

J. H. JEANS

Maailmade Liikumine



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“

TARTU 1941

JAMES H. JEANS

MÕNDA SUURTEST ARVUDEST.

MAAILMADE LIIKUMINE

Arvude mõõtmiseks kasutatakse tavaliselt järgmisi ühikuid:

- 1000 miljonit — miljard
- 1000 miljoni — triljon
- 1000 triljoni — kvadriljon
- 1000 kvadriljoni — kvintiljon

Kuid mõnedes maades, näiteks Inglismaal ja Saksas, aga järe-
neva klasi arvud on veel suuremad mitte miljar-
dide miljon korda. Need on:

- biljon — 1 000 000 000 000 miljonit,
- triljon — 1 000 000 000 000 000 miljonit,
- kvadriljon — 1 000 000 000 000 000 000 miljonit,
- kvintiljon — 1 000 000 000 000 000 000 000 miljonit.

Arvude mõõtmiseks kasutatakse tavaliselt järgmisi ühikuid:



RK „TEADUSLIK KIRJANDUS“

TARTU 1941

Tõlgitud raamatu järgi: Дж. Т. Джинс „Движение миров“. Переработка для детей старшего возраста под редакцией Э. Кольмана. Центральный Комитет Всесоюзного Ленинского Коммунистического Союза Молодежи: Издательство Детской Литературы, Москва 1937, Ленинград. Tõlkija: V. Lint.



10048

A-12573

Peatoimetaja L. Voore. Vastutav toimetaja A. Kipper. Tehniline toimetaja E. Kollom. Korrektorid R. Nurkse ja H. Veskimäe. Ladumisele antud 28. II 1941. MB6397. Trükkimisele antud 5. VI 1941. Laotihedus trpg. 35895. Trükipoognaid $9\frac{1}{2}$. Autoripoognaid 6,7. Paberi formaat $61 \times 86\frac{1}{16}$. Trükiarv 3000. Trükitud nats. Mattieseni trükikojas. Tellim. nr. 368. Hind 5 rbl.

На эстонском языке. Эгосиздат „Научная Литература“, Тарту.

MÕNDA SUURTEST ARVUDEST.

Selles raamatus kohtate tohutu suuri arve: miljoneid, biljoneid, triljoneid kilomeetreid, tonne, aastaid. Peab oskama lugeda ja mõista neid arve.

Teame, et iga järgneva klassi arvud on eelnevast klassist tuhat korda suuremad:

1000 miljonit	moodustab	biljoni ehk miljardi,
1000 biljonit	„	triljoni,
1000 triljonit	„	kvadriljoni,
1000 kvadriljonit	„	kvintiljoni.

Kuid mõnedes maades, näiteks Inglismaal ja Saksas, iga järgneva klassi arvud on eelneva klassi arvudest suuremad mitte tuhat, vaid miljon korda. Tähendab,

biljon	—	see on	1 000 000	miljonit,
triljon	—	„ „	1 000 000	biljonit,
kvadriljon	—	„ „	1 000 000	triljonit,
kvintiljon	—	„ „	1 000 000	kvadriljonit.

Arvude tähendused mõlemas süsteemis on muidugi mõista samad, vahetuvad ainult nende nimetused, alates biljonist. Ja nii saadakse, et meie triljonit nimetavad inglased biljoniks, meie kvintiljonit — triljoniks ja nii edasi. Kuid miljoniks ja miljardiks, nagu meil, samuti ka Inglismaal nimetatakse ühtesid ja samu arve. Järelikult ka inglise süsteemi järgi miljard koosneb 1000-st miljonist, kuid, muidugi mõista, ta ei võrdu enam biljonile.

Suurte arvude jaoks on inglise süsteem sobivam; sellepärast kõikide arvude nimetused, mis esinevad käesolevas raamatus, vastavad inglise süsteemile. See selgub teile kohe täielikult.

Lihtne viis suurte arvude kirjutamiseks.

Arvude kirjutamine sõnadega venib pikale ja on ebamõnus, sellepärast kirjutatakse neid numbritena. Kuid kui nad esinevad väga suurtena, siis ei ole sellestki kirjutamisviisist enam suurt kasu. Näiteks niisugune arv:

1 000 000 000 000 000 000 000 000 000.

See arv numbritena kirjutatult on sama pikk ja ebamõnus kui sõnadega, aga seda lugeda on veelgi raskem; ja eksida selle juures on väga kerge. Kuidas te loete seda arvu?

Kõigepealt loendate, kuipalju on temas nulle. Seejärel kontrollite, kas olete õieti loendanud. Siis hakkate mõtlema: mis sugusesse klassi see kuulub? Mitu nulli on biljonis, triljonis?

On väga lihtne kirjutada ja lugeda arve suure hulga nullidega. Selleks kasutatakse 10-t astmeis. Võib-olla pole teil selge, mis on „arvu aste“, kuid on küllalt, kui teate esialgu, et:

$$10^2 = 100$$

$$10^5 = 100\ 000$$

$$10^8 = 100\ 000\ 000$$

$$10^3 = 1000$$

$$10^6 = 1\ 000\ 000$$

$$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$$

$$10^4 = 10\ 000$$

$$10^7 = 10\ 000\ 000$$

ja nii edasi.

Näete, et väike number iga kümne paremal pool üleval näitab, mitu nulli on arvus. Tähenäeb, antud suurt arvu võib väga lihtsalt ja lühidalt kirjutada järgmiselt: 10^{27} , sellepärast, et temas on 27 nulli.

Kuidas siiski lugeda seda arvu?

Loeme kohe. Kui miljon koosneb ühest kuue nulliga — ja seda peab kindlasti teadma ja meeles pidama, siis biljonis, inglise süsteemi järgi, peab olema 12 nulli. Sest on ju biljon — miljon miljonit, aga

$$1\ 000\ 000 \times 1\ 000\ 000 = 1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 10^{12}.$$

Toimides samuti arvudega teistest klassidest, koostame väikese tabelikese:

10^6 — see on miljon, 10^{24} — see on kvadriljon,

10^{12} — „ „ biljon, 10^{30} — „ „ kvintiljon,

10^{18} — „ „ triljon, aga miljard on 10^9 .

See on kõik. Nüüd pole juba enam raske lugeda meie pikka arvu 27 nulliga — ta sai otsekohe lühikeseks. Kuid kirjutame väikese numbriga kümne juures mitte kõik 27 nulli, vaid ainult 24, esimesed kolm nulli jätame ühelise juurde: $10^{27} = 1000 \times 10^{24} =$ tuhat kvadriljonit.

Aga kuidas tuleks seda arvu kirjutada siis, kui vasemal ei seiks mitte üks, aga ütleme seitse?

Siis oleks see arv seitse korda suurem endisest, ja sellepärast me märgiksime teda nii:

7×10^{27} ehk $7 \cdot 10^{27}$, mis tähendab seitse tuhat kvadriljonit. Ja viimane näide:

$247\ 000\ 000\ 000\ 000 = 247 \times 1\ 000\ 000\ 000\ 000 = 247 \times 10^{12}$ ehk $247 \cdot 10^{12}$, see on 247 biljonit.

Kui suured on need arvud?

Osata kirjutada või lugeda suurt arvu — seda on veel vähe: peab teadma, mida ta tähendab, peab mõistma teda endale kujutleda. Aga muidu miljonid, miljardid ja biljonid jäävad meile mitte-midagi-ütlevaiks sõnadeks. Kui teile öeldakse praegu, et Maakeralt mingisuguse taevakehani on miljard kilomeetrit, aga teiseni — biljon, te suhtute ühesuguselt mõlemasse arvu, teades ainult, et nad on „väga suured“. Teie ütlete isegi ükskõikselt, et inglise süsteemi järgi on biljon tuhat korda suurem miljardist. Kuid te tunnete otsekohe nende vahel erinevust, kui mõtlete, et nad suhtuvad üksteisesse nagu meeter kilomeetrisse.

Kuidas siis kujutleda endale miljoni, miljardi ja biljoni suurust?

Need arusaamatud arvud saavad selgemaks, kui võrdleme neid teistega — arusaadavate ja harilikkudega. Alustame miljoniga.

Sekund on väga väike ajavahemik: lehvitat käega — ja sekund on möödunud. Kuid miljon sekundit moodustavad 11,6 ööd-päeva. Et töötada miljon sekundit, ametnik peab ligi 2 kuud töö käima.

Miljonist inimesest koosnev rida ulatub 260 kilomeetrit; miljon rublalist paberraha, pandud pikuti üksteise järele, ulatuvad 120 kilomeetrit; kui teie ees lehav raamat sisaldaks miljon lehekülge, ta paisuks paksuselt kuni 32 meetrit ja kaaluks 1100 kilogrammi. Aga selle „raamatukese“ läbilugemiseks kuluks teil normaalseis töötajimugis (8-tunnine tööpäev) 30 aastat. Isegi selleks, et lihtsalt lugeda kuni miljonini, häädades kõiki arve täielikult, kuluks samade tingimuste juures kolm ja pool kuud.

Nii suur on miljon.

Lähme üle miljardile. Miljardist paberrublast koosneva paki paksus võrdub 135 kilomeetritele. Aga lindiga, mis koosneb miljardist kokkukleebitud rublalisest, võiks kolm korda kerida ümber Maakera (3 korda $40 \cdot 10^3$ km). Miljardist kassist koosnev rida ulatuks Maa pealt Kuuni.

Miljard sekundit moodustab 31,6 aastat, nii et enamik selle raamatu lugejaid on elanud „kõigest“ umbes pool miljardit (ja isegi vähem) sekundit... Harva võib mõni üksik uhkeldada 3 miljardi sekundilise eaga. Aga lugeda miljardini, häädades kõiki arve täielikult, ei suuda üldse mitte keegi: selleks oleks vaja elada vähemalt 450 aastat. Isegi selleks, et miljard korda lüüa vastu lauda, kiiresti koputades sõrmega, töötades seejuures kolme vahetusega ja mitte kaotades sekunditki, oleks vaja enam kui kaheksa aastat.

Me ütleme tihti: „Oodake üks minut“. On see kaua oodata üks minut? Aga miljard minutit — see on 1900 aastat. Miljardisse minutisse mahutatakse inimkonna ajalugu Rooma keisririigi ajast kuni meie päevini. Ja pealegi korraliku jäägiga.

Aga kui suur on biljon?

Biljoni-leheküljelise raamatu paksus oleks kaks ja pool korda suurem Maakera telje pikkusest. Biljoni-täheline rida ajalehe „Pravda“ trükkikirjas on kolm korda pikem kaugusest Maa ja Kuu vahel, aga biljon kõrvu asetatud tikku laiuti 6,5 korda pikem. Lindist, mis koostatud biljonist tervest pliiatsist, jätkuks, et katta vahemaa Maa ja Päikese vahel ($150 \cdot 10^6$ km.). Aga selle lindi küllaldasest ülejäägist $30 \cdot 10^6$ kilomeetrist võiks veel ömmelda 6 vööd Päikese ekvaatorile ja sada „väikest“ vöökest Maa ekvaatorile.

Biljon sekundit moodustab 31 600 aastat. See on kolm korda pikem meile teadaolevast inim-kultuuri eest.

Ja nii lähenesimegi astronoomiale.

Mis on „valgusaasta“?

Mõõta kaugusi maailmaruumis kilomeetritega on enamasti niisama ebasobiv, kui mõõta kaugusi linnade vahel millimeetri tuhandikosadega — mikronitega. Sellepärast kasutatakse astronoomias suuremat mõõtu — „valgusaastat“.

Kust on võetud valgusaasta ja millele ta võrdub?

Me näeme asju sellepärast, et valgusekiired satuvad neilt meie silma. Sellepärast valgus sähvatust, näiteks, meie ei näe kohe, vaid mõne aja pärast, kui valgus temast jõuab meieni.

Valgusekiired aga, samuti ka raadiolained levivad ruumis kiirusega 300 000 ehk $3 \cdot 10^5$ kilomeetrit sekundis. Sellepärast võime öelda, et välku näeme samal momendil, kui ta tekib: sest on ta ju harilikult meile üsna ligidal — mõne kilomeetri kaugusel. Kuid mitte nii ei ole lood maailmaruumi suurte kaugustega.

Kõikidest taevakehadest kõige lähemal meile on Kuu: tema ja Maa vahe on ligi nelisada tuhat kilomeetrit. Tähendab, valgus jõuab Kuult meile 1,3 sekundiga. Ja kui Kuul tekiks plahvatus, me näeksime tema loitmist 1,3 sekundi pärast — täpselt samuti, nagu kuuleme müristamist hilistumisega, sellepärast, et helilained kanduvad õhus edasi kiirusega ainult 340 meetrit sekundis.

Päike asetseb meist 149,5 miljoni, see on $149,5 \cdot 10^6$ kilomeetri kaugusel. Siin on juba aeg, mida valgusekiir vajab, et jõuda Päikeselt meieni, tähelepanuvääriv: ta võrdub 8,3 minutile. Kujutelge, et Päike korraga kaoks. Sel hetkel, kui see juhtuks, me ei märkaks midagi. Me jätkaksime rahulikult päikesepaistel soojendamist, kaitstes käega silmi pimestavalt särava Päikeseketta eest. Ja alles 8,3 minuti pärast, kui jõuab meieni viimne päikesekiir, me saame teadlikuks juhtunud õnnetusest. Aga Neptunil, kui seal elaksid inimesed, saadaks sellest teada enam kui nelja tunni pärast: Neptun on Päikesest 30 korda kaugemal kui Maa.

Kuid ka see kaugus loetakse maailmaruumis tühiseks: tähed on Maast nii kaugel, et valgus neilt meieni tuleb aastaid. Seda kaugust, mille valgus läbib ühe aastaga, nimetatakse valgusaastaks.

Mitmele kilomeetrile võrdub valgusaasta? Seda pole raske arvestada. Korrutage valguse kiirus sekundis, see on $3 \cdot 10^5$ kilomeetrit sekundite arvuga aastas — aga neid on temas ligikaudu $31,6 \cdot 10^6$ — ja te saate teada, et valgusaasta võrdub $9,5 \cdot 10^{12}$, see on 9,5 ehk ümmarguselt kümnele biljonile kilomeetrile.

TAEVAVÕLV.

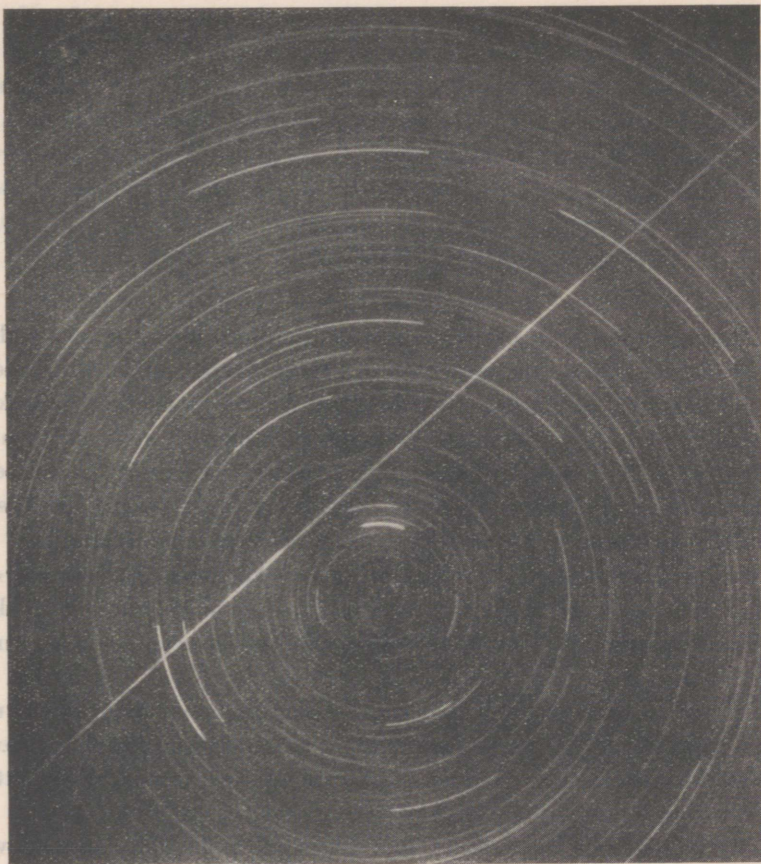
Maa asustajaile on osaks saanud eriline õnn. Me ei märka seda sellepärast, et oleme harjunud temaga nagu õhuga, mida hingame. Ma mõtlen Maa õhkkonna läbipaistvust. Teiste planeetide, näiteks Veenuse ja Jupiteri õhkkonnad on läbipaistmatud: neis hõljuvad tihedad pilved. Ja kui me elaksime Veenusel või Jupiteril, me ei näeks kunagi seda, mis on pilvede taga. Meie jaoks poleks siis öise taeva ilu ja luulet ja me ei teaks midagi teistest maailmadest.

Kujutelge endale, et ka Maa oleks kaetud läbipaistmatu pilvekihiga. Kui see eesriie korraga avaneks ja me esmakordselt näeksime suurepärasest öist taevast vilkuvate tähetulukestega, — mida me siis mõtleksime?

Me arvaksime vististi, et taevas — see on laternatega täisriputatud kuppel, mis asetseb meie kohal mõne kilomeetri kaugusel. Nii mõtlesidki inimesed muiste, püüdes mõista nende silme ette laotunud suurepärase taevakehade vaatepildi ehitust.

Varsti me märkaksime, et nad liiguvad. Seda näitab ka taeva pildistamine. Joonisel 1 toodud fotot on valgustatud kaks ja veerand tundi. Valged kaared — tähtede teed — kõnelevad meile sellest, et tähed liiguvad ringides. Tähelepanekud näitavad, et nad liiguvad kõik koos — mitte ükski ei jää teistest maha — ja igäühe pööre kestab 24 tundi. See sarnaneb meie peade kohal pöörlevale tohutu suurele tühjale tuledega tikitud kuplile.

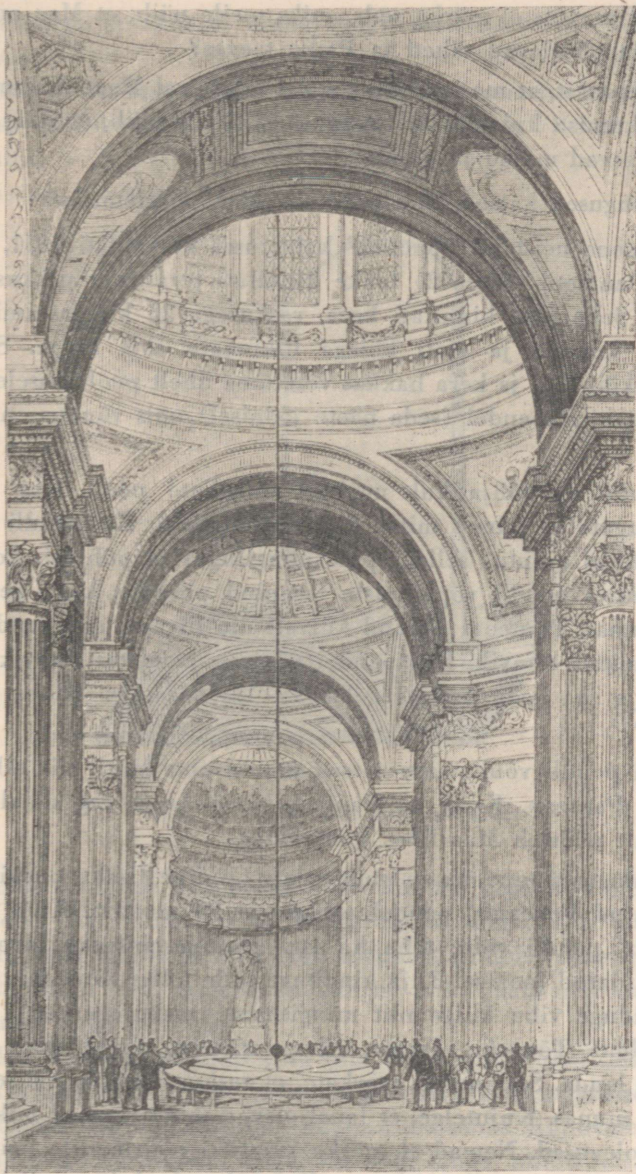
Nii kujutlesid inimesed endile tähistaevast enne Galileid. Kuid Galilei avastused kergitasid eesriide, mis tuhandeid aastaid oli varjanud inimsoo eest maailmaruumi ehituse mõistatust. See oli umbes kolmsada aastat tagasi.



Joon. 1. Tiirlev taevavõlv.

Maa pöörleb.

Me saaksime seda teada, kui me ka kunagi poleks näinud ei taevast ega tähti: katsed, mida võib toimetada Maa peal (täiesti vaatlemata taevast), näitavad, et iga kahekümne nelja tunni jooksul Maa pöörleb üks kord ümber oma telje.



Joon. 2. Foucault' pendel Panteonis.

Miks me siis ei märka seda, miks meile näib, et Maa on liikumatu, aga pöörlevad tähed ja Päike taevas?

Sellepärast, et me ise asume sellel pöörleval Maal. Kas märkate rongi liikumist, kui sõidate vagunis? Ei. Teile näib, et rong seisab, aga jooksevad majad ja puud.

Missugused katsed kõnelevad siis Maa pöörlemisest?

Esimene neist on Foucault' katse, mis korraldati 1851. aastal. Pariisi Panteoni (joon. 2) lakke kinnitati terastraat pikkusega 67 meetrit. Selle otsa kinnitati kera, raskusega 25 kilogrammi. Kera tõmmati kõrvale ja seoti köiega liikumatu asja külge. Seejärel põletati köis läbi ja kera hakkas võnkuma ühelt poolt teisele poole. Nii saadi hiiglapendel (seda näete joonisel), mis võnkus enam kui öö-päev.

Pendlit on põhjalikult uuritud füüsikute poolt. Kui pendlit kord tõugata ja pärast mitte enam puudutada, siis pendli võnkumiste siht ei muutu: selleks pole mingisuguseid põhjusi. Foucault' katse juures pendli võnkumiste tasapind pöördus kogu aeg kella osuti suunas. Panteoni põrand külvati üle liivaga, aga pendli kera otsa kinnitati teravik. Kui pendel võnkus, joonistas teravik liivale jooned ja iga joon asetseb eelnevast lääne poole. Milles siis asi seisneb?

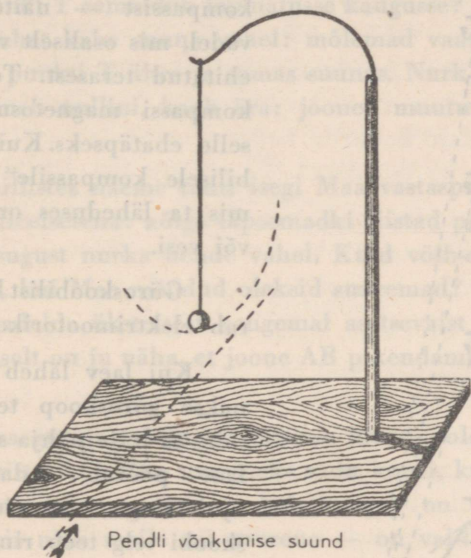
Kui pendli võnkumine ei saa muuta oma sihti, siis tähendab, pöörleb Panteon. Kuid ka Panteon seisis kogu aeg omal kohal. Järelikult pöörleb Maa ühes Panteoniga.

Leningradi usuvastases muuseumis (endine Iisaku peakirik) on üles seatud Foucault' pendel pikkusega 98 meetrit. Kuid väikese Foucault' pendli võite teha ka ise. Asetage pulgake lauätükisse, nagu näidatud joonisel 3, ja kinnitage selle külge jämedast traadist vibu. Siduge vibu külge niit mingisuguse raskusega — ja pendel ongi valmis. Tõugake raskust, ütleme näiteks, uksest akna sihis ja keerake lauda. Sellejuures märkate, et raskus võngub endiselt akna ja ukse suunas. Kujutelge, et laual elavad mingisugused mikroskoopilised olevused. Nemad ei märka lauätüki pöörlemist: neile näib, et muudavad oma sihti just pendli võnkumised ja et tiirleb tuba

ühes asjadega ja aknaga, umbes nagu meie taevavõlv Päikese ja tähtedega.

Teine katse, mis näitab, et tiirleb Maa, aga mitte taevavõlv, on — katse güroskoobiga. Esmakordselt tegi seda katset seesama Foucault.

Mis on güroskoop?



Joon. 3. Katse Foucault' pendliga.

See on raamisse paigutatud vurr. Raam riputatakse üles nii, et vurri telg võib vabalt võtta millise-tahes suuna. Kui güroskoop tegutseb, tema telg ei muuda oma seisundit ruumis: missuguses seisundis ta käiku lasti, samasse seisundisse ta ka jääb, seni kuni keerleb, samuti nagu pendelgi.

Selge, et ka güroskoop võib olla otsustajaks tülis: „Mis pöörleb — taevavõlv või Maa?“ Asetame güroskoobi niisugusesse seisundisse, et tema telg oleks sihitud, näiteks, toa seinal rippuvale pildile. Pöörame nüüd güroskoobi jalga, või isegi lauda, millel seisab güroskoop. Mida näeme?

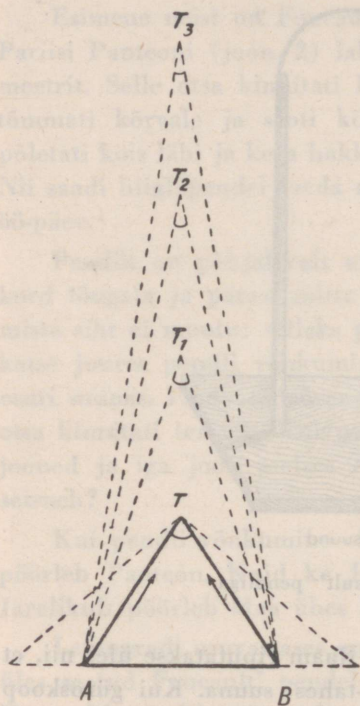
Güroskoop on endiselt sihitud pildile. Kuid mõne tunni pärast me siiski märkame, et tema telg on pöördunud. Samuti nagu katse pendliga, kõneleb ka güroskoop selle poolt, et pöörleb mitte taeva-võlv, vaid Maa.

Güroskoop osutus väga vajalikuks merimeestele: nad kasutavad seda kompassina. Selline kompass on tihti parem magnetilisest

kompassist — näiteks allveelaeval, mis osaliselt või tervena on ehitatud terasest. Teras mõjutab kompassi magnetosutit ja teeb selle ebatäpseks. Kuid „güroskoobilisele kompassile“ on ükskõik, mis ta läheduses on: teras, puu või vesi.

Güroskoobilist kompassi pöörab elektrimootorike.

Kui laev läheb merele, pannakse güroskoop tegevusse, juhtides ta telje põhja suunas. Ja kui laev pöörab enda ümber või ujub ringis, me näeme, et güroskoobi telg teeb ringi. Tegelikult pöördus laev kajutiga. Tähen-dab, kui me poleks ka kunagi näinud taevakehi, pendel ja güroskoop jutustaksid meile Maa pöörlemisest oma telje ümber. Ja mitte ainult pöörlemisest endast, vaid ka selle kiirusest.



Joon. 4. Eseme kaugenemisega väheneb vaatenurk.

