrid kerkivad meredest ja ookeanidest ja nende maht märgitakse määratu suure arvuga — ligi 100 miljonit kuupkilomeetrit. Kuid merelaine, jõed, ojad ja sademed „õgivad" neid mandreid lakkamatult iga päev; vee tegevusele aitavad kaasa ka tuuled, tormid ja orkaanid.

Võib välja arvutada, et kõigi mandrite uhtumiseks meresügavustesse jätkuks 4 miljonist aastast. Siis oleks kogu Maakera pind üle ujutatud veega ja ta muutuks ääretuks, piirituks ookeaniks. Ainult niisugune võrdlemisi väike ajavahemik on vajalik selleks, et oleks ära uhutud hävitava vee ürgjõul, kõrgemad mäed ja üldse kõik mandrid tervikuna!

See oleks õige vaid tingimusel, kui poleks vastupidiseid, Maa sisemuses tegutsevaid tunge ja paljusid muid

tegureid, mis avaldavad vee ja tuule purustavale tegevusele vastutoimet.

Maismaa ruumala suureneb Maa koore kerkimise arvel, mille tagajärjel mõnikord (õieti küll harva) ilmuvad kusagil keset ookeani uued saared. Paljude aastatuhandete

Joon. 11. Hiigelvulkaan Kilauea (Havai saarel). Tema kraater — tulivedel järv, mille pinnal on hangunud laava ujuvaid saarekesi.

kestel tekitavad pisikesed korallid ja polüübid ookeani sisemuses madalikke ja karisid, püstitavad grandioosseid ehitisi korallisaarte näol, mis laevadele mõnikord on üsna kardetavad. Need kujutavad enesest uut maismaa vormi.

Mõnede jõgede suudmeis (näiteks Mississipi, Niilus, Volga, Doonau jt.) purustab jõe vool kaldaid, viib ärare-

bitud pinnase massid meredesse, kuid osa neist jätab jõe suudmesse; nii tekivad aja jooksul suured kihitised — deltad, mis samuti suurendavad veidi meie planeedi „kuiva pinda".

Vulkaaniliste väljapursete ainesehulgad mitmesuguste kivimite ja laava näol langevad paksu kihina Maakera pinnale, suurendades seega maismaa ruumala.

Nii näiteks purskas kunagi Sandwich'i saartel ühe vulkaani kraater välja ligi 30 000 kuupkilomeetrit ainest. Niisuguse kolossaalse väljapurske tõttu tekkisid Maa sügavuses suured tühikud ja grandioossed varisemised, sest meie planeedi sisemusest oli välja heidetud niisama suur hulk ainest, kui heidetakse merre vee purustava tegevuse tõttu 12 tuhande aasta jooksul.

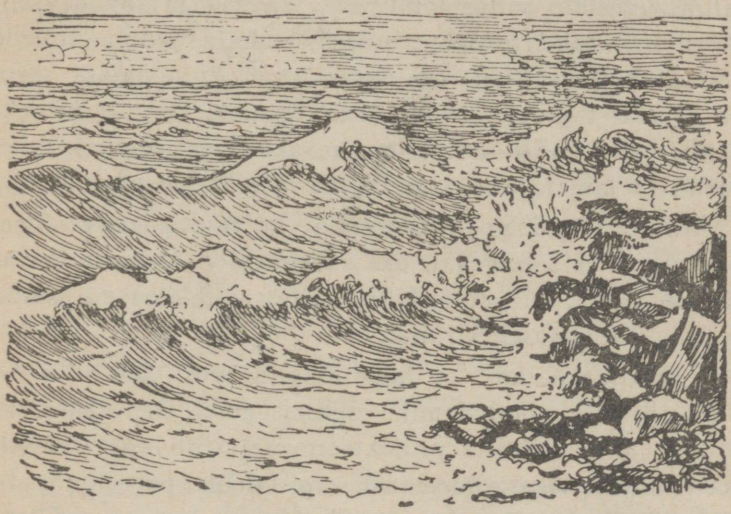
Niisuguseid massilisi väljapurskeid meie planeedi sisemusest ei ole esinenud ainult üks kord. Kõigile on teada ka vulkaan Vesuuvi kolossaalsed pursked, mille tagajärjel maeti tuha alla terved linnad ja ujutati ümbrus määratus ulatuses laavaga üle.

* * *

Paljud teavad, kui ülev pilt on murdlainete mäng. Lained, üks teisest suurem, tungivad üksteise peale, löövad suure jõuga vastu kallast ja veerevad tagasi.

Kui inimene juhtub halva ilmaga olema laevaga merel, siis jälgib ta hinge kinni pidades lainet, mis käib kõrgele üle laeva parda ja lööb vastu laeva keret. Laev kõigub siia-sinna; vahel näib, nagu vajuks ta küljeli. Kogenematul meresõitjal on raske püsida laevalael tugeva pardaõõtsumise ajal. Vähem kohutav ja kardetav pole ka kiiliõõtsumine, kus laev ajab end püsti nagu peru hobune ja samas võtab jällegi normaalse asendi.

Mitte ainult harilikul reisijal, vaid ka kogenenud meresõitjal ängistab südant, kui laev satub tormi ajal ulgumere või rannalähedasse madalikku. Nendes kohtades läheb lainetuse ajal osa alumiste, mere põhjaga kokkupuutuvate veekihtide energiat üle pealmistele veekihtidele, mis suurendab seega madalikule jooksvate lainete



Joon. 12. Murdlained.

kõrgust. Nende kõrgus moodustab ligi kolmandiku nende pikkusest ja nad tekitavad kohutavaid keeriseid, mis on äärmiselt kardetavad meresõidule.

On teada paljusid juhtumeid, mil laevad tormi ajal, asudes kohtades, kus tekivad mere ja ookeani murdlainete keerised, satuvad lainete tugevate löökide alla, saavad raskeid vigastusi ja hukkuvad. Eriti ohtlikus olukorras on laevad, mis on kaotanud juhitavuse ja järelikult

pole võimelised liikuma eemale sellest hädaohtlikust purustavate murdlainete piirkonnast ulgumerele; nende laevade kered purunevad kiiresti ja tihti hukkub kogu meeskond.

Igal aastal hukkub meresügavustes palju laevu ja inimesi; suurt kahju teeb mere- ja ookeanilainete „töö" mitmesugustele sadamaehitistele, kauba- ja sõjalaevastikule. Eriti sageli esineb avariisid nende laevadega, millede ehitamise juures ei ole arvestatud küllaldaselt mere purustavat tegevust. Sellepärast on uute laevade projekteerimisel vajalik arvestada laevakorpuse vastupidavust vastavalt lainete üksteisele järgnevate löökide tugevusele.

NSVL Teaduste Akadeemia korrespondeeriv liige, Stalini preemia laureaat, üks suurimaid autoriteete laevaehituse alal J. A. Šimanski, peatudes merelaine purustava tegevuse küsimusel, kirjutab:

„Praktika näitab, et laine löögitugevus võib olla nii suur, et selle alahindamine mitmesuguste meretehniliste ehitiste ja seadeldiste projekteerimisel võib viia kas viimaste osalise vigastamiseni või isegi täieliku purustamiseni. Selle tõenduseks on rohkearvulised mitmesuguste sadamaehitiste vigastuse ja purustuse juhtumid, laeva tõstetööde puhul ehitatavate kaitsetõkete vigastused ja purustused ja lõpuks kauba- ja sõjalaevade avariid, mis on ühenduses lainete löökidest põhjustatud laevakerede ja laevaseadeldiste vigastustega. Nimetatud vigastuste ja purustuste juhud meretehniliste ehitiste juures omavad sageli nii ettenägematut iseloomu, et isegi nende hilisem põhjalik järelevaatus ja uurimine ei anna igakord küllaldasi andmeid nende selgitamiseks ja järelduste tegemiseks sääraste juhtumite ärahoidmiseks tulevikus.

Mitmesugustel aegadel toimetatud üksikud katsed mere- ja ookeanilainete löögitugevuse mõõtmiseks mingi paigalseisva tõkke vastu on näidanud, et need löögid võivad olla isegi väga võimsad, kuni 10, 20 ja isegi 30 tonni tõkkepinna ühele ruutmeetrile, olenedes laine suurusest ja tema tekkimise tingimustest tõkke juures.

Katselisel teel saadud andmed lainete löögitugevuse kohta ületavad tunduvalt need, mida harilikult on arvestatud meretehniliste seadeldiste ja ehitiste ehitamise juures. Need andmed sunnivad erilise ettevaatusega lähenema lahendatavale küsimusele, kohandades neid mitmesuguste ehitiste uutele tüüpidele, mis ei oma veel paljuaastasi teenistuslikke kogemusi. Iga uut tüüpi lainete tõkke või uut tüüpi laeva projekteerimine ei või olla lahendatud täieliku veendumusega tema küllaldase vastupidavuse suhtes mitmesugustes meretingimustes, kui kardetakse seda ehitist teha liiga raskeks ja kalliks tema vastupidavuse täieliku garantii saavutamise eesmärgiga igas olukorras.

Ülaltoodust tekib edasilükkamatu vajadus puudutatava küsimuse teoreetiliseks valgustamiseks. Ühes katseliste andmetega võiks see tulevikus paremini kui käesoleval ajal kaasa aidata nende praktiliste ülesannete lahendamisele, mis on seotud lainete löögitugevuse kindlaksmääramisega paigalseisvate ja liikuvate tõkete vastu.

Selle küsimuse teoreetiline uurimine tõestaks lainete katselisel teel saadud löögitugevuse suurust paigalseisva tõkke vastu, samuti annaks võimaluse arvesse võtta tõkke liikuvuse reguleerivat mõju, s. o. annaks võimaluse välja arvutada lainete löögitugevust vastu laevakere."

Mere tõusud ja mõõnad.

Meie planeedi merede ja ookeanide veepinna tase muutub perioodiliselt, kõikudes teatavates intervallides. Neid perioodilisi kõikumisi nimetatakse mere tõusudeks ja mõõnadeks.

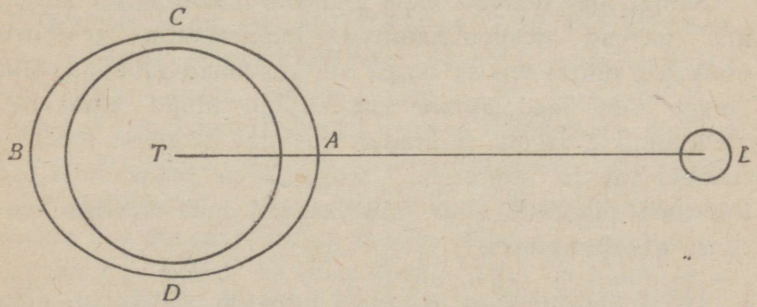
Et piltlikult kujutleda seda nähtust, oletage, et seisate ookeani veerjal kaldal mingisuguses merekäärus, umbes 200—300 meetrit veest eemal. Liival leidub palju mitmesuguseid esemeid: vana ankur, veidi ligemal suur hunnik valgeid kive ja üsna siinsamas lähedal lamab küljelivajunult väikese laeva kere. Selle laevakere ninapoolne ots on tugevasti lõhestatud. Arvatavasti on laev kunagi kalda lähedal olles sattunud ankru otsa. See avarii juhtus tõenäoliselt mõõna ajal ja nähtavasti lamab ta siin juba aastaid, sest peaaegu kogu laevakere on kattunud pruuni roostega. Süüdlaseks selles laevaõnnetuses kaldute pidama ettevaatamatut kaptenit.

Nähtavasti oligi ankur selleks teravaks riistaks, mille otsa sattus küljelivajunud laev. Teie otsite nüüd ankrut, kuid ei näe teda enam. Kuhu ta võis jääda? Seal märkate äkki, et vesi läheneb juba valgele kivihunnikule ja taipate, et ankur on jäänud tõusva vee alla. Vesi „tõuseb" kaldale, ta kerkib ja kerkib kõrgemale. Ka kivihunnik on juba peaaegu vee alla kadunud.

Mere tõusu ja mõõna nähtust sidusid inimesed juba ammu Kuu liikumisega, kuid see seos jäi mõistatuseks senikaua, kuni geniaalne matemaatik Isaac Newton seletas tõuse ja mõõnu tema poolt avastatud gravitatsiooniseadusega. Selle nähtuse põhjuseks on Kuu külgetõmbe toime, mida ta avaldab Maa veekihile.

Juba kuulus Galileo Galilei viis tõusu ja mõõna Maa pöörlemisega ühendusse ja nägi selles kõige enam põhjen-

datud ja õiget tõestust Nikolaus Kopernikuse õpetusele. Aastal 1738 kuulutas Pariisi Teaduste Akadeemia välja preemia sellele, kes esitab kõige enam põhjendatud tõusude teooria. Preemia said siis Euler, Maclaurin, J. Bernoulli ja Gavalieri. Kolm esimest võtsid oma tööde aluseks Newtoni gravitatsiooniseaduse, kuna jesuiit Gavalieri seletas tõuse Descartes'e tuulekeeriste hüpoteesiga. Siiski kõige väljapaistvamad tööd sellel alal kuuluvad Newtonile ning Laplace'ile ja kõik pärastised uurimused põhinevad nende suurte õpetlaste saavutustel.



Joon. 13. Tõusude ja mõõnade skeem. *A* ja *B* — tõusu kohad, *C* ja *D* — mõõna kohad, *L* — Kuu, *T* — Maakera keskpunkt.

Vaatame, kuidas saab praktiliselt kõige kujukamalt seletada mere tõusude nähtust.

Kui lihtsalt oletada, et kogu Maa pind on üleni kaetud ühtlase veekihiga ja meie vaatame Maakera ühelt tema pooluselt, siis võiks kujutleda mere tõusude ja mõõnade pilti järgmiselt.

See osa meie planeedist, mis on pöördunud Kuu poole, asub viimasele kõige lähemal; selle tagajärjel allub ta suuremale Kuu külgetõmbe mõjule kui näiteks meie planeedi keskosa ja järelikult venitub ta Kuu suunas rohkem välja kui teised Maa osad.

Sel põhjusel tekibki Kuu poole pöördunud Maa poolel merevee tõusukühm. Sellega üheaegselt tekib Maa vastaspoolel, mis on kõige vähem Kuu külgetõmbe mõju all, samasugune merevee tõus. Maa omandab seetõttu veidi väljavenitatud kuju piki sirgjoont, mis ühendab meie planeedi ja Kuu tsentrumit.

Nii tekib Maa kahel vastaspoolel, sirgjoone lõikepunktides, mis läbistavad Maa ja Kuu keskkohti, kaks suurt veetõusu, kaks hiigelsuurt veekühmu.

Samal ajal tekivad meie planeedi kahel teisel küljel, mis asuvad eespoolmainitud maksimaalse veetõusu punktide suhtes 90°-se nurga all, suurimad mõõnad. Siin langeb vesi madalamale kui kusagil mujal Maakeral. Neid punkte mõõna kohtadelt ühendav sirgjoon lüheneb mõnevõrra ja suurendab seega Maa väljavenitatuse kujutlust punktide sihis, mis asuvad maksimaalse veetõusu keskpunktides.

Need maksimaalse veetõusu punktid säilitavad oma asendi Kuu suhtes viimase külgetõmbe tagajärjel. Et aga Maa pöörleb oma telje ümber, siis nihkuvad punktid öö-päeva jooksul üle kogu Maakera pinna. Seepärast on igas kohas öö-päeva jooksul kaks tõusu ja kaks mõõna.

Päike, nagu Kuugi, põhjustab oma külgetõmbega tõuse ja mõõnu. Et ta aga asub Kuuga võrreldes palju kaugemal, siis on tema poolt põhjustatud tõusud ja mõõnad Kuu omadest ligi kaks ja pool korda väiksemad. Seepärast ei vaadelda Päikese poolt tekitatud veetõusu- ja -mõõna-nähtusi eraldi, vaid vaadeldakse ainult selle mõju koos Kuu poolt põhjustatud veetõusu ja -mõõnaga. Nii näiteks on suurimad tõusud ja mõõnad täis- ja noorkuu ajal, sest siis asuvad Maa, Kuu ja Päike ühel sirgjoo-

nel ja meie päevane valgustaja suurendab oma külgetõmbega Kuu külgetõmmet.

Kui me aga näeme Kuud esimeses või viimases veerandis (faasis), siis leiavad aset kõige väiksemad tõusud ja mõõnad. See on seletatav sellega, et sel juhul Kuu poolt põhjustatud tõus langeb kokku Päikese tekitatud mõõnaga. Kuu külgetõmbetung väheneb Päikese külgetõmbetungi võrra.

Meie planeedil esinev „tõusu ja mõõna hõõrdumine“ avaldab omakorda teatavat mõju Kuu liikumise orbiidile. Et veetõusu laine, mis on tekitatud Kuu külgetõmbest, avaldab Kuule vastupidist mõju, loob ta seega tendentsi Kuu liikumiskiiruse suurenemiseks. Sel põhjusel Kuu eemaldub pikkamisi Maast, tema tiirlemise periood pikeneb ja tõenäoliselt jääb ta oma liikumises veidi maha.

Peale nimetatud Päikese, Maa ja Kuu vastastikuse asetuse avaldavad tõusu ja mõõna suurusele oma mõju igas üksikus kohas ka mere põhja kuju ja kalda piirjoonte iseloom. On teada, et kinnistes meredes, nagu näiteks Araali, Kaspia, Aasovi ja Mustas meres tõuse ja mõõnu pole peaaegu märgata. Harva võib neid tähele panna ka lahtistes ookeanides; siin ulatuvad tõusud ja mõõnad vaevalt ühe meetrini, veepinna tase tõuseb üsna vähe. Seevastu võib aga mõnedes merekäärudes märkida kolossaalseid tõuse — vesi tõuseb üle 10 meetri ja ujutab mõnes kohas üle tohutuid maa-alasid.

Tõusud ja mõõnad toimuvad samuti ka Maa õhu- ja koorekihis. Neid nähtusi atmosfääri alumistes kihtides me peaaegu ei märkagi. Olgu mainitud, et ka ookeani põhjas ei märgata tõuse ja mõõnu. See asjaolu on seletatav sellega, et tõusuprotsessist on haaratud peaasjalikult vesikesta pealmised kihid. Õhkkonnas toimuvaid tõuse ja

mõõnu võib avastada ainult pideval õhurõhu muutumise jälgimisel.

Mis puutub Maa koore kõvasse kesta, siis kerkib ja vajub tema iga osa Kuu tõusu ja mõõna tegevuse tagajärjel ööpäeva jooksul kaks korda mõne detsimeetri võrra. Teisiti öeldes, meie planeedi kõva koore kõikumine on oma suuruselt kolm korda väiksem ookeanide pinna kõikumisest. Nii näib, nagu hingaks meie planeet kogu aja, tehes sügavaid sisse- ja väljahingamisi, ja tema väline kest on nagu suure ime-hiiglase rind, mis kord veidi kerkib, kord jälle vajub.

Neid protsesse, mis toimuvad Maa kõvas kestas, on võimalik avastada ainult maaväringute registreerimiseks kasutatavate seadeldiste — seismograafide — abil.

Tuleb märkida, et tõusud ja mõõnad leiavad aset ka teistel taevakehadel ja avaldavad suurt mõju nende arenemisele.

* * *

Kui Kuu oleks Maa suhtes liikumatu, siis nende tegurite puudumisel, millede mõjust tuleneb tõusulaine hilinemine, toimuks mistahes Maakera kohas täpselt iga 6 tunni tagant öö-päeva jooksul kaks tõusu ja kaks mõõna. Et aga Kuu tiirleb lakkamatult ümber Maa ja seejuures samas sihis, millises pöörleb meie planeet ümber oma telje, siis tekib teatud hilinemine. Maa jõuab pöörduda iga oma küljega Kuu poole mitte täpselt öö-päeva, vaid umbes 24 tunni ja 50 minuti jooksul. Sellepärast kestab tõus ja mõõn igas kohas mitte täpselt 5 tundi, vaid 6 tundi ja 12,5 minutit.

Peale selle tuleb märkida, et tõusude ja mõõnade korrapärast vaheldumist häirib tihti mandri asetuse iseloom ja vee lakkamatu hõõrdumine vastu Maakera

pinda. Need vaheldumise ebakorrapärasused küünivad mõnikord mitme tunnini. Nii esineb kõige „kõrgem“ vesi mitte Kuu kulminatsioonimomendil, nagu see peaks toimuma vastavalt teooriale, vaid mitu tundi pärast Kuu üleminekut meridiaanist; seda hilinemist nimetatakse sadama rakendustunniks ja ta ulatub kohati kuni 12 tunnini.

Varem oli levinud arvamus, et mere tõusud ja mõõnad on seoses merehoovustega. Nüüd on aga kõigil teada, et need on erineva iseloomuga nähtused. Tõus on üks lainelise liikumise liike, sarnane sellega, mis tekib tuule tagajärjel. Ujuv ese kõigub tõusulaine saabudes nagu tuule mõjulgi tekkinud lainetuse puhul edasi-tagasi, alla ja üles, kuid ei kista temaga kaasa, nagu seda teeb veevoolus. Tõusulaine periood kestab umbes 12 tundi ja 25 minutit ja pärast selle aja möödumist asetub ujuv ese oma algkohta tagasi.

Tung, mis kutsub esile mere tõuse ja mõõnu, on palju kordi väiksem tõmbetungist. Samal ajal kui kehade vastastikune tõmbetung on pöördvõrdeline nende kauguse ruuduga, on tõuse ja mõõnu tekitav tung ligikaudu pöördvõrdeline selle kauguse kuubiga, kuid mitte sugugi tema ruuduga.

Mere tõusude tähtsus laevandusele ja teistele majanduslikele vajadustele.