Nähes esmakordselt tähti, me muidugi mõtleksime, et nad on meile lähedal. Kuid varsti me teeksime järgmise avastuse: suunad, millistes nad meist asetsevad, jäävad samadeks, missugusest Maa kohast me neid ka vaataksime. Aga see kõneleb tollest, et nad on meist väga kaugel.

Vaadolge joonist 4. Oletame, et punktides A ja B seisavad kaks inimest ja vaatavad punkti T. Nad näevad seda eri suundades. Nende suundade erinevust näitab nurk T (märgitud kaarega). Aga punkti T kaugenemisega punktidest A ja B punktidesse T_1 T_2 T_3 jne. — jääb nurk ikka väiksemaks ja väiksemaks: vahe kahe suuna vahel kaob.

Aga kui punkt T eemaldub lõpmatusse kaugusse? Siis pole juba enam mingit vahet kahe suuna vahel: mõlemad vaatlejad punktis A ja B näevad punkti T ühes ja samas suunas. Nurk joonte AT ja BT vahel väheneb nullini, kaob ära: jooned muutuvad paralleelseiks.

Suunad, millistes näeme tähti isegi Maa vastaspunktidest, näivad meile paralleelsetena: kõige täpsemadki riistad pole võimelised näitama mingisugust nurka nende vahel. Kuid võib-olla õnnestuks seda siiski teha, kui Maa möödud oleksid suuremad? Sest saaksime ju siis tähti vaadelda üksteisest kaugemal asetsevaist punktidest A ja B ning jooniselt on ju näha, et joone AB pikendamiseega suureneb ka nurk T.

Kuid ei, praegusaja mõõtmiste täpsuse juures poleks see võimalik, isegi siis mitte, kui Maa suureneks sadu kordi, kui kaugus AB kasvaks miljoni kilomeetrini... Nii kaugel on tähed meist! Ja Maakera, mis näib meile nii suurena — on vaid tühine osake maailmaruumist.

Meie lähim naaber — Kuu.

Kui vaatleme Kuud kahest teineteisest kaugel asetsevast observatooriumist, me näeme teda vähe erinevais suundades. Järelikult ta on Maale lähemal kui tähed. Nende erinevate suundade vahe järgi, missugustes näeme teda kummastki observatooriumist, pole raske teada saada, kui kaugel ta meist on.

Pöördume tagasi joonise juurde. Joone AB pikkus on meil teada. See on kaugus kahe vaatleja vahel, kes vaatavad punkti T.

A ja B on suundade vahelised nurgad, kust kumbki vaatleja näeb punkti T ja oma seltsimeest. Nurki võib mõõta, ning teades nende suurust ja joone AB pikkust, on kerge välja arvata kaugusi AT ja BT.

Maapinnal mõõdavad eri paikade vahelisi kaugusi maamõõtjad ja topograafid. Kasutada seejuures nõõre ja linte on väga ebamõnus, näiteks üle jõe, soo või järve. Kuid vajuda sohu või käia mööda vett pole sugugi vaja: sobivas kohas välja peal mõõdetakse joon AB ning nurgad A ja B. Aga kaugus ligipääsmatu kohani T arvutatakse toas laua taga. Samal viisil võib mõõta ka mägede kõrgust neile ronimata, vaenlase kahurite kaugust meist ja isegi kaugust Maast Kuuni. Ja seda on mõõdetud. Ta võrdub $384 \cdot 10^3$ kilomeetrile.

Kuid Kuu ei püsi samal paigal. Tema seisund tähis-taevas muutub kogu aeg märgatavalt. Vaadeldes tema liikumist leiti, et ta tiirleb Maa ümber. Iga tema pööre kestab $27\frac{1}{3}$ päeva.

Välja arvatud Päike, näib Kuu meile kõige suurema taevakehana. Kuid tõeliselt on ta üks väiksemaid helendavaid taevakehasid. Ta läbimõõt võrdub kõigest 3476 kilomeetrile. See on vähe suurem Maa läbimõõdu veerandist. Aga Kuu maht on 50 korda väiksem Maa mahust. Kuu näib suurem teistest heledaist taevakehadest ainult sellepärast, et ta on meie lähim naaber. Sest mida lähemal on ese, seda suurem ta meile näib.

Te teate, et Kuu ei valgusta oma valgusega. Nagu taevas rippuv peegel ta heidab tagasi Päikese valgust. Üks kord kuus — seda aega harilikult kutsutakse „täiskuu ajaks“ — me näeme kogu Kuu ketast valgustatuna. Kui aga on valgustatud ainult osa kettast, me näeme Kuu sirpi. Kuid mõnikord on näha üheaegselt ka ülejäänud osa Kuust „tuhkvalguses“. See nõrk valgus on Maalt tagasipeegelduv Päikese valgus. Maa valgustab samuti Kuu pinda nagu Kuu Maa pinda. Kui me satuksime Kuule, me näeksime öises taevas veel suuremat peeglit — Maad. Ja Maa pind, nõrgalt valgustatuna Kuust, näiks meile ka tuhkvalguses. Me nimetaksime teda „Maa tuhkvalguseks“.

Päike.

Ta on meist peaaegu 400 korda kaugemal kui Kuu: Päikese kaugus Maast võrdub $149,5 \cdot 10^6$ kilomeetritele.

Me ei suuda vahet teha säärase suurte kauguste vahel. Meie silmad ei märka erinevusi nende vahel: niihästi Päike kui ka Kuu näivad olevat meile ühevõrra kaugel Maast. Kuid ühtlasi näivad nad ka olevat ühesuurused. Sellepärast, kui varjutuse ajal Kuu asetub Maa ja Päikese vahele, ta võib viimase meie eest täiesti kinni katta. Aga kuna kaugus Maast Päikeseni on 400 korda suurem kaugusest Maast Kuuni, siis tegelikult Päikese läbimõõt peab olema Kuu läbimõödust 400 korda suurem või 109 korda suurem kui Maa läbimõõt. Selle pikkus on $1,39 \cdot 10^6$ kilomeetrit.

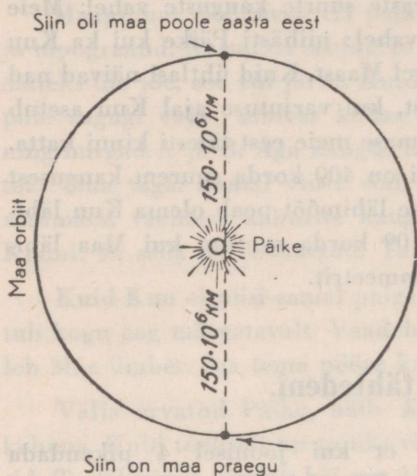
Kaugused tähtedeni.

Me juba rääkisime sellest, et kui joonisel 4 pikendada joont AB, siis suundade AT_3 ja BT_3 erinevus saab tähelepandavamaks. Kõige suurem AB kaugus, mis Maal võib olla — see on Maakera läbimõõdu pikkus. Kuid kuidas toimida siis, kui sellest ei jätku? Kui see on liiga väike, et ta otstest märgata erinevust tähtede suunas? Kas ei saa leida Maa piiride taga pikemat joont, mille otsimiseks tuleks asuda kasvõi mingisugusele pikemale rännakule? Ilmneb, et saab. Ja mitte ainult saab, vaid me tõepoolest kogu aeg rändame maailma kaugustes. Tõsi, mitte küll omal tahtel, kuid see-eest kiiresti ja käratult. See alaline rändamine on Maa tiirlemine ümber Päikese. Aga kuna tema üks tiir kestab aasta, siis järelikult pool aastat tagasi ta oli oma orbiidi vastaspoolel.

Kuid missugune on kaugus Maakera orbiidi vastaspunktide vahel? Jooniselt 5 on näha, et see on kaks korda suurem kui kaugus Maast Päikeseni ja võrdub, tähendab, ligikaudu $300 \cdot 10^6$ kilomeetritele. Alles peale niisugust kauget rännakut võib tähti näha teises suunas kui kuus kuud tagasi. Kuid isegi, kui joone AB pikkus võrdub $300 \cdot 10^6$ kilomeetritele, nende suundade erinevus on nii tühine,

et ainult kõige täpsemad riistad suudavad seda märkida. Ja sedagi ainult lähimate tähtede suhtes.

Lähim neist on Proxima Centauri, mis tähendab — „lähim“ Centauri tähtkujus. Ta on väga kahvatu ja nähtav vaid lõuna-pool-



Joon. 5. Maa orbiidi diameeter.

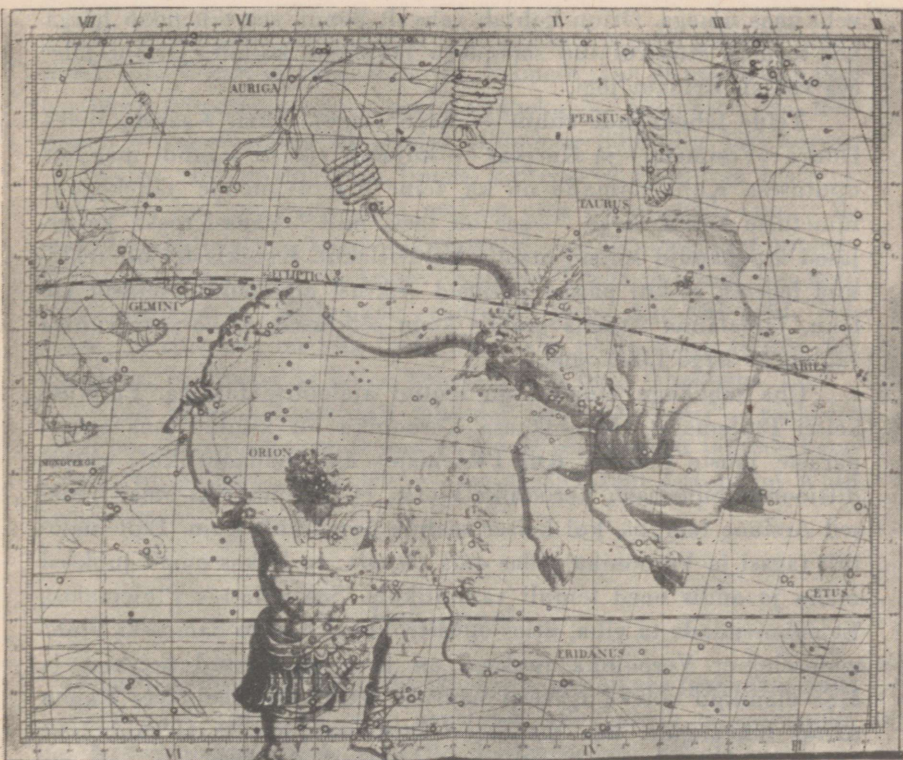
keral. Tema kaugus osutus võrdseks ligikaudu $40 \cdot 10^{12}$ kilomeetrile või enam kui neljale valgusaastale. See tähendab, et lähim täht on meist 270 000 korda kaugemal kui Päike.

Kõige heledam kõigist tähtedest näib meile Siirius. Ta asetseb meist $82 \cdot 10^{12}$ kilomeetri või 8,6 valgusaasta kaugusel. Kuigi Siirius on meist kaks korda kaugemal kui Proxima Centauri, saadab ta meile valgust 70 000 korda enam.

Peale Proxima Centauri on leitud veel viis tähte, mis asuvad Maale lähemal kui Siirius. Kuid kuna nad, vaatamata sellele, näivad vähem heledatena, siis, tähendab, nad on ka tegelikult Siiriusest nõrgemad.

Taeva pilte.

Kui me kuni tänase ööni poleks kunagi näinud tähti, me siiski märkaksime neis peagi suuremat süsteemi kui oleksime oodanud. Me avastaksime, et valguspunktide asetuskord jääb ööst öösse ikka samaks. Harjunud sellega, me jagaksime tähed rühmadeks — „tähe-kogudeks“. Ühendades mõttes nende rühmade tähti sirgjoontega, me näeksime taevas kolmnurki, nelinurki, sirgjoonelisi ja kõverjoonelisi jooniseid ja mitmesuguseid naljakaid kujutusi, mis sarnanevad asjadele ja kirjatähtedele.



Joon 6. Orion ja temaga külgnevad tähekoogud.

Meie esivanemad andsid tähekoogudele asjade ja loomade nimetusi, kuid tihti ka legendide kangelaste nimesid. Mõned tähekoogude rühmad kujutavad terveid müüte ja taevas muutub Vana-Kreeka ja Rooma mütoloogia pildiraamatuks. Tiireldes oma telje ja Päikese ümber näitab Maa meile lehekülg lehekülje järel kõiki pilte sellest igavesest taevaraamatust.

Joonisel 6 on näidatud tähekoogude rühmi: Orion, Suur Peni, Väike Peni, Jänes, Ükssarvik (Monoceros) ja Sõnn (Taurus). Selles rühmas kujutatakse võimsat jahimeest Orioni, võetatud kolmest heledast tähest koqsneva pimestava vööga („Orioni Vöö“),

vehkimas nuiaga. Orion kohtab vahvalt Sõnni, see tähendab härga, kes tormab ettesirutatud sarvedega jahimehe kallale. Orioni jalge ees voolab Eridani jõgi.

Teine tähehogude rühm — Argo (laev), Tuvi, Kaaren, Jänes, Hüdra (Vesimadu) ja Karikas — kujutab vististi legendi maailma uputusest. Kuid võimalik on ka teine seletus nende tähehogude nimetuste kohta. Argo — see on laev, millel Vana-Kreeka kangelased argonaudid sõitsid otsima kuldvillakut. Kreeklastel oli tekkinud legend, et kui pärast paljusid seiklusi argonaudid leidsid villaku, jumalanna Athena muutis kogu seiklusest osavõtnute rühma tähtedeks Argo tähehogus.

Ühe tähehogu nimetus on seotud ajaloolise faktiga. Egiptuse keisri Ptolemaios III abikaasa Veroonika oli kuulus oma suurepärase juuste poolest. Kui Ptolemaios asus hädaohtlikule ekspeditsioonile Süüriasse, Veroonika töötas, et toob ohvriks omad juuksed Arsinoe templis, kui keiser saabub õnnelikult koju. Ptolemaios tuli tagasi ja Veroonika pidas oma töötust: ta löikas omad juuksed maha ja andis need templi vaimulikule. See vihastas Ptolemaioist. Et pehmenada ta viha, ütles õueastronoom Kanon Samoski Ptolemaiosele, et Veroonika juuksed on juba paigutatud taevasse ja Maa elanikud võivad igavesti nautida nende ilu. Seejuures Kanon näitas tähehogule, mis tõepoolest sarnanes juustele ja mida sest ajast peale kutsutaksegi „Veroonika juusteks“.

Kui tahate teada, kui ilusad olid tema juuksed, vaadake kevadõhtul taevasse: te näete neid Neitsi ja Suure Vankri vahel.

Tähtede aadressid.

Kuidas leiate linnas teile vajaliku maja? Enne kõike otsite üles tänava, kus ta asub. Kujutelge, et tähistaevas, see on suur linn ja iga täht — maja. Seame selles taevases linnas samasuguse korra nagu maapealseski: hakkame tähti otsima mööda „tänavaid“ — tähehogusid. Aga majadel on numbrid. Need on ka tähtedel oma tänavail. Ja nii saadakse täpsed „aadressid“: näiteks, „27 Suur Peni“.

Peale numbrit on paljudel tähtedel veel kreeka tähtede nimetus: alfa, beeta, gamma, delta jne. Esimese tähe alfaga märgitakse harilikult kõige heledam — peatäht tähekogus; järgmised aga, nõrgemad — nimetatakse ülejäänud tähtedega tähestiku järjekorras.

Kõige tähtsamaid maju linnas, näiteks vabrikuid ja teatreid, võib leida ka ilma aadressita: neil on oma pärisnimed, samuti ka mõnedel tähtedel — kõige heledamatel — on niisugused nimed: Siirius, tähendab „särav“, Arktur, Kapella, Veega ja teised. Aga neid võib nimetada ka tähekogude „aadressi“ järgi. Aga kui meile öeldakse: Siirius, see on alfa Suur Peni, siis peale tema asetuse me teame ka, et Siirius on kõige heledam täht oma tähekogus.

Kuid kõige kahvatumail tähtedel pole „aadressi“; rääkides neist, peame näitama nende asetust taeval või numbrit tähtede kataloogis. Nii näiteks „Wolf 359“ — see on 359. täht astronoom Wolfi kataloogis.

Põhjanel.

Kui teie tunnete ainult üht tähekogut, siis on see tingimata Suur Vanker. Ja vististi tihti olete nautinud selle heleda täheseitsmiku ilu. Kes ei tunneks seda vankrile, kastrulile või kopale sarnlevat taevapilti?

Mitte kaugel temast näeme teist peaaegu samasugust väiksemat vankrit. See koosneb samuti seitsmest tähest, kuid asetatud vastupidises järjekorras. See on Väikese Vankri tähekogut (joon. 7).

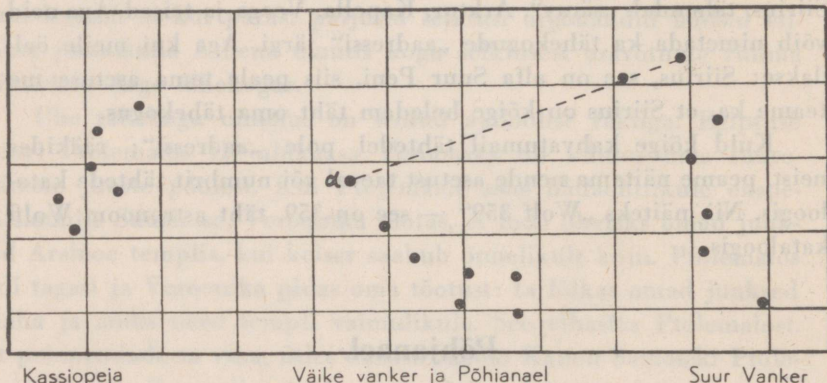
Ühendame mõttes Suure Vankri kaks tagumist tähte sirgjoonega, nagu näha pildil. Kui jätkata seda joont vankrist ülespoole, ta kohtab Väikese Vankri esimest tähte. See on Väikese Vankri alfa. Kuid tal on ka oma pärisnimi: Põhjanel.

Miks on tal niisugune nimetus?

Sellepärast, et ta asetseb peaaegu pooluse kohal — Maa põhjapooluse kohal. See tähendab, et ta asetseb peaaegu Maakera telje jätkul, ja sellepärast näib meile, et selle ümber keerleb kogu maailm. Meie esivanemate kujutlusse joonistus vististi säärane pilt:

Väike Vanker tiirleb oma peremehe ümber idast läände; aga ühes temaga pöörleb peremehe — Põhjanaela — ümber kogu taevavõlv.

Põhja ja lõuna tähistaeva kaartidel võite leida kõige tuntumaid tähti ja tähekogusid. Väikese Vankri lähedal näete Suurt Vankrit, Kassiopejat, Perseust, Kaelkirjakut ja Draakonit. Nad ei looju kunagi ja on nähtavad igal aastaajal kogu öö jooksul.



Joon. 7. Suure ja Väikese Vankri tähekogude skeem.

Põhjanaelast edasi asetseb teine ring tähekogusid: Orion, Suur Peni, Hüdra, Lõvi, Herkules, Madu, Kotkas, Luik, Kaljukits, Pegasus ja teised. Neid tähekogusid pole alati näha; igaüks neist tõuseb omal ajal, rändab üle taeva ja loojub nagu Päike ja Kuu.

Põhjanaelast kaugemal asetsevad tähekogud, milliseid põhjapoolkeral üldse pole näha. Need on lõunataeva tähekogud: Lõunariist, Centaur, Laev, Pendeluur, Tahvelmägij ja teised.

Maailma pooluse rändamine.

Tähistaeva kaart kordub muutumatult igal ööl ja jääb samaks aastast aastasse ja isegi põlvest põlve. Seda näitavad meie kaugete esivanemate tähekaardid. Tähekogude asetus on meie ajal sama-

sugune, nagu ta oli viis tuhat aastat tagasi, kui egiptlased, kaldealased ja hiinlased hakkasid õppima taevast.

Kuid midagi on siiski muutunud. Nüüd tiirlevad kõik tähed Suure Vankri peremehe — Põhjanaela ümber, aga kunagi tiirles taevavõlv ümber Draakoni alfa-tähe — Tubani. Jooniselt leiate tema kergesti: ta on just Vankri ees. Teda on võimalik kergesti leida ka tähekaardilt. Tähendab, viis tuhat aastat tagasi polaartäheks polnud mitte Väikese Vankri alfa, vaid Draakoni alfa.

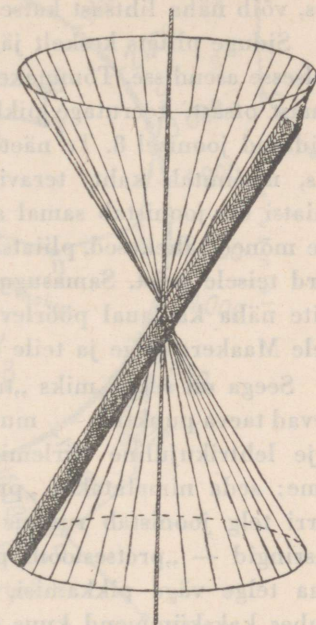
Millega seda seletada? Me kõnelesime sellest, et vurri või güroskoobi telg ei muuda oma suunda ruumis, kui miski ei takista vurri jäämast sellesse asendisse, millises ta pandi käiku. Kuid jõuga saab muidugi sundida teda muutma oma asendit.

Maailmaruumis pöörlev Maa — see on suur vurr. Järelikult ka tema telg peaks alati jääma ühte ja samasse asendisse. Kuid kas on see tõeliselt nii?

Ei ole. Me praegu just nägime, et polaartähed muutuvad. Aga polaartäht peab ju asetsema Maa põhjapoolusel — tema telje jätkul. Ja kui viis tuhat aastat tagasi taevavõlv näis pöörlevat teise tähe ümber, siis järelikult, Maa telg on muutnud oma asendit maailmaruumis. Missugune jõud võis teda sundida seda tegema?

Me teame, mis jõud see on.

See on Päikese külgetõmbejõud, mis sunnib Maad aastast aastasse pöörlema ümber Päikese, takistades tal lennata lõpmatusse. Kuid miks nihutas Päike Maakera telge?



Joon. 8. Pliiatsi tiirlemine
nööri otsas.

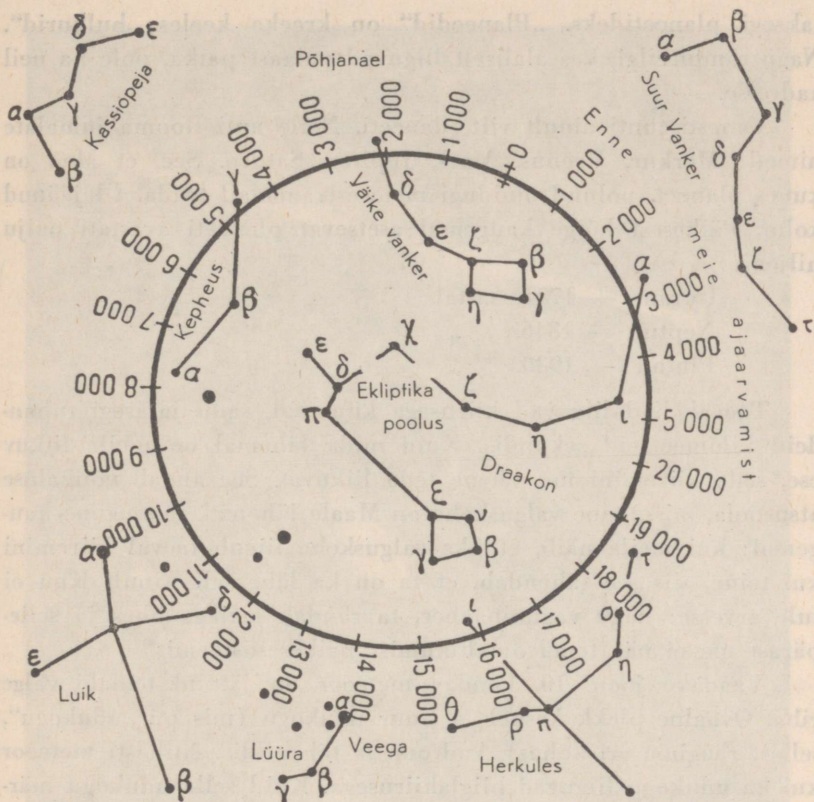
Me räägime „Maakera“. See pole täiesti õige. Oma vormilt meenutab Maa enim mandariini: ta on poolustelt kokku litsutud ja ekvaatorilt rohkem kumerdunud. Päikese külgetõmbejõud mõjub sellele kumerusele ja pöörab Maakera telge, tõsi küll, väga pikkamisi, kuid selle eest vahetpidamata. Kuidas Maa telg pöörleb ruumis, võib näha lihtsast katsest.

Siduge pliiaats keskelt jämeda nööri ja viige ta nööri paralleelsesesse asendisse. Tõmmake nöör pingule ja siis, haarates teda mõlemast otsast, keerutage pikkamisi. Pliiaats hakkab keerlema, nagu näidatud joonisel 8. Te näete, et kõverpind, millise ta kujutab ruumis, meenutab kaht teravikkudega kokkupandavat lehitrit. Aga pliiaatsi ots joonistab samal ajal sõõri. Kui te asetaksite sellele sõõrile mõned tähekesed, pliiaatsi teravik näitaks järjekorras kord ühele, kord teisele neist. Samasugust liikumist, nagu pliiaatsil nööri otsas, võite näha ka laual pöörleval vurril. Kujutelge nüüd pliiaatsi asemele Maakera telge ja teile saab kõik selgeks.

Seega on selge, miks „taeva poolused“ — Maa pooluste kohal olevad taeva punktid — muudavad oma kohta, liikudes ringis. Vurri telje lehitrikujuline tiirlemine ruumis omab mehhaanikas erilist nime: seda nimetatakse „pretsesiooniks“; aega aga, mille jooksul vurri telg joonistab ruumis terved lehitrid, taevapooluse telg aga täisringid — „pretsesiooni perioodideks“. Aga kuna Päike pöörab Maa telge väga pikkamisi, siis kestab Maa pretsesiooni periood umbes kakskümmend kuus tuhat aastat.

Kuid ilmneb, et Maa telje seisundit ei muuda mitte üksi Päike, vaid ka Kuu, sest ka tema tõmbab Maad ligi. Nii et aeglastele, laia-tele pretsesiooni liikumistele lisanduvad veel väiksemad, kuid kiiremased kõikumised. Neid nimetatakse „nutatsiooniks“.

Nüüd on selge, mispärast viis tuhat aastat tagasi meie esivanemail polaartäheks oli Draakoni alfa, aga kuue tuhande aasta pärast taevavõlv pöörleb ümber Kepheuse alfa (joon. 9.). Astroonoomid on koostanud „plaani“ kogu pretsesiooni perioodide jaoks. Sellelt plaanilt on näha, kuidas kahekümne kuue tuhande aasta jooksul taevapoolus on rännanud ja veelgi rändab mööda taevast, asudes ühest kohast teise.



Joon. 9. Pooluse rändamine.

Taevased rändurid.

Mööduvad aastatuhanded, kuid üldine tähtede asetus ei muutu. Samasugune oli ta viis tuhat aastat tagasi ja samasugune ta on viis tuhat aastat peale meid: aastatuhandeid ei piisa, et täheldada temas mingisuguseid muutusi. Kõigub maailmaruumis ainult meie väike Maa.