Mere tõusude tõstevõime on väga suur. Suur veemass, mis hakkab liikuma tõusude ja mõõnade ajal, omab kolossaalset energiat. Kuid selle ärakasutamine rahvamajanduslikeks otstarveteks on seni olnud väga väike. Siiski juba aastal 1850 oskas kuulus inglise leiutaja Stephenson väga osavalt ära kasutada tõusulaine

energiat eriti tähtsas ettevõttes. Ta nimelt asetas tõusu abil hiigelsuurte mõõtmetega raudtoru, mis kaalus 900 tonni ja oli 460 meetrit pikk, silla tugitaladele, mis ühendas Anglesey saart Wales'i kaldaga. See toru on nii suur, et tema kaudu juba ligi 100 aastat võivad ohutult liikuda rasked raudteerongide koosseisud.

Mõnedes mereäärsetes maades kasutatakse tõusulaine energiat suurte turbiinide käivitamiseks mitmesugustes elektrijaamades. Näiteks tehti Bretagne'is (Prantsusmaal) katset seda energiat erilise ehitusega paisude abil ära kasutada; sealne väike hüdroelektrijaam annab katse tulemusena 7500 kilovatti energiat, mida kasutatakse kohalikeks põllumajanduslikeks vajadusteks. Kuid see on alles esimene katse. Võib kinnitada, et lähemas tulevikus see rikas ja jõuline looduslik energia leiab kasutamist suures ulatuses ja toob rahvamajandusele suuri soodustusi.

Suurt tähtsust omavad tõusud ja mõõnad meresõidu ajal. Suured sügavalistuvad ookeaniaurikud võivad mõnesse sadamasse ja madala veega jõesuudmeisse sisse sõita ainult tõusulaine ajal. Mõõna ajal aga langeb vesi veelgi ja veealused kivid kas kerkivad päris nähtavale või asuvad õige madala vee all, nii et süvaveelaevadele osutub sisse- ja väljasõit päris võimatuks või on seotud suure ohu ja riisikoga.

Tõusude ja mõõnade vaheldumine, nagu juba öeldud, on seoses Kuu tiirlemisega ümber Maa. Iga 24 tunni ja 50 minuti jooksul, mil Kuu teeb täistiiru ümber Maa, tekib kaks tõusu ja mõõna. Sellepärast peab iga meremees oskama täpselt välja arvutada ja ennustada tõusude ja mõõnade algust. Selleks peab teadma, kuidas Kuu liigub Maa suhtes ja missuguses taevaosas ta asub

sellel või teisel momendil. Kõiki neid teadmisi võib saada vaid kestvate astronoomiliste vaatluste põhjal. Sellepärast peab iga meremees olema tuttav taevakehade vaatlusmeetoditega.

Vaatame nüüd, milline vastastikune sõltumus kehtib mere veepinna taseme ja baromeetrilise rõhu vahel. Mere veepinna tase, nagu teada, kõigub oma keskmise seisundi ümber vastavalt mitmesugustele baromeetri osutamistele. Baromeetri madala seisu puhul on mere veepinna tase oma keskmisest kõrgemal, baromeetri kõrge seisu puhul aga veidi madalam oma keskmisest tasemest. Harilikult vastab igale elavhõbedasamba tollile veidi enam kui üks jalg vett.

Samuti on teada, et ka vihm ja mere poolt puhuv tuul tõstavad ranna lähedal veepinna taset. Eriti järsk tõus tekib seejuures jõgede lehtrikujulistes suudmetes. On esinenud juhtumeid, kus tugeva tormiga tõusis vesi Thames'i jões Londoni lähedal enam kui viie jala võrra. Tuule mõju avaldub mõnikord tugevasti isegi veepinna tasemele lahtisel mererannikul.

Ootamatult suure veetõusuga kaasuvad vahel suured õnnetused. Nii näiteks puhkes 1897. aasta sügisel Inglismaa idarannikul ennenägematult tugev torm, mis sattus ühte tõusuga Päikese, Kuu ja Maa samal joonel asudes. Vesi tõusis väga kõrgele ja tekitas määratuid kahjusid: ujutas üle suuri madalmaa-alasid, purustades paljusid tamme ja teisi rannaehitisi. Peale muu oli tagajärjeks kolossaalne hulk inimohvreid.

Meremees peab muidugi teadma veeseisu taset kalda läheduses ja peab oskama ligikaudu hinnata tõusulaine võimsust selles või teises kohas.

Sealjuures on vajalik omada tõusude ja mõõnade

tabelit ja osata seda kasutada. Isegi seal, kus sissekäik sadamasse ei ole tõkestatud ei madalike ega kärestikega, on sel tabelil kaunis suur tähtsus. Neis kohtades aga, kus sissekäik sadamasse on madal, omab tabel eriti suurt tähtsust. Kõigile on teada, et laev või raudteerong liigub veel edasi ka pärast seda, kui suletakse aur, s. o. teda edasiviiv jõud. Kuid kõigile on samuti teada, et niihästi vedur kui ka laev lõppeks jäävad seisma rataste hõõrdumise tõttu vastu rööpaid või vee vastusurve tõttu. Igas suuruses hooratas pöörleb mõnda aega ja peatub lõpuks hõõrdumise mõjul laagri vastu. Üldiselt rääkides, igasugune mehhaaniline süsteem, mis on pandud liikuma, allub hõõrdumise mõjule ja lõppeks peatub.

Lihtsal vaatlusel näib meile, et meie planeet oma pöörlemisel ei allu mingile hõõrdumisele. See aga on suur eksitus. Tõusude ja mõõnade lakkamatu tekkimise tõttu allub Maa tõusulaine alatisele hõõrdumisele ja selle hõõrdumise toime on nii suur, et tema mõjul, nagu näeme hiljem, aeglustub järk-järgult Maa pöörlemise kiirus.

Tõusud, nagu eespool juba öeldud, ei esine mitte ainult meredes, vaid ka mõnedes jõgedes ja omandavad sealjuures mõnikord eriti suure ulatuse. Ühest sellisest nähtusest kirjutab kuulus tõusude uurija Cambridge'i ülikooli professor George Darwin oma raamatus „Tõusud ja mõõnad“:

„Paljudes jõesuudmetes leidub liiva- ja mudaleeteid, mis paljastuvad mõõna ajal, ja just neis kohtades kerkib vesi sageli tõusu ajal sellise kiirusega, et tõusulaine omandab püstseina kuju. Sellist tõusulainet nimetatakse inglise keeles „bore“, prantsuse keeles „mascaret“. Sellele vaatamata, et see rabav nähtus peaks väga silma-

paistev olema, on temast kirjutatud väga vähe töid, ja ma tean ainult üht „bore'i“ juhust, mis oli ulatusliku vaatluse alla võetud.

Et see aruanne, millest ma räägin, oli trükitud ainult Inglise admiraliteedi ametlikes väljaannetes, siis on ta arvatavasti teada ainult kõige piiratumale lugejate ringile. Kuid nende muljed ja üleskirjutused, kes toimetasid nimetatud vaatlusi, on niivõrd tähelepanuväärsed, et see aruanne peaks pakkuma huvi ka laialdasele publikule.

Neid vaatlusi toimetati Tsientangkiangi — suure jõe suudmes, mis suubub Hiina merre 60 miili lõuna pool Jangtsekiangi jõest. Enamasti esineb „bore“ ajuti, kuid siin ta esineb iga veetõusu korral ja kulgeb jõgepidi üles. „Bore'i" võib vaadelda juba Šanghaist 70 miili eemal ühe suure linna — Hangtšou piirides, viimasest mugava jalutuskäigu kaugusel, kuid sellest nähtusest pole trükitult rohkem materjali leida, kui vaid lihtsalt nime mainimist.

Aastal 1888 veendus inglise vahtlaeva „Rembler'i“ komandör kapten Mur, et on äärmiselt soovitav toimetada selle jõe suudme ja kallaste täpset kirjeldamist. Ta pöördus samasse kohta tagasi 1892. aastal ja tema aruanne, millest ma siin teen väljavõtteid, põhineb kaks aastat väldanud uurimustel.

19. septembri hommikul aastal 1888 peatus „Rembler“ ühe sama laeva nime järgi nimetatud saare juures, edela pool Tšapu lahte. 20. septembril kaks aurukaatrit — „Pandora“ ja „Golnar“ —, pukseerides purjekaatrit „Burnevik“, lahkusid laeva juurest nädalase moonatagavara ja vaatlus- ning mõõtmisvahenditega.

Kapten Mur'il ei olnud mingit alust arvata, et tõusuvool võiks olla hädaohtlik jõesuudmest eemal. Ta oletas, et tõuseb 30 miili Hainingi poole ja siis, kasutades ära järgmist „bore'i", liigub veel edasi kuni Hangtšouni. Nad liikusid ülespoole ühes tõusulainega kuni kell 11.30 ja kõik oli korras ning rahulik. Kui nad olid 15 miili kaugusel Kangpust edela suunas, puudutas juhtlaev „Pandora" põhja ja viskas välja ankru, kuid pöörati järsku ringi, niipalju kui seda lubas kiil. Teised laevad ei saanud peatuda, nad lähenesid kiiresti. „Golnar" laskis lahti „Burnevik'i", põrkas vastu „Pandora't" ja jooksis seejärel madalikule. Madalikku ületades heitis ta ankru välja. Seejärel sattusid laevad keset tõusulainet ja kuigi aurukaatrite masinad töötasid täiskäigul, ei suutnud ükski kolmest kaatrist püsida ankrus 11-sõlmelise tugevusega vooluse tõttu. Kui laine langes, liikusid kõik kolm laeva kuni jõesuudmeni, kuhu jõudsid kell 4 päeval. Kuid mõõn oli nii tugev, et laevad ei püsinud ankrus üksteise kõrval. Peatuskohad valiti džonkidel viibivate inimeste soovitustel; need kinnitasid Mur'ile, et tema laevad jäävad seal väljapoole öise „bore'i" ohte, kuid nagu hiljem selgus, oli see siiski eksitus.

Öö oli vaikne ja kell 11.20 kuuldus idast „bore'i" kohinat. „Bore" ilmus kell 11.55 ja kandus kell 12.30 suure möirgamisega vastaspoolel asuvale madalikule, nagu hiinlased olid ennustanud. Näis, nagu oleks oht möödunud; kuid kell 1 öösel tabas „Pandorat" veevoolus nii tugeva jõuga, et laev pääses suurte pingutustega katastroofist. Hommikul ilmnes, et laeva ahtritääv ja vindiraam olid murdunud. „Burnevik'i" ja „Golnar'it" polnud kusagil näha. Nad olid tõeliselt suures hädaohus ja vedasid oma ankruid kolm miili jõgepidi ülespoole.

Kell 12.20 tabas neid järsk lainesurve. Mõneks minutiks sattusid laevad veevoolusesse, mille kiirus ulatus kaheksa sõlmeni; kümne minutiga kerkis vesi kümme jalga ja laevad lohistasid uuesti oma ankruid järel, kuigi „Golnar'i" masinad töötasid täiskäigul. Pärast seda kui voolus oli laevu kolm miili edasi kandnud, vaikis veesurve, ja kui ankur tõmmati üles, siis läikisid selle kett ja kõik osad nagu poleeritud hõbe.

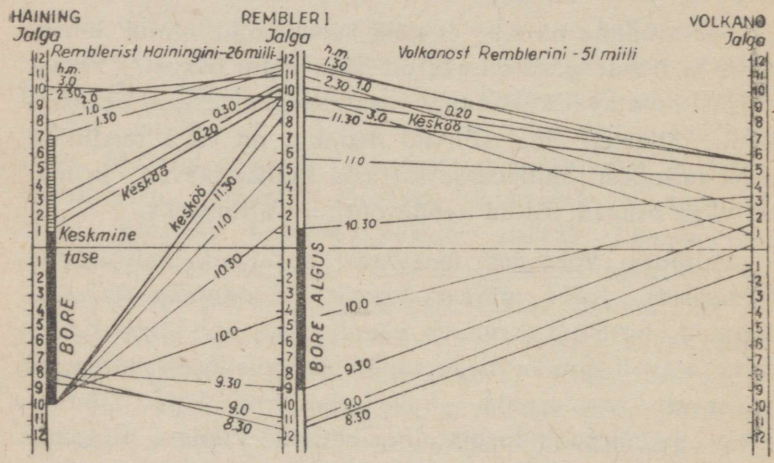
See aruanne näitab, et kõik laevad olid olnud ilmses ohus ja nende päästmiseks oli vaja palju oskust. Pärast säärast hoiatavat katset tehti vaatlusi ja kirjeldusi peaasjalikult kallastelt. Jõel sõitvad džonkid on väga teadlikud neist ohtudest, milledesse sattusid inglise laevad, ja neil on väga osavad võtted nende ohtude vältimiseks.

Paljudes kohtades omavad jõekaldad kaitsesoppe (-paisusid). Kohe pärast „bore'i" möödumist tõusevad džonkid „bore'ile" järgneva veesurve jõu abil jõgepidi üles ja kasutavad mõnda neist soppidest, paiskudes kõrgemal asetsevale platvormile. Selle platvormi lõpus tõuseb jõkke ümmargune tornitaoline ehitis. Viimase ülesanne seisneb selles, et purustada kalda lähedal „bore'i" lainet ja kaitsta džonkisid ohu eest. Pärast „bore'i" möödumist tõuseb vesi kiiresti platvormi tasemeni ja džonkid võivad sõita edasi täiesti ohutult. Kapten Mur annab ka graafilise tabeli sellest nähtusest, mida kujutavad enesest jõgepidi üles ujuvad džonkid.

Ta jutustab, et tal oli olnud kord juhus näha, kuidas umbes kolmkümmend džonkit ujus kaasa „bore'ile" järgneva veevooluga Hainingist mööda Hangtšou suunas 9 sõlmelise kiirusega; laevad liikusid täispurjedes, kuid nende laevade ninad olid pöördunud igasse võimalikku suunda.

Kallaste vaatluste ja uurimiste puhul toimetati ka veetaseme mõõtmisi ja selle diagrammiline kujutus annab „bore'i“ nähtuse iseloomu kohta täielikult näitliku ülevaate.

Veetaseme vaatlusi toimetati üheaegselt kolmes kohas: Rembleri saare juures, täpselt jõesuudmes ja Haininge juures, kahekümne kuue miili kaugusel jõesuudmest ülespoole. Joonisel on vahemaa Rembleri ja Volkano vahel



Joon. 14. Diagramm veetaseme mõõtmisest Tsientangkiangis.

viiskümmend üks miili ning Rembleri ja Haininge vahel kakskümmend kuus miili. Vertikaalsed skaalad näitavad vee kõrgust jalgades, arvestades keskmisest veetasemest neis kolmes punktis. Jooned, mis ühendavad vertikaalseid joonlõike ja on märgitud tundides, näitavad veetaseme samaaegset kõrgust. Kõige alumisemad jooned on märgitud kell 8.30, millal vesi oli Volkano saare juures 1 jalg, Rembleri saare juures 12 jalga ja Haininge juures 8 jalga keskmisest tasemest madalam. Sel kombel moodustas vesi

Rembleri saare juures nõo ja voolas mõlemalt poolt, Volkano saare ja Hainingi poolt, jõe lehtritaolise suudme, estuaaria[7] kaudu Rembleri saare juurde kokku. Kell 9 ja 9.30 ei olnud suurt muudatust, vesi kerkis ainult kahe ja kolme jala võrra Volkano ja Rembleri saare juures. Kuid kell 10 tõusis vesi järsku Rembleri saare juures, nii et tekkis nagu ühtlane kallak Volkano saare juurest Hainingini. Siis jätkus üsna kiire veetõus Rembleri saare juures, kuna Hainingi juures jäi vesi endiselt madalaks. Nii kestis see kuni keskööni; selle aja jooksul kerkis vesi Rembleri juures 21 jalga ja Volkano juures 6 jalga, Hainingi juures aga jäi endiselt madalaks. Kahtlemata voolas vesi kogu aja Hainingi poolt jõesuudme suunas. Siit selgub, et selles olukorras ei saanud olla püsivat tasakaalu, mis ei võinud kaua kesta, sest jõesuudmes Rembleri saare juures oli vesi üle kahekümne jala kõrgemal kui Hainingi juures. Keskööpaiku oli tasakaal rikutud, tekkis „bore“ kusagil Rembleri saare ja Kangpu vahel, mis tormas 20 jala kõrguse veeseinana jõgepidi üles. See tulemus on kujutatud joonisel keskööpäevakõrgimisega kahe kaldjoone abil.

Pärast seda, kui „bore“ oli möödunud, järgnes teine veesurve, möödusid teised veevallid, mis tõstsid veetaset veel 8 jala võrra. Nimelt seda järgnevat, teist veetõusu kasutavadki džonkid, nagu juba eespool on öeldud. Kell 1.30, pärast seda kui möödus teine veetõus, kuid vesi oli Rembleri juures siiski veel kõrgem kui Hainingi juures, kestis nõrk veevool jõgepidi üles. Järgnevalt hakkas vesi langema Rembleri saare juures, kuid Hainingi juures tõusis ta edasi kuni kella 3-ni. Siis alles algas vee langus. Mõõna puhul ei tekkinud mingit jõge mööda allapoole

---

[7] estuaaria — laienenud lehtrikujuline jõesuue, mis tekib veetõusude ja kiirete merevooluste uhtumiste tagajärjel.

suunduvat „bore'i", ainult lühikest aega oli märgata äärmiselt tugevat veevoolu."

Võrdlemisi väikesed „bore'id" on esinenud samuti Indias Hegli jõel, Prantsusmaal Seine'i jõel, Kanadas Petitcodiac'i ja Inglismaa jõgedel Severn ja Wye. Kuid eespoolkirjeldatud „bore" on kõigist seniavastatuist oma mõõtmeilt kõige suurem.

Tõusude põhjustest on palju kirjutanud mitmed vanaaja õpetlased. Nii näiteks kirjutab araabia kirjanik Zaccaria Ibn Muchammad Ibn Machmud Al-Khazīni (suri aastal 1283) oma raamatus „Loomise imed":

„Tea, et nelja aastaaja erisugustel perioodidel, esimestel ja viimastel kuupäevadel, kindlatel tundidel ööl ja päeval omandab meri mingisuguse võimu tõsta oma vett, tekitada laineid ja liikumisi vees.

Mis puutub veetõususse, siis arvame nii: kui Päike mõjub merele, hõrendab ta vett, vesi paisub ja otsib endale suuremat ruumi kui see, milles ta asus enne. Üks osa veest surub teist viies suunas: ida poole, lääne poole, lõuna poole ja põhja poole ning ülespoole. Samal ajal tõusevad mere rannikuil mitmesugused tuuled. Sellest siis räägitaksegi: siin peitub veetõusu põhjus.

Mis puutub aga lainetesse mitmesugustes meredes Kuu ilmumisel, siis arvame nii: selliste merede põhjas on kõvad kaljud ja kui Kuu tõuseb niisuguse mere kohale, küünivad tema läbitungivad kiired nende kaljudeni ja kivideni ning peegelduvad sealt uuesti tagasi. Veed soojenevad, hõrenevad, otsivad endale suuremat avarust ja jooksevad lainetena mere kallastele . . . Ja nii kestab see, kuni Kuu paistab keset taevast. Kui aga Kuu loojeneb, lakkab vee keemine, veetilgad jahtuvad, muutuvad tihedamaks, pöörduvad tagasi oma puhkepaika ja ka vee-

voolud püüdlevad tagasi sinna, kus nad tavaliselt asuvad. Nii see kestab, kuni Kuu jõuab läänehorisondini, millal lained tõusevad uuesti, samuti nagu siis, kui Kuu oli horisondi idaosas. Ja need lained jätkuvad seni, kui Kuu asub keset taevast horisondi all, seejärel nad siis vaibuvad. Pärast, kui Kuu tõuseb uuesti, tõusevad lained jälle, kuni Kuu jõuab idahorisondini. See on mere tõusu ja mõõna seletus.

Mere lainetus on sarnane vedeliku lainetamisega inimese kehas, sest tõesti, nagu sa tead, hakkab täisverelisel või mahladeküllasel inimesel vedelik liikuma ja rahuneb hiljem vähehaaval. Samuti omab ka meri midagi, mis aeg-ajalt hakkab keema, kui koguneb tema võimsus. Sellest saab meri lainetuse, mis vähehaaval vaibub. Seda aga väljendas prohvet (olgu temal jumala õnnistus ja rahu) poeetiliselt, kui ta ütles: „Tõesti, tõesti, ingel, kes istub mere kohal, paneb oma jala merre ja sellest tekib tõus; pärast ta tõstab jala välja ja sellest tuleb mõõn."

Võiks ju esitada veel palju mitmesuguseid legende ja ebausuga seotud jutustusi ühenduses mere tõusu nähtustega, kuid jätkub neist, mida oleme siin loetlenud, et veenduda, kuivõrd naiivsed olid inimeste kujutlused mere tõusudest.

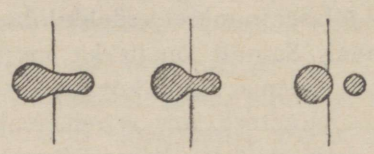
Tõusude ja mõõnade tähtsus Maa ja Kuu arenemises.

Kuulus inglise matemaatik ja astronoom George Darwin teostas suure ja väga raske matemaatilise uurimuse kahe taevakeha — Maa ja Kuu arenemise, s. o. evolutsiooni küsimuse kohta. Vastavalt tema uurimistulemustele moodustasid kunagi väga kauges minevikus Maa ja Kuu ühe taevakeha, mis oli poolvedelas olekus ja omas kerataolist kuju, läbimõõduga veidi enam kui 13 tuhat

kilomeetrit. See kosmiline keha pöörles nii kiiresti, et sooritas täispöörde ümber oma telje kõige rohkem 4—5 tunniga.