Kuid tähtede hulgas on mõned säravad punktid, mis märgatavalt liiguvad. Need on taevased rändurid. Sellepärast neid kutsu-

taksegi planeetideks. „Planeetid“ on kreeka keeles „hulkurid“. Nagu rändureilgi, kes alaliselt liiguvad paigast paika, pole ka neil aadresse.

Vanasti tunti ainult viit planeeti. Neile anti Rooma jumalate nimed: Merkur, Veenus, Mars, Jupiter, Saturn. See, et Maa on kuues planeet, polnud kuidugi meie esivanemail teada. Ülejäänud kolm, Päikesest kõige kaugemal asetsevat planeeti avastati palju hiljem:

Uran — 1781. aastal

Neptun — 1846. „

Pluto — 1930. „

Taevakehad liiguvad kiirusega kümneid, sadu ja isegi tuhandeid kilomeetreid sekundis. Kuid mida lähemal on meile liikuv ese, seda kiiremini me näeme teda liikuvat. See annab võimaluse otsustada, missugune valguskeha on Maale lähemal, missugune kaugemal: kui meile näib, et üks valguskeha liigub taeval kiiremini kui teine, siis see tähendab, et ta on ka lähemal. Ainult Kuu ei tule arvesse: nagu vaguninaaber, ta rändab meiega ühes ja sellepärast me ei näe tema omaliikumist päikesesüsteemis.

Vaadake joon. 10. Lendav meteoor on jätnud temale valge riba. Ovaalne plekk keskel — Suur udukogu (mis on „udukogu“, sellest räägime eri kohas) Andromeda tähepildis. Niihästi meteoor kui ka udukogu liiguvad hiiglakiirusega. Kuid selle udukogu märgatav liikumine on nii väike, et me isegi miljoni aasta pärast vaevalt võiksime seda kindlaks teha. Ja mõistagi mispärast: meteoor on pildistatud kõigest 80 kilomeetri kaugusel Maast, kuid Andromeda Suur udukogu asetseb meist tohtus kauguses.

Mida näeme ülesvõttel veel? See on üleni külvatud valgete punktikestega. Need on tähed. Nad on meile lähemal — nad asuvad Maa ja Suure udukogu vahel. Sellepärast võib nende liikumist märgata ennem. Kuid ka nemad on Maast väga kaugel: peab aastatuhandeid neid jälgima, et kindlaks teha vähimatki muutust nende asetuses. Sellepärast nimetataksegi neid tihti „kinnistähtedeks“.

Kindlaks teha taevakehade liikumist võib väga lihtsal viisil: pildistamisega. Pildistame pika valgustusajaga inimrühma. Kui



Joon. 10. Meteoori tee ja udukogu.

keegi sel ajal liigutab, on ülesvõtte rikutud. Liikunu tuleb pildil nagu udune, laialivalgunud plekk.

Astronoomid pildistavad taevast pika valgustusajaga. Sellejuures teleskoop, mis pildistab taevast, pannakse liikuma erilise meh-

hanismi (elektrikella) abil: ta peab pöörlema samuti nagu taevavõlv. Muidu saadakse see, mida nägite joon. 1-1.

Niisugusel pildistamisel, kui fotoaparaat täpselt järgneb tähtede liikumisele, jääb iga tähe kuju plaadil alati samasse punkti. Kuid liikuv valguskeha, mis valgustuse ajal läbis taeval märgatava vahemaa, tuleb plaadil laialivalgununa. Aga kui pildistada mingisugust osa taevast kaks korda, mõnepäevase vaheajaga, siis niisugune valguspunkt osutub neil ülesvõtteil hoopis eri kohtades.

Sel moel tehti kindlaks paljud meile lähedased taevakehad; nii avastati 1930. aasta märtsis ka planeet Pluto.

Eraldatud asundus.

Võiks mõelda, et taevakehade suure mitmekesisuse juures peaksid olema sama mitmekesised ka nende meie poolt jälgitavad liikumiskiirused. Võiks oletada, et igasuguse kiiruse jaoks, missugust me sooviksime taeval näha, alates Kuu ja lõpetades tähtede omaga, võiksime leida mingisuguse taevakeha. Kuid tegelikult pole see sugugi nii. On olemas ainult õige suured planeetide nähtavad kiirused ja peaaegu märkamatud tähtede kiirused. Kuid vahepealseid pole. Samuti, nagu liiguksid Maa peal ainult rongid ja tigud.

Millega seda seletada?

Meie planeetide süsteem ühes Maaga on vaid väike asundus maailmaruumis. Ja kõige kaugem liige selles asunduses on meie palju ligemal kui lähim kinnistäht. Sellepärast meile näibki, et planeedid liiguvad tähtedest palju kiiremini, kuigi tegelikult läbivad tähed tunnis suurema vahemaa kui planeedid.

Kõige kaugem kõigist seni avastatud planeetidest on Pluto. Ta on Päikesest nelikümmend korda kaugemal kui Maa. Valgus tuleb temalt meieni viie ja poole tunniga, aga lähimalt tähelt, nagu teate, üle nelja aasta. See lähim täht — Proxima Centauri — on seitse tuhat korda Maast kaugemal kui Pluto ja 270 000 korda kaugemal kui Päike.

Te näete, kui eraldatud on meie väike asundus maailmaruumis! Isegi kõige vähemasustatud maakera paikades pole midagi

sarnast. Kui kujutleme endile planeetide süsteemi väikese külakesena, mis asetseb Moskva külje all, siis sellele külakesele lähimat inimest tuleks asundada kusagile Aafrikasse.

Tähtsaim liige meie koloonias on Päike. Ja teda, nagu planeeti, me näeme samuti liikumas keset tähti. Te pole märganud seda seni sellepärast, et Päikesest valgustatud Maa atmosfääris muutub tähtede nõrk valgus paljale silmale nägematuks. Astronoomile aga on tähed teleskoobis nähtavad ka päise päeva ajal. Sellepärast pole tal raske jälgida Päikese liikumist taevavõlvil.

Päikese liikumist võib kindlaks teha ka ilma teleskoobita. Ja seda on tehtud juba väga vanal ajal — mitu aastatuhat enne teleskoobi leiutamist.

Keskpäeval asub Päike lõunas, aga keskööl täpselt ilmakaare vastassuunas — põhjas (silmapiiri all). Vaadeldes keskööl, üks öö teise järel, lõunasse, me näeme igal ööl isesugust taeva osa. Tähen-dab, Päike, mis asub lõunale vastassuunas, peab samuti olema igal ööl taevavõlvi eri kohtades.

Ja tõepoolest: kui Päike oleks liikumatu, siis ta seisund tähtede seas ei muutuks. Kuid tegelikult me märkame muud: tähed, mis on nähtavad õhtueha ajal lõunataevas, mõne nädala pärast säravad samal kellaajal juba läänetaevas. Seejärel nad kustuvad õhtueha kiirtes ja, nagu kadudes mõneks ajaks Päikese taha, ilmuvad päevade pärast uuesti, kuid juba teisel pool Päikest — hommikukoidu kiirtes. Näiteks Orioni tähekoogu, kaunistades talvel öist taevast, kevadõhtuti on näha läänes. Juunis on ta peitunud Päikese kiirtesse, mis sel ajal asetseb just tema kohal. Aga juulis on Orion jälle nähtav, kuid juba hommikukoidu kiirtes. Kuid tähed on liikumatud, tähendab liigub nende vahel Päike.

Teame, kuidas inimesed varem kujutlesid endile maailma-ruumi ehitust. Neile näis, et Maa — see on mitte üksi meie asun-duse, vaid ka kogu maailma keskpunkt. Kuidas nad siis seletasid endile taevakehade liikumist?

Nad mõtlesid, et Päike, Kuu ja planeedid on kinnitatud läbi-paistvate sfääride — tohutute kuplite külge, mis keerlevad mitme-

sugustes kaugustes ümber Maa; tähed aga on kinnitatud kõige suurema sfääri külge, mis asub Maast kõige kaugemal.

1543. aastal, teoses „Taevakehade tiirlemisest“ näitas Nikolai Kopernik, et Päikese ja planeetide nähtavaid liikumisi võib väga lihtsalt seletada ka ilma „taevaste sfäärideta“. Kopernik oletas, et Maa on samasugune planeet nagu teised ja et kõik planeedid tiirlevad ümber Päikese. Päike aga on liikumatu. Tähendab, meie asunduse keskpunkt on just tema, aga mitte Maa.

Koperniku teooria tõi esile palju vaidlusi. Tema mõttekaaslasi hakkasid vaimulikud taga kiusama. Kuid lõppude lõpuks võitis Koperniku teooria: Galilei ja tema järglased tõendasid, et see oli õige. Järelikult Päikese aasta-liikumine tähtede seas on vaid näilik liikumine. Ta on seletatav Maa tiirlemisega ümber Päikese.

RÄNNAK RUUMI JA AEGA.

Millest koosnevad Kuu ja Päike? Milline on tähtede sisemine ehitus? Need on küsimused, millede kallal õpetlased viimaseil aastail palju on töötanud.

Ei saa lennata Kuule, Päikesele ja tähtedele, et seda kõike kohal selgitada. Aga meil on ju teleskoobid. Nemad, võime öelda, lähendavad meile taevakehi, sellega osaliselt asendades lendamist. Isegi harilik binokkel — ka see nagu lähendaks laotust.

Määratud teleskoobid avavad meile maailmaruumi sügavused. Ainult ühel juhul on nad jõuetud. Kui nad satuvad kokku läbi-paistmatu ainega. Kuid siis seda haaravat lugu maailma ehitusest jätkavad matemaatikute arvutused.

Teleskoop ühenduses matemaatikaga — see on tähelepanuvääriv rakett, millel kujutlus kannab meid teispoole Maakera piire ja kisub meie ees maha eesriided kaugelelt maailmadelt.

Välises ruumis.

Päike — sellele juhime kõigepealt oma kujuteldava raketi. Et mõjutuks teha Maa külgetõmmet, on vaja välja lennata ühekilomeetrilise kiirusega sekundis. See on seitse korda suurem laengu kiirusest, mis välja lastud kõige võimsamast kaugelaskerahurist. Ja siiski kestab lend Päikeseni ligi viis kuud.

Me lendasime välja... Kõik looduse värvid kaovad silmapilkselt. Taevas pimeneb järsku ja muutub mustaks nagu keskööl. Samal ajal löövad särama tähed. Aga nad ei sädele. Nad põlevad ühetasaselt taeva mustal sametil. Nende ebaharilikult terav valgus löikab silma.

Päike kiirgab lõõmavalt. Tema hele terasene valgus on silmale väljakannatamatu. Varjud muutuvad järsuks, mustaks kui süsi ja süngeiks.

Miks see kõik nii toimus?

Sellepärast, et me mõne sekundi jooksul lendasime läbi ja jätsime maha Maakera atmosfääri. Ja nüüd, kus teda meie ümber enam pole, me märkame, et oleme koos temaga kaotanud ilu, millega ta ümbritseb meie elu Maa peal.

Millega on seletatav niisugune atmosfääri omadus?

Kujutelge endale lainetavat merd. Meres seisavad sambad. Suuri laineid need ei sega: jõudes sammasteni, lained pööravad ümber samba ja sammaste taga koonduvad jälle ning, nagu poleks juhtunud midagi, jätkavad oma teekonda, nagu liikuv rahvahulk, kui ta teele juhtub puu. Kuid kas toimub sama ka väikeste lainete ja virvendusega?

Ei — nende liikumist sambad takistavad. Paiskudes sambaile, väikesed laineakesed ja virvendus heidetakse tagasi, nagu põrkab seinalt tagasi selle vastu visatud pall. Tagasiheidetuna nad lähevad mitmele poole laiali — hajuvad, nagu öeldakse mehhaanikas.

Hõõguv keha kiirgab oma ümbrusse valguslaineid — samuti, nagu raadiosaatja levitab raadiolaineid igale poole. Kuid raadiolained on palju pikemad valguslainetest. Lainete pikkuseks me nimetame kahe kõrvuti oleva laineharja kaugust teineteisest. Raadiot ja valgust võib võrrelda murdlainete ja väikese virvendusega. Ainult pikkuse vahe raadio- ja valguslainete vahel on palju suurem kui murdlainete ja virvenduse vahel.

Päikese valgus, läbides vihmapiiska, laguneb algvärvideks, moodustades vikerkaare. Kui vaadata läbi klaasprisma, näivad kõik asjad palistatuna mitmevärviliste ribadega. See toimub nii sellepärast, et ka prisma lahutab valguse värvideks, milledest ta koosneb.

Mitmevärvilised valgusekiired erinevad üksteisest laine pikkusega. Kõige pikemad valguselained on purpur-punaseil valguskiirtel. Mida enam nad lähenevad teisele vikerkaare servale, seda lühemaks nad jäävad. Värvide järjekord on järgmine: punane,

kollane, sinine. Kuid nende vahel pole järske piire: üks värv läheb pikkamisi üle teiseks. Nende segunemine annab uusi värve — telliskivipunane, ruuge, roheline, helesinine — ja palju nende varjundeid. Kõige äärmine vikerkaare värv on violett. Tema lained on kõige lühemad. Tõsi küll, nende kõrval on veel lühemate lainetega kiiri, kuid neid meie silm enam ei taba — me ei näe neid. Me ei näe ka vikerkaare teisel pool olevaid värve, enne punaseid. Neid nimetatakse „infra-punasteks“ või „ultra-punasteks“. Nende lained on meie nägemise jaoks liiga pikad.

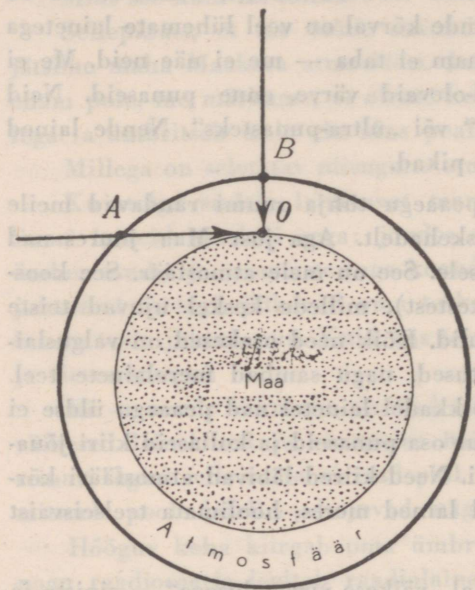
Läbi määratu kauguse peaaegu tühja ruumi rändavad meile valgusekiired kaugeilt valguskehadelt. Aga just Maa juures nad pörkavad ootamatule takistusele. See on meie atmosfäär. See koosneb õhu molekulidest (osakestest), millede keskel ujuvad teiste gaaside, vee ja tolmu molekulid. Kõik need osakesed on valguslainete teel samasugused takistused, nagu sambad merelainete teel. Kuid suurtel, see tähendab pikkadel lainetel nad peaaegu üldse ei sega liikumist. Sellepärast suur osa punaseid ja kollaseid kiiri jõuavad peaaegu tervetena meieni. Need kiired läbivad atmosfääri kõrvale kaldumata, nagu suured lained meres, hoolimata teelseisvaist takistustest.

Aga mis toimub samal ajal „väikese virvendusega“ — siniste ja violetsete kiirtega?

Atmosfääri molekulid takistavad nende lühikesi laineid ja tagasi pörgates tõukavad neid teistele molekulidele, need omakorda kolmandatele ja nii edasi. Aga kuna atmosfääri osakestelt „pörkuvad“ või „tõukuvad tagasi“ sinise värvi lained, siis atmosfäär, või see, mida meie nimetame taevaks, näib meile sinisena.

Miks on Päike tõusul ja loojumisel punane? Sellepärast, et tema kiirtel tuleb siis läbida palju paksem atmosfääri kiht kui keskpäeval. See on näidatud joonisel 11. Kui punktis O on keskpäev, valgusekiired langevad loodis mööda joont BO, aga horisondilt nad lähevad mööda joont AO. Kuid AO on pikem kui BO, see tähendab, atmosfääri kiht AO joont mööda on paksem kui BO joont mööda. Tähendab, õhtul me saame Päikeselt veel vähem siniseid ja violet-

seid kiiri kui päeval ja sellepärast suureneb punaste ja kollaste kiirte ülekaal veel enam. Ning sellepärast paistabki Päike läbi suitsu, udu ja tolmuse suurlinna õhu eriti punasena.



Joon. 11. Kui Päike on horisondil, läbivad valguskiired paksema atmosfäärikihi.

kuma; pilvede õrnad varjundid, videviku pehmed violetsed pooltoonid. Sattunud väljapoole Maa atmosfääri, oleme kaotanud kogu selle võluva ilu.

Oleme äkki sattunud pimedasse, valgusetu maailma. Temas pole isegi poolvarje. Karmid jooned löikavad ta kaheks järsult erinevaks valdkonnaks: säravalt valgeks ja tihedalt pimedaks. Ümber ringi laotub hiilgavate punktidega ülekülvatud must taevast. Kaotanud Maa atmosfääri toreda ehte, Päike näib pimestavalt särava sinkja kerana.

Hirmuäratava kiirusega kannab meid rakett sellele ebaharilikule ja võõrale — koledale taevakehale.

Tõsi, säärane atmosfäär on ebameeldiv, kuid selle eest ta tasub meile toredate vaatepiltidega Päikese loojangul.

Niipea kui oleme välja lennanud Maa atmosfäärist, vahesein meie ja helesiniste, siniste ning violetsete kiirte vahel on kadunud. Sellepärast me näeme nüüd Päikest tema terasvalge värvi helgis. Lahutades päikesevalguse värvideks, Maa atmosfäär avab meie silmade ees suurepärase värvide vaatepildi ja rikkaima varjundite mängu: pilvitu taeva sügav sina, Päikese tõusu ja loojangu leegitsev

Jaam kuul.

Mööda minnes maksab sisse sõita, või õigem, „sisse lennata“ ka Kuu peale. Nimelt sellepärast me asusimegi „teele“ noore kuu ajal: siis seisab Kuu Päikese ja Maa vahelisele sirgjoonele kõige lähemal.

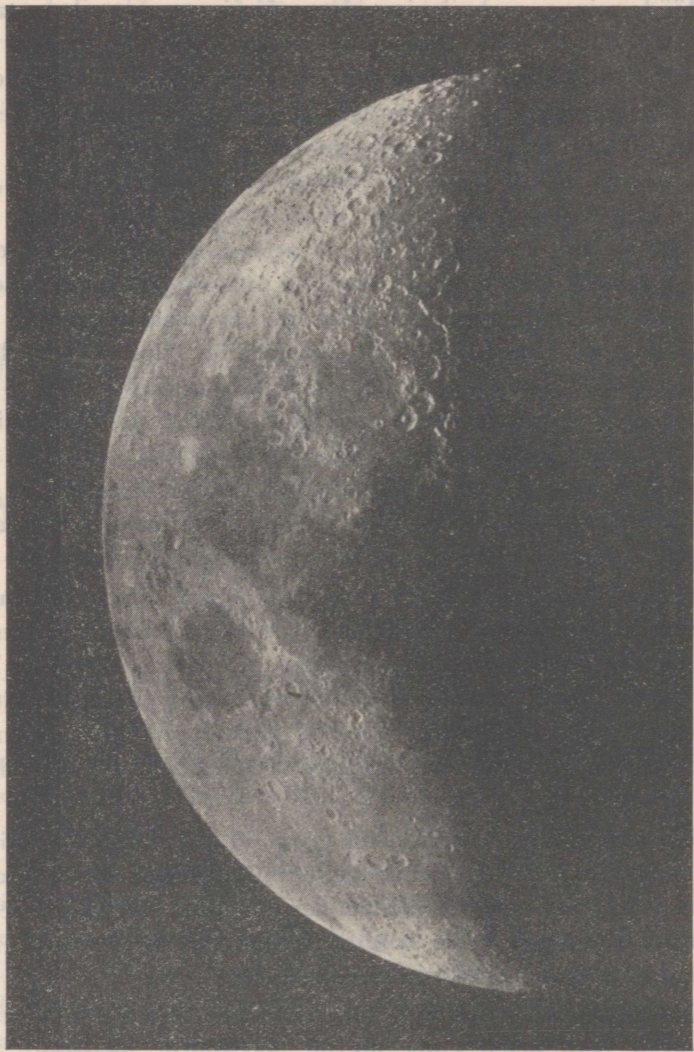
Vaatame tagasi. Meie tore Maa atmosfäär, kui vaadata temale väljastpoolt, ei oma põrmugi meeldivat välimust. Läbi tema paksu, tolmuse kihi, kirjatud pilvede ja pilvekestega, ududega, vihmadega ning lumega, me näeme tuhmi ja segast Maa pinda.

Teine lugu on Kuuga. Tal pole atmosfääri. Sellepärast on ta nii selge ja kõik jooned tema pinnal on puhtalt joonistatud. Lennates temale hoopis lähedale me märkame, et temal pole isegi vett: ei ookeane ega meresid, ei järvi ega jõgesid. Ning pole ei linnu, metsi ega põlde, me näeme mingisugust tühja, kurba, surnud maailma. Vaat, laotuvad me silme ees laiaili paljad ja ühetoonilised Kuu legendikud, kaetud röntgataoliste mägedega (vt. joon. 12). Need on vististi kustunud vulkaanide kraatrid. Paljud kraatrid on väga suured. Neli neist — igaüks üksikult — on suuremad Laadoga järvest, aga kraater Grimaldi on suurem Krimmi poolsaarest.

Miljoneid aastaid vihmad ja sulavad lumed uhuvad ja tuuled puhuvad maisi mägesid. Nad lõhuvad neid, kumerdavad nende tippe ja tasandavad maapinna konarusi. Kuid Kuul ei ole ei lund, ei vihma ega tuult. Kuu mägede teravad tipud ja nagu teritatud hambulised mäeahelikkude harjad on jäänud puutumatuiks nende sündimise aegadest. Miljonid aastad pole muutnud ega vanandanud neid.

Siin näeme Kuu Apenniinisid (joon. 13 vasemal ääres), mis ulatuvad seitsmesaja kilomeetrini. Selles mäeahelikus on üle kolme tuhande tipu; neist ulatub mõnede kõrgus kuni kuue kilomeetrini. Apenniinidest põhja poole laiub „Vihmade Mere“ tasandik, mille kaljused servad laskuvad suurte järsakutena.

Kui inimesed on õppinud lendama planeetidevahelises ruumis, meelitavad Kuu mäed enda juurde mägispori meistreid. Kuid neid üllatab mitte üksi ebaharilik Kuu looduse pilt. Veel enam imeteldav näib neile Kuu väike külgetõmbejõud: see on Maa omast



Joon. 12. Kuu (esimene veerand).



Joon. 13. Osa Kuu pinnast.

kuus korda väiksem. Inimene, ütleme, kuuekümnekuue-kilolise raskusega kaaluks Kuu peal ainult üksteist kilo, nii et võib vaevata tõsta ja kanda seesugust inimest. Ning Kuu ekskursandid võivad endiga kaasas kanda kuus korda suuremat pagasit.

Väsides mitte rohkem kui Maa peal, alpinistid võiksid Kuul käia kuus korda suuremaid kaugusi ja tõusta kuus korda kõrgemaile mägedele. Nad võivad ka hüpata kuus korda kõrgemale ja kaugeemale, ning kukkudes suurest kõrgusest ei saaks nad vigastada.

Kuid vaat, mis häda: Kuul ei ole õhku ja meie turistidel tuleb seda endaga kaasa võtta. Aga kuna pole õhku, siis, tähendab, pole ka õhurõhumist. Aga ilma selleta meie organism ei või elada.

Maa õhurõhumine on suur: üks kilogramm igale ruutsenti-meetrilisele pinnale. Ja nii siis õhk, mis ümbritseb täiskasvanud inimese keha, rõhub teda kümnetonnilise raskusega. Kuidas me aga välja kannatame nii suurt rõhumist? Sest see võib laiaks litsuda mitte üksi inimese, vaid ka elevandi. Miks siis seda ei juhtu?

Väga lihtsal põhjusel: õhurõhumine tasakaalustatakse. — meie keha rõhub sama jõuga seestpoolt. Seepärast õhuta ruum, kui me satuksime sellesse, otsekohe surmaks meid: suurest sisemisest rõhumisest meil lõhkeksid veresooned, veri purskaks ninast, suust ja kõrvadest, silmad tungiksid peast välja...

Kalad ja loomad, kes elavad merede ja ookeanide põhjas, on kohandatud suurele vee rõhumisele: samasuguse jõuga rõhub ka nende keha seestpoolt veele. Mis toimub nende meresügavuste elanikega, kui neid tuuakse välja maapinnale? Nad sõna otsemas mõttes lõhkevad suurest seesmisest rõhumisest, mis surub nende sise-muse välja.

Sama võib juhtuda ka meie Kuu-ränduritega. Et vältida säärast ebameeldivust, neil tuleb riietuda tugevaise õhuga täidetud metall-ülirikondadesse. Need rõivad peavad muidugi olema nii tehtud, et inimene võiks neis liigutada käsi ja jalgu. Tõsi küll, säärate ülikondade raskus oleks suur, kuid raskus pole ju Kuu peal nii hirmus.

Mispärast pole Kuu peal atmosfääri?

See on seletatav Kuu väikese külgetõmbejõuga. Kuu pole võimaline hoidma enda ümber atmosfääri. Kui Kuul oleks olnudki atmosfäär, ta oleks selle nii-kui-nii kaotanud. Miks — seda näeme kohe.

Atmosfäär, nagu igasugune aine, koosneb pisikesist osakesist. Neid nimetatakse molekulideks. Atmosfääri molekulid liiguvad kiirusega sadu meetreid ja isegi mõned kilomeetrid sekundis.

Et lahkuda Maalt, me lendasime raketil kiirusega üksteist kilomeetrit sekundis. Kui kiirus oleks olnud väiksem, me poleks saanud lennata maailmaruumi.

Me atmosfääri molekulid kanduvad kiirusega vähem kui üksteist kilomeetrit sekundis. Sellepärast nad ei lendagi Maalt ära. Kuid kas on vaja niisugust kiirust — üksteist kilomeetrit sekundis, et Kuult ära lennata?

Ei — pole vaja: sest on ju Kuu külgetõmbejõud kuus korda nõrgem kui Maa oma. Arvutused näitavad, et on küllaldane molekulil lennata Kuult kiirusega kaks ja pool kilomeetrit sekundis ja siis ta juba enam ei tulegi tagasi Kuule.

Kuu on pöördunud meie poole alati ühe küljega: tema teist külge ei näe me kunagi. Järelikult ühe pöörde ajal ümber Maa pöörleb Kuu samuti üks kord ümber enese.

Kujutelge endale hobust, keda dresseerija ajab ümber tsirkuse areeni. Seistes ringi keskel, ta näeb kogu aeg ainult üht külge hobusel, näiteks vasemat, kui hobune jookseb ringis paremalt vasemale. Kuid teie, jälgides hobuse dresseerimist parterril, näete hobust vaheldumisi igast küljest: esiteks, ütleme vasemalt, siis — eest, seejärel paremalt, tagant ja lõpuks jälle vasemalt. Ent kui te näete vaheldumisi kõiki asja külgi, siis see tähendab, et asi pöörleb enda ümber. Kas te oleksite võinud, istudes omal kohal, näha kõiki tema külgi, kui ta poleks pöörelnud enda ümber?

Kuid miks näeb dresseerija kogu aeg ainult üht ja sama hobuse külge? Selge, mispärast: ta jälgib hobust selle ringi keskelt, mille ümber hobune jookseb, aga teie — väljastpoolt.