Arvestades seda, et see keha oli poolvedelas olekus, tekkisid Päikese külgetõmbe mõjul perioodiliselt iga 2—2½ tunni järel tema pinnal tõusukühmud.

Kiire pöörlemise ja tihti korduvate tõusude ja mõõnade tagajärjel muutus Maa-Kuu ühiskeha pöörlemise telje suunas veidi lapikuks, seejärel omandas väljaveni-



Joon. 15. Tõusude osa Maa ja Kuu arenemises G. Darwini järgi.

tatud sfäroidi (lapikuks vajutatud kera) kuju, kuid tema mass võnkus vahetpidamatult. Lõpuks jagunes Maa-Kuu keha kaheks isesuguse suurusega kehaks: suuremat nimetatakse praegu Maaks, väiksemat Kuuks. See uus taevakeha pöörles siis niivõrd Maa lähedal, et peaaegu puudutas tema pinda. Nii sai meie Maa endale igavese kaaslase, kes järgneb temale kõigis tema liikumistes.

Oletatakse, et enne jagunemise momenti omas Maa-Kuu keha pirnikujulise ehk, nagu ütlevad matemaatikud, apioidi kuju.

Esialgu asus Kuu, tiireldes ümber Maa, talle palju lähemal kui praegu, mitte rohkem kui 20 tuhande kilomeetri kaugusel. Nüüdisajal on Kuu Maast kaugenenud peaaegu 384 tuhande kilomeetrini. Mõlemad kehad oma vastastikuse külgetõmbega kutsusid esile Kuu ja Maa

tõusud ja mõõnad. Viimaste hõõrdumise mõjul toimus mõlema taevakeha pöörlemise aeglustumine ümber oma telje, kuid see omakorda, vastavalt mehhaanika seadustele, pidi endaga kaasa tooma nendevahelise kauguse suurenemise. Kuid see pöörlemise aeglustumine ei olnud Maa ja Kuu juures ühtlane.

Et Maa on Kuust palju suurem ja gravitatsiooniseaduse järgi ka tema mõju Kuule on palju suurem, siis vähendas Kuu Maa poolt esilekutsutud tõusu-mõõna tegevuse tõttu pöörlemise kiirust oma telje ümber kiiremini kui Maa. Eemaldudes Maast tiirles Kuu ikka aeglasemalt ja aeglasemalt ümber Maa ja aeglustas veel enam pöörlemist oma telje ümber.

Praegu teeb Maa täispöörde oma telje ümber mitte enam 5 tunniga nagu varem, vaid 24 tunniga (täpsemalt 23 tunni, 56 minuti ja 4 sekundiga). Kuu teeb täispöörde oma telje ümber sama ajaga, millega ta tiirleb ümber Maa, s. o. 27 1/3 öö-päevaga. Teisiti öeldes, Kuu on praegu pööratud Maa poole ühe ja sama küljega. Maa poolt esilekutsutud tõusude-mõõnade protsess on Kuu jaoks juba lõppenud. Ainult Maal on veel praegu tõusud ja mõõnad, mis ikkagi jätkavad tema pöörlemise pidurdamist ja pikendavad maapealset öö-päeva.

G. Darwini uurimise järgi toimub Maa öö-päevase pöörlemise aeglustumine niivõrd pikkamisi, et ta öö-päevad tuhande aasta jooksul pikenevad kõigest 0,02 sekundit. Seda öö-päeva pikkuse muutumist ei suuda meie muidugi märgata. Vahetub enne ju ligemale tuhat inimpõlve, kuni öö-päev pikeneb ühe sekundi võrra [8].

---

[8] Seda on kerge välja arvutada, sest öö-päev pikeneb sekundi võrra 50 tuhande aasta jooksul.

Tõusud ja mõõnad avaldavad senikaua oma pidurdavat mõju Maa pöörlemisele, kui Kuu kuu (Kuu tiirlemise aeg ümber Maa) ja Maa öö-päevane pöörlemise aeg kujunevad võrdseks. See saabub G. Darwini arvutuste järgi siis, kui maapealsete öö-päevade pikkus muutub võrdseks umbes 55 praeguse öö-päeva pikkusega.

Nende tingimuste juures pöörlevad Maa ja Kuu tulevikus teineteise suhtes alati ühe ja sama küljega. Kuud võib vaadelda siis ainult meie planeedi ühelt küljelt, kau-

Joon. 16. Tõusude ja mõõnade pidurdava mõju tõttu võiks Kuu tiirlemise aeg ümber Maa ja Maa öö-päevase pöörlemise aeg kujuneda võrdseks. Sel juhul pöörleksid Maa ja Kuu teineteise suhtes ühe ja sama küljega, nagu oleksid nad üksteise külge kinnitatud mingi kangiga.

gus nende vahel on aga siis praegusest vähemalt poolteist korda suurem. Siis ei osuta enam ei Maa ega Kuu teineteisele tõusu mõju. Siis liiguvad need mõlemad taevakehad nii, nagu oleksid nad teineteise külge kinnitatud mingisuguse kindla kangiga.

Kuid millal see toimub? Kui arvestada, et meie ööpäevad on 50 tuhande aasta pärast ühe sekundi võrra pikemad, siis on kerge arvutada, kui palju aastaid on vaja, et meie öö-päev pikeneks 55 korda. Selleks on vaja kõigi arvamuste kohaselt umbes 237 miljardit praegust Maa-aastat.

See Maa ja Kuu vastastikune asetus kestaks väga kaua, kuni paljude tuhandete aastate jooksul Päikese tõusude ja mõõnade mõjul öö-päeva pikkus Maa peal hakkaks uuesti vähenema. Siis esineksid meie planeedi pinnal uuesti Kuu külgetõmbe mõjul tekkivad mere tõusud ja mõõnad. Kuid see tõusude ja mõõnade esinemine omaks siis juba uut suunda, vastupidist sellele, mida vaatleme praegu.

Tõusu mõju uuenemine võib omakorda viia selleni, et kaugus Maa ja Kuu vahel hakkab aegamööda vähenema. Lõpuks, kui kaugus nende vahel ei ületa enam 15—20 tuhat kilomeetrit, hakkavad Maa poolt esilekutsutud tõusud ja mõõnad niivõrd tugevasti mõjuma Kuu liikumisele, et see lõplikult kaotab oma tasakaalu ja puruneb mitmeks suureks tükiks. Võib-olla biljoni [9] aasta või veelgi pikema aja pärast kordub see protsess uuesti, toimub allesjäänud tükkide uus lagunemine ja ümber Maa tekib midagi Saturni rõnga taolist.

Eespool rääkisime, et öö-päeva — aja põhilise algühiku suurus on muutumatu. Nüüd on meile selge, et ka see suurus on muutuv. Ainult meie ei suuda vahetult selle muutuse suurust [10] mõõta ja seda enam pole me võimelised seda tunnetama.

Niisiis, ka maailmaruumis, kus keha peaks liikuma tundmata mingisugust hõõrdumist, mingisugust pidurdavat mõju, on tegelikult samuti nagu maapealseteski tingimustes — taevakeha on oma pöörlemises allutatud hõõrdumise pidurdavale mõjule, mille kutsub esile tõusulainete kohavahetus, mida meie võime vahetult iga päev vaadelda.

---

[9] Biljon aastat on miljon korda miljon aastat.

[10] Nüüdisajal Greenwich'i observatooriumis näib olevat suudetud seda eriliste kvartskellade abil märkida.

Mida kujutab endast meie planeet sel ajal, kui ta kaaslane lakkab olemast ühtne tervik? Me võime oletada, et paljude biljonite aastate möödudes Maa tuum maailmaruumi külmuse mõjul tugevasti jaheneb. Seetõttu kaovad jäädavalt igasugused mägede tekkimise protsessid. Uusi mägesid enam ei teki, tuldpurskavad mäed (vulkaanid) lakkavad tegutsemast.

Vesi ja tuul teevad samuti oma töö. Meie planeedi pale pole siis enam nii mitmekesine. Kaovad kõrged mäed, püstloodis kaljud ja kiired mäestikkude voolused. Maa pealispind muutub lausikmaaks, mida mööda valguvad laiali veekihi jäänused; jõed hakkavad voolama „laisalt".

Pärast seda möödub veel miljoneid sajandeid.

Maa kaotab oma viimse niiskusetilga ja vähehaaval „pillab laiali" oma õhukihigi. Siis pole enam ei marusid ega äikest, ei ole lumetorme ega -tuiske. Maakeral hakkab valitsema igavene rahu ja sügav vaikus — järk-järgult kaob nii taime- kui ka loomariik. Meie planeet muutub kõrveks, ta muutub surnuks ja elutuks nagu praegune Kuu. Kuid ta jätkab hoogsat kihutamist vaikivas avaruses. Võib-olla õpivad teda siis samuti tundma mingisuguse teise planeedi elanikud, nagu meie uurime praegu planeet Marssi. Võib-olla, et meie planeeti uuritakse juba praegu teiste maailmade elanike poolt ja sealjuures võimsamate tehniliste vahendite abil kui on need, mida kasutame meie.

Nimelt nii võime endale kujutleda meie Maa pilti kauges tulevikus. Ainult et teadus ei seisa paigal, vaid progresseerub kiiresti: ta läheb edasi hiiglaslike sammudega ja on raske praegu kujutleda, milliseid kolossaalseid edusamme ja üllatavaid teaduslikke avastusi teevad meile järgnevad tulevased sugupõlved. Neil kaugetel sugu-

põlvedel seisab kahtlematult ees veel paljude avastuste ja julgete revolutsioonide teostamine teaduses ja tehnikas.

Juba meie ajal on ühes Ameerika observatooriumis Wilsoni mäel Lõuna-Kalifornias üles seatud reflektor, mille peegli läbimõõt on $2^1/_2$ meetrit. Selle peegli kaal üksi on 4 tonni, kogu reflektori kaal — ligemale 100 tonni. Kuid see loomulikult pole veel piir. Tulevikus ehitatakse veelgi võimsamaid astronoomilisi seadiseid, millede abil avastatakse uusi kaugeid planeetide süsteeme, uusi „elanikke" universumis.

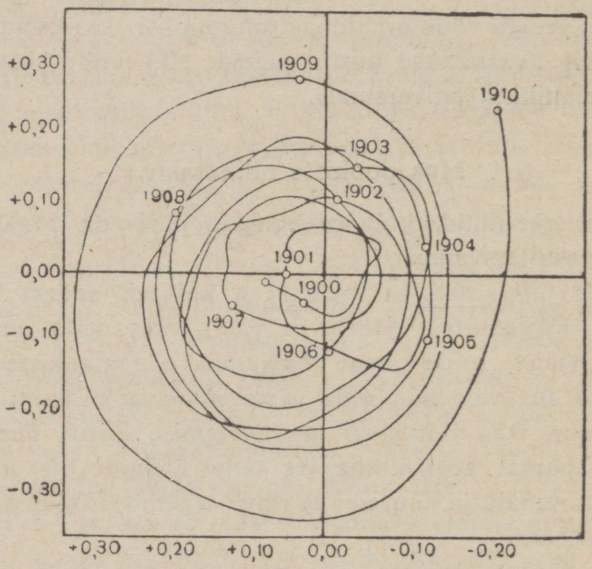
Maa pooluste nihkumine.

Vaatleme nüüd, kuivõrd rangelt püsiv on Maa telje suund maailmaruumis.

Rääkisime juba, et meie Maa kujutab endast kolossaalset, lakkamatult pöörlevat vurri, sarnanedes mitmeti mänguasjaga, mida oleme harjunud nägema laste käes. Kuivõrd tugevalt teie seda laste mänguasja ka tiirlema ei paneks, ikkagi hakkab ta pöörlemise kiirus ühe-kahe minuti pärast aeglustuma, ta telje ülemine ots hakkab ikka suuremaid ja suuremaid ringe tegema. Lõpuks kukub vurr ümber.

Mis puutub Maasse, siis pöörleb ta vurrina ümber oma telje juba mitmeid miljardeid aastaid. Ta pöörlemistelg omab maailmaruumis kogu aja peaaegu üht ja sama suunda; teisiti öeldes, ta nihkub paralleelselt iseendale, teostades, nagu öeldakse mehhaanikas, progressiivset liikumist orbiiti mööda. Kuid täpsemalt väljendades — ka Maakera telg omab mõningal määral väikest kõrvalekaldumist oma alatisest suunast, kuid siiski on need kõrvalekaldumised niivõrd väikesed, et nende olemasolu võib kindlaks teha ainult pärast väga pikki ajavahemikke.

Nii näiteks joonestab Maa telg ligi 26-tuhande-aastase perioodi kestel meie planeedi orbiidi tasapinna suhtes asetseva perpendikulaari ümber mingisuguse koonilise pinna. Geniaalne matemaatik Isaac Newton selgitas esimesena seda Maakera telje liikumist tema poolt avastatud gravitatsiooniseaduse põhjal.



Joon. 17. Põhjapooluse nihkumise skeem.

Peale selle teostab Maakera telg lakkamatult väikesi võnkeid umbes 18,6-aastase perioodiga. Neid võnkeid nimetatakse n u t a t s i o o n i k s. Maa ekvaator on perpendikulaarne meie planeedi pöörlemise teljele ja selle tagajärjel muudab loomulikult samuti oma kohta, kutsudes esile omakorda nende laiuskraadide punktide muutumise, mis seisavad liikumatult Maa pinnal.

1884. aastal õnnestus astronoom Küstner'il avastada, et Maa pinnal mitmesuguste punktide laiuskraadid muutuvad perioodiliselt.

Hiljem seletati seda sellega, et Maa pooluste punktid ei püsi kogu aja rangelt ühes ja samas kohas. Astronoomilised vaatlused näitasid, et Maa mõlemad poolused muudavad lakkamatult oma asendit, joonestades mõnesuguseid korrapäratuid ringikujulisi kõveraid kord suurema, kord väiksema raadiusega, umbes 433-öö-päevase perioodiga.

Kuulus matemaatik Leonhard Euler näitas oma uurimustes, et see võrdlemisi lühike periood, mille kestel Maa poolused muudavad oma asendit, tunnistab seda, et Maa sisemised osad esinevad tahkes olekus, ja et mida väiksem on Maa kõvadus, seda suurem peab olema tema pooluste liikumise periood.

Meil on nüüd teada, et näiteks Maa põhjapooluse nihkumine on seevõrd väike, et ta alati jääb umbes kahekümne-meetrise küljega ruudu raamidesse. Maa pooluste asukoha nihkumine toimub sel põhjusel, et Maa telje suund Maakera siemuses muutub küll üsna vähe, kuid pidevalt.

* * *

Vaatame, mis sünnib siis, kui Maakera telg, hoides rangelt alal oma alatise suuna ruumis, hakkab samal ajal järsult ja suures maastaabis Maa sisemuses muutma oma asendit. Oletame, et mingisugustel tundmatutel põhjustel asetus Maa telg meie planeedi sisemuses ümber ja teostas Maa keskpunktis pöörde 90° võrra. Missuguseid muudatusi toob endaga kaasa see uskumatu nähtus?

Troopilise kuumuse mõjul hakkaksid sulama igilumi ja -jää, mis ümbritsevad praegust põhja- ja lõunapoo-

lust; sulanud veed ujutaksid üle suuri maa-alasid ja oma võimsa survega nagu suruksid peale jõgedele, mis voolavad praegu põhja ja lõuna suunas, sundides neid voolama tagurpidi; terved jäämäed nagu elustuksid, ärkaksid pikast unest ja roomaksid mööda maapinda. Uued jõed ja järved kataksid siis Maad. Teostuks ühe sõnaga meie planeedi palge suur muutumine. Troopilise kuumusega harjumatud jääkarud otsiksid metsikult ulgudes asjatult varjupaika Päikese kõrvetavate kiirte eest. Teisest küljest haaraks julm arktiline pakane India territooriumi. Meeleheitlikult viskuksid sinna-tänna selle kunagi kuuma maa metsikud loomad. India satuks kuueks pikaks kuuks polaarjoonetaguse öö võimusse. Päikest seniidis siin juba enam ei nähtaks. Pakane aheldaks kogu taimeriigi. India ookean muutuks arktiliseks mereks, paksud jääkihid kataksid vett ja tema avarustel ei ristleks enam ookeaniaurikuid. Kuid praegused polaarmered muutuksid ääretuiks ookeanideks ja võiksid kujuneda Uue ja Vana maailma ühendusteeks.

* * *

Oletame nüüd mõttes vastupidist nähtust. Ütleme näiteks, et Maakera telg, alal hoides Maa sisemuses oma muutumatu asendi, pöördub maailmaruumis 90° võrra ja ühtib Maa tiirlemise orbiidi tasapinnaga. Siis ei liiguks Maa edasi, vaid veereks piki oma orbiiti, pöördunult kogu aja, ütleme näiteks, põhjapoolusega Päikese poole. Sellist, siin näitena toodud progressiivset, nagu küljeli lamavat liikumist teostab käesoleval ajal päikesesüsteemis ainult üks planeet — Uuran. Tema telg on oma orbiidi tasapinnast kõrvale kaldunud ainult 7° võrra.

Päikesesüsteemi mõningad planeedid (näiteks Merkuur) liiguvad oma orbiidis nii, et nad kogu aja on pöör-

dunud Päikese poole ainult ühe küljega. Kuid Merkuur ei veere, vaid liigub orbiiti mööda (nagu Kuu tiirleb ümber Maa), sooritades ühel ja samal ajal täispöörde oma telje ja Päikese ümber.

Raske on otsustada, kui kaua meie planeet võiks alal hoida sellist asendit, kuid on selge, et Päikese poole pöördunud põhjapoolkeral oleks igavene suvi ja alatine kuum päev. Siin ei oleks iialgi sademeid lume näol ja iialgi ei külmuks jõed.

Kõik soojust armastavad linnud ja loomad asuksid sellele poolkerale. Aegade jooksul muutuks ta floora ja fauna. Pikkamisi kohaneks looma- ja taimeriik Päikese põletavate kiirte ja igavese päeva elutingimustega.

Teisel, meie planeedi vastaspoolsel poolkeral oleks samal ajal igavesti kestev pakane talv ja igavesti pime öö. Siia ei tungiks iialgi ühtki päikesekiirt, ning Verhojanski kõige suuremad pakased tunduksid siin sulana.

Sellistes temperatuuritingimustes kaoks loomulikult kogu looma- ja taimeriik. Kogu see poolkera kujutaks siis hiigelkalmistut, aheldatud suure pakase poolt.

* * *

Kui oletada, et mingisugustel tundmatutel põhjustel Maa telg, alal hoides Maa sisemuses oma asendit, kaotaks oma püsiva suuna maailmaruumis ja hakkaks Maa liikumise orbiidi tasapinna suhtes võtma mitmesuguseid asendeid, siis meie planeedil peaksid toimuma veel üllatavamad muutused.

Siis Maa pooluste punktid, omades Maa pinnal püsivat asukohta, hakkaksid samaaegselt lakkamatult muutma oma suunda meie päevase valgustaja suhtes.

Niisugustes tingimustes kaotaksid igasuguse mõtte need tingjooned, mida me nimetame paralleelideks ja meridiaanideks; kaotaks oma tähtsuse Maakera pinna jagunemine külmadeks ja soojadeks vöötmeteks; ei oleks siis enam selliseid mõisteid, nagu troopilised maad ja polaarjoone-tagused piirkonnad; siis hakkaksid meie planeedi pinnal kaootiliselt vahelduma mitmesuguste tsoonide klimaatilised tingimused.

Maa telje suuna sellise kõikumise tagajärjel tekiks häire talve ja suve, päeva ja öö korrapärases vaheldumises; kaoks meie kujutlus öö-päevast; me ei saaks siis enam kindlaks teha, millal algab uus päev; see seaduspärane nähtus ise, millega me oleme seni harjunud, lakkaks olemast.

* * *

Niisugused ebameeldivad ja ähvardavad nähtused ilmneksid Maa peal, kui ta telg äkki omandaks ruumis teise suuna või kaotaks oma asendi püsivuse Maa orbiidi tasapinna suhtes.

Kuid, nagu see meile juba teada, hoiab Maa telg ruumis küllaltki rangelt oma püsiva suuna alal. Järelikult oleme alatiseks päästetud neist eespoolkirjeldatud muutustest ja meil on nüüd täiesti selge, kui eriti suurt tähtsust omab Maa elus tema pöörlemise telje suuna muutumatus ruumis.

Nüüd võime kahtlematult tõendada, et mitmesugustel geoloogilistel ajastutel toimusid tõenäoliselt mandrite ja pooluste teatud nihkumised meie planeedil. Teatavasti püüti just nimelt sellega seletada jääaega Maakera pinna mitmesugustes piirkondades.

Nii näiteks kuulus paleokliima uurija, Belgradi ülikooli professor M. Milankovitš, toetudes klassikalise tae-

vamehhaanika [11] uurimuste tulemustele, tuli järeldusele, et mitmesuguste geoloogiliste ajastute jooksul on Maa põhjapoolus meie planeedi pinnale tõmmanud teatava kõvera. Maa poolus, alustades liikumist umbkaudu Havai saartelt risti üle Alaska rajooni, jõudis oma praegusse asukohta ja tulevikus peaks ta nihkuma edasi Petšora jõe suudme lähedusse. Prof. Milankovitš'i tööst selgub, et viimane suur jääaeg lõunapoolkeral Tulemaa piirkonnas oli mitte varem kui umbes 30 tuhat aastat tagasi. Kuid peab märkima, et prof. Milankovitš'i seisukohad leidsid rea teadlaste poolt tõsiseid vastuväiteid ja praegusel ajal ei ole meil veel küllaldaselt põhjendusi, et võiksime nõustuda Milankovitš'i poolt esitatud Maa pooluste nihkumise teooriaga.

Laeva asukoha määramine ulgumerel (laius ja pikkus).

Kogu Maakera pind on kaetud rea kujutletavate, üksteise suhtes perpendikulaarsete joontega, mida nimetatakse paralleelideks ja meridiaanideks, ning nendest moodustunud üldkogu — kaardivõrguks.

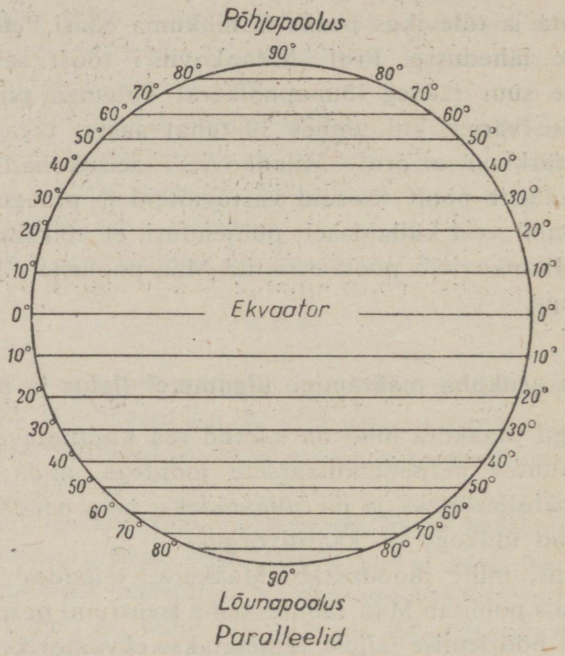
Joont, mille moodustab Maakera, lõikudes tasapinnaga, mis poolitab Maa, läbides tema tsentrumi perpendikulaarselt pöörlemise teljele, nimetatakse ekvaatoriks. Ekvaator asub võrdsetel kaugustel nii lõuna- kui ka põhjapoolusest.

Pikkuseks nimetatakse vahemaad kraadides teatavast „null"-meridiaanist lääne poole (läänepikkus) ja ida poole (idapikkus). Pikkust arvutatakse piki ekvaatorit 0 kuni 180 kraadini.

---

[11] M. Milankovitš, Matemaatiline klimatoloogia ja kliima kõikumiste astronoomiline teooria. GONTI, 1939.

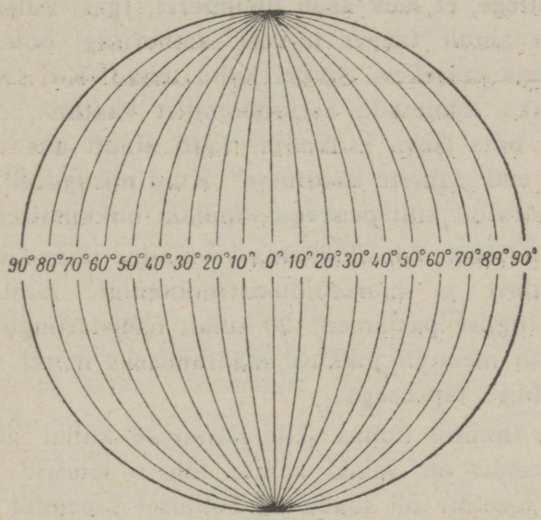
Laiuseks nimetatakse vahemaad kraadides ekvaatorist mingi punktini, mis asub kas põhjapooluse ja ekvaatori vahel (põhjalaius), või lõunapooluse ja ekvaatori vahel (lõunalaius). Laiust arvutatakse 0 kuni 90 kraadini.



Joon. 18. Paralleelid. Põhjapoolus, ekvaator, lõunapoolus.

Pikkuse ja laiuse mõiste tarvituselevõtmine omab tohutult suurt tähtsust: see asjaolu aitab märkida ehk fikseerida ühe või teise kauge ekspeditsiooni asukohta Maa väheuuritud rajoonides või laeva asukohta ulgumerel. Laius ja pikkus moodustavad ühtlasi ka iga (geograafilise) maakaardi põhialuse.

Iga koha pikkus ja laius määratakse ära astronoomiliste vaatluste abil. Nendel vaatlustel põhinebki hädaohutu meresõit kaugetes ookeanides. Laeva asukoha koordinaadid ulgumerel on määratavad ainult astronoo-



Meridiaanid

Joon. 19. Meridiaanid. Põhjapoolus, lõunapoolus.

miliste vaatluste teel. Siit on võetud ka meremiili suurus — põhimine mõõduühik laeva poolt läbitud vahemaadele. Meremiil vastab mingi taevakeha asukoha muutumisele täpselt ühe kaareminuti võrra.

Näiteks kujutleme, et Päike asub meridiaanis ja teda vaadeldakse kahelt laevalt. Kui seejuures Päikese kõr-

guse vahe võrdub ühe kaareminutiga, siis järelikult nende kahe laeva vahemaa võrdub täpselt ühe meremiiliga.

Täpsete teadmiste puudumine taevakehade liikumise kohta ja vilumatus astronoomiliste vaatluste toimetamisel olid meresõidu arenemisele kaua aega suureks takistuseks.

Kujutlege, et laev asub ulgumerel. Igast küljest piiravad teda ainult taevas ja vesi, ümberringi pole näha ei kallast ega saarekest. Sõida, kuhu tahad! Kui laeva kapten ei oska toimetada astronoomilist vaatlust, ei saa ta määrata oma laeva asukohta. Jääb ainult üks väljapääs — anda end „lainete käsutusse". Kuid niisugusel juhul on laev määratud küll peaaegu kindlale hukkumisele.

Sellest tõusis edasilükkamatu vajadus täiendada meresõiduteadust ja meresõidu-astronoomiat. Aastal 1714 määras Inglise parlament 20 tuhat naelsterlingut sellele, kes esitab meetodi pikkuse määramiseks merel vähemalt $^1/_2$-kraadilise täpsusega.

Palju inimesi töötas selle küsimuse kallal aastakümneid. Meeldiv oli saada sellise tähtsa leiutise autoriks, niisama meeldiv oli saada nii soliidset preemiat.

Möödus enam kui pool sajandit, kuid parlamendi poolt antud ülesanne oli ikka veel lahendamata.

Lõpuks aastal 1770 esitas kellasepp Arnold parlamendile pikkuse määramise meetodi ulgumerel. See meetod seisnes kronomeetrite kaasavõtmises. Esimesed selleks kõlblikud kronomeetrid oli ehitanud Harrison juba aastal 1744.

See meetod seisneb järgmises. Väljudes merele mingist sadamast, mille geograafiline pikkus on teada, kasutatakse täpselt töötavat kronomeetrit, mis näitab väljumisaega sellest kohast. Olles ulgumerel, määravad

reisijad taevakehade vaatluste abil kohaliku aja. Võrreldes kohalikku aega kronomeetri näitajaga, leitakse aegade vahe. See aegade vahe saabki pikkuste vaheks laeva asukoha ja väljumispunkti vahel.

Aastal 1843 määrati sel meetodil suure täpsusega (ühe sajandiku sekundini) Pulkovo astronoomilise observatooriumi pikkuskraad.

Niisiis määratakse mingi punkti asukoht maapinnal pikkusega ja laiusega. Meridiaani kaare pikkus ekvaatorist kuni teatud kohani määrab tema laiuse. Ekvaatori kaare pikkus (pea-) null-meridiaanist kuni antud koha meridiaanini määrab tema pikkuse. Pea- ehk null-meridiaaniks nimetatakse meridiaani, mis läbib Inglismaal, Londonist veidi eemal asuva kuulsa Greenwich'i astronoomilise observatooriumi.

Et määrata Maa mingisuguse punkti geograafilist pikkust, on vajalik ainult teada kohalikku ja Greenwich'i aega ühel ja samal momendil. See põhineb sellel, et mingi kahe koha ajanäitajate vahe ühel ja samal momendil võrdub nende kohtade pikkuste vahega.

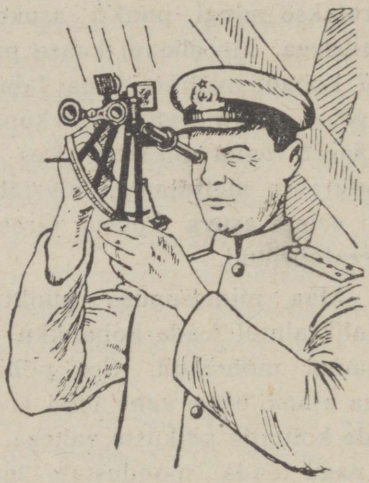
Kogu ring, nagu teada, moodustab 360 kraadi, mis vastab 24 tunnile; ühele tunnile vastab siis 15 kraadi, ühele ajaminutile 1/4 kraadi ehk 15 kaareminutit.

Nii näiteks on ajanäitajate vahe ühel ja samal momendil Leningradis ja Greenwich'is 2 tundi ja 1 minut. Järelikult asub Leningrad Greenwich'ist 30 kraadi ja 15 minuti võrra ida pool ehk, nagu tavaliselt räägitakse, Leningrad omab idapikkust 30 kraadi ja 15 minutit.

Laius on meridiaani kaare pikkus ekvaatorist mingi teatud kohani. Teisiti öeldes on mingi maapinna punkti geograafiline laius võrdne pooluse nurkkõrgusega selles kohas. Sellepärast teostatakse laeva asukoha laiuskraadi

kindlaksmääramiseks merel rida astronoomilisi vaatlusi. Neid vaatlusi teostatakse harilikult nurgamõõtja instrumendi, niinimetatud sekstandi abil. Päeval mõõdetakse selle instrumendi abil Päikese kõrgust, öösel Kuu, Põhjanaela või mõne muu tähe kõrgust.

Ühenduses raadio leiutamisega muutus pikkuskraadi määramine palju lihtsamaks.



Joon. 20. Vaatluse toimetamine sekstandiga.

Praegusel ajal tegutseb eriline Rahvusvaheline Ajakomisjon, kes on kogu Maakera tinglevalt jaganud üheksaks tsooniks. On välja töötatud kõigi maade jaoks kohustuslik eriskeem nn. rütmiliste ajasignaalide edasiandmiseks tähtede vaatluse põhjal. Rütmilised ajasignaalid antakse edasi raadio kaudu mitu korda öö-päeva jooksul üheksast võimsaimast raadiojaamast (asukohaga üheksas ülalmainitud tsoonis) erinevatel kellaaegadel Greenwich'i aja järgi. Enam-vähem tuntumaid neist raadiojaamadest

on Eifeli torn Pariisis, Rughby Inglismaal ja Moskva Kominterni-nimeline raadiojaam NSV Liidus.

Nüüd, ükskõik kus kohas merel laev ka iganes asuks, võib ta raadio kaudu üheksast jaamast ükskõik missugusest saada täpsa ajasignaali ja järelikult teada saada antud momendil peameridiaani kellaaja. Selle järele määratakse astronoomiliste vaatluste abil täpne kohalik aeg ja nende kahe kellaaja vahe abil — laeva asukoha geograafiline pikkus.

* * *

Tuntud geoloog Alfred Wegener avaldas kunagi oletuse, et mandrid vähesel määral pidevalt nihkuvad. See nihkumine oli tema arvates nii tugev, et seda astronoomiliste vaatluste abil võib lühikese aja jooksul kindlaks teha.

Wegeneri oletus äratas suurt huvi asjatundjate hulgas. Rahvusvahelise Astronoomia- ja Rahvusvahelise Geodeesialiidu esindajatest koosnev komisjon töötas välja projekti Maa pikkuskraadide määramiseks raadio kaudu järjekindlalt mõneaastaste vaheaegade tagant. Esmakordselt teostati selline pikkuse määramine 1926. aastal.

Põhipolügooni (-hulknurga) tippudeks valiti kolm observatooriumide gruppi. Esimene grupp — Alžiir (Aafrika), Si-Ka-Vei (Hiina) ja San Diego (Kalifornia); teine grupp — Greenwich, Tokio, Vancouver ja Ottawa (Kanada); kolmas grupp — Manila (Filipiini saared), Honolulu (Sandwich'i saared), San Diego ja Washington. Neil observatooriumidel oli ühendus rea teiste aja teenistuses seisvate observatooriumidega. Ühes sellega viidi pikkuse vaatlused läbi paljude teiste observatooriumide ja ajutiste jaamade poolt. Töö sooritati edukalt. Suurte kauguste tagant võeti vastu raadiosignaale. Nii näiteks

võeti vastu Bordeaux' (Prantsusmaa) raadiojaama signaalid Ameerikas ja Austraalias. Pikkused määrati kindlaks erakordselt suure täpsusega ja viga põhipolügooni suhtes ei ületanud 0,007 sekundit. 1933. aastal korrati seda üritust veel suuremas ulatuses ning läbiviidud tööde tehniline tase oli veel kõrgem kui 1926. aastal.

Resultaadina ilmnes, et Wegeneri oletus ei tõestunud täiel määral. Kuigi Ameerika ja Euroopa mandri suhtes püsib igivana nihkumine, siis igal juhul ei või selle suurus ületada kolme sentimeetrit aastas.

Huvitav on siiski märkida, et võrreldes Euroopa ja Ameerika observatooriumide poolt süstemaatiliselt vastuvõetud ajasignaale, on avastatud tunduv (umbes 18 meetrit) pikkuse kõikumine ligemale 11-aastase perioodiga, mis langeb peaaegu kokku Päikese laikude perioodiga.

Kus algab iga uus päev kõige varem?

(Rahvusvaheline daatumiraja.)

Sõitudel ookeanitagustesse maadesse asub laev mõnikord päevi, isegi nädalaid ulgumerel.

Õiget kurssi ja laeva asukohta aitavad kaptenil määrata kompass, raadio ja tähistaevas.

Sekstandi abil vaatleb kapten täpselt taevakehi ja leiab nende abil, missuguses põhja- (või lõuna-) laiuses asub ta laev. Astronoomilised vaatlused lubavad tal kindlaks teha kohaliku aja. Raadio rütmilised ajasignaalid annavad talle sel või teisel momendil teada peameridiaani täpse aja ning kaptenil on kerge pikkuskraadi kindlaks määrata. Oma asukoha märgib kapten iga kord paralleelidega ja meridiaanidega kaetud kaardile, mis lubab tal ülevaatlikult kujutleda ja määrata laeva liikumise teed ja läbisõidetud kaugust.

Maa pöörleb peatumatult ümber oma telje; sealjuures asetab ta Päikese elustavate kiirte alla oma pinna mitmesuguseid osi; öö-päeva jooksul on niisiis ükskõik missuguses Maakera punktis hommik, lõuna, õhtu või öö (päeva ja öö vaheldumisest polaarjoone-lähedastes vöötmetes me kõneleme hiljem), muidugi erisugustel (tundide järgi) aegadel. Ühes kohas on koit, teises eha; ühes paigas on lõuna, teises sügav öö.

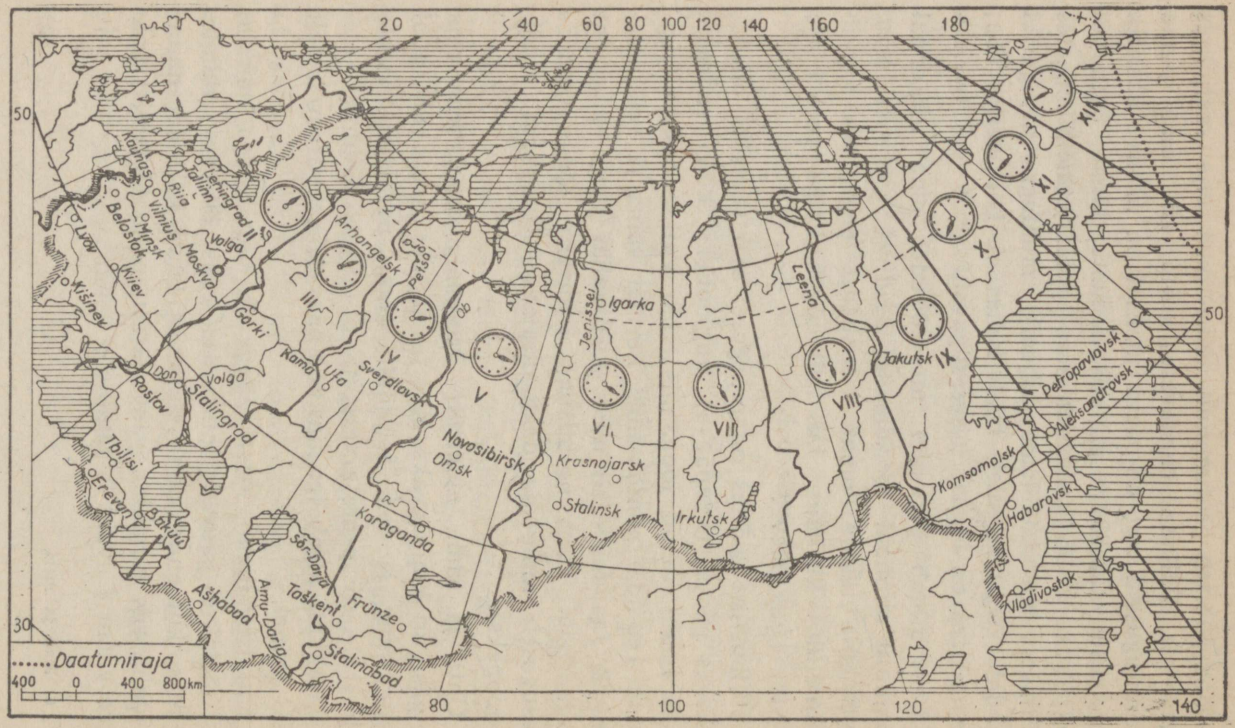
Laev ületab pikkadel meresõitudel oma teekonnal mõnikord mitmeid meridiaane, kuid et iga meridiaan, nagu juba teame, omab erisugust aega, siis kerkib tahtmatult küsimus: kus siis algab kõige varem iga järgnev „uus päev"?

Hõlbustuse mõttes on praegusel ajal selliseks piiriks, selliseks päeva (kuupäeva) tingjooneks kõigi rahvaste poolt vastu võetud joon, mis läbib Vaikse ookeani ligikaudu 180-ndal meridiaanil, Beringi väina ja veidi idapoolselt Jaapani saari ning Austraalia. Seda tingjoont (Greenwichi vastasmeridiaani) otsustati kõigis maades ühesuguselt nimetada daatumirajaks (kuupäeva vaheldusjooneks).

Ühte ja sama momenti kummalgi pool seda raja loetakse eri kuupäevaks. Kui te näiteks asute ida pool daatumiraja ja on 5. juuli ning parajasti astute sellest üle, siis peate arvestama, et on juba 6. juuli.

Järelikult algab iga uus öö-päev kõige varem nimelt sellel joonel.

Kui laev liigub idast läände ja ületab daatumiraja, siis jäetakse päevade arvestuses üks öö-päev vahele. Näiteks, kui enne joone ületamist laeva kalender näitas 7. juulit, siis järgmine päev pärast joone ületamist pole mitte enam 8., vaid 9. juuli.



Joon. 21. Tunnivöötmed (ühtlusaja tsoonid) NSV Liidus.

Vastupidi, kui laev ületab selle daatumiraja liikudes läänest itta, siis üks ja sama päev loetakse kahekordselt. Kui enne joone ületamist oli kuupäev näiteks 14. juuli, siis järgmine päev pärast joone ületamist pole mitte 15., vaid jälle 14. juuli.

Kõik see toimub sel põhjusel, et Maa pöörleb ümber oma telje suunaga läänest itta. Otseselt me seda ei märka, olgugi et võtame sellest osa.

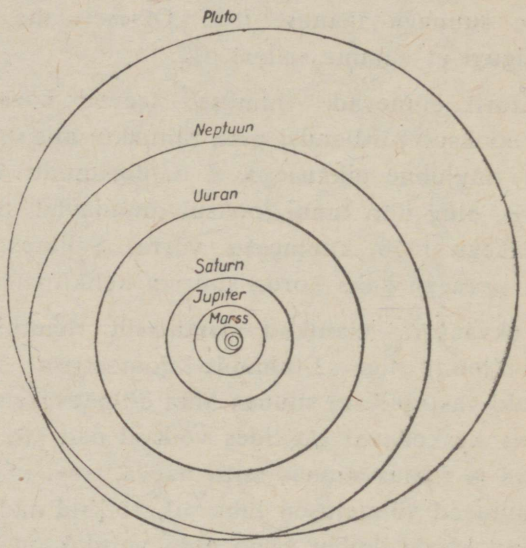
Ekvaatoril elunevad inimesed teevad koos Maaga öö-päeva jooksul võrdlemisi pika rännaku, mis on võrdne ekvaatori ringjoone pikkusega, s. o. ligikaudu 40 tuhat kilomeetrit, ning ühe tunni jooksul muudavad nad asukohta peaaegu 1670 kilomeetri võrra. Selline liikumiskiirus on peaaegu kaks korda suurem helikiirusest.

Kui ekvaatori elanikud lendaksid lennukil piki ekvaatori joont ligi 2-tuhande-kilomeetrise kiirusega tunnis, kuid vastupidises suunas Maa öö-päevasele pöörlemisele, siis keskpäeval startides võiksid nad jätkata oma lendu ühes ja samas suunas mitu päeva, isegi mitu kuud, ja kui tehnilised võimalused lubavad, võiksid nad lennata kasvõi mitu korda ümber kogu Maa, mitu korda ületada Vaikse, India ja Atlandi ookeani tohutud veelagendikud, kuid Päike seisaks ikkagi samal kõrgusel horisondi kohal. Päike säraks niisama pimestavalt kui momendil, mil nad asusid oma pikale teekonnale ümber maailma.