Tähendab, hobune liigub üheaegselt ümber dresseerija ja ümber enda. Aga, ütlete teie, sel juhul iga liikumine ringis peab olema samal ajal ka pöörlemine enda ümber, see on, kahekordne liikumine. —

Ei, see pole sugugi nii: iga asi võiks sooritada ainult üht liikumist — kas ringi või enda ümber. Hobune, tõsi küll, ei või joosta ringi, mitte pööreldes samal ajal ka ümber enda, kuid kujutelge endale hobuse seljal olevat kompassi. Sel ajal kui hobune vaatab ringijooksul vaheldumisi põhja, läände, lõunasse ja itta, kompassi osuti näitab oma sinise otsaga muutmatult põhja. Ja sellepärast dresseerija näeks magnetosutil vaheldumisi mõlemaid otsi ja mõlemaid külgi.

Kas saab kompassi osuti ringis liikuda kahte moodi — nii nagu hobune? Saab. Selleks on vaja teda ainult kinnitada kompassi karbi külge.

Asetage nüüd dresseerija kohale Maa, aga hobuse asemele — Kuu. Kuu pöörleb Maa ümber just nii, nagu hobune ümber dresseerija. Sellepärast meie, vaadeldes seestpoolt tema orbiiti, näeme alati ainult üht tema külge. Kuid kui keegi vaatleks Kuud, nagu teie parterril hobust, väljastpoolt tema orbiiti, näiteks Päikeselt, ta näeks vaheldumisi kõiki Kuu külgi.

Planeedi üht pöörlemisaega ümber oma telje nimetatakse ööpäevaks, aga Kuu pöörlemisaega ümber Maa — kuuks. Aga kuna Kuu, pööreldes ringi ümber Maa, pöörleb samal ajal ka ümber oma telje, siis, järelikult, Kuu ööd-päevad on võrdsed ühele kuule. Aga üks Kuu ring ümber Maa kestab $27\frac{1}{3}$ päeva. Sellepärast vaadeldes Kuud Päikeselt, me näeksime mõlemat tema poolkera peaaegu neljateistkümne päeva jooksul. Kuid Päike valgustab ja soojendab tema poole pööratud Kuu külge. Tähendab, päev ja öö kestavad Kuul kumbki neliteist päeva.

Võite endale kujutella, kui tugevasti kuumeneb Kuu pind, kui Päike teda neliteist päeva ühtejärke kõrvetab pilvitust ja atmosfääritust taevast! Tema temperatuur tõuseb kuni saja kraadini. Sellise temperatuuri juures atmosfääri molekulid, kui need oleksidki Kuul olemas, hakkaksid liikuma suurema kui kahe ja poole

kilomeetrilise kiirusega sekundis ja lendaksid temalt alaliseks. Seepärast pole Kuul atmosfääri.

Me mõtlesime alul, et reis Kuule oleks alpinistidele olnud suureks naudinguks. Kuid nüüd ei näi see meile enam nii. Me näeme nüüd, et säärane ekskursioon vastupidi, valmistaks neile väga vähe lõbu. Tõsi küll, õhku ja hapnikku hingamiseks ja natuke Maa atmosfääri võiks endaga kaasa võtta, kuid kuidas olla sajakraadilises temperatuuris? Aga otselangevate päikesekiirte all kuumus tõuseb isegi saja kaheksateistkümnene kraadini. Kuidas pääseda sellest? Kas mitte minna Kuu varjupoolele?

Kuid osutub, et seal pole sugugi kergem: varjupoolel me satuksime teise äärmusse — sajaviiekümne-kraadilisse karedasse pakasesse. Vaevalt küll meeldib meie rändureile üle saja kraadiline kuumus. Sellepärast, saades Kuu poolt säärase ebameeldiva vastuvõtu osaliseks, Kuu külalised, kuni nad veel pole ära küpsenud või muutunud jäätükiks, kiirustaksid, et rutemini lahkuda Kuult ja tagasi pöörduda koju Maale, kus kliima nii pehme ja kus on nii hea ja mõnus elada.

Kuu pind.

Oletame, et Kuul võiks mõni aeg elada. Kuid siis me põrkaksime kokku teise raskusega: Kuu pind pole sobiv laagriplatsiks. Millest ta koosneb?

Uurimused on näidanud, et Päikese valgus, mis on tagasi põrganud Kuu pinnalt, sarnaneb valgusele, mis on tagasi heidetud vulkaanilisest tuhast. Me juba kord juhtisime tähelepanu Kuu imeilikule välimusele, mis meenutab kustunud vulkaanide hiiglaslikku näitust. Ja ka nüüd Kuult tagasipõrganud valgus viib mõttele vulkaanidest. Kõik see räägib sellest, et Kuu pind tõeliselt koosneb vulkaanilisest tuhast.

Aga sellel tuhhal on samasugune omadus nagu asbestil: mõlemad nad on väga halvad soojusejuhid. Kui meie oletus on õige, siis Päikese soojus ei tungi läbi Kuu pinna. Ja vaatamata sellele, et

Kuu pinna temperatuur tõuseb kuni saja kraadini, kõigest ühe sentimeetri sügavusel ta peab olema alla nulli.

Kuuvarjutuse ajal mõõdeti Kuu pinna temperatuuri. Päikesest valgustatud paigas oli kuumus 90⁰, kuid juba mõni minut peale seda, kui Maa vari langes samasse kohta, osutus seal külma 102⁰.

Maa peal ei ole niisugust kiiret üleminekut kõrgelt temperatuurilt madalale: järsku muutust pehmedavad meie atmosfäär ja soojuse tagavarad pinnases. Et Kuu peal pole atmosfääri, mis soojust alal hoiaks, seda me juba teame. Aga nüüd näeme, et ka Kuu pinnal pole oma soojusetagavarasid. See kinnitab meie oletust, et Kuu pind on kaetud vulkaanilise tuhaga.

Veenus ja Merkur.

Teel Päikesele me võime peale Kuu näha ka Veenust. Ent kui me teda kohtamegi, me nii-kui-nii ei näe temal midagi teda ümbritseva tiheda ja läbipaistmatu atmosfääri pärast.

Teine lugu on Merkuriga. Teda maksab silmitseda. Teda näeme sama selgelt nagu Kuud, sellepärast et ka temal pole atmosfääri. Selle põhjus on meile arusaadav: Merkur on kuusteist korda väiksem Maast ja tema külgetõmbejõud on liiga väike, et hoida kinni atmosfääri.

Merkuril on veel teine sarnasus Kuuga: nagu Kuu Maa poole, nii on Merkur pöördunud Päikese poole alati ainult ühe küljega. Ning nii pole Merkuril päeva ja öö vahetust: ühel pool planeeti on igavene päev, aga teisel pool — igavene öö.

Neljateistkümne päeva jooksul Kuu pind soojeneb kuni saja kraadini. Aga Merkur on Päikesele kaks ja pool korda lähemal kui Kuu. Iga valgustatud pinna osa Merkuril saab seitse korda enam soojust ja valgust kui samasuguse pinna osa Kuul. Sellepärast igavese päeva poolel Merkuril kõrvetab kuumus, mille käes sulavad metallid. Ja kui Merkuril on jõed, siis on need sulanud seatina ja inglistina jõed. Meie harilikud vedelikud võiksid Merkuril olelda

ainult auru näol, mis aga meile juba tuntud põhjusel ei saaks püsida väikesel planeedil.

Merkuril on veel kolmas sarnasus Kuuga: temalt tagasipõrganud Päikese valgus sarnaneb valgusele, mis tagasi põrganud vulkaaniliselt tuhalt. Sellepärast võib oletada, et ka Merkur on kaetud vulkaanilise tuhaga. Uurida Merkurit hoolega, nagu Kuud, me ei saa: meie rakett ei lenda talle nii lähedale. Kuid tõenäoselt on Merkuri pind samuti kaetud kustunud vulkaanidega.

Päikese pinna lähedal.

Kui me lendasime Merkurist mööda, näis Päikese ketas meile seitse korda suurem kui Maalt. Ta aina kasvab ja kasvab. Ta on juba võtnud enda alla suure osa taevast. Me näeme, kuidas keeb ja mässab Päikese pind, kui metsikult kõik temal liigub, pulbitseb. Me vaatleme maailmale täis elu — nii erinevale Kuu ja Merkuri surnud maailmast.

Päike — see on meie asunduse jõujaam. Päikeses töödeldakse tohutud hulgad energiat, mis kuumendab teda kõrge temperatuurini. Soojuse hoovused voolavad temast lakkamatult välja ja hajuvad kiirtena maailmaruumi. See kiirgusjõud ühelt ruutsentimeetriselt pinnalt võrdub kaheksale hobujõule.

Päikese pinna keemist kutsub esile seestpoolt väljalööv üleliigne energia: Päikese pealmised kihid kogu aeg pööravad omad seesmised, tulisemad pooled väljapoole, mis viib kiiremale jahtumisele. Kuid nähtavasti kogu Päikese sisemuses töödeldud energia kiirgamiseks ei jätku ainult mässavast keemisest: Päikese pind ajab endast välja veel tuliseid purskeid — „protuberantse“, kõrgusega sadu tuhandeid kilomeetreid. Joonisel 14 näete sellist protuberantsi.

Protuberantsid käituvad väga erinevalt: mõned tarduvad ühte seisangusse, nagu oleksid kinnitatud Päikese külge, teised kasvavad ja harunevad mõnetuhande-kilomeetrisel kiirusega sekundis, aga kolmandad rebenevad Päikese küljest ja lendavad temast



Joon. 14. Sipelgakarude kujuga protuberants 29. mail 1919. sadade tuhandete kilomeetrite kaugusele, muutudes teel vahetpidamata oma kuju.

Pildistatakse protuberantse varjutuste ajal, kui Päikese ketas on kaetud Kuuga. Muidu tuliste pursete leegid kaovad Päikese heledais kiirtes.

Joonisel 14 näete protuberantsi, mis sarnaneb sipelgakarule. Tema pikkus võrdub viiesaja viiekümne tuhandele kilomeetrile, s. t. ta on nelikümmend kolm korda pikem kui Maa läbimõõt. See tuline koletis võiks ilma vaevata alla neelata kogu Maakera.

Kui ülesvõte oli tehtud, tõstis sipelgakaru üles oma nina ja saba, seejärel kasvasid talle uued jalad; peale seda ta võttis seisaku, nagu valmistuks ta üleshüppamiseks. Ja hüppas saja viiekümne tuhande kilomeetri kõrgusele.

Peale vabarnavärviliste protuberantsileegist veidrate kujude me märkame mitmes kohas Päikese pinnal pimedaid haigutavaid orge (joon. 15 ja 16). Nad on väga sarnased tegutsevate vulkaanide kraatritele, mis purskavad tuld ja ainet Päikesest. Maa peal kutsutakse neid orge „päikese laikudeks“; nüüd aga, olles neile lähedal, me näeme, et need pole hoopiski laigud. Joon. 16 näitab, kui suured on need orud: Maa — väike punktike pildi alumises osas — võib Päikese „laigust“ läbi kukkuda nagu tera praost.

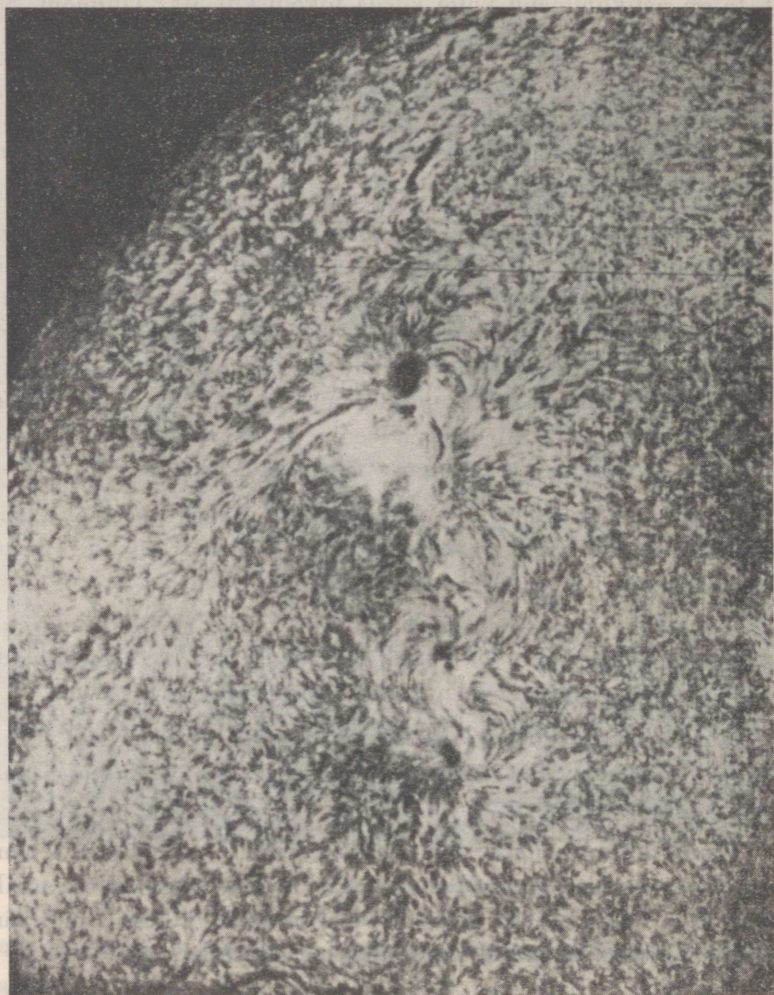
Kohutava kiirusega viib raket meid otse hõõguva sinaka kera suunas. Kuid meile näib, et see on tema, mis hirmsa kiirusega kihutab meie poole.

Ta kasvab vahetpidamata, tema hiiglaslikud mõõdud suurenevad ikka enam ja enam. Ta on võtnudki meie ees kogu taeva enda alla . . . Lõpuks raket tormab Päikese atmosfääri.

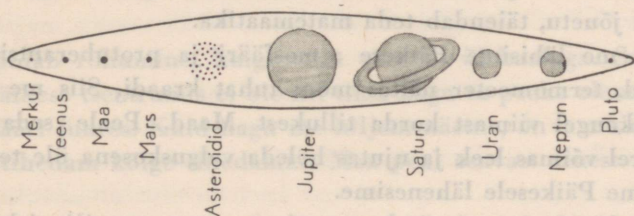
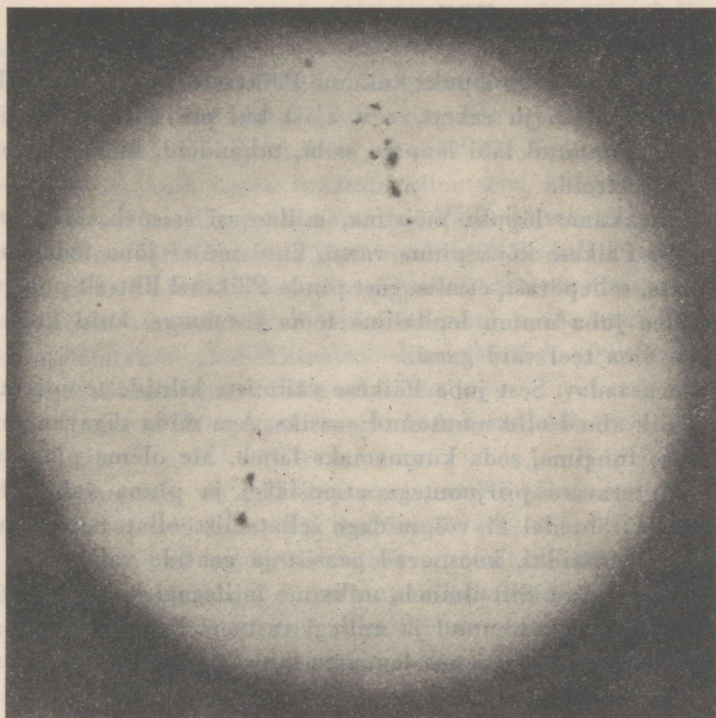
Me valmistume löögiks — kokkupõrkeks. Meie ümber mässavad tule ookeanid. Me kandume läbi pimestava valgusemaailma. Varsti kukume Päikesele. .

Mööda minnes võtame Päikese atmosfäärist proovi. Me leiame temas kergeid gaase, nagu Maa atmosfääriski, ja suurema osa meile tuntud Maa koore aineid. Kuid kuidas sattusid Päikese atmosfääri niisugused rasked metallid nagu plaatina, seatina, hõbe?

Ärge imestage selle üle: Päikese pinna kõrge temperatuur on viinud nad gaasilisse olekusse. Ilmneb, et isegi kõige visamalt sulavad ained ei või Päikesel jääda ei kõvasse ega vedelasse olekusse: kõik nad muutuvad auruks. Sama juhtuks ka meie raketiga (ja



Joon. 15. Osa Päikese pinnast.



Joon. 16. Päike ja planeedid.

isegi kogu Maaga), kui me tõeliselt satuksime Päikese atmosfääri. Kuid õnneks meie rakett on vaid kujuteldav. Me kasutame teda selleks, et mitte ise sattuda hädaohtu kõrbed ja muutuda tühiseks gaasipilvekeseks.

Päikese sisemuses.

Aga kunas me siis lõpuks kukume Päikesele, miks pole nii kaua kokkupõrget? On ju raket, sest ajast kui me sattusime Päikese atmosfääri, jõudnud läbi lennata sadu, tuhandeid, kümneid tuhandeid kilomeetreid.

Me hakkame lõpuks mõistma, milles asi seisneb. Me ootame põrkumist Päikese kõva pinna vastu, kuid me ei jõua teda kunagi ära oodata, sellepärast, et niisugust pinda Päikesel lihtsalt pole. Osutub, et me juba ammu lendasime tema sisemuses, kuid kogu aeg kohtame oma teel vaid gaasi.

Ja arusaadav. Sest juba Päikese välimiste kihtide temperatuuri juures kõik ained olid muutunud gaasiks. Aga mida sügavamale me Päikesesse tungime, seda kuumemaks läheb. Me oleme planeetidel harjunud teravate piirjoontega atmosfääri ja pinna vahel. Kuid Päikesel ja tähtedel ei või midagi selletaolist olla: nemad, nagu nende atmosfääridki, koosnevad gaasist ja gaaside vahel pole olemas mingeid piire. Siit ilmneb, miks me millegagi kokku ei põrganud, millelegi ei kukkunud ja millegi vastu ei löönud. Ja nii ilma peatusteta ja takistusteta me lendame läbi gaasi otse Päikese tsentrumisse.

Kujuteldavas raketis on meil eriline termomeeter. Nagu teleskoopki, töötab see termomeeter määratuis kaugustes. Aga seal, kus tema on jõuetu, täiendab teda matemaatika.

Kui me läbisime Päikese atmosfääri ja protuberantside tule ookeanid, termomeeter näitas mõni tuhat kraadi. Siis me nägime kusagil kaugel viimast korda tillukest Maad. Peale seda sulgus meie järel võimas leek ja ujutas heleda valguskosena üle tee, mida mööda me Päikesele lähenesime.

Ja juba tõusis meie ümber gaasi temperatuur miljoni kraadini. Kuid termomeeter ei peatu: ta näitab ikka rohkem ja rohkem. Aga raket kihutab tuhatnelja läbi tulikuuma gaasi.

Veel üks silmapilk ja me oleme sihil.

Saabusime. Raket Päikese tsentrumis. Termomeeter näitab $40 \cdot 10^6$.

Nelikümmend miljonit kraadi! Kes võib seda mõista? Kas võib endale kujutella säärast kuumust? Keev teras näiks meile sellega võrreldes mõõtnatult külmem tükikesest külmunud õhust.

Püüame endile kujutella selle kuumuse soojusenergiat: münt, mis soojendatud Maa peal kuni $40 \cdot 10^6$ kraadini, muudaks enda ümber tuhaks kõik elava tuhande kilomeetri kauguseni.

Kuid veel imelikum on rõhumine Päikese tsentrumis. Te teate, et Maa atmosfääri rõhumise jõud võrdub ühele kilogrammile ruutsentimeetrilisel pinnal. Niisuguse rõhumise suurust nimetatakse tehnikas „üheks atmosfääriks“. Kaksikümmend korda suuremat rõhumist nimetatakse „kahekümneks atmosfääriks“. Niisuguse jõuga rõhub aur võimsa veduri katla seintele.

Rõhumine Päikese tsentrumis võrdub neljakümnele miljardile atmosfäärile.

See tähendab, et igale ruutsentimeetrile rõhub raskus $40 \cdot 10^9$ kilogrammi ehk $40 \cdot 10^6$ tonni suurusega.

Me võime veel kord rõõmustuda, et meie rakett on vaid kujuteldav. Kujutelge endale, et me tunneksime, kuidas meie keha igale ruutsentimeetrile vajutab raskus nelikümmend miljonit tonni!

On teada, et soojus suurendab keha mahtu, aga rõhumine kahan-
dab teda. Temperatuur $40 \cdot 10^6$ kraadi peab laiendama Päikese tsentrumi ainet, aga $40 \cdot 10^9$ atmosfääriline rõhumine litsub teda kokku. Mis võidab siis selles võitluses — temperatuur või rõhumine?

Võidab rõhumine, kuigi väga väikese ülekaaluga. Sellepärast aine Päikese tsentrumis ei ole nii tihe, nagu ta peaks olema $40 \cdot 10^9$ atmosfääri juures. Kuid nagu me hiljem näeme, on ta muidugi mitu korda tihedam kõige tihedamast Maa peal asuvast aineist.

Isegi aatomid on purustatud.

Mäletate, me mainisime kord põgusalt vikerkaart ja prisma?

Te teate, et prisma lahutab valge valguse värvideks. Saame mitmevärvilise valguseriba, mida nimetatakse spektrumiks. Iga

valgustav või valgust peegeldav keha võib anda spektrumi. Ent tähelepanuvääriv on see, et mitmesuguste hõõgivate kehade ja gaaside spektrumid pole ühesugused. Aga see on meile väga tähtis, ja te näete kohe, mispärast.

Spektrumite vaatlemiseks on ehitatud eriline riist — spektroskoop, mis aitab meil uurida hõõgivate kehade ja gaaside spektrumeid. Ja me oleme neid hästi uurinud. Võrreldes nendega valgustavate taevakehade spektrumeid, me saame teada, missugustest ainetest koosnevad kauged tähed. Vaat, kust on teada Päikese koosseis — spektroskoop on meile sellest jutustanud.

Te teate, et vesi koosneb vesinikust ja hapnikust. Võtame kõige väiksema vee osa. Niisugust aine osakest, nagu me juba rääkisime, nimetatakse molekuliks. Kas võib molekuli, näiteks vee molekuli, purustada osadeks?

Võib, vaatamata sellele, et molekul on kõige väiksem aine osake. Purustada ju võib, kuid siis pole vesi enam vesi.

Kujutelge endale raamatuvirna. Seda virna võib jaotada osadeks. Kõige väiksem osa sellest virnast on üks raamat. Kuid ka raamatut saab lõhkuda osadeks, see on, lihtsalt öelda, puruks rebida. Kuid siis juba raamat pole enam raamat: me nimetame ta osi üksikuiks lehtedeks. Aga purustatud molekuli osi nimetatakse aatomeiks.

Purustame vee molekuli üksikuiks aatomeiks. Nagu öeldud, need molekuli tükikesed pole juba enam vesi, samuti, nagu lõhutud raamat lakkas olemast raamat. Mis nad siis on? Või õigemini, missugustest aatomitest koosneb vee molekul?

Vesiniku ja hapniku aatomeist. Igas vee molekulis on kaks aatomit vesinikku ja üks aatom hapnikku. Nad on ühendatud üksteisega väga tugevasti. Isegi kui vesi keeb ja muutub auruks, hoiavad aatomid ikka veel kindlalt üksteisest kinni. Kuid Päikese kõrge temperatuur eraldab need lahutamatud sõbrad.

Ka seda me saime teada spektroskoobilt: ta jutustas meile, et Päikese ja enamiku tähtede valguse me saame just aatomeilt. Ainult mõnedel — kõige külmemail tähtedel — on jäänud väike hulk purustamatuid molekule.

Purustades ainet, me oleme jõudnud aatomiteni. Kuid kas see on lõpp? Võib-olla saab ka aatomeid purustada tükkideks?

Osutub, et saab. Sest ka endise, kunagi olnud raamatu tekst laguneb millekski — tähtedeks. Missugused on aga aatomi „tähed“, see tähendab, millest koosneb aatom? — Tuumast, mille ümber pöörlevad väikesed osakesed. Neid osakesi nimetatakse elektroni-deks. Nii et, nagu näete, oma ehituselt sarnaneb aatom väga päikesesüsteemile: ka seal pöörlevad ümber keskmise tuuma — Päikese — planeedid; ja tuum samuti tõmbab ligi oma elektrone, nagu Päike planeete.

Elektronid asetsevad oma tuumast mitmesugusel kaugusel. Kuid kauguse suurendamisega kahaneb ka külgetõmbejõud. Sellepärast, mida kaugemal on elektron tuumast, seda nõrgemalt ta hoi-dub aatomis. Kõige kaugemad elektronid hoiuvad nii nõrgalt üks-teise külge, et võivad aatomist isegi küünla tulega ära kistud saada. Ent Päikese ja tähtede temperatuurid kisuivad aatomeist rohkem elektrone kui nõrk küünla leek.

Hapniku aatomis on kaheksa tuuma ümber pöörlevat elektroni. Spektroskoobilt (te näete, missugune tähelepanuvääriv riist) saime teada, et kõige kuumemate tähtede atmosfäärides hapniku aato-meil puuduvad kaks-kolm elektroni. Mis tehakse tähtede rüpes, ei või näha spektroskoop, kuid me mõistame tematagi, et ikka suure-nev kuumus kisub aatomist lahti ikka enam ja enam elektrone. Sellepärast peavad Päikese tsentrumis olema aatomid hoopis puru-nenud, kuigi jõud, mis hoiab tuuma ligi temale kõige lähemaid elektrone, on väga suur. Kuid $40 \cdot 10^6$ kraadiline soojus nõrgendab ka teda. Niisugused purunenud aatomid pole muidugi enam aato-mid ega ka hapnik, vaid lihtsalt korratu hulk sinna-tänna askelda-vaid tuumi ja elektrone.

Kuid kas kõik aatomid Päikese tsentrumis on purustatud?

Ei, mitte kõik. On ka raskemaid aatomeid kui hapniku aato-mid. Tuumale lähedased elektronid hoiuvad neis kõvemini — nii kõvasti, et isegi $40 \cdot 10^6$ kraadiline kuumus ei kisu neid aatomeist välja. Nii et ka Päikese tsentrumis on ikkagi aatomeid, kuigi mitte väga rikkaid elektronidest: tuuma ümber keerleb kõigest kaks

elektroni. Ja just sääraseist elektronidevaeseist aatomitest, millede vahel liiguvad aatomite purunenud killud, koosnebki Päikese tsentrum. Kuid kui te teaksite, millise kohutava kiirusega nad liiguvad!

Vaadeldes, kuidas nad lendavad mööda meie raketi akendest, me mõõtsime nende keskmist kiirust. See osutus 50 000 kilomeetrit sekundis. See kiirus on 30 000 korda suurem kõige võimsama kauge-laskekahuri kuuli kiirusest ja kõigest 6 korda väiksem valguse kiirusest.

Ekskursioon aega.