Teisiti öeldes, nende rändurite jaoks poleks öö ja päeva vaheldust, sest nad ei võta osa Maa öö-päevasest pöörlemisest. Neile vahelduksid kaleidoskoopiliselt ainult nende all pöörleva Maa ekvatoriaalse pinna mitmesugused kohad.

Maa liikumine maailmaruumis.

Maa ei teosta mitte ainult öö-päevast pöörlevat liikumist ümber oma telje, vaid omab ka progressiivset liikumist oma orbiiti mööda ja ühes teiste planeetidega tiirleb ta ümber Päikese, mida meie siiski ei märka. Vastupidi,



Joon. 22. Päikesesüsteemi planeetide orbiidid. Merkuuri, Veenuse ja Maa orbiiti pole joonisel näidatud.

meile paistab, et Maa püsib liikumatus asendis ning Päike tiirleb ümber tema.

Et piltlikumalt endale ette kujutada Maa liikumist ümber Päikese, kujutlege, et teie laev heitis ankru mingi sadamalinna juures asuval reidil. Teie lasete paadi alla ja sõidate mingisugusesse väikesse jõesuudmesse. On

selge ja vaikne ilm. Kiiresti liigub paat siledal veepinnal ja teile näib, et jõe kaldad liiguvad teile kiiresti vastu, kuna aga paat seisab liikumatult paigal.

Samaselt liikumatuks pidasid inimesed varem Maad, vaadeldes Päikese näilist liikumist Zodiaagi tähtkujudes.

Kokku tuntakse päikesesüsteemis üheksat suurt planeeti: Merkuur, Veenus, Maa, Marss, Jupiter, Saturn, Uuran, Neptuun ja Pluto.

Oma valgust planeetidel ei ole, ja kui me mõnikord vaatleme neid kui väga eredaid tähti, siis sellepärast, et nad peegeldavad neile langevat Päikese valgust. Planeedid liiguvad taevas teiste tähtede vahel, seepärast neid siis nimetatigi planeetideks, s. o. „hulkuvateks taevakehadeks“.

Planeetide kiirused ja tiirlemisperioodid ümber Päikese on mitmesugused, olenedes nende kaugusest Päikese suhtes. Päikesele lähemal asuvad planeedid tiirlevad suurema kiirusega ja teostavad oma teekonna ümber Päikese tunduvalt väiksemate ajavahemikkudega kui Päikesest kaugemal asuvad planeedid.

Nii näiteks Päikesele kõige ligemal asuv planeet Merkuur sooritab oma teekonna ümber Päikese ainult 88 ööpäevaga; Pluto, asudes kõigi teiste tuntud planeetidega võrreldes Päikesest kõige kaugemal — 249 Maa-aasta jooksul.

Teid, mida mööda tiirlevad planeedid ümber Päikese, nimetatakse nende orbiitideks. Planeetide orbiidid kujutavad endast ellipseid ehk väljavenitatud ringjooni. Esimesena tõestas seda geniaalne matemaatik ja astronoom Johann Kepler.

Planeetide orbiitide väljavenitatuse ulatus on mitmesugune ja võrdlemisi väike. Kõige rohkem väljaveninud orbiiti omavad Merkuur ja Pluto. Mis puutub Maa orbiiti, siis peab ütlema, et ta peaaegu ei erine ringjoonest.

Joon. 23. Johann Kepler.

Ellipsit on kerge joonestada. Võtame lühikese niidi ja seome selle otsad kokku. Asetame niidi tihedalt vastu lauda pandud paberisse torgatud kahele nööpnõelale, millede kaugus teineteisest on veidi väiksem kui pool niidi pikkust.

Tõmbame pliiatsiga niidi sirgu ja, hoides teda samas asendis, veame mööda paberilehte. Saamegi ellipsi.

Punkte, kuhu on torgatud nööpnõelad, nimetatakse fookusteks.

Päike asub Maa ja samuti ka kõigi teiste päikesesüsteemi kuuluvate planeetide orbiite kujutavate ellipsite ühes fookuses. Planeetide orbiitide fookused asuvad väga lähedal ellipsite tsentrumitele ja need tsentrumid asuvad täpselt fookuste keskkohal.

Maa keskmine kaugus Päikesest on ligi 150 miljonit kilomeetrit. See vahemaa ületab Maa ekvaatori piirjoone pikkuse ligi 3750 korda.

Et katta seda vahemaad Maalt Päikeseni, peaks kiirrong peatumatult liikuma 50-kilomeetrise kiirusega tunnis ligi 350 aastat.

Isegi lennukil, mille tunnikiirus on 350 km, kuluks ära 50 aastat, et jõuda Päikeseni.

Täistiiru ümber Päikese sooritab Maa ühe aasta jooksul, täpsemalt 365¹/₄ öö-päevaga. Selle aja kestel läbib meie planeet maailmaruumis ligi 900-miljoni-kilomeetrise vahemaa.

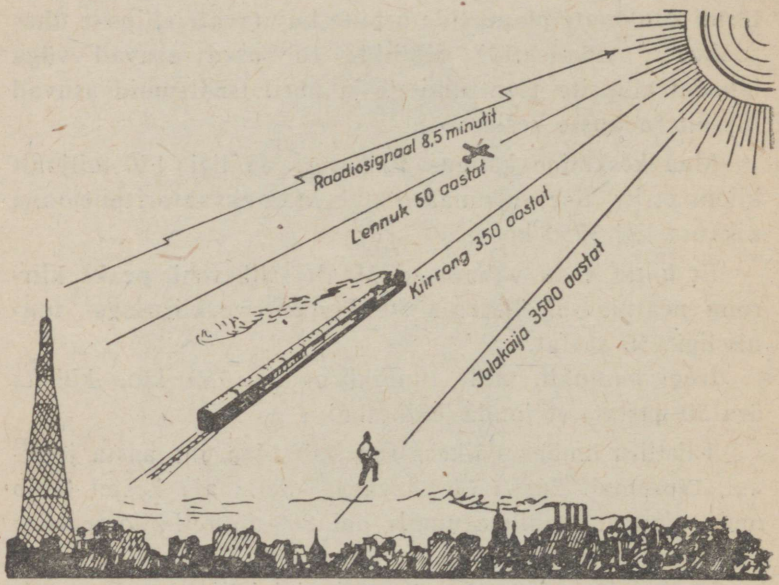
Ligikaudu 3500 aastat peab jalakäija peatumatult liikuma 5-kilomeetrise tunnikiirusega, et läbida nimetatud teed.

350-kilomeetrise tunnikiirusega lennuk vajaks ligi 300 aastat selleks, et katta peatusteta lennul meie Maa aastateega võrdse kauguse.

Igas sekundis liigub Maa oma orbiiti mööda peaaegu 30 km. Tunnis läbib ta ligi 108 tuhat km.

Kujutlege nüüd, kuivõrd pikk on Maa aastatee ja missuguse tohutu kiirusega kihutab ta maailmaruumi avaruses!

Meie, Maa alalised reisijad, ei taju põrutusi ega mingisuguseid muid ebamugavusi oma teekonnal mööda universumi sellel „laeval“. Meid ei kohuta ümbritsev avarus — asume ju kindlalt Maa peal. Kui võiksime valmistada



Joon. 24. Kui palju aega vajab Päikeseni jõudmiseks jalakäija, kiirrong, lennuk, raadiosignaal?

sellise lendava mürsu, mille lennukiirus võrduks Maa liikumise kiirusega piki oma orbiiti või ka ainult 11—12-kilomeetrise kiirusega sekundis, siis jätaks see mürsk juba oma esimesel lennul Maa maha ja, ületanud ta tõmbetungi, kaoks igaveseks meie pilkude eest ääretusse maailmaruumi.

Kui meil oleks säärane kahur, mille mürskude kiirus oleks ligi 9 kilomeetrit sekundis, siis need mürsud muutuksid meie planeedi igavesteks kaaslasteks, nad ringleksid igavesti ümber Maa ja kuidagi poleks neil võimalik ära iennata kosmilisse ruumi või kukkuda Maa peale.

Maa ei liigu oma orbiiti mööda ühesuguse kiirusega. Mida ligemal ta asub Päikesele, seda suurem on ta liikumiskiirus, ja vastupidi — kaugenedes Päikesest, väheneb ta kiirus. Afeelis [12] on Maa liikumiskiirus kõige väiksem, periheelis [13] kõige suurem.

Maa liigub spiraali mööda.

Maa ja teised planeedid liiguvad ümber Päikese, kuid ka Päike ei seisa maailmaruumis liikumatult paigal, vaid rändab universumi ääretus avaruses. Peatumata kuskil ainsakski silmapilguks liigub Päike oma galaktilist orbiiti mööda 270-kilomeetrise kiirusega sekundis ja läheneb iga sekundiga 20 kilomeetri võrra Lüüra tähtkujule.

Kihutades selles suunas kisub Päike endaga kaasa kogu planeetide maailma — kõik suured planeedid, asteroidid ja komeedid. Tähendab, ka meie, Maa elanikud, võtame osa sellest meie päevase valgustaja alatisest jooksust. Järelikult läheneb meie Maa juba oma olemasolu algusest peale iga päevaga Lüüra tähtkujule.

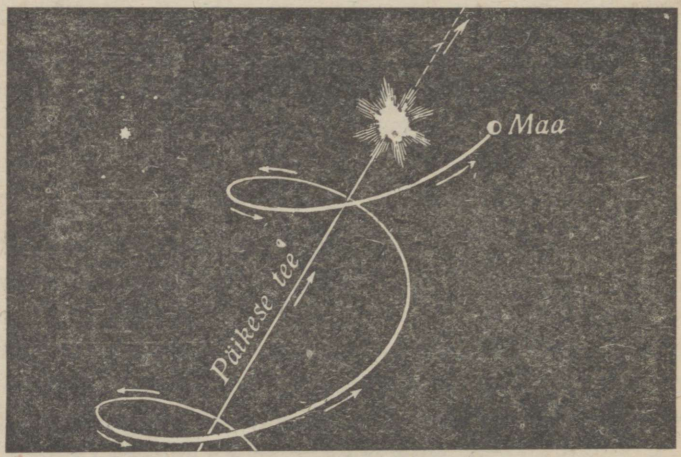
Iga päev võtab Maa Päikese suhtes mingi kindla asendi, ligikaudselt sama, mille ta võttis Päikese suhtes samal päeval möödunud aastal. Kuid see ei tähenda sugugi, et Maa pöördus maailmaruumis endisesse punkti tagasi.

---

[12] Afeel — Päikesest kõige kaugemal asuv punkt Maa orbiidis.

[13] Periheel — Päikesele kõige ligemal asuv punkt Maa orbiidis.

Kogu oma pika eluea jooksul pole Maa veel kordagi teiskordselt olnud ükskõik missuguses maailmaruumi punktis. Iga punkti maailmaruumis jätab ta maha alatiseks, tagasi pöördumata, mitte iialgi enam sellesse tagasi jõudes, ja seda vaid tänu Päikese liikumisele.



Joon. 25. Maa liigub ruumis mööda spiraali.

Maa võtab osa Päikese jooksust ja järelikult ei saa ta liikumine kujutada ükskõik millist kinnist kõverat. Kolossaalse kiirusega liigub ta maailmaruumis mööda väljavenitatud spiraali.

Raudtee-ekspressi liikumine näiks meile täiesti tühisena, võrreldes Maa liikumiskiirusega maailmaruumis, analoogiliselt võiks näiteks võrrelda kilpkonna liikumiskiirust raudtee-ekspressi kiirusega. Maa liikumiskiirus oma orbiiti mööda on 90 korda suurem helikiirusest.

Me töötame, istume teatris või kinos, magame või sööme, kuid ei märka seda, et iga oma pulsilöögiga, iga

südametukse vältel nihkume lakkamatult edasi maailmaruumis kümneid kilomeetreid, võttes reisijatena osa kõigist meie planeedi liikumistest.

Niisiis, me viibime Maal nagu kiiresti kihutaval kosmilisel laeval, mis lakkamatult ja uskumatu kiirusega tormab edasi ühes Päikese ja kõigi teiste päikesesüsteemi kuuluvate taevakehadega universumi avaruses.

Aastaaegade vaheldus. Kuumad ja külmad vöötmed.

Eespool juba mainisime, et Maa keskmine kaugus Päikesest on võrdne ligikaudu 150 miljoni kilomeetriga [14]. Kuid et Maa liigub ümber Päikese mitte ringjoont, vaid ellipsit mööda, siis on ta mitmesugustel aastaaegadel kas veidi kaugemal või veidi ligemal Päikesele.

Kui veider see ka ei ole, kuid kõige kuumemal aastaajal (juunis) asub Maa umbes 5 miljonit kilomeetrit kaugemal Päikesest kui kõige külmemal aastaajal (detsembris).

Järelikult vaheldub talv suvega ja suvi talvega mitte sellepärast, et Maa asetseb ligemal või kaugemal Päikesest, vaid mingil muul põhjusel. Sellest kõneleme kohe.

Me teame juba, et Maa oma progressiivses liikumises ümber Päikese hoiab oma telge kogu aja ühes ja samas suunas. Lisame sellele juurde, et oma progressiivses liikumises mööda orbiiti ümber Päikese on see kujutletav Maa telg kogu aja kaldunud Maa orbiidi tasapinnast $66^1/_2{}^\circ$-se nurga all, kuid selle tagajärjel moodustab Maa ekvaatori tasapind ligi $23^1/_2{}^\circ$-se nurga oma orbiidi tasapinnaga (täpsemalt $23^\circ\ 27'$).

---

[14] Täpsemalt 149 674 000 kilomeetrit. (Inglise astronoom Spencer Jones'i hiljuti avaldatud määramise järgi.)

Aastaaegade vaheldumise põhjuseks on siis see, et Maa telg püsib Maa orbiidi tasapinna suhtes alati ühesuguse kallakuga.

Seepärast valgustab Päike 22. juunil, kui meie poolkeral on aasta kõige pikem päev, ka põhjapoolust, kuid lõunapoolus jääb pimedusse, sest et Päikese kiired teda ei valgusta.

Kui meie (põhja-) poolkeral on suvi — kõige pikemate päevadega ja kõige lühemate öödega, on lõunapoolkeral, vastupidi, kõige pikemad ööd ja lühemad päevad. Seal on järelikult talv ja Päikese kiired langevad „viltu“ ning omavad väikest soojendusvõimet.

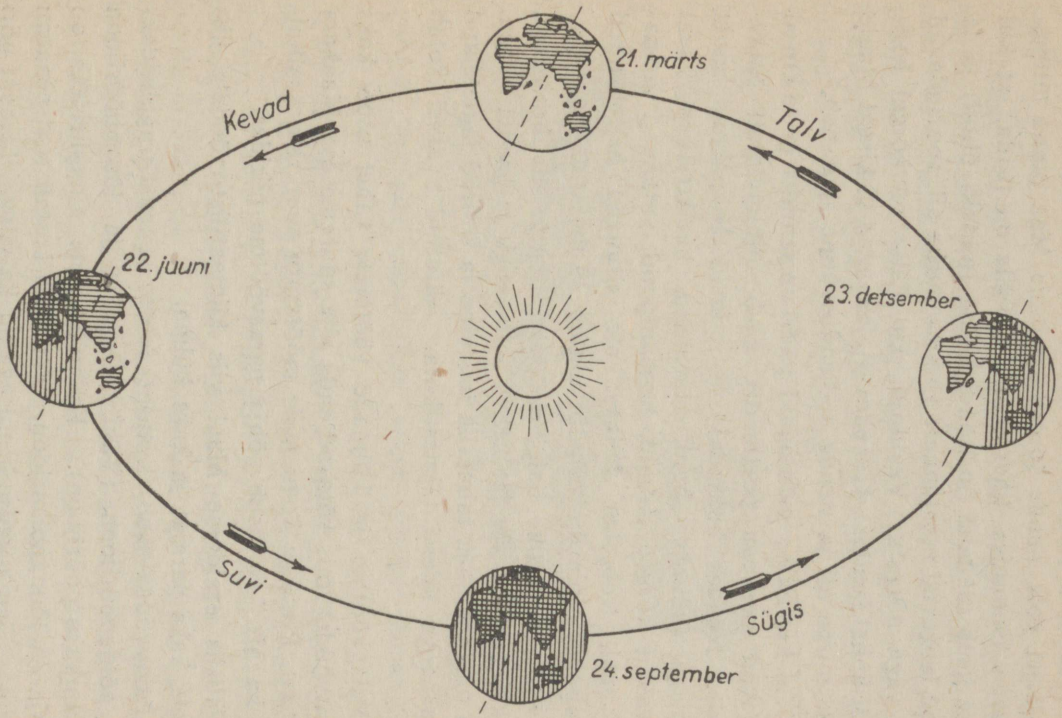
Talve algul, 22. detsembril, kui meil on öö kõige pikem ja päev kõige lühem, on põhjapoolus Päikese poolt täiesti valgustamata, ta asub omakorda „pimeduses“; lõunapoolus aga on valgustatud. Talvel, nagu teada, on meil pikad ööd ja lühikesed päevad.

21.—22. märtsil on öö pikkus võrdne päeva pikkusega; nagu öeldakse, saabub siis kevadine pööripäev; samasugune pööripäev — kuid juba sügisene — on 23. septembril.

Nendel päevadel omab Maa säärast asendit oma orbiidis Päikese suhtes, et Päikese kiired valgustavad üheaegselt nii põhja- kui ka lõunapoolust, kuid ekvaatorile langevad nad püstloodis (Päike seisab seniidis).

Seepärast on 21. märtsil ja 23. septembril ükskõik missugune Maakera punkt Päikese poolt 12 tunni jooksul valgustatud, samuti 12 tundi asetseb ta pimeduses: kogu Maakeral on päeva kestus võrdne öö kestusega.

Selle tagajärjel, et Maa on kerataoline ja tema kujutletav telg on Maa orbiidi suhtes kallutatud alati ühe ja sama nurga all, soojendavad ja valgustavad Päikese kiired



Joon. 26. Maa liikumise skeem ümber Päikese ja aastaaegade vaheldus.

tema mitmesuguseid osi erinevalt. Nad langevad Maakera erinevates piirkondades erineva kaldenurga all ja selle tagajärjel pole nende soojendusvõime Maa pinna mitmesugustes tsoonides ühesugune. Kõigile on teada, et kui Päike asub madalal horisondi kohal (näiteks õhtul) ja ta kiired langevad maapinnale väikese nurga all, soojendavad nad väga nõrgalt. Vastupidi, kui Päike on kõrgel horisondi kohal (näiteks keskpäeval), langevad ta kiired Maale suure nurga all ja nende soojendusvõime suureneb.

Seal, kus Päike mõningaid päevi on seniidis ja ta kiired langevad peaaegu püstloodis, asub niinimetatud palavvööde. Nendes kohtades on loomad kohanenud sooja kliimaga (näiteks ahvid, elevandid, kaelkirjakud); seal kasvavad kõrged palmid, banaanipuud, valmivad ananasid; seal, troopilise Päikese all, sirguvad hiigelsuured leivapuud, mille ümbermõõt ulatub 20 meetrini.

Seal, kus Päike iialgi ei tõuse kõrgele üle horisondi, on kaks külma vöödet kehva taimestiku ja loomastikuga. Siin on looma- ja taimeriik üksluine ja suured lagendikud on peaaegu täiesti taimestikuta. Ääretuid avarusi katab lumi.

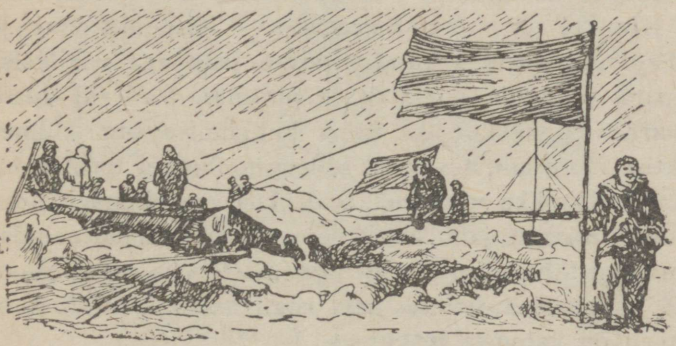
Palavvöötme ja külmade vöötmete vahel asub kaks parasvöödet, mis võtavad enda alla suurema osa Maakera pinnast. Peaaegu kogu meie mõõtmatu suur riik, sealhulgas ka Moskva, asub põhja parasvöötme piirides.

Niisiis eraldame Maal viis klimaatilist vöödet: üks palav, kaks parajat ja kaks külma.

Palavvööde asub ekvaatori juures ja tema tingpiirideks on põhjapöörijoon (Vähi pöörijoon) ja lõunapöörijoon (Kaljukitse pöörijoon). Külmvöötmete tingpiirideks on põhja- ja lõunapolaarjoon. Polaaröö kestab seal peaaegu 6 kuud. Samasuguse kestusega on ka päev. Teravat piiri

kliimavöötmete vahel loomulikult pole, on vaid järkjärguline soojuse vähenemine ekvaatorilt põhja- ja lõunapooluseni.

Ümber põhja- ja lõunapooluse on tohutud maa-alad kaetud paksude jääväljadega. Ookeanides, mis uhuvad neid ebakülalislahkeid maid, ujuvad hiigeljäämäed. Jõuda põhja- või lõunapooluseni oli juba ammu inimese hulljulgeks unistuseks. Mitmeid kordi on üritanud seda julged ja väsimatud Arktise uurijad.



Joon. 27. Papanini ekspeditsioon lahkub triivivalt jääpangalt.