Meie tähelepanuväärival raketil võib kihutada ka kaugemale minevikku. Sõidame kolm miljardit aastat tagasi. Tõsi küll, siis ei olnud veel mingisuguseid aastaid, sest aasta — see on Maa pöörlemise aeg ümber Päikese, aga noil kujutlematult iidseil ajal, kuhu viib meid meie raket, Maad veel ei olnud.

Kolm miljardit aastat on nii mitu korda ühest aastast pikem, kui mitu korda on üheksakümneviie-aastane taadike vanem vast-sündinud lapsest, kelle elust möödunud vaid üks sekund. Ehk — mitu korda 5700 aastat on pikem ühest minutist.

Läbides raketil silmapilguga need kolm miljardit aastat, me vaatame uudishimulikult ringi. Mida me näeme?

Päike võlub meid otsekohe, ta pole peaaegu muutunudki. Ta on ainult natuke suurem, natuke palavam kui praegu. Ilmneb, et kolm miljardit aastat on tema elus vaid üks päev.

Kuid taevast me ei tunne äragi. Ta on meile hoopis võõras. Kus on kõik tuttavad tähehogud? Me vaatame uudishimuga üles ja silmitseme ringi, kuid kõikjal kohtame tähtedest vaid tundmatuid kujutusi.

See ei imesta meid. Meile on teada, et „liikumatud tähed“ näivad liikumatud olevat ainult „lühikestel“ ajavahemikel, umbes nagu kultuuri aeg Maa peal. Ühepäevaliblik ei märka puude kasvamist. Kuid kui ta võiks neljakümne aasta pärast taas ilmuda, ta ei tunneks oma kodumetsa.

Miljonite aastate jooksul muutub tähekogude kuju. Muutub ka üksikute tähtede heledus: ühed lähenevad meile, teised kaugenevad. Isegi hele täht võib nii kaugele minna Maast, et muutub täiesti nägematuks.

Maailma katastroof.

Juhime nüüd oma raketi edasi, see on, pöördume tagasi meie aega. Kuid lendame nüüd aeglasemalt — kiirusega, ütleme, „kõigest“ kolm aastasada sekundis, et „läbi sõita“ kolmas aasta-miljard umbes kuu jooksul. Vaatame, mis selle aja jooksul toimub, või õigem, ammu on toimunud.

Me näeme, kuidas ühetasaselt ja heledalt särab mustal taevasametil Päike, ümbritsetud vabarnpunase leegisõoriga. Tähekujud muudavad sujuvalt oma vanu vorme; tähed, nagu mesilaspere, ringlevad ja roomavad laiali mitmele poole; ühtede heledus väheneb, teistel suureneb, kolmandail kasvab ja selle järel kahaneb: nad mööduvad meie raketist suures kauguses.

Kuid mis see on? Üks täht muutub kogu aeg heledamaks, juba on ta heledam kõigest teistest, juba ta helendab mitu korda tugevamalt kui Siirius. Selge, et kaugus tähe ja Päikese vahel, millega me koos maailmaruumis rändame, kogu aeg väheneb.

Lõpuks tähe sära muutub pimestavaks. Juba lakkas täht olemast punktike — me näemegi tema sätendavat ketast. Ta suureneb ikka veel ja kasvab kiiresti teiseks väiksemaks päikeseks.

Kuid mis toimub samal ajal meie Päikesega?

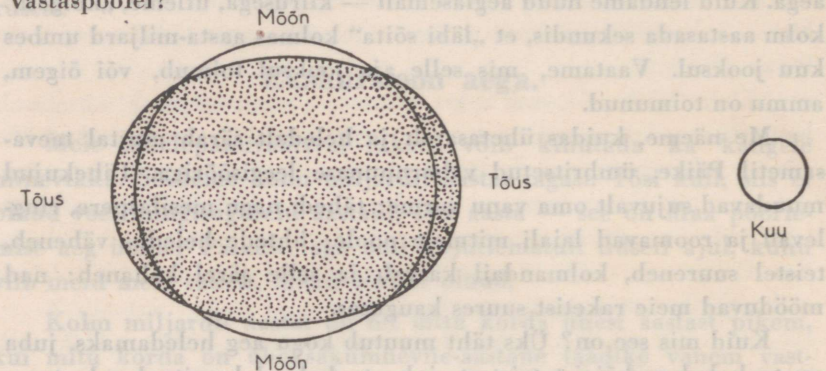
Silmitsege teda — tema pind hakkab üles nihkuma, nagu kasvaks temale koletislik laine. Tema tähe poole pöördud külg kogu aeg pundub — Päikese atmosfäär püüab tähe poole. Juba ongi ta sirutunud mitu tuhat kilomeetrit ettepoole.

Me mõistame, millest see tuleb: täht tõmbab Päikest ligi. Kui ta oleks olnud kõva, täht oleks tõmmanud tema oma külge täielikult, nagu magnet tõmbab nõöpnõela. Kuid Päike koosneb liikuvast gaasist. Sellepärast, esimeses järjekorras, tõmmatakse temast kõige lähemaid osi.

Te teate, et meredes on tõusud ja mõõnad. Neid kutsub esile

Kuu, sest ka tema tõmbab Maad ligi, aga mitte üksi Maa Kuud. Mõlemad planeedid mõjuvad teineteisele nagu magnetid. Kus peaksid siis olema Maa ja Kuu külgetõmbed kõige märgatavamad?

Vee peal: vesi on liikuv ja teda võib tõmmata osade kaupa. Sellepärast Kuu, liikudes merede ja ookeanide kohal, tõstab nende pinda, tõmbab vett Maalt. Kuid ta ei tõmba ligi mitte üksi vett, vaid kogu Maad. Mis peab siis samal ajal toimuma ookeaniga Maa vastaspoolel?



Joon. 17. Kuidas mõjub Kuu tõusule ja mõõnale Maa peal.

Seal toimub ümberpöördus: seal, võiks öelda, Kuu tõmbab Maad vee küljest ja sellepärast vesi ei tungi Maast väljapoole, vaid jääb tema liikumisest maha. See kutsub esile veepinna kerkimise, see tähendab tõusu. Mõlemaid tõuse on näidatud joon. 17.

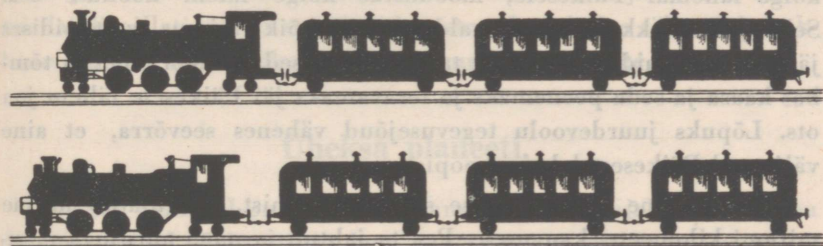
Kujutelge endale kolme paigaltnihutatud vagunit, mis ühendatud üksteisega ahelate abil. Iga ahela pikkus on üks meeter. Las vedur tõmbab seda väikest rongi. Mis saame siis?

Seda, mis näidatud joonisel 18: esiteks sõidab ühe meetri — ahela pikkuse kaugusele — esimene vagun. Siis hakkab liikuma teine, mis nihkub ahela pikkuse kaugusele kolmandast. Ja nii saame, et esimene vagun läks teisest ette, aga kolmas vagun jäi kahest esimesest maha.

Tõmmates rongi, vedas vedur vagunid üksteisest eemale. Samasugusel viisil mõjub Kuu Maale ja tekivad tõusud. Samasuguseid tõuse kutsub esile Päikesel temale lähenev täht. Ikka kõrgemale ja

kõrgemale kerkivad Päikese tulise atmosfääri hiiglaslikud lained, sirutudes tähele vastu. Aga sellega ühes ilmub ja kasvab ka teine väiksem laine Päikese vastasküljel. Me ei karda raketi sisemuses ei miljonikraadilist kuumust ega ka miljardi-atmosfäärilist rõhumist. Meid ei hirmuta lähenev ähvardav taevakehade kokkupõrge. Me jälgime põneva uudishimuga eelseisvat hiiglaste kahevõitlust.

Juba on täht muutunud teiseks tohutuks Päikeseks, võttes oma alla suure osa taevast. Me pöörame imestusega silmad ühelt valguskehalt teisele ja kannatamatult jälgime sündmuste käiku. Lõpuks



Joon. 18. Vedur venitab rongi pikemaks.

puhkeb Maailma katastroof: meie Päikeselt kistakse äkitselt osa lainest — ta hari — ja see lendab võõra sihis.

Tähe tegevus kestab. Nagu magnet, mis esimeste rauapurukeste järel tõmbab enda poole teisi, nii võõras jätkab aine ookeanide väljatõmbamist meie Päikese kehast. Võimsad tulekosed purskuvad Päikese mässavast atmosfäärist. Leekide maailmad valavad üle raketi klaasid. Hinge kinni pidades tardume hirmsa kokkupõrke ootuses.

Sündis meie maailm.

Kuid kokkupõrget ei tulnud: kaks päikest ainult lähenesid, ja seistes teineteisest veel määratus kauguses, eemaldusid suursuguselt teineteisest. Nii paistis see vähemalt eemalt. Tõeliselt nad lendasid kohutava kiirusega teineteisest mööda.

Suur hädaoht oli möödunud: kutsumatu külaline eemaldub, Päikese pind rahuneb, tema haavad kasvavad kinni.

Mis sai Päikesest äratõmmatud ainega? Tema — see hiiglaslik juga hõõguvat gaasi — rippus ruumis. Kuid ei, ei rippunud — see ainult näis nii. Ta on samasugune Päikese reisukaaslane, nagu meie rakettki ja koos Päikesega rändab tema lõputut teed. Missugune kuju on sel joal? Ta sarnaneb sigarile: nagu näidatud joon. 16, ta on keskelt pundunud ja otstest teravam. Raketi aknaist nägime, kuidas see kuju tekkis: alul, kui täht oli veel kaugel, ta tõmbas Päikesest vähe ainet välja. Tähe lähenemisega juurdevool üha suurenes ja tulise gaasi kosk, nagu koonus paksenes. Kui aga täht oli kõige lähemal Päikesele, moodustus kõige laiem koonuse osa. Selle järel hakkas täht eemalduma ja kõik toimus vastupidises järjekorras: mida kaugemale ta eemaldus, seda vähem ainet ta tõmbas kaasa ja seda peenemaks ja teravamaks jäi Päikesele lähem joa ots. Lõpuks juurdevoolu tegevusejõud vähenes seevõrra, et aine väljavool Päikesest lakkas hoopis.

Me jälgime taevase tulise sigari käitumist, mis ulatub mitme miljoni kilomeetri kaugusele. Pea ta jahtub ja nagu aurujuga muutub tilkadeks. Sigari keskpaik tiheneb kõige suuremaks tilkade koguks, aga mida lähemale otstele, seda vähemaks jäävad tilgad. Täht tõmbas enda järele Päikesest väljakistud tulise gaasi joa. Sellepärast püüavad ka tilgad tähega kaasa minna, kuid Päike tõmbab neid enda poole. Ja nii juhtus, et tilgad ei lennanud ei lõpmatusse ega kukkunud ka Päikesele, vaid hakkasid tema ümber tiirlema. Ühtede tilkade orbiidid on väga lamedad, aga teiste omad — peaaegu ringid.

Meie silme ees toimunud maailma katastroof jättis enda järele palju murendeid. Me jälgime, kuidas tilgad kogunevad nende vahel, kuidas tilkade orbiidid vähehaaval muutuvad ringitaolisteks, ja miljardite aastate pärast muutuvad peaaegu ringideks. Rakett viis meid kaugele minevikku. Me saime suure sündmuse — planeetide tekkimise tunnistajaiks. Selleni viib kindlasti tähtede lähenemine, mida me nägime raketi aknast. Vaat, miks me arvame, et meie päikese-süsteem on tekkinud just nii. Aga kui Maa on Päikesest pärinev tardunud tilk, siis on ka selge, mispärast Maa peal on samad ained, mis Päikese atmosfääriski.

PÄIKESE PEREKOND.

Meie ekskursioon on lõppenud. Pöördume nüüd tagasi Maa peale ja vaatleme Päikesest kaasakistud suuri tilku ja väikesi kilde, mis laiali pillati ruumi maailma katastroofi ajal. See tähendab, hakkame uurima meie väikese taevase asunduse planeete.

Üheksa planeeti.

Nende orbiidid on väga vähe lamedad. Meie ajal on nad juba peaaegu ringid. Täht viis endaga kaasa tema poolt Päikesest väljatõmmatud gaasi joa. Sellepärast peavad planeedid tiirlema ümber Päikese ühes sihis — samas, millises liikus juga. Nii see on ka tõeliselt: kõik planeedid liiguvad ühes sihis. Kui suure kiirusega nad siis liiguvad?

Mida lähemal on planeet Päikesele, seda kiiremalt tiirleb esimene viimase ümber, ja vastupidi. Kuid isegi kõige kaugem planeet — Pluto — isegi see kihutab peaaegu viis kilomeetrit sekundis. See tähendab, et ta liigub kakskümmend korda kiiremini kui kiirrong. Aga Päikesele kõige lähem planeet — Merkur — lendab Plutost kümme korda kiiremini. Kuid meie Maa kandub ruumis edasi kiirusega ligi kolmkümmend kilomeetrit sekundis. Samal ajal, kui teie jõuate lugeda selles raamatus ainult ühe sõna, Maa käib läbi keskmiselt viisteist kilomeetrit.

Ehitame meie päikesesüsteemi mudeli. Las Päikeseks olla hernetera, aga planeetideks — väikesed seemnekesed, liivaterad ja mikroskoopilised tolmukübemed. Arvutame kaugused, kuhu neid tuleb herneterast panna, ja asetame oma mudeli lauale.

Osutub, et harilikust lauast ei jätku: et saada õiget maastaapi,

tuleks ehitada suure Moskva platsi suurune laud. Teisiti ei jätkuks kõige kaugemate liivaterade ja tolmukübemete orbiidiks ruumi.

See mudel näitab meile, kui kaugel on planeedid Päikesest ja kui harvalt on asustatud maailmaruum, mille võtab enda alla meie päikesesüsteem: ta on peaaegu tühi.

Kuid isegi niisugust asustamist peetakse maailmaruumis tihe-
daks: kõige lähem täht — teine herneretera — tuleks paigutada plat-
silt kolmesaja kilomeetri kaugusele. Ja midagi poleks enam selle
herneretera ja platsi vahel.

Merkur.

Ta on väga lähedal Päikesele. Sellepärast ei näe me öösel Mer-
kurit: ühes Päikesega kaob ka tema silmapiiri taha. Palja silmaga
võib Merkurit näha läänes, kohe peale Päikese loojangut, või jälle
idas enne tema tõusu. Ja sellejuures ainult siis, kui Merkur näib
meile Päikesest küllalt kaugel. Kui ta aga seisab liiga lähedal Päi-
kese kettale või ka Päikese ees või taga, ei või teda muidugi näha.
Peale selle segavad Merkuri vaatlemist pilved ja udud, mis hom-
mikuti vastu võtavad ja õhtuti saadavad Päikest.

Kujutelge endale ümber lambi lendavat kärbest. Kui kärbes
lendab lambi ees, te näete teda eemalt nagu musta täppi, mis katab
järgemööda mitmesugused kohad lambil; kui kärbes lendab lam-
bist paremal või vasemal pool, valgustatakse kärbse külgi; ja lõpuks,
lambi taga pole kärbest üldse näha.

Kui Merkur asub Maa ja Päikese vahel, möödub Päikese ket-
tast must sõõrike. Päikese külgedelt näeme Merkurit sirbikujuliselt
nagu Kuud. Merkuri Päikesest valgustamata osad on alati pimedad;
tähendab, Merkur, nagu teisedki planeedid, ei evi oma valgust.

Veenus.

Kauguse poolest teine planeet Päikesest on Veenus. Ta on Päi-
kesest peaaegu poole kaugemal kui Merkur. Sellepärast on teda
kergem taevas näha. Nagu Merkuritki, on Veenust näha küll läänes

pärast Päikese loojangut, küll idas enne tema tõusu. Vanasti arvati, et neid on kaks tähte: „ehatäht“ ja „koidutäht“. Neile anti ka eri nimed. Kuid lõpuks osutus, et mitte kaks tähte, vaid üks, ja seegi mitte täht, vaid planeet.

Veenus on kõige heledam taevakeha, välja arvatud muidugi Päike ja Kuu. Ka Veenusel me näeme „faase“ — kasvavaid ja kahanevaid sirpe, nagu Kuulgi. Veenuse nähtav suurus muutub tugevasti: kui Veenus asub Maa ja Päikese vahel, ta näib meile kõige suuremana, aga teisel pool Päikest kõige väiksemana. Esimesel juhul on kaugus tema ja Maa vahel vähem kui viiskümmend miljonit kilomeetrit, aga teisel juhul enam kui kakssada viiskümmend miljonit kilomeetrit. On selge, et kui Veenus asetseb meist kuus korda kaugemal, ta näib meile kuus korda väiksemana. Aga just siis me näeme peaaegu tema tervet, Päikesest valgustatud ketast, nagu Kuud täiskuu ajal. Kui aga Veenus on Maale kõige lähemal ja me võiksime teda täpselt uurida, on ta meie poole pöördunud oma pimedada küljega. Sel ajal on paremal juhul näha ainult ta kitsast sirpi.

Kõige heledam on Veenus siis, kui tal on Kuu kuju — viis päeva pärast noorkuud. Sel ajal ta valgustab kaksteist korda tugevamalt kui Siirius, kuid Päike segab meil näha tema täit hiilgust. Ja siiski, et jälgida päeval Veenuse liikumist taeval, on küllaldane keskmisejõuline teleskoop. Kui kõige heledam valguskeha Veenus „lööb lõkkele“ õhtuti enne kõiki teisi planeete ja tähti (peale Kuu), aga hommikuti „kustub“ neist hiljem. Aga mõnikord on ta palja silmaga nähtav isegi päeval ühel ajal Päikesega.

Päikesele lähimad planeedid.

Meie Maa on arvult kolmas planeet Päikeselt. Nagu te juba teate, on ta kuusteist korda suurem Merkurist ja ainult pisut suurem Veenusest. Me näeme, et kauguse suurenemisega Päikesest suurenevad ka planeetide mõõdud. See meenutab meile oletust sigarikujulisest tulise gaasi joast (joon. 16), mille teravaist otstest pidid

saama kõige väiksemad planeedid. Merkur kinnitab seda: ta on planeetidest kõige väiksem ja asub Päikesele teistest kõikidest lähemal, see tähendab, Merkur tekkis jao otsast. Varsti näeme, et ka jao teine ots tihenes samasuguseks väikeseks planeediks.

Te teate, et Kuul ja Merkuril pole atmosfääri: nad on väikesed ja sellepärast on ka nende külgetõmbejõud liiga väike, et hoida atmosfääri enda ümber. Aga Veenus on peaaegu sama suur kui Maa, sellepärast on ka temal atmosfäär. Veenus on Maale nagu oma õde: mõlemad planeedid on sündinud ühest tähest — meie Päikesest. Pikki aastaid, sündimisest kuni siamaani, nad veetsid vististi ühesuguselt. Näib, et ka atmosfäärid peaksid neil olema ühesugused. Kuid kas see on tõeliselt nii?

Ei — ei ole: hapnikku on Veenuse atmosfääris väga vähe, või pole teda üldse. Hapnik aga on meie atmosfäärist suur ja tähtsaim osa. Kuid hapnikul on säärane omadus: ta ühineb kergesti teiste ainetega ja esineb seetõttu väga paljude ainete koosseisus. Tähendab, pole midagi imestusväärset, et hapnikku on vabas olekus vähe või ta üldse puudub Veenuse atmosfääris. Kuid miks on teda Maa atmosfääris nii palju?

Vististi sellepärast, et Maa peal on määratu hulk „hapniku vabrikuid“. Need on taimed. Iga puu, iga leheke, iga rohukõrreke eritab püsivalt meie atmosfääri hapnikku ja säilitab tagavarsid sellest gaasina.

Veenuse atmosfääris me pole leidnud hapnikku. Aga kuna ta on eluks vajalik, siis me oletame, et Veenusel pole ei taime- ega loomariiki.

Planeetide orbiidid.

Planeetide orbiidid sarnanevad üksteisesse asetatud eri suuruses rõngastega; nende keskel asub Päike. Maa orbiit on suuruselt kolmas rõngas: esimesed kaks väiksemat rõngast on Mercuri ja Veenuse orbiidid. Need kaks planeeti on Päikesele nii lähedal, et neid võib hästi näha ainult siis, kui nad näivad asetsevat Päikesest kõige kaugemal.

Ülejäänud kuue planeedi orbiidid on Maa orbiidist suuremad: need planeedid on Päikesest kaugemal kui Maa. Sellepärast meile näib, et nad tiirlevad mitte üksi Päikese, vaid ka Maa ümber.

Kujutelge endile metsaga ümbritsetud lagendikku; lagendiku keskel seisab puu; ümber puu käivad eri kaugustel temast üheksa inimest. Üks neist inimestest olete teie. Esimesed kaks inimest on puule kõige lähemal, teie aga käite mööda kolmandat ringi, küllaltki kaugel puust. Liikudes ümberringi, te vaatlete oma seltsimehi. Mida te näete?

Vaadake esiteks kaht esimest seltsimeest. Teile näib, et nad nagu tammuksid ühel kohal puu juures. Kui te aga seisate seljaga puu poole, te ei näe neid üldse — ükskõik missuguses kohas oma ringis teie seisaksite.

Liikudes mööda omi ringe, kaks esimest seltsimeest varjavad teie eest mitmesuguseid metsajaguseid, kuid ainult väikeste osade piirides. Sel määral, kuidas te liigute oma ringi mööda, liigub ka see metsajagu (samal põhjusel, miks meile näib, et Päike liigub mööda taevast tähekoegade keskel), kuid metsajao suurus jääb kogu aeg üheks ja samaks. Geomeetria keeles tuleks öelda nii: nurga suurus, mille all näeme kahe esimese seltsimehe ringteesid, on muutumatu.

Kujutelge nüüd lagendiku asemele maailmaruumi, metsa asemele — taevast, puu asemele Päikest, aga üheksa inimese asemele — meie päikesesüsteemi üheksat planeeti. Teades Merkuri, Veenuse ja Maa kaugusi Päikesest, pole raske arvutada, missuguste nurkade all näeme nende orbiite.

Vaatame nüüd teisi seltsimehi. Nendest te juba ei ütle, et nad „tammuvad paigal“. Te näete, et ülejäänud kuus inimest käivad läbi kogu teie taeva: nad varjavad teie eest kordamööda kõiki metsajaguseid ümberringi, missugusel kohal te omas ringis ka seisaksite. Kui te asetsete ühel sirgjoonel ühe seltsimehe ja puu vahel, on kaugus teie ja selle seltsimehe vahel kõige väiksem. Kui aga seltsimees läheb sel ajal teispoole puud, siis on kaugus teie ja tema vahel kõige suurem. Aga kuna viimased kuus seltsimeest käivad ringis üle

kogu teie „taeva“, siis näib teile, et nad käivad mitte üksi ümber puu, vaid ka ümber teie.

Merkuri ja Veenuse orbiitidele me vaatame Maa pealt nagu kusagil kaugel rippuvatele rõngastele. Me näeme neid rõngaid väikeste nurkade all. Kuid ülejäänud kuue planeedi orbiidid on väljaspool Maa orbiiti. Neid planeete kutsutakse „välisteks“. Nende orbiite me ei näe kusagil kaugel, vaid eneste ümber, sest et vaatame nende suurtele rõngastele seestpoolt.

Nüüd on selge, mispärast välised planeedid pöörlevad taeva-võlvil mitte ainult Päikese, vaid ka Maa ümber. Ja kui Merkuri ja Veenust näeme alati enam-vähem ühes sihis — Päikese kõrval, siis teised planeedid võivad olla nähtavad juba igas suunas, nende seas ka Päikesele vastassuunas. Tähendab, me võime neid vaadelda ka öösi, kui Päike Merkuri ja Veenusega peituvad silmapiiri taha.

Välised planeedid.

Maa lähimad välised naabrid on Mars ja Jupiter. Asetsedes meist kõige väiksemas kauguses, nad võivad olla kõige heledamaiks taevakehadeks (välja arvatud Päike ja Kuu). Tõsi, nende heledus on korda kümme väiksem Veenuse omast, kuid küünal näib öösel heledam kui lamp päeval. Aga eks Veenus ole just „lamp päeval“, või paremal juhul videvikus. Marsil ja Jupiteril aga ei tule astuda ebasavägisesse võistlusse Päikese heleda valgusega.

Teised neli planeeti on Marsist ja Jupiterist nõrgemad: Jupiteri järele tuleb Saturn, nähtava heleduse poolest sarnane tähele, Saturni lähem naaber — Uuran on paljale silmale peaaegu nägematu; Neptunit võib näha ainult teleskoobis, aga Pluto vaatlemiseks on vaja väga võimsat teleskoopi.

Marsi läbimõõt on peaaegu kaks korda väiksem Maa läbimõõdust. Mars on Päikesest kaugemal ja sellepärast tema kohale oleks pidanud saama mitte väiksem, vaid suurem tilk kui Maa. Kuid kui Mars rikub tilkade suurenemise määrust, siis Jupiter palju suuremal määral kinnitab seda. Jupiteri läbimõõt on enam kui üksteist

korda suurem Maa läbimõõdust. Ühe Jupiteri ehitamiseks läheks tuhat nelisada viiskümmend Maa suurust kera.

Jupiteri aine tihedus on Maa omast väiksem; sellepärast Jupiter on „ainult“ kolmsada seitseteist korda raskem kui Maa ja kaks korda raskem kui kõik ülejäänud planeedid kokku.

Üheksa planeedi seast on Jupiter arvult viies (välja arvatud asteroidid, milledest räägime edaspidi). Ta asetseb sigarikujulise joa keskel (joon. 16). See kõneleb sellest, et Jupiter pidi tekkima joa kõige paksemast osast. Järelikult Jupiter peab olema teistest suurem, nagu see tegelikult ka on.

Ülejäänud planeedid, mil määral nad liginevad sigarikujulise joa teisele otsale, jäävad üha väiksemaiks: Saturn on väiksem Jupiterist, Uran ja Neptun väiksemad Saturnist, aga joa otsast saadud Pluto on ainult pisut suurem Merkurist.

Planeetide kliima.

Teleskoop mitte ainult suurendab asju. Tal on ka veel teine, mitte vähem tähtis omadus: ta kogub rohkem valguskiiri kui paljas silm. Sellepärast nõrka valgust andvad või nõrgalt valgustatud asjad, vaadeldes neid läbi teleskoobi, näivad palju heledamatena. Säärast teleskoobi tegevust võib võrrelda leetri tegevusega, mis pandud vihma alla.

Teleskoobiga kogutud valguskiiri võib juhtida mitte üksi silma, vaid ka fotoplaadile. Nagu silmgi, tunneb plaat heleduse suurenemist. See võimaldab pildistada väga nõrku tähti ja taeva udu-seid osi.

Ühes valgusega saadavad taevakehad meile ka soojust. Päikese kiired — need on üheaegselt niihästi valguse kui ka soojuse kiired. Tähendab, teleskoop kogub mitte ainult taevakehade valguse, vaid ka soojuse kiiri.