Nende uurijate seas leiame ka vene rahva vapra esindaja — Georgi Sedov'i, kes 1912. aastal organiseeris laeval „Svjatoi Fok" („Püha puri") ekspeditsiooni põhjapoolusele. Tsaarivalitsus suhtus ükskõikselt sellesse suurde ettevõttesse ja ei andnud vastavat toetust julgele meremehele ning kogenud rändurile. Vahendite puudusel oli G. Sedov sunnitud esimese talve mööda saatma Novaja Zemlja'l, teise talve Franz Josephi maal. 1914. aastal võttis Sedov lõpuks ette ühes oma kahe kaaslasega viimse katse minna põhjapooluseni, kuid tervislik seisukord ja

jõud reetsid selle energilise inimese ning sama aasta märtsis hukkus ta teel sihile.

Mitu korda varustasid suured ekspeditsioonid end laevadega poolusele minekuks, kuid ka neil ei õnnestunud sihile jõuda. Rasked jääpangad „aheldasid“ laevad ja ajuti purustasid neid või kandsid neid triivides kavatsetud teest kaugele vastupidisesse suunda.

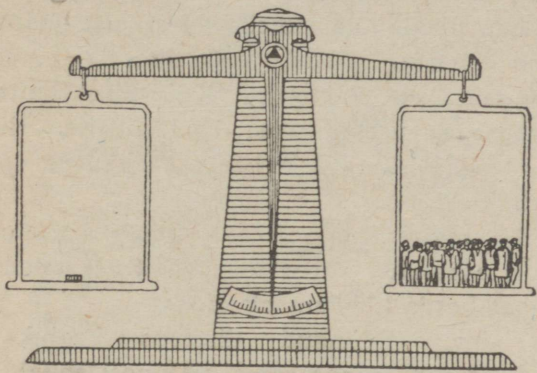
Alles 1937. aastal jõudis meie nõukogude ekspeditsioon esimesena lennukitel põhjapooluseni. Vapper nelik — astronoom E. Fedorov, hüdrobioloog P. Širšov, radist E. Krenkel ja vana meremees — ekspeditsiooni juht I. Papanin elasid 9 kuud triivival jääpangal. Hiigelsuur jääpank pragunes aeg-ajalt ja purunes. Vapraid uurijaid ähvardas enam kui üks kord hukkumise oht külmades Arktise mere lainetes, kuid sellest hoolimata teostasid nad oma teaduslikke uurimusi seal, kus veel kunagi polnud astunud inimese jalg. Need vene teaduse julged esindajad sooritasid tähtsaid uurimusi gravimeetria ja meteoroloogia alal. Austusega imetles neid kogu maailm, nende kangelastegu on vahvuse eeskujuks.

Kui palju kaalub Maa ja millel ta seisab?

Maa on võrdlemisi suur taevakeha. Ta mõõtmed on järgmised: polaarraadius 6357 km, ekvatoriaalraadius veidi enam kui 6378 km, polaarläbimõõt 12 714 km, ekvatoriaalne läbimõõt 12 757 km, meridiaani, s. o. ringjoone pikkus, mis läbistab mõlemad poolused, on 40 004 km; ekvaatori pikkus on 40 075 km; kogu Maakera pindala on umbes 510 miljonit ruutkilomeetrit; sellest maismaad umbes 148 miljonit ruutkilomeetrit, meresid ja ookeane umbes 362 miljonit ruutkilomeetrit; Maa ruumala on üks biljon 83 miljardit kuupkilomeetrit, Maa tihedus on

$5^1/_2$ korda suurem vee tihedusest, kogu Maa mass (või kaal) on ligikaudu 6 tuhat triljonit[15] tonni, täpsemalt 5 989 000 000 000 000 000 000 tonni.

Esimesena tegi kindlaks Maa kaalu 1798. aastal kuulus inglise teadlane Cavendish (1731—1811). Ta kasutas Newtoni gravitatsiooniseadust ja võttis Maa kaalumiseks



Joon. 28. Siiriuse kaaslase keskmine tihedus on vee tihedusest 40 tuhat korda suurem. Selle ainega täidetud tikutoosi kaal on võrdne 15 inimese kaaluga.

esimesena tarvitusele oma põhimõttelt lihtsad, niinimetatud pöörlevad kaalud. Nende kaalude põhimõtte alus on sarnane kaasaegse gravitatsioonivariomeetri omaga. See riist on erandlikult suure tundlikkusega ja teda tarvitatakse laialdaselt geoloogilistel uurimistöödel.

Kui oleks võimalik kogu Maa massi laadida vagunitesse, igasse 50 tonni, saaksime rongi koosseisu, mille pikkus ületaks 8 miljardit korda Maa kauguse Päikesest.

---

[15] Triljon on miljon biljonit (1 000 000 000 000 000 000), biljon — miljon miljonit (1 000 000 000 000), miljard — tuhat miljonit (1 000 000 000).

Nii suur ja raske on meie Maa! Ta keskmine tihedus on 4 korda suurem Päikese ja $5^1/_2$ korda suurem vee tihedusest. Üksikud maapõues ladestunud metallid omavad veel suuremat tihedust. Nii näiteks on plaatina enam kui 21 korda tihedam veest. Siiski pole ka plaatina tihedus kuigi suur, kui arvestada, et taevakehade hulgas on sääraseid, millede tihedus näib meile täiesti uskumatuna. Nii näiteks on Siiriuse kaaslase keskmine tihedus 40 tuhat korda suurem vee tihedusest. Kui täita tikutoos selle tähe ainega ja asetada see kaalukausile, siis tuleks kaalude tasakaalustamiseks teisele kausile paigutada 15 inimest.

Veel hämmastavamat tihedust omab astronoom Kainer'i poolt avastatud väike täheke. Selle tähekese aine on 10 tuhat korda tihedam plaatinast.

Selle ainega täidetud tikutoos kaaluks umbes 50 tonni. Katsuge panna sellist tikutoosi endale tasku!

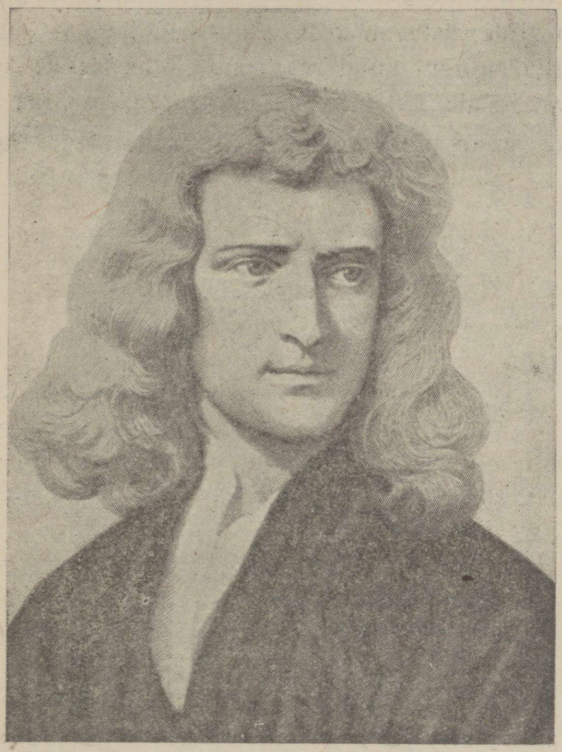
Kuid peab ütlema, et tähtede hulgas on ka niisuguseid, mille keskmine tihedus on 100 korda väiksem meid ümbritseva õhu tihedusest. Niivõrd erinev on tähtede tihedus.

* * *

Kui sai teatavaks, et meie planeet on ruumis piiratud igast küljest, kerkis tahtmatult küsimus, millel siiski „seisab" Maa ruumi avaruses? Milline jõud hoiab teda kinni tema orbiidis?

Kauaks ajaks jäi see küsimus lahtiseks. Mitmete sajandite vältel ei suutnud seda keegi lahendada. Lõpuks avastas geniaalne matemaatik, mehhaanik, füüsik ja astronoom, suur Isaac Newton (1643—1727) masside gravitatsiooni seaduse. Newton tõestas, et kõik universumis asetsevad kehad tõmbavad vastastikku üksteist külge.

Kahe keha tõmbetung on seda suurem, mida väiksem on nende kaugus teineteisest ja mida suurem on nende mass.



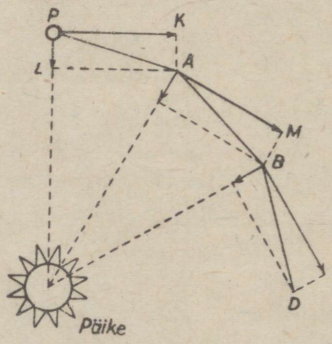
Joon. 29. Isaac Newton.

Täpsemalt öeldes kõlab Newtoni gravitatsiooniseadus nii: kaks ainepunkti tõmbuvad neid ühendava sirge sihis võrdeliselt ainepunktide masside korrutisega ja pöördvõrdeliselt nende kauguse ruuduga.

Järelikult, et hoida kõiki planeete nende orbiitidel, peab süsteemi keskkeha, mille ümber liiguvad kõik planeedid (nende hulgas ka meie Maa) omama hiigelmassi.

Planeetide-süsteemi keskkeha — Päikese — mass ongi 750 korda suurem kõigi planeetide ning nende kaaslaste massidest ja üle 330 tuhande korra suurem Maa massist.

Päike hoiab planeete nende orbiitidel oma tõmbetungiga.



Joon. 30. Skeem Päikese külgetõmbe mõjust planeetidele.

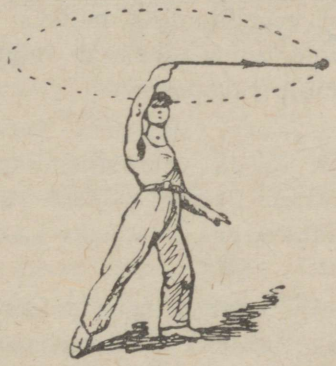
Kui näiteks poleks Päikese külgetõmbe toimet planeetidele, siis planeet *P*, liikudes *PK* suunas, liiguks edasi samas suunas sirgjooneliselt ja ühtlaselt (inertsiseaduse järgi). Esimesel sekundil liiguks ta edasi punktist *P* punkti *K* ja lõpuks lahkuks päikesesüsteemist.

Vastupidi, kui Päike tõmbaks planeeti ainult enda poole, siis liiguks see esimesel sekundil punktist *P* punkti *L*. Kuid et see taevakeha üheaegselt tõmbub Päikese poole ja liigub, siis liigub ta edasi selle liikumise alusel ehitatud parallelogrammi diagonaali *PA* mööda.

Järelikult ei asu planeet esimese sekundi lõpul mitte punktis *K* ega punktis *L*, vaid liigub diagonaali mööda punkti *A*.

Selliselt arutledes tuleme järeldusele, et teisel sekundil liigub planeet edasi punkti *B*, kolmandal punkti *D* jne.

Siit ilmneb, milline tung kisub kaasa maailmaruumi avaruses meie Maad ja teisi planeete ilma vähimagi tõuketa ja põrutuseta.



Joon. 31. Tsentrifugaaltung on suunatud tiirlemise tsentrist eemale.

Arvatavasti on paljud teist lapsepõlves lõbuga käes keerutanud kummipaela otsa seotud kivikest. Tiirlemisel on kummipael kogu aja pinguletõmmatud olekus, kuid kohe, kui te katkestate tiirutamise, väheneb samaaegselt tiirlemine ja kivike läheneb teie käele. Juhul, kui kummipael ootamatult teie käest lahti pääseb, lendab kivike ühes kummiga käest minema. Midagi niisugust juhtuks ka planeetidega, kui Päike korraga lakkaks neid külge tõmbamast. Sellest me jutustame kohe.

Kas Maa võib „ära lennata" oma orbiidilt või kukkuda Päikesesse?

Täpselt samuti, nagu kummipaelaga kivike, lendab ka meie Maa kiiresti minema päikesesüsteemist, kui mingisugusel põhjusel talle lakkaks mõjumast Päikese ja Maa vaheline tõmbetung.

Oletame, et see teostub. Vaatame, mis juhtuks siis meie planeediga ja meie kõigiga — Maa elanikega.

Juba Päikesest eemaldumisel näiteks planeet Uurani kauguseni saaksime tunda tunduvat valguse ja päikesekiirte elu loova mõju vähenemist.

Seejärel, pärast veel suuremat kaugenemist, näiks Päike meile ainult heleda, vähesoojendava tähena. Mõne aja pärast vaatleksime Päikest väikese, vaevaltmärgatava, nõrgalt vilkuva tähekesena ja lõpuks kaotaksime ta oma vaateväljalt.

Kuid juba palju enne seda, kui kaoks meie silmist päevane valgustaja, lakkaks Maal olelemast ka igasugune looma- ja taimeriigi elu. Maa vajuks igavesse pimedusse ja pakasesse, jätkates püüdlikku kihutamist universumis. Maal poleks enam mingisuguseid õhuvoolusi, poleks vesipükse ega äikesetorme, poleks isegi kõige vaiksemat tuulekest.

Maailmaruumi külmuse mõjul külmuksid põhjani kõige sügavamad ookeanid. Maa kattuks vedelast õhust tekkinud lumega, muutuks jääpangaks, millel valitseks igavene ja sügav vaikus. Meie planeet muutuks mitmes suhtes sarnaseks oma kaaslase Kuuga.

Lõpuks võiks see elutu, tarduv jääpank oma teekonnal maailmaruumis kohata mingisugust uut päikesesüsteemi. Selle süsteemi keskkeha külgetõmbe mõjul hak-

kaks Maa tema ümber tiirlema juba ühes selle uue „Päikese" ümber tiirlevate planeetidega. Ütleme, et Maa määraks endale uues planeetidepere maailmas varjupaiga ilma uue katastroofita. Teda võib-olla valgustatakse ja soojendatakse uue Päikese poolt veel tugevamini kui endise poolt. Võimalik, et ta uuesti saaks „elukandjaks", kuid juba uuendatult. Vana maailm enam uuesti ei elustuks.

Kuid kõik jutustatu on ainult fantaasia. Meie suureks rahustuseks ei või Maa mingil kombel „ära lennata" oma orbiidilt. Võimsalt tõmbab teda enda poole meie Päike.

Ainus võimalus senise olukorra muutmiseks oleks mingisuguse teise tähe sissetung meie päikesesüsteemi. Siis juhtuks tõepoolest äkki samasugune hirmus katastroof, nagu kirjeldatakse Wells'i fantastilises jutustuses „Täht".

Päike mitte ainult ei hoia kinni Maad (ja ka teisi planeete) kindlaksmääratud, üldiselt vähe muutuvas kauguses endast, vaid, nagu juba teame, kisub teda ka endaga kaasa kuhugi kosmilisse avarusse. See toimub sellepärast, et Päike omab grandioosset massi. Tema ruumala on üks miljon kolmsada tuhat korda suurem Maa ruumalast ning mass 750 korda suurem kogu päikesesüsteemi planeetide massist.

Päikese külgetõmbetung on ebaharilikult suur. Maa, nagu teame, ei lakka langemast Päikese poole, kuid ei või siiski kukkuda tema peale, sest seda takistab ta liikumine vastavalt inertsiseadusele.

Kuid vaatame, mis juhtuks, kui meie planeet korraga mingisugustel tundmatutel põhjustel lakkaks liikumast oma orbiiti mööda.

Siis hakkaks Maa hoogsalt, uskumatult suure ja üha kasvava kiirusega langema Päikese suunas ja kukukski lõppude lõpuks temasse.

Meie, Maa elanikud, märkaksime ruttu valguse ja soojuse kiiret suurenemist. Meil hakkaks korraga väljakannatamatult kuum, ka siis, kui see katastroof tabaks meid talvel. Õhutemperatuur tõuseks nii ruttu, saavutades sellised arvud, et poleks enam võimalik seda mõõta meie harilike termomeetritega.

Tohutult suur jääkate põhja- ja lõunapoolusel sulaks neis tingimustes nii ruttu, et selle sulamisel tekkinud vesi muutuks auruks enne, kui ta jõuaks laiali voolata Maa pinnale.

Kuivaksid kõige sügavamad mered ja ookeanid. Kõrbeks kogu taimestik. Hukkuksid isegi kõige enam kuivust taluvad taimed. Loomad ja inimesed põleksid ühes kogu meie planeediga.

Veel enne, kui Maa jõuaks üsna Päikese lähedale, hakkaks ta muutuma hõõguvaks gaaside keraks. See kera tungikski Päikese hõõguvasse sisemusse.

Tuleb tähendada, et Päikese pinna temperatuur on ligi 6000 kraadi ja kõige raskemini sulavad metallid asuvad seal hõõguvtulises gaasilises olekus.

Kuid midagi sellist ei juhtu. Miljoneid aastaid liigub Maa veel ümber Päikese ja teda ei ähvarda mingisugused katastroofid.

Raskustung. Kaaluta kehade maailmas [16].

Maa, nagu iga muugi keha, omab võimet külge tõmmata teisi kehi. See tähendab, et Maa kujutab endast mingisuguse tõmbetungi „keskust", mis meie Maa pinna igast punktist on suunatud peaaegu Maa tsentrisse [17].

Peale selle tekib Maa öö-päevase pöörlemise tagajärjel Maal tsentrifugaaltung. See tung mõjub igal pool Maa pinnal Maa teljele perpendikulaarselt ja temast eemale.

Üldiselt öeldes pole tsentrifugaaltung suur, võrreldes tõmbetungiga (gravitatsioonitungiga). Ekvaatoril saavutab ta oma maksimaalse suuruse. Kuid ka siin moodustab tsentrifugaaltung Newtoni arvutuste järgi ainult $\frac{1}{289}$ osa tõmbetungist. Mida kaugemale pooluste poole ekvaatorist, seda väiksem on tsentrifugaaltung. Poolusel on ta võrdne nulliga.

Tõmbetungi ja tsentrifugaaltungi resultanttung moodustabki Maakeral raskustungi.

Raskustung Maakera kõigis punktides oleks ühesugune, kui meie Maa omaks täiesti täpset kera kuju, kui

---

[16] Autor püüab ilmekalt illustreerida mitmesuguseid äärmuslikke olukordi Maakeral, kui kaoks raskustung ja hõõrdumine, mille juures jätab arvestamata teised tungid (inertsi, molekulaartungid jne.). Vast. toimet. märkus.

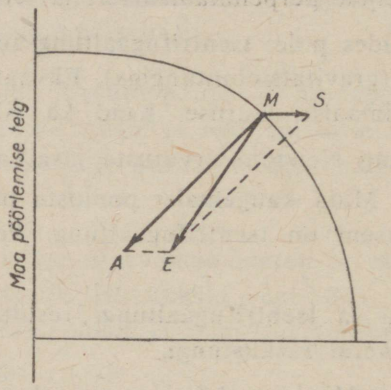
[17] Et ühtlast kera võib kujutada koosnevana üksikutest kerakihtidest, siis võime Newtoni enda tõestuse järgi väita ka kera kohta: ühtlase kera mass tõmbab sellest kerast väljaspool asetsevat ainepunkti nii, nagu oleks kogu selle kera mass koondunud kera tsentrisse.

See väide kehtib ka Maa ja teiste taevakehade kohta. Vast. toimet. märkus.

ta mass oleks igal pool ühtlase tihedusega ja lõpuks, kui poleks Maa öö-päevast pöörlemist ümber telje.

Kuid et meie Maa ei osutu keraks ega koosne igal pool ühesuguse tihedusega massist ja pöörleb kogu aja, siis järelikult on raskustung Maa pinna igas kohas mõnel määral erinev.

Järelikult oleneb raskustung igal pool Maa pinnal tõmbetungist, tsentrifugaaltungist, Maa massi tihedusest



Joon. 32. Tõmbetungi (*AM*), tsentrifugaaltungi (*MS*) ja raskustungi (*EM*) suundade skeem.

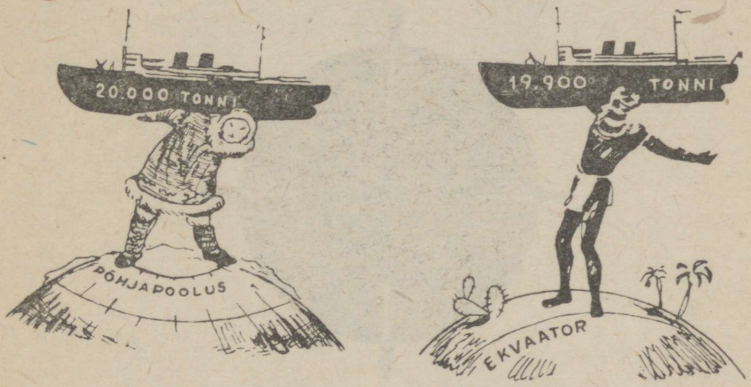
ja Maa raskuspunkti (masskeskme) kaugusest. Mida suurem on see kaugus, seda väiksem on raskustung: Maa raadiused ekvaatori kohal on kõige pikemad, põhja- ja lõunapoolusel aga kõige lühemad. Seetõttu omavad kõik kehad ekvaatoril väiksemat kaalu kui poolustel.

On teada, et poolustel on raskustung $\frac{1}{289}$ osa võrra suurem kui ekvaatoril.

Seda ühtede ja samade kehade raskuste vahet ekvaatoril ja poolustel võime kindlaks teha nende kehade kaa-

lumisega vedrukaalude abil. Kui kaaluksime kehi kaalupommide abil, siis meie seda vahet ei märkaks. Kaalud näitaksid üht ja sama raskust niihästi poolustel kui ka ekvaatoril, sest kaalupommid, samuti nagu kaalutavad kehad, muudaksid oma kaalu.

Oletame, et polaarvöötme piirkonnas, pooluse ligidal, kaaluks laev ühes lastiga umbes 289 tuhat tonni. Ekvaa-



Joon. 33. Laeva kaal poolusel ja ekvaatoril on erinev.

tori-lähedasse sadamasse saabudes kaaluks laev ühes lastiga ainult 288 tuhat tonni. Sel puhul kaotab laev oma kaalust ekvaatoril ligi tuhat tonni.