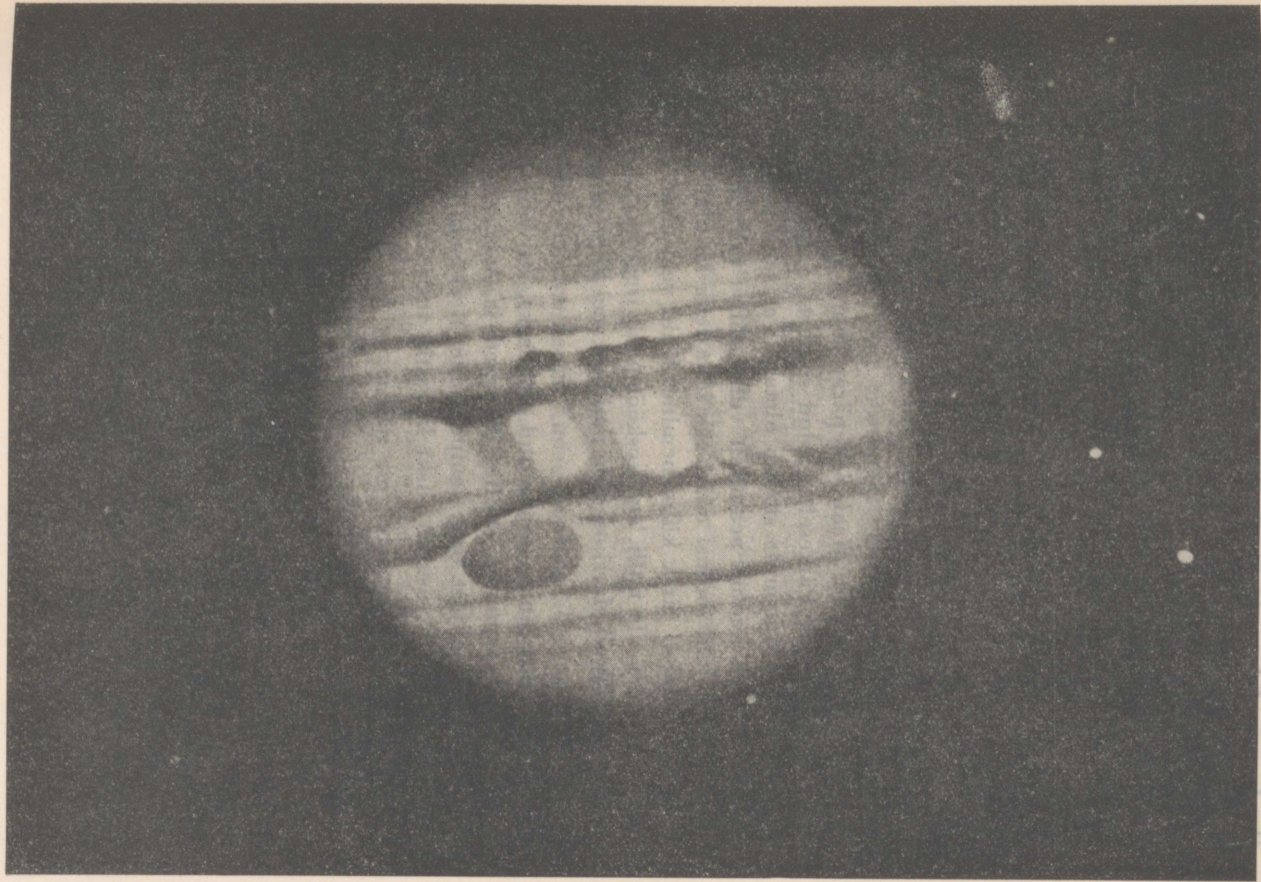
On väga tundlikke riistu väikeste soojushulkade mõõtmiseks, näiteks nõrkadelt valgustandvailt taevakehadelt teleskoobiga kogutud soojushulkade mõõtmiseks. Need riistad on nii tundlikud, et

nendega võib mõõta künula soojust, mis asetseb teleskoobist sadade kilomeetrite kaugusel.

Põhja-Ameerika Ühendriikides, Mount-Wilsonil asetsevas observatooriumis on maakera kõige suurem teleskoop-reflektor (niisugune teleskoop kogub kiiri suure kumera peegli). Selle peegli läbimõõt võrdub 2,54 meetrile. See reflektor võib märkida künula soojust, mis asetseb kolme tuhande kilomeetri kaugusel. Mount-Wilsoni teleskoobiga on mõõdetud soojust, mis saadavad meile kõige heledamad tähed ja lähimad planeedid. On leitud, et planeedid kiirgavad peaaegu sama palju soojust, kuipalju nad saavad seda Päikeselt. Igal juhul — mitte rohkem. See, et planeedid valgustavad mitte oma valgusega, vaid kiirgavad tagasi Päikese valgust, oli teada juba ammu. Nüüd me aga saime teada, et neil pole ka oma soojust.

Tuline juga tihenes hõõguvaiks tilkadeks, mis kiirgasid maailmaruumi soojust. Kuid sest ajast on möödunud kaks miljardit aastat ja planeedi tilgad on jõudnud ammu jahtuda. Aga kuna nad nüüd saavad soojust ainult Päikeselt, siis, mida kaugemal on planeet Päikesest, seda külmem ta on.

Päike ja tähed sarnanevad kaugusse laiali pillatud lõketele. Keha, mis kantud maailmaruumi kaugemaise kolgastesse, kuhu jõuavad ainult tühised soojusehulgad, oleks jahenenud peaaegu „absoluutse nullini“. See on kõige madalam temperatuur ja võrdub —273⁰. Lähenedes lõketele, hakkab soojem, kuid et saada mingisuguselt lõkkelt küllaldaselt sooja, tuleks läbi sõita määratud kaugusi. Missugust soojuse hulka võiks pidada küllaldaseks? Niisugust, mille juures on võimalik elu. Välised planeedid pole küllalt lähedased meie lähemale lõkkele — Päikesele. Saturnile, Uranile, Neptunile ja Plutole on omane säärane madal temperatuur, missugust pole Maa peal kusagil ega kunagi olnud. Ehk siis ainult laboratoorsete katsete juures. Jupiter on neist planeetidest Päikesele lähim, kuid ka temal on hirmus pakane: ligi —150⁰. Niisuguse temperatuuri juures meie atmosfäär külmuks ja muutuks vedelikuks. Kuid Jupiteri atmosfääris me märkame mingisugust liikumist: ilmub ja kaob midagi vihmapiilvedele sarnanevat (joon. 19). Need Jupiteri



Joon. 19. Jupiter.

pilved peavad koosnema gaasist, mis tiheneb ainult väga tugeva külma käes, nagu näiteks süsihappegaas.

Meie lähem „väline naaber“ on Mars. Temal on tingimused maiste külaliste jaoks sobivamad. Kuid ka Marsi peal on temperatuur keskmiselt alla nulli. Te teate, missugune kõrvetav kuumus on keskpäeval Maa ekvaatoril, kui Päikese kiired langevad ristloodis. Kuid Marsi ekvaatoril on keskpäeval umbes sama külm kui Moskvast külmal sügispäeval. Millega on seletatav niisugune madal temperatuur Marsil?

Esiteks, Mars on Päikesest kaugemal kui Maa: iga ruutsentimeeter Marsi pinda saab üle kahe korra vähem sooja kui Maa peal vastaval kohal ruutsentimeetri-suurune pind. Teiseks Marsil pole niisugust atmosfääri kui Maal. Sellepärast Marsi atmosfäär pole võimaline alal hoidma Päikeselt saadud soojust. Ja, lõpuks, Marsilt kiirgava valguse uurimine sunnib oletama, et selle planeedi pind, nagu Kuulgi, on kaetud peamiselt vulkaanilise tuhaga. Me teame, et see tuhk ei juhi soojust edasi ega hoiu teda ka alal. Sellepärast öhtul algab Marsil järsk külmenemine. Kuid veel enne öhtut temperatuur langeb alla nulli, aga keskööl peab isegi ekvaatoril olema käre pakane. Muud Marsi osad on muidugi veel külmemad.

Meie „sisemisil naabreil“ on teine temperatuuri äärmus. Veenus ja Merkur on ka sobimatud elamiseks, kui võib „sobimatuks“ nimetada kuumust, milles inimesed ja loomad muutuksid praeks. Niisugune just ongi temperatuur Merkuril. Veenusel see, kuigi on „külmem“, osutub siiski küllaltki tuliseks.

Uurides kõiki planeete, me näeme, et Maa temperatuur on kõige kohasem elu tekkimiseks ja arenemiseks.

Kas Marsil on elu?

Veerand aastasada tagasi see küsimus huvitas väga paljusid. Ja tõepoolest, kui mingisugune planeet võib Maaga võistelda, siis on see Mars. Mõned astronoomid nägid Marsil ribasid, mida nad pidasid kanaliteks. Ribade korrapärane kuju viis mõttele, et „kana-

leid“ on ehitanud mõistusega olendid. Kuid Marsi ülesvõtteil pole märgata midagi, mis kõneleks arukate olevuste tegevusest selle planeedi pinnal.

Vähevalgustatud asjade vaatlemisel tuleb pingutada nägemist. Katsed on näidanud, et tumedad ja valgustatud plekid näivad olevat sellistel juhtudel nagu ühendatud sirgjoontega. Sellega vististi on seletatavadki Marsi „kanalid“. Umbes sama, mida Marsil, „nägid“ mõned vaatlejad ka Veenusel, Merkuril ja Kuul. Kuid on teada, et Veenuse pinnal on näha vaid pilvi, aga Merkuril — „Päikese all“ — pole elu võimalik. Mis puutub aga Kuusse, siis selgus, et ühed ribad olid vaid näilised; mittenäilised aga — polnud üldse kanalid. Kõik säärased „kanalid“ joonestuvad vaatleja kujutlusse vaid siis, kui uurida planeete läbi mitte küllalt jõulise teleskoobi. Nüüd me teame, et tõeliselt pole planeetidel mingisuguseid kanaleid.

Aga küsimuse otsustamise — kas on Marsi peal elu — jätame fotoaparaatidele ja teleskoopidele, mis on võimsamad kui need, mis on meil praegu.

Marsil, nagu Maalgi, on aasta-ajad. Nad kutsuvad planeetide pinnal esile mõnesuguseid muutusi: talvel kerkib poolustele lumikate, aga suveks nad sulavad. Üheaegselt lume sulamisega muutub maakohtade pilt ekvaatori suunas. Ühed astronoomid seletavad seda taimkatte ilmumisega, teised jälle arvavad, et vihmad muudavad kõrbede väljanägemist, mis on kaetud vulkaanilise tuhaga.

Nagu näha on väga vähe tõenäone, et on olemas elu veel mingisugusel planeedil peale Maa. Mis ka teised sellest asjast räägiksid, kuid mina arvan, et meie päikesesüsteemi piirides on elu olemas vaid Maa peal. Kuid tähtede seas peavad olema teised päikesed, mis nagu meie Päikegi on ümbritsetud planeetide perega. Nende hulgas on vististi ka maid, mis sarnanevad meie Maale ja on asustatud kõrgelearenenud elavate olevustega. Vaadeldes Linnuteed, kus meie Päike on ainult väike liivaterake, võib-olla ka meie kauged seltsimehed mõtlevad praegu: „Aga kas on veel kusagil maailmaruumis elu?“

Planeetide kaasreisijad.

Mõned planeedid on soetanud omale perekonna. Nende perekondade liikmed — kuud — on samasugused planeetide reisukaaslastes nagu meie Kuu. Jupiteril ja Saturnil on kummalgi üheksa kuud, Uranil — neli, Marsil — kaks, Neptunil ja Maal kummalgi üks, aga Veenusel ja Merkuril pole üldse kaasreisijaid. Kuud on vististi planeedilt lahti kistud tükid, samuti, nagu planeedid on Päikeses küljest rebitud tükid. Vististi ka kuude tekkimise ajalugu sarnaneb planeetide tekkimise ajaloole.

Te teate, et kõik kehad vastamisi tõmbavad üksteist külge ja et seda kehade omadust kutsutakse külgetõmbejõuks. Mida väiksem on kehadevaheline kaugus, seda tugevamini nad üksteist tõmbavad. Kujutelge endile nüüd mingisugust suurt keha, mille ümber tiirleb väiksem. Mida lähemale läheb väike keha suurele, seda tugevamini on märgatav temal suure keha mõju. Kehadevahelise kauguse vähendamisega see mõju võib seevõrra kasvada, et suur keha purustab väikese tükkideks. Ta purustab ta eemalt oma külgetõmbejõuga.

Võib öelda, et suured kehad on ümbritsetud erilise vööga. Väikestel kehal on sissepääs selle vöö piiridesse keelatud. Liigjulgeid, kes lähenevad „hädaohtlikule tsoonile“ (vööle), karistatakse karmilt. Mehhaanika ja matemaatika määravad igal üksikul juhul kindlaks hädaohtliku tsooni piirid. Ja mitte ükski väike keha, minnes kord üle neist piiridest, ei saa tagasi pöörduda tervena. Misugusel määral ta siis kannatab lähemast tutvumisest suure kehaga? Aga see oleneb sellest, kui kaua aega ta viibis selles hädaohtlikus tsoonis.

Te teate, et kunagi — see oli enam kui kaks miljardit aastat tagasi — meie Päikesega toimus katastroof. Miks see juhtus? Sellepärast, et Päike, rännates maailmaruumis, kohtus suurema ja masiivsema tähega kui ta ise. Päike sattus tähe hädaohtlikku tsooni, mille eest teda karistatigi: täht tõmbas temast tuusti tulist gaasisarnast ainet. See tuust tihenes, nagu teate, planeetideks.

Me rääkisime, et planeetide orbiidid olid alguses lamedad. Liikudes neid mööda, planeedid kord eemaldusid Päikesest, kord jälle

lähenesid talle. Aga lähenedes mõned neist võisid sattuda Päikese hädaohtlikku tsooni. Noil juhtudel ta pidi neid purustama tükkideks.

Nii tekkisid vististi planeetide kaasreisijad, ja nii purustas Päike kunagi ühe tilkadest kaheks ebavõrdseks osaks. Suuremat tükki nimetatakse Maaks, aga väiksemat — Kuuks.

Saturni rõngad.

Kõige tähelepanuväärivam kõigist planeetidest on Saturn. Peale üheksa kuu tiirlevad ümber Saturni veel kolm lamedat rõngast (joon. 20), milledes Saturn paistab välja nagu kraega.

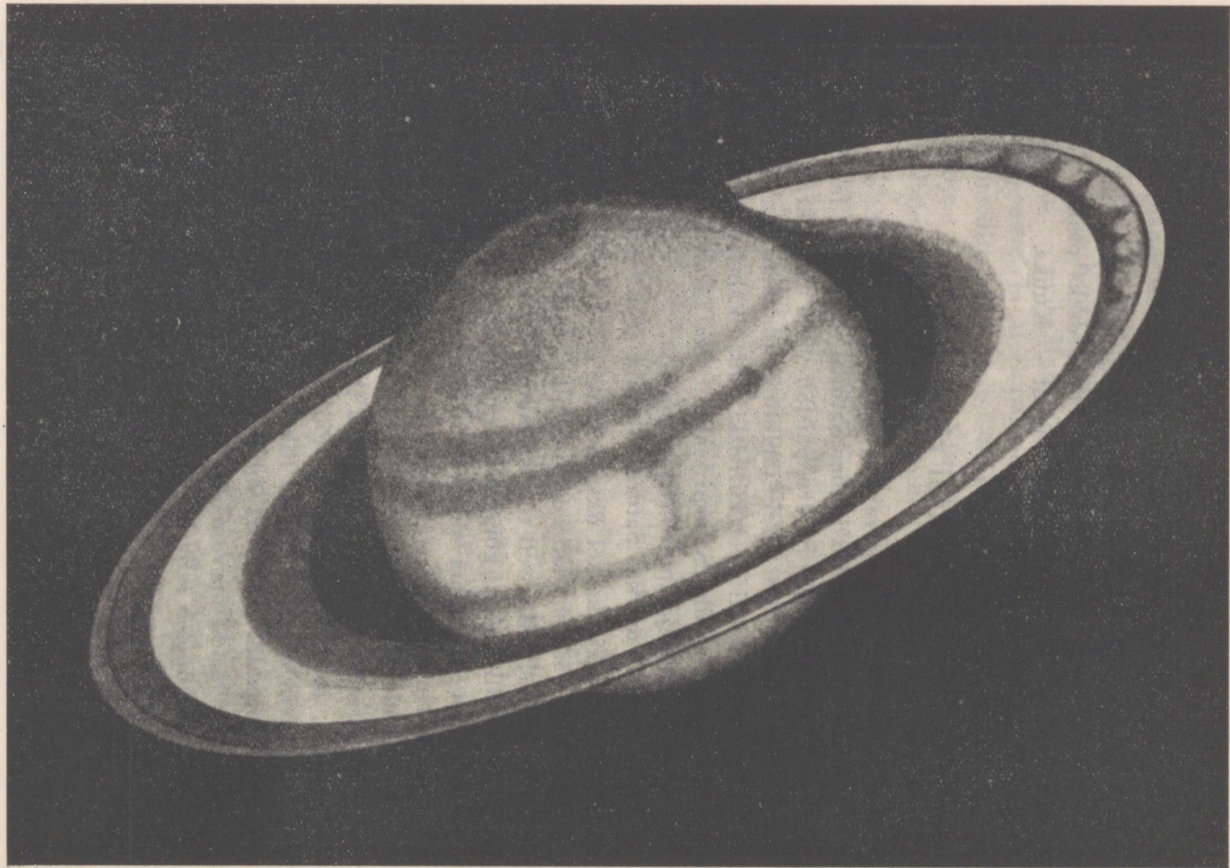
Saturn on Jupiteri järel järgmine planeet. Kuigi väiksem Jupiterist, on ta siiski veel küllaltki suur: kaheksasada Maa-suurust kera võrduksid ühe Saturni mahule, aga Saturni rõngastel Maa võiks veereda nagu jalgpall kiviteed mööda.

Esmakordselt märkas Saturni rõngaid 1610. aastal Galilei.

XVIII aastasaja keskel üks õpetlane oletas, et need rõngad on määratu hulka väikesi planeete. Aga alles poolteistsada aastat hiljem kuulus füüsik Maxwell tõestas matemaatiliselt, et Saturni rõngad — Maxwelli arvates kõige tähelepanuväärsemad kehad — peavad tõepoolest koosnema väikestest reisukaaslastest. Sellest kõnelevad ka uurimused: rõngaste keskmised osad tiirlevad planeedi ümber kiiremini kui välimised. See sarnaneb väga planeetide liikumisele päikesesüsteemis: planeedid ka tiirlevad ümber Päikese ikka ühes suunas, ja mida kaugemale Päikesest, seda aeglasemalt. Kas tiirleksid niiviisi ühtlased, ühest tükist koosnevad rõngad? Selge, et ei: see on võimalik ainult sel juhul, kui rõngad koosnevad osakesetest, milledest igaüks on võimeline liikuma omaette.

Kõik see kõneleb sellest, et Saturni rõngad on tõepoolest tillukestest kuudest koosnev väeosa. Kuid kust need kuud on tulnud?

Me mõtleme, et nad on killud kunagisest suurest kuust, millel oli õnnetus sattuda Saturni hädaohtlikku tsooni. Ja selle eest, et ta julges läheneda talle lubamatutesse piiridesse, Saturn purustas ta



Joon. 20. Saturn.

kildudeks. Alla heites muutmatule looduseseadusele, ettevaatamatu kuu killunes miljoniteks tükkideks. Nii tekkisid Päikese lapse-
lapsed.

Kuid planeetide tekkimise ajaloo ja Saturni rõngaste ilmumise vahel on siiski vahe. Tekkisid ju planeedid nii: Päike ja tähed liikusid hiiglakiirusega; sattudes tähe hädaohtlikku tsooni, Päike jäi sinna ainult ajutiselt; lennates suure kiirusega välja, Päike selle-
samaga vältiski enda hävimise, õnnelikult eemaldudes vaid väikeste kaotustega. Saturn ise, kaugenedes Päikesest, viibis ka ainult lühikest aega hädaohtlikus tsoonis. Kuid purunenud kuu, tiireldes ümber Saturni, kogu aeg lähenes talle. Sattudes lõpuks hädaohtlikku tsooni, ta jäi tugevasti sellesse kinni, olles võimetu end lahti rebima. Ja siis hakkas Saturn teda purustama osadeks.

Meil on kaks usaldatavat tunnistajat, et see pidi toimuma just nii. Nende tunnistajate nimed on — mehhaanika ja matemaatika. On välja arvatud, et Saturni rõngad asetsevad just seespool hädaohtlikku tsooni, aga Saturni kõige lähem kuu on väljaspool seda tsooni. Vastasel korral oleks ka tema purunenud. Jupiteri sisemine kuu tiirleb ka hädaohtliku tsooni piiri lähedal. On võimalik, et see kuu kunagi läheneb Jupiterile ja satub tema hädaohtlikku tsooni, siis tabab teda sama saatus, mis Saturni kuudki: ta lüüakse puruks, aga Jupiter ehitakse kraega.

Kas võib ka Maale kasvada samasugune krae? Võib. Meie Kuu, tõi küll, väga pikkamisi, kuid vahetpidamata läheneb Maale. Mõõdub miljardeid aastaid ja ta satub Maa hädaohtlikku tsooni. Ja siis toimib Maa oma vana seltsimehega samuti, nagu talitas oma kaaslasega Saturn. Tuleviku inimkond saab tähelepanuvääriva pildi tunnistajaks: ta näeb, kuidas Kuu läheb tuliseks ja killuneb ikka väiksemaiks ja väiksemaiks osadeks. Siis pole meil enam Kuud — teda asendavad miljonid killud. Miljonid tillukesi kuid kaunistavad Maad kraena.

Missugused muutused toimuvad siis Maal? Esiteks, „kuupaiste“ tegutseb vahetpidamata terve öö-päeva kestel; teiseks, rõngad valgustavad Maad tugevamini kui meie praegune Kuu: rõnga suurem

pind, mis koosneb paljudest kuudest, kiirgab rohkem Päikese valgust kui üks Kuu.

Rõngad saavad väga ilusad, kuid nad toovad endiga ka mõnesuguseid ebameeldivusi: põrgates üksteisega vastamisi tillukesed kuud purunevad ja küluvad Maad kivirahega.

Väikesed planeedid.

Kõneldes Päikese järglastest, me nimetasime seni ainult planeete. Kuid peale nende on veel teisi Päikese perekonna liikmeid, esimeses järjekorras asteroidid, milledega te vististi olete tuttavad.

Mis on asteroidid? Need on väikesed planeedid. Suurimad asteroidid on läbimõõdult sadu kilomeetreid. Kõige suurema asteroidi Ceresi läbimõõt on peaaegu kaheksasada kilomeetrit, aga kõige väiksemate läbimõõt ei ulatu isegi kahekümne kilomeetrini. Esimene asteroid avastati 1801. aastal; nüüd on meil teada juba poolteist tuhat sellist tillukest planeeti.

Nagu teisedki planeedid, tiirlevad ka asteroidid ümber Päikese, Kuid nad pole laiali pillatud kogu päikesesüsteemis: nad liiguvad Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel. Nende koht päikesesüsteemis on näidatud joon. 16. Miks asetsevad nad just seal? See pole muidugi juhuslik. Planeetide uurimisel me märkame, et vahemaa Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel on väga suur — ta peaks olema väiksem. Ja see, et just sel vahemaal tiirlevad asteroidid, viis õpetlased järgmisele mõttele: siin oli kunagi planeet, mis, sattudes Jupiteri hädaohtlikku tsooni, viimase poolt tuhandeks tükiks purustati. Nii vististi tekkisid asteroidid.

Komeedid ja langevad tähed.

Mõned neist rändavad väga väljavenitatud orbiite mööda. Võib-olla on teil isegi teada, et kõverjooni, milliseid kõik kehad joonistavad ümber Päikese, nimetatakse ellipsiteks.

Kas olete näinud kunagi ellipsit? Kindlasti olete näinud ja mitte ainult kord. Kuid vististi te ei teadnud, et see just ongi ellips.

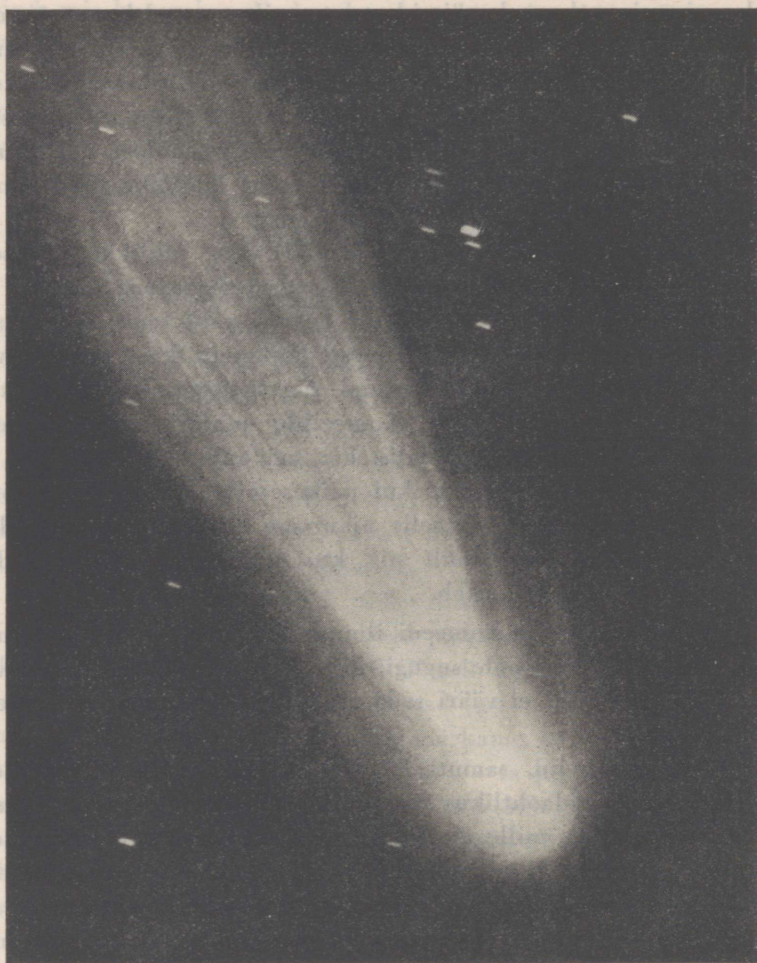
Pole vaja minna kaugelt näiteid otsima: viltu saetud kepp või toru annavad läbilõikes ellipsi. Sae kalde suurendamisega ellipsid muutuvad pikergusemaks. Kui aga hoida saag mitte viltu, vaid otse, kepi või toru pikkusele risti, siis kaob piklikkus ja ellips muutub sõõriks. Kuid sõõr — see on ka ellips, üks tema vormidest, nagu kuup on üks rombi vorm. Lühidalt öelda, silindri läbilõike pind annab ellipsi.

Komeedid liiguvad Päikese ligidal väga piklikke ellipseid mööda. Komeet on näidatud joon. 21, aga tema orbiit joonisel 22. Nagu näete, ei asetse Päike ellipsi keskel, vaid tema ühes otsas. Sellepärast komeedid kord lähenevad Päikesele, kord eemalduvad temast kaugesse külmalesse ruumi sügavustesse. Neid võib tõeliselt nimetada hulkureiks! Komeetide piklik orbiit muudab komeete meie harvadeks külalisteks: möödub kümneid, sadu ja isegi tuhandeid aastaid, enne kui päikesesüsteemi komeedid jõuavad jälle meie maile. Aga selle ajani me ei näe neid: silmadele nähtavaks saavad nad ainult siis, kui mööduvad küllalt ligidalt Päikesest, kes neid valgustab.