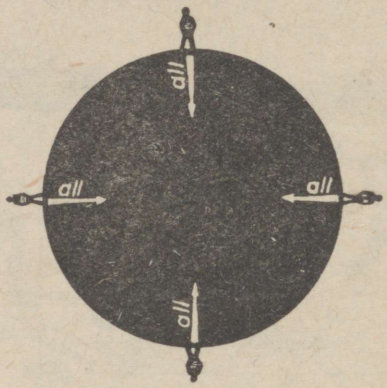
Kõik kehad seisavad maapinnal ainult tänu sellele, et nendele mõjub raskustung. Tõustes hommikul voodist, olete suutelised jalgu põrandale panema ainult seetõttu, et raskustung tõmbab neid alla.

Liiklemine Maal on samuti võimalik tänu raskustungi olemasolule.

Meie käime Maal ja ületame lakkamatult selle tungi vastupanu, tundes tema mõju nagu mingit rasket koor-

mat oma jalgadel. See „koorem" annab end eriti tunda mäkketõusmisel, kui teda tuleb järele lohistada otsekui mingeid jalgade külge riputatud pomme. Mitte vähem ei ilmne raskustung mäest laskumisel, sundides meid samme kiirendama.

Meie elame Maakeral, me liigume ta pinnal nagu mõne järsu kalju serval, mis kerkib põhjatu kuristiku

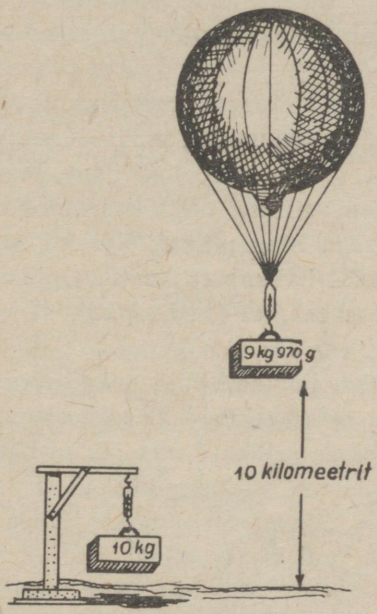


Joon. 34. Mõisted „ülal" ja „all" on vastupidised antipoodide suhtes.

äärest. Me püsime selle kuristiku serval ainult seetõttu, et meile mõjub Maa raskustung; me ei lange Maa pinnalt ainult seetõttu, et omame, nagu öeldakse, mingit teatud kaalu. Silmapilkselt langeksime sellelt „kaljujärsakult" ja lendaksime kiiresti ruumi avarusse, kui äkki lakkaks mõjumast meie planeedi raskustung. Me lendaksime lõpmata kaua maailmaruumi avaruses, teadmata, kus on „ülal" ja kus on „all".

Neid suundi — „ülal" ja „all" — määrab meile ainult raskustung. Maa pinna igas punktis, nagu juba rääkisime,

suundub ta peaaegu Maa tsentrisse. Seepärast on mõisted „ülal" ja „all" diametraalselt vastupidised nn. antipoodidele, s. o. inimestele, kes elavad diametraalselt vastaspoolsetes Maa pinna osades. Näiteks suund, mis tähendab Moskva elanikele „alla", näib Tulemaa elani-



Joon. 35. Keha kaalu muutumine kõrguse muutumisel.

kele „üles". Inimestele, kes asuvad poolusel ja ekvaatoril, moodustavad suunad „alla" täisnurga — nad on teineteisele perpendikulaarsed.

Väljaspool Maad, temast eemaldudes, väheneb raskustung tõmbetungi [18] vähenemise ja tsentrifugaaltungi suu-

[18] Maa tõmbetung, nagu iga teisegi taevakeha oma, mõjub ruumis lõpmatult kaugele.

renemise tõttu. Järelikult, mida kõrgemale tõstame mingi koorma, näiteks õhupalli abil, seda vähem see koorem kaalub.

Teatud kõrgusel kasvab tsentrifugaaltung nii suureks, et ta võrdub tõmbetungiga, kusjuures raskustung on null. Edasisel kauguse suurenemisel muutub raskustung negatiivseks ja kasvab pidevalt, olles sihitud Maast vastupidisesse suunda.

Vaatame, kuidas muutub raskustung Maa sisemuses. Maa sees suureneb raskustung pidevalt teatud sügavuseni. Umbes tuhande kilomeetri sügavuses saavutab raskustung maksimaalse suuruse, olles kasvanud, võrreldes oma keskmise suurusega Maa pinnal, ligi 5% võrra.

Veel sügavamal hakkab raskustung pidevalt vähenema ja Maakera masskeskmes (raskuspunktis) võrdub ta nulliga.

Huvitav oleks jälgida, kuidas käitub mingi ese, mis visatakse Maa masskeskmest läbikaevatud kaevu. Oletame, et kaevasime sellise kaevu Ulan-Udes; siis peaks selle kaevu teine ots väljuma kusagil Tulemaa territooriumil, seal, kus elavad Nõukogude Burjat-Mongoli elanike antipoodid. Kui visata mingi ese sellesse kaevu, siis hakkaks see vaibuvalt võnkuma Maa masskeskme juures.

* * *

Meie Maa teeb täispöörde ümber oma telje 24 tunniga. Nagu teada, kasvab tsentrifugaaltung võrdeliselt nurkkiiruse ruuduga. Järelikult, kui Maa kiirendaks 17-kordselt pöörlemist oma telje ümber, siis suureneks tsentrifugaaltung 17 korda ruudus, s. o. 289 korda.

Harilikes tingimustes, nagu juba eespool öeldud, moodustab tsentrifugaaltung ekvaatoril $\frac{1}{289}$ osa tõmbetungist.

Maa pöörlemise 17-kordsel kiirenemisel muutuvad tõmbetung ja tsentrifugaaltung võrdseiks. Raskustung võrduks Maa pöörlemise sellise kiiruse puhul nulliga kui kahe võrdse vastupidiselt mõjuva tungi resultanttung.

Seda Maa pöörlemiskiirust ümber oma telje nimetatakse kriitiliseks, sest meie planeedi sellise pöörlemiskiiruse puhul kaotaksid kõik kehad ekvaatoril oma raskuse. Öö-päeva kestus säärasel kriitilisel juhul võrduks $\frac{24}{17}$ tunniga, s. o. umbes 1 tunni ja 25 minutiga.

Maa pöörlemise edasisel kiirenemisel kaotaksid kõik kehad (kõigepealt ekvaatoril) algul oma raskuse, tsentrifugaaltung paiskaks nad maailmaruumi ja Maa ise rebeneks sama tungi mõjul tükkideks.

Meie järeldus oleks õige, kui Maa kujutaks enesest absoluutselt kindlat keha, mis pöörlemiskiiruse suurenedes ei muudaks oma kuju, teiste sõnadega, kui Maa ekvaatori raadiuse pikkus jääks samaks.

Kuid on teada, et pöörlemise kiirenemisel peaks Maa väline pind deformeeruma: ta suruks end kokku poolustel ja laieneks ekvaatori suunas; ta muutuks ikka rohkem ja rohkem lapikuks. Maa ekvaatori raadiuse pikkus kasvaks seejuures pidevalt ja suureneks ühtlasi tsentrifugaaltung.

Säärasel korral kehad, mis asuvad ekvaatoril, kaotaksid oma raskuse veel enne, kui Maa pöörlemiskiirus suureneks 17-kordselt, ja katastroof Maaga juhtuks veel enne, kui öö-päeva kestus jõuaks lüheneda 1 tunni ja 25 minutini. Teisiti öeldes, Maa pöörlemise kriitiline kiirus oleks veidi väiksem, aga äärmine öö-päeva pikkus veidi suurem.

* * *

Kujutleme, et Maa pöörlemiskiirus mingitel tundmatutel põhjustel läheneks kriitilisele kiirusele. Mis juhtuks siis Maa elanikega?

Kõigepealt kestaks igal pool Maa peal öö-päev näiteks kaks kuni kolm tundi. Päev ja öö vahelduksid kaleidoskoopilise kiirusega. Päike liiguks taevas väga kiiresti, just nagu planetaariumis[19], ja vaevalt jõuaksite lõpetada ühe paberossi suitsetamise, kui Päike juba peidaks end horisondi taha ja päev vahelduks ööga. Inimesed kaotaksid võime ajas orienteeruda. Keegi ei teaks enam, milline kuu- ja nädalapäev on. Normaalne inimese elu desorganiseeruks.

Pendlikellad aeglustaksid oma käiku ja jääksid lõppeks kõikjal seisma. Nad käivad ju seetõttu, et neile mõjub raskustung. Kui meie pendliga „ajanäitajad" jäävad taha või kipuvad ette, olete vist teiegi korduvalt lühendanud või pikendanud nende pendlit või isegi riputanud pendlile mingi lisaraskuse juurde.

Ekvaatoril kaotaksid kehad oma kaalu. Sellistes kujutletavais oludes võiks kergesti tõsta väga suure massiga kehi ja esemeid. Ei valmistaks erilist raskust võtta õlgadele hobune või elevant või üles tõsta terve maja.

Lindudel oleks teatud raskusi maandumisega. Veeküna kohal tiirleks parv varblasi. Nad sirtsuksid valjusti, kuid ei suudaks alla laskuda. Neile visatud peotäis herneid jääks üksikute teradena Maa kohale õhku rippuma.

Edasi — kui Maa pöörlemiskiirus ikka enam ja enam läheneks kriitilisele kiirusele, deformeeruks meie planeet tugevasti ja omandaks ikka lapikuma kuju. Ta sarnleks

---

[19] Seadeldis planeetide, Kuu ja Päikese liikumise selgitamiseks.

juba kiiresti pöörleva karuselliga ja ähvardaks peatselt heita eneselt oma elanikud.

Jõed lakkaksid voolamast. Nad kujutaksid siis enesest suuri seisvaid soid. Suured ookeaniaurikud puudutaksid vaevalt oma põhjaga veepinda, allveepaadid ei suudaks laskuda vee alla, kalad ja mereloomad saaksid ujuda ainult merede ja ookeanide pinnal ja ei suudaks end peita meresügavustes.

Joon. 36. Inimene tõstab üles elevandi kui mängukanni.

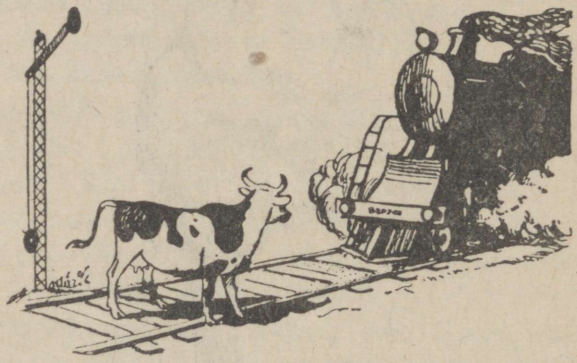
Meremehed ei saaks heita merre ankrut, nad ei suudaks valitseda oma laevu rooliga ning suured ja väikesed laevad püsiksid liikumatult.

Veel üks kujutletav pilt. Reisijaterong seisab raudteejaamas. Antakse vile; rong peaks väljuma. Vedurijuht on teinud kõik temast oleneva. Kütja loobib veduri ahju ohtrasti sütt. Suured sädemed lendavad veduri korstnast välja. Rattad pöörlevad meeletult, kuid vedur seisab

liikumatult. Ta rattad ei puuduta rööpaid ja seega puudub nendevaheline hõõrdumine.

Saabuks silmapilk, kus inimesed ei saaks astuda põrandale, nad kleepuksid nagu kärbsed lae külge.

Laseme Maa pöörlemiskiirusel veelgi suureneda. Tsentrifugaaltung ületaks üha enam Maa tõmbetungi. Siis paiskuksid inimesed, loomad, majapidamisesemed ja majad, kõik Maa peal leiduvad esemed ja kogu tema



Joon. 37. Vedur töötab täie auruga, kuid ei suuda paigast liikuda.

loomariik maailmaruumi. Maa küljest eralduks Austraalia manner ja jääks kolossaalse musta pilvena ruumis ekslema. Vaikivasse avarusse lendaks Maalt Aafrika. India ookeani veed muutuksid suureks sfääriliste tilkade hulgaks ja kaoksid samuti suurtesse kaugustesse. Vahemeri ei jõuakski muutuda hiiglaslikuks tilkade koondiseks, vaid eralduks tervikliku veekoguna oma põhjast, mida mööda siis vabalt võiks kõndida Napolist Alžiirini.

Lõppeks pöörlemiskiiruse kasvades suureneks tsentrifugaaltung seevõrra, et Maa rebeneks tükkideks.

Kuid seda kõike ei saa juhtuda. Maa pöörlemiskiirus, nagu me juba eespool kuulsime, mitte ainult ei kasva, vaid vastupidi, isegi veidi kahaneb, õieti küll seevõrd vähe, et, nagu juba teame, 50 tuhande aastaga suureneb öö-päeva kestus kõigest ühe sekundi võrra.

Teisiti öeldes, Maa pöörleb praegu niisuguse kiirusega, missugune on just vajalik, et Päikese soojendavate ja elustavate kiirte all meie planeedi looma- ja taimeriik võiks õitseda veel paljusid aastatuhandeid.

* * *

Vaatame nüüd, missugust tähtsust omab hõõrdumine ja mis oleks siis, kui ta puuduks. Hõõrdumine, nagu teada, teeb kahju meie riietele; palitul kuluvad kõige enne varrukad, saabastel tallad, sest et varrukad ja tallad alluvad hõõrdumisele kõige enam. Kuid kujutlege minutiks, et meie planeedi pind oleks hästi poleeritud ja täiesti sile — siis nagu oleks hõõrdumise võimalus välditud. Kas me saaksime kõndida niisugusel pinnal? Muidugi mitte. Kõigil on teada, et isegi jääl ja poonitud põrandal on väga raske käia ja tuleb olla ettevaatlik, et mitte kukkuda. Ja ometi evib jää- ja poonitud põranda pind teatud hõõrdumist.

Kui Maa pinnal kaoks hõõrdumine, siis valitseks meie planeedil alaliselt kirjeldamatu kaos. Kui ei oleks mingit hõõrdumist, siis mässaks meri igavesti ja iialgi ei vaikiks torm. Liivatuisud ei lakkaks märatsemast Maa kohal ja tuul puhuks vahetpidamatult. Meloodilised klaveri- ja viiulihelid seguneksid kiskjate loomade möirgamisega ja leviksid lõpmatuseni õhus.

Hõõrdumise puudumisel ei jääks keha, mis on liikuma pandud, enam kunagi seisma. Absoluutselt siledat maapinda mööda liiguksid igavesti kõige mitmekesisemates suundades mitmesugused kehad ja esemed. Naeruväärne ja traagiline oleks elu Maa peal, kui puuduks hõõrdumine.

Ookeanide pind ja Maa tõeline kuju.

Nagu me juba kõnelesime, tõestas Magalhães'i ümbermaailmareis lõplikult, et Maa on ruumis piiratud ja et ta ei asetse mitte mingitel tugedel. Kuid küsimus meie planeedi tõelisest kujust jäi veel kauaks lahtiseks.

Prantsuse astronoom Jaques Richet võttis aastail 1671—1673 osa teaduslikust ekspeditsioonist Lõuna-Ameerikasse. Tema astronoomiline pendliga kell oli reguleeritud Pariisis. Saabudes Cayenne'i, mis asub ekvaatori läheduses, avastati, et Richet' kell jääb mingil põhjusel $2^1/_2$ minutit öö-päeva jooksul taha. Et kella käiku täpsustada, tuli lühendada selle kella pendlit peaaegu 3 millimeetri võrra.

Sellest võis järeldada, et raskustung ekvaatorilähedastes piirkondades on väiksem kui ekvaatorist kaugemates piirkondades. Ainult sellega võis seletada sama pikkusega kellapendli võnkumise aeglasemaks muutumist Cayenne'is (ekvaatori lähedal) võrreldes võnkumiskiirusega Pariisis. Kuid põhjus, miks väheneb raskustung ekvatoriaalsetes piirkondades, jäi mõneks ajaks mõistatuseks.

Newton avaldas selle kohta oma arvamuse, et „Maa on ekvaatori kohal veidi kõrgem". Seda tuleb mõista nii, et Maa ekvaatori raadius on pikem tema pooluse raadiusest.

Võttes arvesse raskustungi ja Maa pöörlemisel tekkinud tsentrifugaaltungi (mis mõjub teljele perpendikulaarselt ja seega nagu venitab Maad ekvaatori suunas), tuli

Newton keeruliste teoreetiliste arutluste põhjal lõplikult veendumusele, et Maa omab sfäroidi kuju, teisiti öeldes, veidi kokkusurutud kera kuju, s. o. poolustelt kokku surutud.

Hollandi füüsik Huygens, lahendades sama ülesande oma traktaadis maailmast, tuli samuti järeldusele, et Maa on poolustelt kokku surutud. Kuid Maa kokkusurutuse määr (lapikus) olid Huygensil Newtoni omast erinev.

Prantsuse matemaatik Clairaut seletas ära Newtoni ja Huygensi resultaatide lahkumineku põhjuse ja tõestas, et tõeline Maa kokkusurutuse määr on mõlema õpetlase saadud arvude vahepealne.

Sel viisil oli teoreetiliselt tõestatud, et Maa on veidi „kokku surutud“ pooluste juures ja „pungitatud“ (puhutud) ekvaatori juures.

Planeet Jupiteri ketta vaatlemine tõestab täiesti seda järeldust, sest teleskoobis on küllalt selgesti märgatav ta kokkusurutus pooluste juures.

Sel ajal toimetati ka juba esimesi meridiaanikaare mõõtmisi, kuid need ei tõestanud Newtoni ja Huygensi otsusi. Nende mõõtmiste resultaadid näitasid vastupidi ennem seda, et Maa on veidi veninud piki pöörlemistelge ja omab sidruni- või melonitaolist kuju.

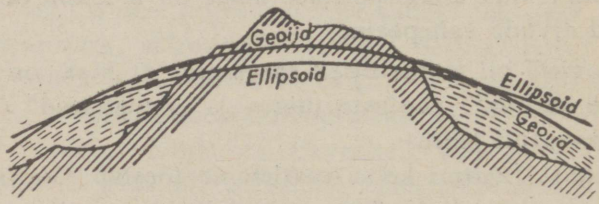
Tulemuseks oli äge vaidlus teadlaste keskel meie planeedi kuju üle. Kuulus prantsuse astronoom Jaques Cassini jäi visalt arvamuse juurde, et Maa on välja venitatud piki oma pöörlemistelge. Ta ei tahtnud tunnustada Newtoni järelduse õigsust Maa kokkusurutusest, ta ei tunnustanud ka Newtoni gravitatsioonitungi-teooriat.

1735.—1741. aastal teostati prantsuse akadeemikute poolt kaks kuulsat meridiaanikaare mõõtmist ekvaatori all Peruus (Lõuna-Ameerikas) ja Lapimaal polaarringi

läheduses. Need mõõtmised lahendasid küsimuse lõplikult ja tagasilükkamatult Newtoni ja Huygensi teoreetiliste järelduste kasuks.

Praegusel ajal mõistetakse Maa tõelise kuju all niinimetatud nivoopinda [20]. See pind langeb ligikaudu ühte veepinnaga ookeanides, kui ta asub täielikult vaikses olekus, s. t. ei sega tõusud, lained ega atmosfäärilise rõhu muutused.

Pikendades mõttes seda ookeanide pinda saarte ja mandrite alla saamegi selle suletud nivoopinna, mida on



Joon. 38. Geoiidi ja ellipsoidi pind.

otsustatud nimetada geoiidiks ja mis täpsemalt endas kindlaks määrab meie planeedi kuju.

Nagu kõigile on teada, on Maa peal sügavaid lohke ja kõrgeid mägesid, kuid need ei ole loomulikult olulised meie poolt asustatud Maa kuju kindlaksmääramisel. Maa pinna kõige kõrgemad punktid (mäed Everest ja Gaurisankar) asetsevad merepinnast ligemale 9 kilomeetrit kõrgemal. Kõrgete mägede tippudel lasub igavene lumi, mägede jalgadel aga kasvavad lilled.

Kõige suurem mere sügavus, ligemale 10 kilomeetrit, on Filipiini saarte lähedal meres.

---

[20] Nivoopinnaks nimetatakse säärast pinda, mille kõigis punktides on raskustungi suund perpendikulaarne puutujale.

Oma erakordse soolasisalduse poolest tuntud Surnumeri (Palestiinas) on ligi 400 meetrit (394 m) madalamal ookeani pinna tasemest. See meri on niivõrd soolane, et ta vesi on raskem inimkehast ning temasse on võimatu uppuda. Meil NSV Liidus, Sol'-Iletski linna lähedal Tškalovi oblastis moodustus soolalademete töötlemise kohal ligemale 40 aastat tagasi väike järv, mis sai nimetuse „lagu" (Razval). See järv sisaldab palju soola. Inimene võib olla selle järve pinnal end liigutamata. Katsuge sukelduda sellesse järve, te paiskute pinnale nagu kork.

Kaspia mere pinna tase asetseb samuti ookeanide pinna tasemest madalamal enam kui 20 meetrit. See tase ei kõrgene, kuid on põhjust oletada, et ta isegi mõningal määral alaneb. Selle põhjuseks võib olla kas aurumise suurenemine meres endas ja tema jõgedes või Kaspia mere põhja vajumine. Usutavam on esimene põhjus.