Kõigil aegadel on komeedi ilmumist peetud suureks sündmuseks. Kuid komeedid pole sugugi nii tähtsad ja tähelepanuväärid olendid ja hoopiski ei vääri seda austavat tähelepanu, mida neile omistatakse.

Nagu planeedid, samuti ka komeedid purunevad tükkideks suurte kehade hädaohtlikus tsoonis. Purunenud komeedid muutuvad kiviparvedeks, mille üksikuid tükke nimetatakse meteorideks või meteoriitideks. Mõnikord Maa põrkab kokku meteoriparvega. Sattudes Maa tõmbetungi piirkonda, ta kisub neid enda ligi. Ja siis langeb Maale kivirahe. Aga kui neid langeb korruga palju, esineb päris „meteoride sadu“. Meil on tõendus, et komeedid purunevad: Komeedi Biela tee peaaegu lõikab läbi Maa orbiidi; seda komeeti loodeti näha 1872. ja 1885. aastal, kuid komeedi ilmumise asemel täpselt tema tulekuks määratud ajal sadas ohtrasti meteoride rahet.

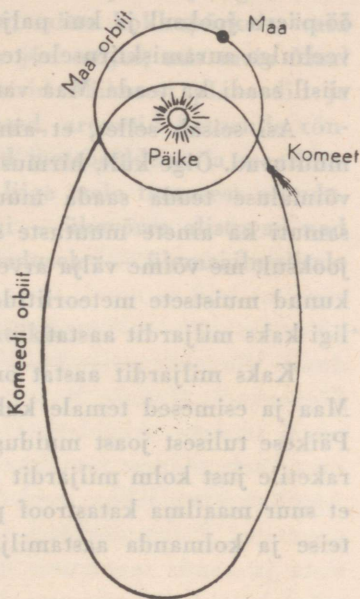
Lennates hiiglakiirusega läbi meie atmosfääri, meteorid kuumenevad õhu hõõrumisest seevõrra, et hakkavad helendama. Enamus neist põleb suures kõrguses, jõudmata Maa pinnani. Meteoride



Joon. 21. Komeet.

põlemist Maa atmosfääris näeme tulesähvatuste näol, mis jätavad taevale lühiajalise heleda jälje. Kuid mõnikord on meteoovid nii suured, et nad ei jõua täielikult ära põleda atmosfääris: nende jäänused langevad hõõguvate kividena Maa peale. Need on väga väi-

kesed — õuna, pähkli, herne suurused või veel väiksemad. Kuid on, tõsi küll, väga harva suuri ja isegi hiid-meteoriite. 1908. aasta juunis kukkus Ida-Siberis Podkamenõi Tunguzki soises taigas maha hiid-meteoriit. Teda pole tänini leitud. Tema kukkumise oletataval kohal ekspeditsioon avastas hävitatud ja kõrbenud metsa. Meteoori kukkumine põhjustas hirmsa tuule, mis murdis maha puid kahesaja ruutkilomeetri ulatuses; mürin löi uimaseks inimesi, hukkusid loomad ja värises maapind. New-Yorgis hoitakse alal raudne meteoriit, mis kaalub üle viiekümne tonni. USA osariigis Arizonas on avastatud pinnases hiiglasuur sügavik, mis sarnaneb vulkaani kraatril. Siin kunagi mahakukkunud meteoriit pidi olema umbes mäe suurune. Temas pidi olema mitu miljonit tonni puhast rauda ¹.



Joon. 22. Komeedi orbiit.

Maa iga.

Temast kõnelevad meile mõnesugused ained, milliseid leiame iidsemal meteoriitides ja Maa kooses.

Kujutelge, et teid juhiti pange juurde, millel kolmveerand oli täidetud veega. Seejuures öeldi teile, et mõni nädal tagasi oli

¹ ENSV-s Saaremaal on Kaali järv, mis on samuti tekkinud raua-meteoriidi maapinnale langemise tagajärjel. Enne maapinnale jõudmist on meteoriit purunenud tükkideks, milledest suurim on tekitanud Kaali järve, läbimõõduga umbes 100 m, kuna väiksemad meteoriidi killud on põhjustanud Kaali järve läheduses leiduvaid väiksemaid kraatreid. Arvatavasti oli Kaali meteoriidi läbimõõt $\frac{1}{2}$ m ja kaal umbes $\frac{1}{2}$ tonni. Toimetaja.

pang ääreni täis, kuid vesi on ära auranud. Kas võib kindlaks määrata, millal valati vesi pange? Võib. Selleks on vaja teada auramise kiirust, see tähendab, mitu kuupsentimeetrit vett aurab, ütleme, öö-päeva jooksul ja kui palju vett puudub panges. Jagades puuduva veehulga auramiskiirusele, te saate teada, millal täideti pang. Samal viisil saadi ka teada Maa vanus.

Asi seisab selles, et ained, millest koosneb Maa, aja jooksul muutuvad. Õige küll, hirmus pikkamisi, kuid on viise, mis annavad võimaluse teada saada muutuste kiirust. Aga teades seda ning samuti ka ainete muutuste suurust nende Maa peal viibimise aja jooksul, me võime välja arvestada niihästi Maa kui ka temale kukkunud muistsete meteoriitide iga. Nii saadakse määratu suur arv: ligi kaks miljardit aastat.

Kaks miljardit aastat on möödunud sellest ajast, kui kõvenes Maa ja esimesed temale kukkunud meteoriidid. Kuid Maa tekkis Päikese tulisest joast muidugi veel varem. Seepärast me asusimegi raketile just kolm miljardit aastat tagasi ja seepärast me arvasime, et suur maailma katastroof pidi toimuma nii kauges minevikus — teise ja kolmanda aastamiljardi vahel.

Kõige väiksemad Päikese pere liikmed.

Planeedid, kuud, rõngad, asteroidid, komeedid ja meteorid — kui mitmekesised on Päikese järglased! Kuid see pole kõik: on veel väiksemaid kehi, mis ka tiirlevad ümber Päikese. Need on tolmu-kübemed, mitmesuguste ainete molekulid, aatomid ja isegi aatomite killud. Nende osade rühmad, valgustatuna Päikesest, on tihti nähtavad (harvem meil, sagedamini lõunalaiustes) pärast Päikese loojangut läbipaistva helendava ribana, mida nimetatakse „zodiaagi-valguseks“.

Varjutuse ajal, kui Kuu katab Päikese ketta, me näeme Päikest „krooniga“ ümbrisetult. Need on ka loendamatu arvust mikro-skoopilistest planeetidest koosnevad hulgad, mis tiirlevad ümber Päikese ja peegeldavad tema valgust.

Peale kõige, mis meil juba teada, me võime öelda: kogu päikesesüsteemi ajalugu — hiiglasest Jupiterist kuni aatomikilluni — see on suurte kehade väiksemaiks purunemise pikk ajalugu. Purunevad need aga, nagu me juba teame, mitte kokkupõrkeis, vaid külgetõmbejõu tegevusest — sellesama jõu mõjul, mis meie Maal kutsub esile tõuse ja mõõnu. Nii tekkisid Päikesest planeedid ja asteroidid, ilmusid planeetidele kaaslased, arenesid Saturnile rõngad ja nii lõpetavad oma elu komeedid meteoridena ja maailmaruumis ümbereksleva tolmana. Ja iga liige meie taevases asundusest — Päikesest kuni peenema tolmeni — ühevõrra alistuvad nad kõik oma liikumises suurele looduseseadusele — ülemaailmalesele külgetõmbe-seadusele.

Sellest me kõneleme järgmises peatükis.

TAEVAKEHADE KAALUMINE.

Maailma valitseb ülemaailmaline külgetõmbejõud. Tema oli see, kes kiskus Päikesest selle ainese tüki, millest tekkis Maa, mis sünnitas teid ja meid. Järelikult isegi oma elu eest võlgname tänu külgetõmbejõule. Tema ka kaitseb meid, hoides Maad Päikese läheduses. Mis saaks meist, kui Päike äkki kaotaks oma külgetõmbejõu? Ülepeakaela lendaks Maa otsatu ruumi külma pimeduspõue, ja elu temal tarduks. Aheldatuna paksu, kõveneva jäise atmosfääri korraga, meie planeet muutuks süngeks ja tühjaks surnud maailmaks. Aga kui mitte Päike, vaid Maa korraga kaotaks oma võime külge tõmmata? Võiks mõelda — küll oleks siis hea elada! Me võiksime tõsta ja kanda igasuguses suuruses „kaaluta raskusi“, hüpata kui tahes kõrgele ja väsimata käia ja joosta läbi määratud kaugusi.

Kujutleme, et Maa võiks kaotada külgetõmbejõu. Uudishimu-naeratusega me annaksime Maale käsu lakata külge tõmbamast. Me tahame vaadata, kui huvitav kõik ümberringi välja näeb. Kuid silmapilgu pärast me naeratus tarduks hirmu-moonutuseks: Maa kaotab kohe atmosfääri. Minuti pärast õhutu ruum meie planeedi ümber täituks moonutatud laipadega.

Kuid oletame, et Maa atmosfäär jääks — siis me ise lendaksime nagu kork šampanjapudelilt silmapilkselt stratosfääri. Ei aitaks ei abitu rabelemine, ei meeleheitlikud appikarjed ega tagajärjetud katsed kinnitada õhu külge. Aga stratosfääris toimuks meiega sama, mis sügavvee loomadega maapinnal. Kuid stratosfäär ei saaks meie hauaks: meie kõvaksmuutunud, jäätunud laibad jätaksid hirmuäratava kiirusega lendu maailmaruumis. Lõppude lõpuks nad kukuksid Päikesele või saaksid tema kaasreisijaiks. Ja

mitte ainult nemad, vaid kõik pinnasse mittekinnitatud asjad lendaksid maapinnalt õhku: kõik rändrahnud, kivid ja kruus; kõik inimesed ja loomad, majad, nende sisu ja ehituste osad; masinad ja raudteed rongidega; kõik vesi järvedest, jõgedest, meredest ja ookeanidest ühes aurikutega. Vilistamise ja mühinaga lendaks kõik see liivast ja tolmust musta taeva poole.

Mispärast raskusjõu puudumisel atmosfäär ära lendaks, peaks teil selge olema. Külge tõmmates atmosfääri, Maa rõhub teda kõvasti: pealmised õhukihi rõhuvad oma raskusega alumistele. Külgetõmbejõu kadumisega peab atmosfääriga alul juhtuma sama, mis kokkusurutud ja siis lahtilastud vedruga. Rõhumisest vabanevad õhk hajuks kiiresti maailmaruumi.

Aga miks meie lendaksime atmosfäärist välja, kui viimane jääks kohale? Sellepärast, et õhk suruks meid maapinnalt välja, nagu vesi surub välja korgi veega täidetud anuma põhjast.

Meie kujuteldav katse osutus õpetlikuks: ta näitas, et Maa külgetõmbejõud pole meie jaoks vähem tähtis kui Päikese külgetõmbejõud. Ja me näeme, et külgetõmbejõud, millele allub kogu maailmkond, on meie eluks sama tarvilik kui õhk ja vesi.

Newtoni avastus.

Külgetõmbejõuga me puutume kokku iga minut, igal silmapilgul: me tajume teda vahetpidamatult raskusjõuna. Me oleme nii harjunud selle jõuga, et me pole kunagi selle üle mõtiskelnud. Alati kõik võtsid seda kui paratamatust, et asjad kukuvad alla, aga mitte üles. Kuid mispärast? Selle üle polnud keegi järele mõelnud. Ja oli vaja geniust, suurt õpetlast Newtonit, et asetada säärast lihtsat küsimust. Newton märkis raskusjõu väga tähtsat looduseseadust. Ja selles seisabki Newtoni suur teene.

Kuu liigub ümber Maa enam kui kolme ja poole tuhande kilomeetrilise kiirusega tunnis. Kui Maa ja Päike ei tõmbaks Kuud ligi, ta lendaks sirgjoont mööda kaugusse ja aasta jooksul jõuaks meist eemalduda kolmekümne kahe miljoni kilomeetri kaugusele.

Maa, mille külge on Kuu tugevasti köidetud külgetõmbejõu sidemetega, muudab vahetpidamata Kuu teed, sundides teda liikuma enda ümber.

Newton mõistis seda. Ta väljendas mõtte, et kõik kehad maailmas tõmbavad üksteist ligi — „tunglevad“ üksteise poole, kui kaugel nad üksteisest ka seisaksid. Jõus, mis hoiab Kuud Maa ligi, aga planeete Päikese läheduses, Newton nägi sama jõudu, mis sunnib asju kukkuma Maa peale.

Newtoni mõte osutus õigeks. Ta avas meie ees suurima looduse-seaduse saladuse, mis valitseb maailmade liikumist.

Külgetõmbejõu uurimine.

Õpetlased võivad täpselt uurida külgetõmbejõudu, niihästi maistes laboratooriumides kui ka taeva laboratooriumides, kus loodus alati nagu korraldab katseid kolossaalses maastaabis, lubades meil vaadelda nende resultaate. Ja nüüd me juba teame, et kõik maailmas — väiksemast tolmuübemest kuni hiiglaslike tähtede tohutute kuhjadeni — on külgetõmbejõu võimuses ja järgneb alandlikult tema seadustele. Tähtede maailmas, meist miljonite valgusaastate kaugusel, me näeme Newtoni geniaalsete mõtete kinnitust, mis ei selgitanud mitte ainult valguskehade liikumise mehhaanikat, vaid õpetas meid ka kaaluma planeete ja tähti.

Newton leidis, et jõud, millega kõik kehad tõmbavad üksteist ligi, oleneb nendes kehaes olevast aine hulgast ja nendevahelisest kaugusest. Aga mis tähendab „aine hulk“?

Võrrelge kuupmeetrit rauda ja heinu. Kuup rauda kaalub mõned korrad enam kui kuup heinu. Nimelt sellepärast, et esimeses kuubis on enam ainet kui teises, sest on ju raud heinast tihedam. Aga aine tiheduse järgi me määrame tema kaalu. Kuid kui võtame kilogrammi heinu ja kilogrammi rauda?

Siis leiame, et raua maht on mõned korrad väiksem heina mahust. Aga miks on ta väiksem? Samal põhjusel: raud on heinast tihedam. Kuid heina kilogrammis on täpselt sama palju ainet kui

raua kilogrammis. Ja tuleb välja Newtoni seaduse järgi, et kehade vastastikune külgetõmbejõud ei olene nende ainesest. Nii on see ka tõeliselt: Maa tõmbab ligi ühesuguse jõuga niihästi kilogrammi rauda kui ka kilogrammi heinu. Sellepärast just ongi nende kaalud — kilogramm rauda ja kilogramm heinu — võrdsed, et Maa tõmbab mõlemaid neid hulki ühesuguse jõuga!

Lühiduse mõttes nimetame aine hulka keha mehhaanika sõnadega — „kehade massiks“. Asetame nüüd niisuguse küsimuse: missugusel määral oleneb kehadevaheline külgetõmbejõud nendes leiduvast aimest?

Ta suureneb „võrdeliselt kehade massile“. See tähendab, et suurendades ühe keha massi, ütleme, kolm korda, aga teist — neli korda, külgetõmbejõud kehade vahel suureneb $3 \times 4 = 12$ korda. See on külgetõmbeaduse esimene osa.

Teisest seaduse osast saame teada, et külgetõmbejõud kehade vahel, näiteks Päikese ja planeetide vahel, väheneb „vastuvõrdeliselt neid lahutava kauguse ruudule“. Ja seda pole raske mõista. See tähendab, et kauguse suurendamisega külgetõmbejõud väheneb. Te isegi vististi olete märganud seda, kui olete kunagi mänginud magneti ja nõelaga. Kuid osutub, et kui kaugus kehade vahel suurenes kaks korda, siis nendevaheline külgetõmbejõud vähenes mitte 2, vaid 4 korda; kui vahe suurenes 3 korda, siis külgetõmbejõud vähenes 9 korda; aga kui suurenes 4 korda, siis vähenes 16 korda ja nii edasi. Kui aga arvu korrutada iseendaga, siis saadud korrutis nimetatakse arvu „ruuduks“.

Nõnda tuleb mõista Newtoni seaduse teist osa ülemaailmsest külgetõmbejõust.

Kui palju kaalub Maa?

Maa mass on suurim kõigist meile kättesaadavaist massidest. Sellepärast Maa tõmbab meid ja kõiki asju ligi mitu korda suurema jõuga kui mingi teine lähedane keha, näiteks maja. Me ei märka maja ja teiste asjade külgetõmmet sellepärast, et Maa suur külgetõmbejõud, võib öelda, „jätab varju“ tühise maja külgetõmbe-

jõu. Laual, mis kaetud söögiks, taldrikud, kahvlid, noad, leib, vorst tõmbavad vastastikku üksteist ligi, kuid rõhumine lauale, mis ole-
neb nende raskusest, ei anna neile võimalust liikuda üksteise poole.
Planeetidevahelises ruumis aga, kus Maa ei segaks neil seda teha,
nad koguneksid hunnikusse.

Laboratooriumides on väga täpselt mõõdetud külgetõmbejõu
suurust kahe keha vahel. Tehti katset kahe tonni seatinaga ja saadi
teada, missuguse jõuga üks tonn ainet tõmbab ligi teist, või teisiti
öelda, kui palju kaaluks üks tonn ainet teise kõrval, kui ei oleks
Maa külgetõmbejõudu. Saadi, kuigi tühine, kuid väärtuslik suurus.
Oli väga tähtis teda leida: ta jutustas meile, millele võrdub Maa
mass, või teiste sõnadega, mitu tonni kaalub Maa.

Te olete veendunud, et Maa on „väga raske“. Te ei eksi: ta
kaalub $6 \cdot 10^{21}$. Loeme seda arvu. Tabelist raamatu alul te teate,
et 10^{18} — see on triljon. Sellepärast lahutame 10^{21} -st kolm nulli
ja kirjutame need kuue juurde. Saame $6 \cdot 10^{21} = 6000 \cdot 10^{18}$, see
tähendab, kuus tuhat triljonit tonni.

Tonniks kutsutakse ühe kuupmeetri vee kaalu. Järelikult Maa
kaalub nii palju, kui palju kaalub $6 \cdot 10^{21}$ kuupmeetri vett. Kui
asetaksime need kuupmeetrid üksteise kõrvale, saaksime „küllalt“
pika joone. Mõõdame seda mitte kilomeetritega ja isegi mitte mil-
jonite kilomeetritega, vaid kohe valgusaastatega: selle joone otsast
otsani läbi joosta jõuaks valgusekiir alles kuuesaja kolmekümne
tuhande aasta jooksul.

Päikese kaalumine.

Kõik kehad maailmas tunglevad üksteise poole.

Sest ajast kui Newton selle geniaalse mõtte väljendas, on selle
tõepärasust mitu korda kinnitanud astronoomilised vaatlused. Järe-
likult iga õun, langedes õunapuult, ei mõju mitte üksi Maale, vaid
ka Kuule, Päikesele ja kõikidele tähtedele, kuigi selle mõju suurus
on kujutlematult väike. Veel enam: võib öelda, et iga sõrme liigu-
tus mingisugusel lõpmata väikesel määral „puudutab“ kõiki tähti
maailmas.

Karmilt külgetõmbejõu määruste järgi valitseb Päike kõigi temale alluvate kehade liikumist — Jupiterist kuni oma hiilgava krooni peenema tolmutõmbemini ja purunenud aatomi viimse kiluni. Kõiki neid hoiab Päike „seadusepäraselt“ nende teedel. Me võime välja arvestada jõu, millega Päike tõmbab ligi seda või teist planeeti, ja siit juba tema massi ja kõik muu. Kõik planeedid püsivalt näitavad ikka üht ja sama suurust. Millele see võrdub? Ja millega teda mõõta? Muidugi mitte tonnidega. Nüüd on meil juba sobivam kaalupomm. See kaalupomm on Maa. Ja et tasakaalustada Päikest, tuleks meil panna matemaatika kaaludele kolmsada kolmkümmend kaks tuhat niisugust pommi: Päikese mass on kolmsada kolmkümmend kaks tuhat korda suurem Maa massist. Järelikult iga kolme grammi Maa aine kohta tuleb terve tonn Päikese ainet.

Niisuguse tohutu massi juures on külgetõmbejõud Päikese pinnal väga suur: ta on kaksikümmend kaheksa korda suurem Maa külgetõmbejõust. See tähendab, et kolmekilone pomm kaaluks Päikese pinnal kaheksakümmend neli kilo. Niisugust kaalupommi suudaks vaevu tõsta isegi tugevaim inimene. Aga vaevalt tal õnnestuks seda üldse teha, kuna ta Päikese pinnal ennekõike litsutaks puruks enda raskusest: ta kaaluks seal ligi kaks tonni. Ükski majne inimene ei suudaks välja kannatada sellist koormatist või suudaks võib-olla vaid siis, kui ta ei oleks mitte lihast ja luudest, vaid terasest.

Kahe avastuse tähelepanuvääriv ajalugu.

Kõik Päikese pere liikmed mõjuvad oma külgetõmbejõuga üksteisele. Me märkame näiteks, et planeedid, komeedid ja asteroidid, asetsedes Jupiteri tohutu massi lähedal, nihkuvad oma teedelt. Mõned astronoomid mõtlevad, et kaks kõige kaugemat Jupiteri kuud pole hoopiski tema lihased lapsed, vaid kunagised asteroidid. Nagu kõik asteroidid, nad liikusid ümber Päikese, kuid olid kunagi ettevaatamatud ja läksid liiga ligidale Jupiterile, kes neid kaasa haaras. Ja sellest ajast peale nad alistuvad oma uuele peremehele — tiirlevad Jupiteri ümber. Sellejuures nad ei liigu mitte ümber

Jupiteri ekvaatori idast läände, nagu teised kuud, vaid põhjast lõunasse ja lõunast põhja. See kinnitab meie kahtlust, et nad on Jupiteri peres võõrad. Sellessamas me kahtlustame, kuigi vähemal määral, Neptuni saatjat ja Saturni äärmist kuud, mis ka ei liigu nii, nagu peaks.

Kuid märgatav pole mitte ainult Jupiteri mõju oma väiksematele seltsimeestele, vaid ka teiste planeetide vaheline külgetõmbejõud. Aga astronoomil, kes arvestab välja ja määrab ette taevakehade teid, tuleb arvestada kõigi nende mõjudega.

Neptun avastati üheksakümmend aastat tagasi, kuid juba enne seda teati tema olemasolust. Kust seda teati? Sellest jutustasid meile meie truud abilised — mehhaanika ja matemaatika. Ja jällegi Newtoni seaduse vältimatul kaasabil. Kuidas olid lood?

1781. aastal avastati Uuran. Teda vaadeldi, uuriti ja kanti planeetide nimekirja. Näis, et küsimus on lõpetatud. Kuid astronoomid ei rahunenud — nad hakkasid kontrollima: kas aga Uuran liigub Päikese ümber nii, nagu talle on ette määratud külgetõmbeseaduse poolt? Osutus, et ei — ei liigu nii, nagu peaks.

Newtoni seaduse tõepärasuses ei kahelnud keegi. Tähendab, midagi segab Uuranit, nihutab teda kõrvale tema teelt. Mis nimelt? Selge — mingisugune seniavastamatu taevakeha. Ja kaks noort õpetlast — inglane Adams ja prantslane Leverrier arvutasid 1846. aastal, missugusel kohal taevavõlvil peab asetsema see keha. Mõni päev pärast Leverrier' teadet Berliini astronoom Galle tõepoolest avastas peaaegu näidatud kohal uue planeedi, mida nimetati Neptuniks.

See sündmus oli teaduse ajaloos matemaatikale ja Newtoni seadusele suureks võiduks. Sest Neptuni asukoht avastati arvutamise, teades ainult üht: missugusel määral Neptun nägematuna muudab Uurani orbiiti.

Jutustatud lugu kordus hiljuti. Avastanud Neptuni, astronoomid ikka veel ei rahunenud: nad nõuavad taevakehadelt kõige täpsemat Newtoni seaduse jälgimist, aga osutus, et Neptuni mass pole küllalt suur, et nii tugevasti moonutada Uurani orbiiti, nagu meie seda näeme. Sellepärast oletati, et peale Neptuni peab olema veel üks planeet, mis nihutab oma teedelt niihästi Uurani kui ka Nep-

tuni. Ameerika professor Lowell tegi läbi samasugused arvutused nagu Adams ja Leverrier. Kuid sel korral uus planeet avastati mitte mõne päeva pärast, vaid viieteistkümne aasta pärast ja alles peale Lowelli surma. Nii avastati 1930. aastal Pluto. Ta leiti mitte kaugel osutatud kohast ja Pluto orbiit ainult pisut erineb Lowelli arvetest.

Plutot oli raskem avastada sellepärast, et ta on meist väga kaugel. Neptun on Päikesest kolmkümmend korda kaugemal kui Maa, aga Pluto nelikümmend korda. Tähendab, kuigi Neptun ja Pluto on kõige lähemal teineteisele, kaugus nende vahel on siiski kümme korda suurem kui Maa kaugus Päikesest. Järelikult Pluto on meist poolteist miljardit kilomeetrit kaugemal kui Neptun. Seepärast teda nii kaua ei märgatudki.

Päikesekiired lähevad Plutole enam kui viis ja pool tundi, aga valgust ja soojust saab Pluto neilt igale ruutmeetrilisele pinnale tuhat kuussada korda vähem kui Maa. Päev Plutol on pime ja sünge, aga Päike näib Pluto mustal taeval ainult väga heleda tähena. Kui Plutol on olemas atmosfäär, siis hirmsast külmast tingituna ta võib seal olla vaid kõvas olekus. Pluto aasta, see tähendab, Pluto tiirlemise aeg ümber Päikese, kestab kakssada viiskümmend Maa aastat.

Kui suured on tähtede massid?

Jättes enda taha Pluto me väljusime oma väikese taevase perekonna — päikesesüsteemi — piiridest. Kuid temast eemal maailmaruumi sügavas põues me leiame teisi asundusi.

Te teate, et kõige lähemad tähed asetsevad meist mõnede valgusaastate kaugusel. Sellepärast me ei saa näha planeete ja komeete tähtede lähedal, kui neid seal olekski. Ainsad meie silmale nähtavad asundused — need on üksteisega seosesolevate tähtede rühmad. Neid nimetatakse „tähtede süsteemideks“. Leidub kaksik-, kolmik- jne. süsteeme.

Need süsteemid pole tähekogud, kuna tähekogudes pole tähtedel üksteisega midagi ühist: nad on üksteisest sama kaugel nagu

meistki. Tähtede süsteemis asetsevate tähtede kaugused üksteisest, kuigi väga suured, on ometi palju väiksemad kui tähekoogudes asetsevail tähtedel. Palja silmaga me ei märka tähesüsteemi üksikuid tähti: nad näivad sulavat üheks punktiks. Kuid teleskoop ja spektroskoop lahutavad need helendavad punktid üksikuiks tähtedeks. Nii et paljud üksik-tähed, mida te näete taevas, on tegelikult tähesüsteemid.