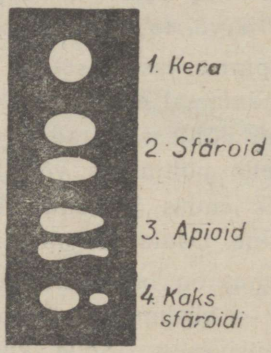
Maa kuju küsimus on lahutamatult seotud teise väga tähtsa küsimusega — küsimusega üht või teist kuju omavate planeetide püsivusest. Selle küsimusega tegelesid kaheksateistkümnenda, üheksateistkümnenda ja meie sajandi silmapaistvad matemaatikud. Nende hulgas Maclaurin, D'Alembert, Laplace, Jacobi, Poincaré, Georg Darwin, Ljapunov, Jeans ja teised.

Kui antud planeedi kuju oleks püsiv, siis tooksid igasugused teatud piiri mitteületavad välised häired endaga kaasa ainult ajutisi muudatusi tema kujus. Häireid tekitavate tungide tegevuse katkemisel omandaks planeedi kuju uuesti oma esialgsed piirjooned. Muutumatu nurkkiiruse puhul hoiab püsiv kuju oma vormi alal piiramatu aja.

Vastupidi, väiksemategi väliste jõudude häirete mõjul muutub püsimatute kujude vorm alati ja ei taasta seda kunagi enam. Kuid püsimatud kujude vormid võivad esi-

neda ainult masside lõplikul purunemisel või üleminekuvormina ühelt püsivalt vormilt teisele.

Uurimused näitasid, et kergelt kokkusurutud sfäroidid (pooluste juurest ainult kergesti kokkusurutud kerad) on teatud tingimustel püsivad. Tugevasti kokkusurutud sfäroidid kuuluvad püsimatute vormide hulka, kuid väljavenitatud sfäroidid ei või üldse ilmuda tiirlevate planeetide mitmesuguste vormide üleminekul ühelt teisele.



Joon. 39. Kujude areng: kera, sfäroid, apioid.

Selliste vormide puudumine meid ümbritsevate taevakehade hulgas tõestab seda täiel määral.

Meie kuulus kaasmaalane, ülemaailmselt tuntud matemaatik, akadeemik A. M. Ljapunov tõendas esimesena täiesti kindlalt, et ükskõik millise planeeditaolise massi kaheks osaks purunemise momendil oleleb mõnda aega pirnisarnane kuju ehk apioid, mida me juba eespool mainisime.

On alust oletada, et kunagi väga ammu, kui meie planeet pöörles oma telje ümber väga kiiresti (sooritades ühe pöörde 4—5 tunniga) ja oli veel hõõguvvedelas oleks, oli

ta kaheks purunemise momendil pirnitaoline. Just samal ajal eraldus Maast tema püsiv kaaslane Kuu, kes, aeglustades pöörlemist oma telje ümber (Maa tõusu-mõõna tegevuse mõjul), praegu kogu aja on pöördunud Maa poole ühe ja sama küljega.

Maa sisemine ehitumus ja iga.

Väga ammu, paljusid miljoneid aastaid tagasi, kujutas meie Maa endast kõige tõenäolisemalt vedelas olekus hõõguvat taevakeha. Ta oli siis nagu „kääbuspäike", s. o. väike punakas täheke. Maa levitas tollal maailmaruumi rikkalikult soojust ja valgust.

Meie planeet omas siis veidi teissugust kuju ja peab oletama, et samal perioodil eralduski temast ta püsiv kaaslane — Kuu. Igal juhul eraldus Kuu Maast varem, kui viimasel tekkis maapinna koor — ligikaudu mitte vähem kui neli miljardit aastat tagasi.

Möödus, nagu juba teame, miljoneid aastaid, enne kui meie planeet kattus küllaldaselt paksu koorekihiga. Kulus palju aega, enne kui temale tekkisid suured veekogused ja eraldusid lõplikult mandrid, mered ja ookeanid ning Maa ümber moodustus atmosfäär — õhukiht, mis laiub igal pool kuni 1000 kilomeetri kõrguseni.

Peab ütlema, et Maa sisemise ehitumuse tundmaõppimine on seotud suurte raskustega.

Kaevandused, tunnelid ja puuraugud võimaldavad otsustada Maa sisemise ehitumuse üle ainult kuni 4—4,5 kilomeetri sügavuses. Geoloogia, uurides mitmesuguseid kihistikke, annab võimaluse kindlaks määrata Maa sisemist ehitumust kuni 10—20 kilomeetri sügavuses.

Tema sisemise ehitumuse kohta ülejäänud 6330—6350 kilomeetri sügavuses võib teha järeldusi maaväringute

hoolsate ja igakülgsete uurimuste resultaadina saadud andmete alusel ja raskustungi suuruse uurimisel Maa pinna mitmesugustes punktides. Gravimeetrilised[21] tööd on Nõukogude Liidus viimastel aastatel saanud laialdase arengu osaliseks. Raskustungi uurimised ei toimunud mitte ainult kuival maal, vaid ka meredel. Nii näiteks on raskustungi uurimist teostatud allveelaevadel Mustal, Jaapani ja Ohhoota merel eriliste pendelaparaatide abil.

Maa sisemise ehitumuse uuemad uurimised viisid järgmistele tulemustele.

Maa sfäroidi keskosa kujutab endast enam kui 3-tuhande-kilomeetrise raadiusega hõõguvtulist „metallist" tuuma. Mitmesuguste oletuste järgi ületab Maa selle osa temperatuur kolme tuhandet kraadi, rõhumine aga ületab kuni 3 miljonit atmosfääri. Aines, millest koosneb meie planeedi kesktuum, on 9—10 korda veest tihedam.

Kõrge temperatuuri olemasolu meie planeedi tsentris tõestab kas või seegi asjaolu, et sügavamale Maa sisemusse tungides tõuseb temperatuur peaaegu täpselt iga 33 meetri tagant ühe kraadi võrra. Varem tehti selle põhjal järeldus, et Maa tsentris tõuseb temperatuur ligemale 200 tuhande kraadini ja et meie planeedi-kera tuum on hõõguvvedelas olekus. Praegu on maaväringute[22] uurimise põhjal saanud teatavaks, et mingisugust hõõguvvedelat või isegi gaasitaolist tuuma Maa tsentris pole (olgugi et temperatuur ulatub seal enam kui kolme tuhande kraadini)

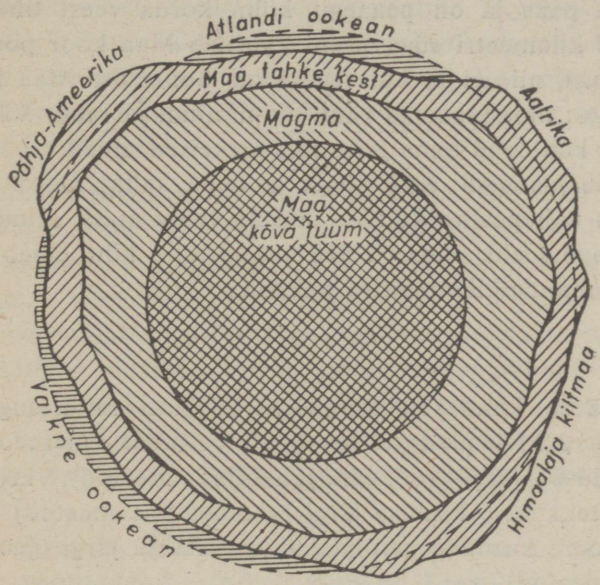
---

[21] Gravimeetria — teadus raskustungi mõõtmisest; ta omab suurt tähtsust massi määramisel Maa sisemuses ja kasutatakse laialdaselt geoloogilistel uurimustel.

[22] Maaväringute ajal levivad lained Maa sisemuses nagu kõvas vetruvas kehas.

ja et Maakera põhimine mass on tahkes olekus, kuid tema keskne tuum on isegi kõvem terasest.

Temperatuuri tõus sügavamale Maa sisemusse minnes esineb tõepoolest, kuid praegu on meil teada, et eespooltoodud oletus temperatuuri tõusu määra kohta on õige



Joon. 40. Maa sisemise ehitumuse skeem.

ainult meie planeedi õhukese pealmise kihi kohta ja on peamiselt seletatav radioaktiivsete elementide (toorium, raadium, uraan jt.) olemasoluga selles kihis.

Kujukaimaks tõendiks meie planeedi maapõue sügavuses oleva kõrge temperatuuri kohta on vulkaanilised pursked. Suure jõuga paiskuvad mõnikord välja vulkaanide kraatritest mitmesuguste ainete hõõguvtulised ja sulanud massid (gaasid, aurud, tuhk, tardunud laava

tükid), kuid samuti suured rahnud neist kivimeist, mida läbivad purske produktid. Mõnikord (väga harva) on vulkaanilised pursked niivõrd tugevad ja rikkalikud, et matavad tulise laavaga enda alla terveid linnu.

Meie Maa tahke kest on veidi rohkem kui tuhat kilomeetrit paks ja on peaaegu kolm korda veest tihedam. Ligi 10 kilomeetri sügavuseni koosneb Maa koor pooleldi hapnikust, nii veider kui see ka on. Suure osa Maa koore koostisest moodustavad räni, alumiinium ja raud. Vähesel määral kuuluvad tema koostisse ka teised ained.

Meie planeedi kesktuuma ja tema tahke kesta vahel asetseb vahepealne kiht — raskelt veniv mass, niinimetatud magma ehk sima [23]. See vahepealne kiht omab ligemale tuhande-kilomeetrise paksuse.

* * *

Maa ea kindlaksmääramiseks kasutati mitmesuguseid meetodeid. Meie planeedi iga määrati kindlaks merede soolasisalduse järgi (ookeanograafiline meetod), kivimite setete tekkimise kestuse järgi (geoloogiline meetod) ja ka Maa koore kurdude moodustumise kestuse järgi (geograafiline meetod).

Siiski kõik need Maa ea kindlaksmääramise meetodid ei võinud viia enam-vähem usutavate resultaatideni. Praegusel ajal on leitud meie planeedi ea kindlaksmääramiseks uus, täpsem ja objektiivne meetod, mille kasutuselevõtmine sai võimalikuks pärast seda, kui oli avastatud ja laboratooriumides uuritud radioaktiivsuse nähtusi. Vaatleme, milles seisneb nende nähtuste olemus.

---

[28] Tänu temas leiduvale siliitsiumile ja magneesiumile kõrvuti teiste elementidega.

Tehti kindlaks, et mõningate keemiliste elementide aatomid on püsimatus seisukorras: nad lagunevad alatiselt ja lähevad üle neist väiksema aatomkaaluga keemiliste elementide aatomiteks. Säärast liiki aatomeid kutsutigi radioaktiivseiks.

Radioaktiivsete keemiliste elementide lagunemisprotsess jätkub vahetpidamatult seni, kuni uuendumise kindla tsükli resultaadina ei moodustu niisuguseid elemente, mis radioaktiivsust ei oma. Need viimased elemendid koosnevad juba püsivatest aatomitest.

Aatomite lagunemise nähtus avastati 1896. aastal esimesena raske metalli uraani juures. Uraani aatomid lähevad lagunedes üle heeliumi ja raadiumi [24] elementideks. Heelium, nagu teada, ei kaldu edasisele muundumisele ja muutumisele. Mis puutub raadiumisse, siis on ta samuti radioaktiivne element ja teda moodustavad aatomid lagunevad omakorda seni, kuni muundumise lõppahelas temast saavad püsivad aatomid, mis kujundavad keemilise elemendi seatina, mis aga enam ei oma radioaktiivsust.

Järelikult on seatina ja heelium uraani aatomite lagunemise resultaadina saadud lõplikud keemilised elemendid.

Radioaktiivsete keemiliste elementide muundumisprotsess mitte enam lagunemisele kalduvateks elementideks toimub erandlikult aeglaselt.

---

[24] Raadiumi avastas Skladovskaja-Curie (1896. aastal), töötades uraani maagiga. Raadiumi aatomid lagunevad palju kiiremini kui uraani aatomid. Ühest grammist raadiumist saab tema alalise lagunemise teel 1500 aasta jooksul pool grammi raadiumi ja peaaegu pool grammi seatina.

Nii näiteks muundub ühest kilogrammist uraanist alles 66 miljoni aasta jooksul ainult 10 grammi (s. o. üks protsent) teisteks, juba mitteradioaktiivseteks elementideks — seatinaks ja heeliumiks; esimest saadakse 8,65 grammi, teist 1,35 grammi.

Järgmise 66 miljoni aasta jooksul saadakse 9,9 grammi (üks protsent ülejäänud osast) uraani lagunemisest 8,564 grammi seatina ja 1,336 grammi heeliumi. See protsess jätkub senikaua, kuni viimane gramm uraani on muundunud tema lagunemise lõpp-produktideks — seatinaks ja heeliumiks.

Ei saa märkimata jätta üht väga tähtsat ja tähelepanuväärset omadust, mida omab radioaktiivsuse nähtus: radioaktiivsete elementide muutumise kiirus lagunemisele mittekalduvateks elementideks ei olene sugugi neist tingimustest (temperatuur ja rõhumine), milles on radioaktiivne aine.

Praegusel ajal kasutatakse radioaktiivsuse nähtusi ulatuslikult selle või teise kivimi ea kindlaksmääramisel. Seda tehakse nii: kindlaks määranud seatina hulga, mis on tekkinud uraanist mõningais vanemais kivimeis, võime arvutada (ülaltoodu alusel), kuipalju aega on möödunud sellest, kui see kivim tardus ja omandas tahke oleku [25].

Peab märkima, et uraanist saadud seatina erineb harilikust seatinast veidi ainult aatomkaalu poolest. Hariliku seatina aatomkaal on 207,1, uraanist saadud seatinal — 206,0.

Kasutades ülalkirjeldatud meetodit vanimate kivimite ea kindlaksmääramisel leidsid õpetlased, et need eksis-

---

[25] See meetod on kõlblik ainult tahkete ainete ea kindlaksmääramisel.

teerivad mitte vähem kui $1^1/_2$, kuid võib olla ka isegi $3^1/_2$ miljardit aastat.

Sel teel saadud andmete põhjal võib öelda, et sellest ajast, kui tekkis meie planeedile tahke kest, on möödunud kaks-kolm miljardit aastat.

Siiski ei tohi unustada, et käesoleval juhul määrame Maa ea ainult sellest ajast, kui tal hakkas kujunema tahke kest. Siin meie ei puuduta sugugi seda perioodi, mis möödus Maa tekkimise momendist kuni tema tahke koore moodustumiseni.

Järelikult ei vaatle me siin oma planeedi niinimetatud tähelise ja hõõguvvedela perioodi elu.

Lõppsõna.

Kokkuvõttes lausume mõned sõnad sellest, missugust kohta omab Maa universumis teiste taevakehade keskel ja mida kujutab endast inimene maailmaruumis.

Maa on suur taevakeha. Tema ruumala on ligikaudu 1083 miljardit kuupkilomeetrit, pindala ligi 510 miljonit ruutkilomeetrit ja kaal ligikaudu 6 tuhat triljonit tonni. Kuid Maa omakorda on väga väike Päikesega võrreldes, mis on Maakerast 1 miljon 300 tuhat korda suurem.

Siiski osutub, et ka Päike pole suurim. Taevakehade hulgas on Päikesest suuremaid tähti. Nii näiteks on Skorpioni tähtkujus täht-hiiglane Antares, mis oma ruumalalt on peaaegu 3,5 miljonit korda Päikesest suurem. Täht W Cepheuse tähtkujus on veelgi suurem: tema ruumala on peaaegu 14 miljardit korda suurem Päikese omast. Kuid ka sellistel hiiglastel pole universumis „kitsas", vabalt ja hiiglakiirusega (20—80 kilomeetrit sekundis) rändavad nad universumis, mis on piiritu nii ruumis kui ka ajas.

Kuid mida kujutab endast Maa piiramatus universumis? Ainult tühist tolmukübemekest! Kuid ühes teiste päikesesüsteemi kehadega võtab ta osa muude Galaktika tähtede keskel meie sädeleva Päikese hoogsast jooksust. Siiski, sellel väikesel tühisel tolmukübemekesel asume kõik „meie" — kogu inimkond ja kogu looma- ning taimeriik. Nagu hiiglaslikul planeetidevahelisel laeval rändame me lakkamatult maailmaruumis ning koos Päikesega kihutame üha kaugemale ja kaugemale!

Milline on siis inimese koht universumis? Ta on niivõrd väike, et siin kaotavad igasuguse mõtte ükskõik millised võrdlused ja maastaabid.

Kuid meie peame ütlema, et inimese mõistus allutab enesele looduse jõud ja tungib isegi ääretuisse universumi avarustesse. Inimene läbistab mered ja ookeanid, uurib nende vetesügavusi; ta võitis õhuookeani ja hõljub nagu kotkas taeva sinistes avarustes; ta murdis läbi mägede sügavad tunnelid; mõttes tungib ta isegi meie Maa sügavaimasse põue; järk-järgult alistab ta endale kogu Maa, kogu tema vesi- ja õhkkesta.

Inimese teadushimuline mõistus läheb veelgi kaugemale: ta tungib nähtamatute aatomite ja molekulide „ellu", samuti nagu ta tungib ka hiiglaslike tähtede „ellu". Väsimatult avastab ta looduse saladusi üksteise järele ja ta silmapiir avardub üha enam ja enam. Varsti lahkub inimene Maaks nimetatud kitsalt areenilt ja talle muutuvad reaalseiks kosmilised reisid mööda universumi.

* * *

Käesolevas raamatus tegelesime „merega" ja „Maaga", kuid jätsime kõrvale paljud teised, mitte vähem huvitavad küsimused ookeanograafiast, geoloogiast ja geofüüsikast.

Sisukord.

Vastutav toimetaja
A. Ohu.

Tehniline toimetaja
H. Kohu.

Ladumisele antud 8. IV 1948.
Trükkimisele antud 11. VI 1948.
Paberi kaust 56×79. 1/16. Trükipoognaid 8 1/4. Autoripoognaid 4,8. Arvestuspoognaid 5,74.
MB 04207. Laotihedus trpg. 30 10. Tiraaž 5200. Trükikoja tellimus nr. 832. Trükikoda „Tartu Kommunist", Tartu, Ülikooli 21/23.

Г. А. Аристов, Земля и море.
На эстонском языке.
Эгосиздат „Научная Литература", Тарту.

RK „TEADUSLIKU KIRJANDUSE" KIRJASTUSEL 1947/48. AASTAL ILMUNUD POPULAARTEADUSLIKUD TEOSED.

	Lk.	Hind
Aristov, G., Maa ja meri	132	Rbl. 4.—
Bajan, O., Esimesed Kesk-Aasia uurijad	76	„ 3.—
Dorfman, V. A., Elus ja eluta loodus	44	„ 2.—
Dzerdzejevski, B. L., Õhumeri	42	„ 3.—
Frolov, J. P., Jutustusi füsioloogiast	140	„ 6.—
Iljin, M., Jutustusi asjadest	343	„ 15.—
Iljin, M., Mäed ja inimesed	240	„ 5.—
Iljin, M., ja **Segal, J.**, Kuidas inimesest sai hiiglane	196	„ 6.—
Ivanovski, M., Päikese perekond	194	„ 8.75
Joffe, A. F., Elektrilaeng	46	„ 2.—
Katšinski, N., Mulla tekkimine ja elu	76	„ 2.50
Keller, B. A., Kuidas tekkis elu maakeral	44	„ 2.—
Kostõkov, J., Imelamp	120	„ 5.—
Kunitski, R. V., Päev ja öö. Aastaajad	37	„ 2.—
Lunkevitš, V. V., Kohutavad loodusnähtused	138	„ 8.—
Makarenko, A., Raamat lastevanemaile	410	„ 12.—
Netšajev, I., Jutustusi elementidest	160	„ 8.—
Orlov, V., Leiduri saladus	165	„ 6.50
Polak, I., Aeg ja kalender	50	„ 2.—
Polak, I., Astronoomia kõigile	416	„ 15.—
Poljakov, G. I., Närvisüsteemi evolutsioon	97	„ 5.—
Russel, H. N., Päikesesüsteem ja selle tekkimine	126	„ 10.—
Saveljev, L., Jäljed kivil	334	„ 10.—
Subbotin, M., Maakera tekkimine ja iga	48	„ 2.—
Svešnikov, M. P., Klaasi saladused	217	„ 12.—
Veitkov, F., Elektri edukäik	388	„ 14.—
Piiper, J., Pilte ja hääli Eesti loodusest	192	„ 12.—
Fučik, J., Viimne raamat	148	„ 3.50

Ilmumas:

	Trükipoognaid ca
Bubleinikov, F., Maa aarded	5
Darwin, Ch., Naturalisti reis ümber maailma purjekal «Beagle»	25
Fersman, A. E., Jutustusi teadusest ja selle loojaist	35
Kogumik «Vestlusi loodusest ja inimesest»	17
Novikov, N. I., Elu tekkimine maakeral	2
Perelman, J., Elav matemaatika	11
Perelman, J., Huvitav füüsika I	17
Safonov, V., Elu mõistatus	15
Serebrovski, A., Jutustusi bioloogiast	10
Zavadovski, B., Eluprotsesside keemilised regulaatorid	3
Tumerman, L., Valgus ja selle allikad	4

Lugejale.

Palume lugejaid avaldada oma arvamusi RK «Teadusliku Kirjanduse» kirjastusel ilmuvate populaarteaduslike teoste sisu, tehnilis-kunstilise kujunduse jne. kohta ning teha omapoolseid ettepanekuid, milliseid konkreetseid teoseid või milliste alade käsitlust soovitakse meie populaarteaduslikus sarjas näha.

Arvamused ja ettepanekud saata RK «Teaduslikule Kirjandusele», Ülikooli 18, Tartu.

HIND RBL. 4.—