Mõnikord me ka Maa peal ei eralda üksteisest eemal asetsevate asjade vahemaid. Nii näiteks punkt, mis asetseb väljal, meist suures kauguses, võib pikksilma läbi vaadates osutada mitte üheks, vaid kaheks üksteise kõrval istuvaks, ütleme, linnuks. Pikksilm, suurendades punkti, „lahutas“ ta kaheks üksikuks asjaks.

Tähed süsteemis on üksteisega külgetõmbejõu sidemetega tugevasti ühendatud ja muidugi, nagu kõik taevakehad, tiirlevad ühed teiste ümber. Vastasel korral nad kukuksid üksteise peale. Päikesele (see tähendab meile) kõige lähem tähesüsteem on kolmik-süsteem. See on Centauri alfa. Ta koosneb kahest väga heledast tähest, mis märgitakse tähtedega A ja B, ja ühest väga nõrgast tähest — Proxima Centauri.

Uurides tähtede liikumist tähesüsteemides, me võime tunda õppida tähtede massi samuti, nagu planeetide tiirlemise järgi ümber Päikese me saime teada Päikese massi ja kaalu. Ja astronoomid on välja arvestanud paljude tähtede kaalu.

Me ei tee suurt viga, kui ütleme, et tähtede kaalu vahe on umbes samasugune nagu inimestelgi, see tähendab lapse ja kehaka inimese kaalu piirides. Ainult mõnedel tähtedel, harvade erandi-tena, on mass väga suur. Nii näiteks nelja-tähe-süsteem Suur Peni 27 kaalub vististi (täpselt pole veel teada) kuni tuhat korda enam Päikesest. Kuid tähe Plasketi kaksiksüsteem on sada nelikümmend korda Päikesest suurem. Üldse tähti, millede mass on kas või ainult kümme korda suurem Päikese massist, leidub harva. Aga tähti, millede mass võrduks ühele kümnendikule Päikese massist, pole üldse avastatud. Järelikult meie „kodutäht“ Päike on tohutus tähtede parves kaalult umbes keskmisel kohal.

Tähtede valgusjõud.

Me näeme, et oma massidelt tähed ei erine väga tugevasti üksteisest. Tõsi küll, sajakordne vahe, mida me avastasime, pole nii väga väike. Kuid me siiski loeme teda väikeseks, kuna valgusjõult on tähtede erinevus palju suurem. Võrreldes inimesi nende kaalu ja hariduse järgi, me ütlesime, et inimeste kaalu vahe pole tähelepanuvääriv võrreldes vahega, mis on nende hariduses, nagu näiteks kirjaoskamatu ja professori vahel.

Siirius — kõige heledam täht taevas — on kaksiktäht. Teine täht selles süsteemis on esimesest kümme tuhat korda nõrgem. Nõrk täht kaob Siiriuse heledais kiirtes ja sellepärast avastati ta alles hiljuti — vähem kui sada aastat tagasi.

Teie teate, et paljud tähed näivad teistest nõrgemad sellepärast, et nad on meist kaugemal. Kuid Siiriuse seltsimees on tõeliselt kümme tuhat korda nõrgem Siiriusest endast: kuna mõlemad tähed sünnitavad ühe süsteemi, siis järelikult nad on meist umbes ühekaugusel. Kui üks kahest lambist, mis asetsevad vaatlejast ühekaugusel, näib teisest nõrgem, siis tähendab, et ta on ka tõeliselt temast nõrgem.

Meil on teada isegi suuremaid erinevusi tähtede valgusjõus. Procyon on ka kaksiktäht, milles üks täht on teisest sada tuhat korda heledam. Nagu näete, niisuguse tähtede valgusjõu erinevusega võrreldes näib nende masside erinevus tõepoolest väike.

Me kõneleme sellest, mitu korda on üks täht teisest heledam. Vaatame nüüd, missugune on tähtede valgusjõud. Kuid selleks peab teadma tähtede kaugust meist, kuna valgustusjõud, nagu külgetõmbejõudki, „väheneb vastuproportsionaalselt kauguse ruudule“. Tähtedest, millede kaugus Maast on meile teada, valime alul kõige lähema — Päikese. Millele võrdub Päikesest kiirgava valguse jõud?

Möödame teda sama moodsuga, millega mõõdetakse elektrilampide valgusjõudu, — küünaldega. Te juba aimate, et tuleb tohtu arv. Ja te pole eksinud. Päike on $3 \cdot 10^{27}$ küünaline lamp. Kirjutades $3 \cdot 10^{27}$ teisiti $3000 \cdot 10^{24}$ ja vaadeldes tabelit, loeme: kolm tuhat kvadriljonit.

See arv hirmutab meid oma nimetusega ja kahekümne seitsme nulliga. Kuid ta on tumm: ta ei ütle meile midagi. Me ei tunne tema suurust. Püüame säärasel juhul kujutella endile neid kolme tuhat kvadriljonit küünalt. Et neid valmistada, tuleks kulutada sada kaheksakümmend Maa-suurust vahakera. Kuid oletame, et küünlad on saadud. Süütame nad ja paneme täiesti üksteise kõrvale. Nii-suguse rea pikkus võrduks $6 \cdot 10^{22}$ kilomeetritele. Kuigi selles arvus on viis nulli vähem kui eelmises, pole ka tema arusaadav. Väljendame seda siis valgusaastates: selle küünalde rea jõuaks valguskiir läbi joosta kuue tuhande kolmesaja miljoni aastaga — läbides igal sekundil kolmsada tuhat kilomeetrit.

Nii paljudele küünaldele võrdub Päikese valgusjõud. Ja neist ei jätkuks kuigi kauaks: need põleksid ühe öhtuga läbi ja oleks kadunud sada kaheksakümmend Maakera-täit vaha. Aga ometigi Päike „töötab“ juba biljoneid aastaid ja töötab veelgi biljoneid aastaid. See näitab, milline määratu energia-allikas on meie Päike. Kui palju energiat ta vahetpidamata kulutab ja mis-sugused piiramatud tagavarad temas on olemas.

Läheme üle teisele tähele. Kuid nüüd me juba mõõdame tähtede valgusjõudu mitte küünaldega, vaid suurema mõõduga — Päikesega.

Te teate, et kaugus Päikese ja Siiriuse vahel on üle kaheksa valgusaasta. See tähendab, et Siirius on üle viiesaja tuhande korra meist kaugemal kui Päike. Aga kui meil on teada kaugus Siiriuseni, siis me võime arvutada ka selle kaksiktähe valgusjõu. Siirius ise kiirgab valgust ja soojust ligikaudu kaksikümmend kuus korda tugevamini kui Päike. Mõelge, missugune hirmus õnnetus oleks see meile, kui Päikese asemel oleks korruga Siirius: kõik jõed, järved, mered ja ookeanid ja isegi igavesed lumed ja jääd Maa polaarosadel auraksid kiiresti ära; kõrbeks kogu taimkate, küpseksid praeks inimesed ja loomad. See-cest valgus- ja soojusjõud Siiriuse nõrgal kaaslasel on nelisada korda väiksem Päikese jõust. Vahetades Päikese tolle nõrga tähega, me satuksime teise hätta — hirmsasse külma. Pakane oleks nii karm, et mitte üksi vesi, vaid ka kogu Maa atmosfäär külmuks ja muutuks vedelikuks.

On ka veel nõrgemaid tähti kui Siiriuse kaasrändur. Näiteks Wolf 359, kõige nõrgem meile tuntud tähtedest, on mitte vähem kui sada korda nõrgem Siiriuse kaaslasest. Selle eest täht S Kuldkala tähekogust on üle kümne tuhande korra heledam Siiriusest ja, tähendab, ligikaudu kolmsada tuhat korda võimsam Päikesest.

See täht ei „põle“ alati ühesuguse valgusega nagu Päike: tema kord nõrgeneb, kord loidab heledamalt. Oma kõige suurema heleduse ajal ta valgustab ja soojendab üle viiesaja korra Päikesest tugevamini, nii et tema valgusjõud tõuseb siis kuni kahe tuhande kvintiljoni küünlani. See arv oma kolmekümne kolme nulliga ($2 \cdot 10^{33}$) on nii tohutu, et seda pole võimalik endale kujutella. Kui iga küünla maht oleks üks kuupmillimeeter, see on, oleks umbes nööpnõela pea suurune, ka siis läheks $2 \cdot 10^{33}$ küünla valmistamiseks kaks tuhat Maa-suurust vahakera. Sellejuures ärge unustage, et igasse kuupmeetrise mahub terve miljard niisuguseid küünlaid. Aga iga miljard neid küünlaid, pandud kõrvuti, ulatuks tuhande kilomeetriti.

Helendades kõige suurema jõuga, täht S Kuldkala tähekogust kiirgab niipalju energiat minutis, kuipalju Päike aastas. Pole raske endale kujutella, mis saaks meist ja meie Maast, kui Päike helen-daks korraga niisuguse jõuga: Maa koos kogu looma- ja taimerii-giga muutuks hõõguvaks auruks.

Ehitame kolme tähe heledusmudeli. Kui kujutada Päikest küünlana, siis S Kuldkalast tuleks kujutada väga võimsa projek-torina, aga täht Wolf 359-le jätkuks kõige nõrgemast jaaniussike-sest.

Tähtede mõõtmisest.

Päikese pind on ligi kaksteist tuhat korda suurem Maa pin-nast. Meil oleks muidugi huvitav teada ka teiste tähtede pinna suu-rust. Aga ühes sellega tekib niisugune küsimus: mispärast tugevam täht kui Päike, näiteks S Kuldkalast, kiirgab viissada tuhat korda enam valgust kui Päike? Kas sellepärast, et selle tähe pind on viis-sada tuhat korda suurem Päikese pinnast, või sellepärast, et iga

ruutmeeter S Kuldkalast valgustab viissada tuhat korda heledamalt Päikese pinna ruutmeetrist? Aga võib-olla on veel mingisugune muu põhjus?

Seda küsimust võib lahendada kahel viisil: mõõta tähe läbimõõt, või jälle kiirgamisjõud tema pinna ühelt ruutmeetrit. Kuid osutub, et on võimatu mõõta mingisuguse tähe läbimõõtu nii, nagu mõõdetakse näiteks Kuul. Igal juhul, seni pole korda läinud seda teha, nimelt järgmisel põhjusel.

Teleskoobid suurendavad planeetide läbimõõte. Selle jaoks nad ongi teleskoobid ja selles pole muidugi midagi imestusväärset. Aga imelikuna võib näida see, et kõige võimsamadki teleskoobid pole võimelised suurendama ühtki tähte. Planeete näeme teleskoobis ketastena nagu Kuud, kuigi väiksemas mõõtmetes; tähed aga kahjuks jäävad samasugusteks punktideks, nagu nad näivad paljale silmale. Ainult nende heledus suureneb.

See seletub sellega, et näeme tähti tühiselt väikese „vaatenurga“ all. Suurendatuna sadu kordi jääb see nurk meie nägemise jaoks siiski liiga väikeseks. Kujutelge endale, et te vaatate kilomeetri kauguselt nööpnõela pea suurust heledat punkti. Suurendatuna, ütleme, kuni ploomi suuruseni, ta ikkagi näib teile niisugusest kaugusest ainult punktina. Tähendab, mõõta tähe läbimõõtu ei saa lihtsalt sellepärast, et me ei näe neid. Õige, on mõnesuguseid „kaudseid“ teid, kuid neid võib kasutada vaid väga harvadel juhtudel. Sellepärast katsume ülesandele läheneda teisest otsast: proovime mõõta kiirgamisjõudu tähepinna ühelt ruutmeetrit. Ülesande lahendamiseks sel moel on meil eriline võti.

Tähtede värvus.

See võti on tähtede värvus. Aga kuidas ta avab meile saladuse nende läbimõõtude suurusest? Näeme kohe.

Pildistame jalgpallimeeskonna punastes ja helesinistes särkides. Missugused teie arvates tulevad särkide värvused ülesvõttel?

Helesinine värvus tuleb peaaegu valge, aga punane peaaegu must. Me teame, miks: pikad punase värvuse lained mõjutavad väga

nõrgalt foto-plaati, helesiniste kiirte lühikesed lained aga — tugevasti. Sellepärast negatiive ilmutataksegi punase valguse juures.

Tähtedel on väga mitmesugune värvus: tumepunane, punane, ruuge, kollane, valge, helesinine ja violett mitmesuguseis varjundeis. Sellepärast ülesvõtte teeb tähtedega niisugust nalja: punaseid ta näitab nõrgematena kui nad tõeliselt on, aga helesiniseid — heledamatena. Üldiselt, mida lähemal on valgus skaala punasele joonele, seda tumedam ta tuleb. Näiteks, Orioni alfa — Beteigeuze — on heledam kolmest Orioni vöö tähest, kuid ülesvõttel ta on neist nõrgem. See tuleb sellest, et kõik kolm vöö-tähte levitavad helesiniseid kiiri, kuid Beteigeuze — punaseid. Ja selle järgi, millisena täht tuli ülesvõttele, me võime kaunis täpselt määrata tema värvuse.

Tähtede erineva värvuse põhjus on väga lihtne: see on erinev temperatuur. Sest kui me kuumutame metallitükki, ta on kuumendamise alul mustjas-punane, siis muutub ta tumepunaseks, ruugekollaseks, helekollaseks ja lõpuks hõõgub valkjalt. Meistrid, kes töötavad tehaseis ahjude juures, määravad hõõgumisvärvuse järgi ahju temperatuuri. Kuid on riistu, mis näitavad ahju temperatuuri selle hõõgumisvärvuse järgi. Niisuguste riistadega võib määrata ka tähtede temperatuuri.

Punaste tähtede temperatuur võrdub ligikaudu poolteisele tuhandele kraadile, kollastel see on kaks korda kõrgem. Päikesevärvilised tähed näitavad juba viis ja pool tuhat kraadi, aga kõige kuumemate tähtede — sinkjate ja violetsete — temperatuur tõuseb kuni neljakümne tuhande kraadini.

Kuigi niisuguseid temperatuure pole Maa peal isegi laboratoorsete katsete juures, me võime siiski arvutada tähtede kiirgamisjõudu iga niisuguse temperatuuri juures. Osutub, et kiirgamisenergia neljakümne tuhande kraadi juures on ligikaudu kolmsada tuhat korda suurem kui poolteise tuhande juures. Ning kuuleme imesamapanevaid asju. Kujutelge endale suuruselt niisugust platsi, mille võtab enda alla rööbastel seisev vedur. Energiast, mida kiirgab niisugune plats tähe pinnal neljakümnetuhande-kraadilise temperatuuri juures, jätkuks kõikide raudteede käivitamiseks üle Maa. Aga sama tähe kuue-ruutsentimeetrilise pinna kiirgamise võimsu-

sest jätkuks kuuekümnetuhande-tonnilise auriku liikumiseks ookeanil. Kuid samasuguse kuue-ruutsentimeetrilise pinna energiast, mis tuleb kõige „külmematelt“ tähtedelt, millede temperatuur võrdub vaid poolteisele tuhandele kraadile, ei jätkuks isegi paadi liikumapanemiseks.

Tähtede suurused.

Nii olemegi nüüd lähenenud ülesande lahendamisele. Teades tähe värvust ning temast kiirgava valguse ja soojuse hulka, võib välja arvata tema mahu.

Kujutleme endile alul kaht ühevärvilist tähte, näiteks valget. Ja las mõlemad tähed kiirgavad maailmaruumi võrdsel hulgal energiat. Seda me oleme mõõtnud. Aga kuna tähtede värvus ja, tähendab, ka nende temperatuurid on ühesugused, siis ühe tähe iga ruutsentimeetriline pind kiirgab sama palju soojust ja valgust kui teiselgi. Järelikult mõlemate tähtede pinnad on võrdsed. Sest kui kaks ahju on ühesuguselt tulised ja kiirgavad võrdseid soojuse hulki, siis see tähendab, et ahjude pinnad on võrdsed.

Kujutleme nüüd kaht teist ka võrdselt kuumendatud ahju. Kuid esimene neist annab sada korda enam sooja kui teine. Sel juhul me ütleme otsekohe, et esimese ahju pind on sada korda suurem teise ahju pinnast. Sama käib ka tähtede kohta: kui kahest ühevärvilisest tähest esimene kiirgab sada korda enam soojust ja valgust, siis see tähendab, et tema pind on sada korda suurem.

Vaatleme veel üht juhtu. Las ka sel korral annab esimene ahi sada korda enam soojust kui teine; kuumendatud olgu ta aga kümme korda vähem kui teine. Mitu korda peab olema tema pind suurem teise ahju pinnast? Selge, et veel kümme korda: sest kui tema pinna iga ruutsentimeetrit kuumendada nüüd kümme korda vähem, siis sama soojuse hulga saamiseks, mis varem, peab nende sentimeetrite arvu suurendama kümme korda. Ja nii saame, et esimese ahju pind on $100 \times 10 = 1000$ korda suurem teise omast.

Järelikult, mida lähemal on tähe värvus skaala punasele otsale, seda suurem peab olema tähe pind ühe ja sama hulga soo-

juse ja valguse kiirgamise juures. Kui meil aga on teada ühe ahju pinna suurus ja me teame, mitu korda on teise ahju pind suurem või väiksem, siis pole raske arvutada tolle teise ahju pinna ruutsentimeetrite arvu.

Kõikidest tähtedest on meile kõige enam tuntud muidugi Päike. Me oleme hästi uurinud tema pinna suurust, tema värvust, temperatuuri ja ta kiirgamisvõimsust ühelt ruutsentimeetritl. Võrreldes selle meile hästituntud tähega teisi tähti, me saame teada nende pinna suuruse. Aga kui see on teada, näitab geomeetria meile, millele võrduvad tähtede läbimõõdud ja mahud.

Te juba nägite, et tähtede kiirgamissuuruse vahe on väga suur. On olemas punaseid tähti, mis annavad mitu korda enam soojust ja valgust kui kollased, valged ja helesinised. Näiteks punane täht Beteigeuze kiirgab kuus tuhat korda enam energiat kui Päike. On arusaadav, et niisugused punased tähed peavad olema hiiglasteks valgete — kääbuste — seas. Nii ongi see tõeliselt. Ja osutub, et vahe tähtede suurustes on mitu korda suurem kui vahe nende kaalus, temperatuuris ja isegi valgusjõus. On imestusväärased need arvud, mis näitavad selle vahe suurust. Me tutvume nendega otsekohe.

Kõige väiksem seniavastatud tähtedest on Van-Maaneni täht. Ta on peaaegu sama suur kui Maa, see on ligikaudu miljon korda Päikesest väiksem. Teades seda, võime kujutella, et meie Päike on väga suur täht. Kuid lähme edasi. Beteigeuze on viisteist miljonit korda Päikesest suurem. Selle tähe raadius on suurem kui kaugus Maast Päikeseni; me oleme Päikesest eemal peaaegu $150 \cdot 10^6$ kilomeetrit, Beteigeuze raadius aga võrdub ligi $175 \cdot 10^6$ kilomeetrile. Kui Päikese asemele satuks korraga Beteigeuze, Maa ühes orbiidiga oleks selle uue Päikese sisemuses. Samaaegselt Beteigeuze neelaks märkamatu alla nagu pilli veel ühe pisiasja: Kuu orbiidi, mille läbimõõt võrdub kõigest $778 \cdot 10^3$ kilomeetrile. Kui joonistada ühes maastaabis Päike, Maa ja Kuu ühes nende orbiitidega, siis Beteigeuze sobiks lauaks, millele asetada see joonis. Kuid see pole veel kõik.

Skorpioni tähekoogu alfa — „Skorpioni süda“ — on helepunane täht. Tema nimi on „Antares“, mis tähendab „Marsi sarnane“, kuna

ka Mars on punast värvi. Kuid Mars on Antaresiga võrreldes nagu kirp elevandi kõrval. Antares Päikese asemel ei rahulduks ainult Maa orbiidiga — ta neelaks ka Marsi orbiidi: Mars on Päikesest $228 \cdot 10^6$ kilomeetrit kaugel, Antaresi raadius on aga üle $310 \cdot 10^6$ kilomeetrit pikk. Antares on üheksakümmend miljonit korda Päikesest suurem, aga kuna Van-Maaneni täht on miljon korda Päikesest väiksem, siis selgub, et ta on üheksakümmend biljonit korda väiksem Antaresist. Üheksakümmend biljonit — see on nööpnõela-peade hulk, mis täidaksid kolmeteistkümmne-kordse maja kõrguse kuubi.

Vähendame maailmaruumi maastaabi selliste mõõtudeni, et Päike muutuks hernetera suuruseks. Van-Maaneni täht oleks sellel mudelil tolmukübemeke, kaheksakümmend korda väiksem selles raamatus olevast punktist, aga kõige suurem täht oleks autosuurune kera.

Alles hiljuti inimesed ei teadnud kõike seda. Vaadeldes oma peade kohal tiirlevat „kuplit“, nad nimetasid Beteigeuze ja Antaresi taolisi tulekesi lapselikult „tähekesteks“. Meie aga ühes teiega näeme endid ääretu suure maailmaruumi muuseumi lõpmatu hulga tohutute valguskehade keskel. Me vaatame ringi ja oleme hämmastunud tema mitmekesisusest.

Kuid inimene ei lepi ainult imetlemisega: ta tahab teada „miks“. Ta seab loodusele küsimusi, sundides teda neile vastama.

Miks on tähtede kaalu vahe nii väike? Miks on vahe nende suuruste vahel nii tohutu? Ja veel tahaksime teada, kuidas on tekkinud tähed?

TÄHTEDE MITMEKESISUS.

Me oleme tutvunud äärmustega tähtede-maailmas. Me teame nüüd, kui suur on tähtede kaalu, suuruse, temperatuuri ja heleduse vahe. Missugune koht selles mitmekesisuses kuulub meie Päikesele?

Kaalult, nagu me juba teame, keskmine. Aga teiste omaduste järgi? Osutub, et suuruselt, temperatuurilt ja heleduselt Päikesele kuulub sama koht. Teisiti öeldes, ta ei eraldu millegagi teiste tähtede seast.

Kõik see kõneleb meile veel väga vähe tähtede loodusest. Ja tõepoolest: kas teaksime palju NSVL rahvastikust, kui meid tutvustataks äärmustega, mis esinevad nende elanike kaalus, kasvus, juuste värvuses, ja samade tundemärkidega „keskmisest“ inimesest? Ei, sellest ei jätkuks: me huvituksime veel paljust muust. Ka tähtedest me tahame teada enam. Kuid et tegutseda nende uurimisega, vaja enne kõike jagada nad rühmadesse ja korrastada nad mingisuguses süsteemis.

Kujutelge endile niisugust juhtu: kasvanduse koerad pääsesid lahti oma puuridest ja jooksid laiali. Kuid varsti püüti koerad kinni ja volitati meid neid rühmadesse jagama. Põgenemise ajal kõik koerad muidugi segunesid: pikakarvalised lühikarvalistega, suured väikestega, valged pruunide ja mustadega ning pikakõrvalised lühikõrvalistega. Me vaatleme seda raevukalt haukuvat karja ja arutleme, kuidas toimida. Tõepoolest, kuidas luua korda? Mis teha?

Võhik arvaks vististi, et koerte rühmitamist vaja toimetada mitu korda — kõikide tunnuste järgi: suuruse, värvuse, karva

pikkuse jne. järgi. Asjatundja aga jagaks koerad kõige esiteks tõe-
gude järgi. Tõug, see on peatunnus. Tõsi, iga tõu koerad võivad
erineda ka teiste tunnuste poolest, kuid ühe tõu piires need eri-
nevused on juba väiksemad kui üldises karjas.

Toimime samuti ka tähtedega.

Kolm tähtede tüüpi.

Tähtede-maailm peab näima teile väga keerulise muuseumina.
Kuid niipea kui oleme tähed jaganud tüüpidesse, asi lihtsustub otse-
kohe. Seejuures on tähti klassifitseerida kergem kui koeri: koerte
tõuge on palju, aga tähtede peatüüpe kõigest kolm. Missugused on
nende tunnused?

Esiteks — suurus. Toimime tähtedega järgmiselt: jagame nad
ainult kolme rühma — suurte, keskmiste ja väikeste tähtede rühm.
Ja te näete, et tähtedele on niisugune jagamine täiesti küllaldane.
Samal ajal vaatame, kuidas tekkisid mitmesuguste tähtede tüübid.
Selleks vaatleme jälle kord aatomit.

Kas mäletate, kuidas me teiega sattusime raketil Päikese tsent-
rumisse? Me leidsime seal purunenud aatomeid. Me nägime, et pal-
jud aatomid kaotasid kõik omad elektronid ja kõige raskemate aato-
mite tuumad olid võimelised hoidma enda ümber kaht elektroni.
Need kaks tuumale kõige lähemat elektroni hoiduvad nii kindlalt
aatomis, et isegi neljakümnemiljoni-kraadiline temperatuur ei
suuda neid tuumast eemale kiskuda. Kuumemate tähtede tsentru-
mite temperatuur on kümme, kakskümmend ja isegi viiskümmend
korda kõrgem Päikese tsentrumi temperatuurist. Aga niisugust kuu-
must pole võimeline välja kannatama ükski aatom, kaotamata kõiki
oma elektrone. Järelikult, kõige kuumemate tähtede tsentrumeis on
kõik aatomid täiesti purunenud. Mida kujutab enesest aine, mis
koosneb nendest purunenud aatomitest? — Organiseerimatut hulka
kiirelt sinna-tänna liikuvaid ja korratult igale poole tunglevaid
elektrone ja tuumi. Neid võib nimetada aineks lihtsaimas olukor-

ras: sest mitmesugused ühendused tuumade ja elektronide vahel annavad eri aine kujusid, erisuguseid keemilisi elemente, samuti nagu kümne numbrilise eri ühendused annavad eri arve.

Aatom ja maailmkond.

Me kõnelesime eespool, et aatomi ehitus sarnaneb päikesesüsteemi ehitusele: mõlemal juhul tiirleb ühe keskkeha ümber mitu teist keha.

Aatomil on veel teine sarnasus päikesesüsteemiga. Mäletate, kuidas me ehitasime viimase mudeli? Päikeseks oli meil hernetera, aga planeetideks seemnekesed, liivaterakesed ja tolmukübemed. Et see maastaap oleks õige, meil tuli mudel paigutada mitte tuppalauale, vaid suurele linna väljakule. Ainet aga osutus selles mudelis tühiselt vähe: kõiki planeete koos Päikesega oleks võinud pihku pigistada isegi vastsündinud laps. Aga lendur, kes lendaks üle väljaku, ütleks, et see on täiesti tühi.

Osutub, et ka aatomis pole aine tihedam. Päikesesüsteemi surusime kokku kuni avara linnaväljaku suuruseni ja planeedid osutsid väikesteks seemnekesteks. Aatomi aga venitame kuni sellisama väljaku äärteni ja saame umbes sama: mõned väikesed terakesed-elektronid. Asetades nad ritta, võiks nendega katta ainult ühe sõna selles raamatus.

Tühjad ruumid — nagu maailmaruumis, samuti ka aatomis — üllatavad meid oma suurusega. Kui vaatleme maailma oma väikesest asundusest, me näeme „tihedalt tähtedega kaetud“ taevast. Kuid see ainult näib nii. Me teame, missugused kolossaalsed tühjused ümbritsevad tähti, sest mõõdetakse ju nendevahelisi kaugusi valgusaastatega. Sama lugu on ka aatomiga: elektroni läbimõõt on kümme tuhat korda väiksem tema orbiidi raadiusest.

Me näeme tähtede-maailmas palju ilujooniseid ja vorme ja teame, kui palju on neis seaduspärasust ja plaanikindlust. Kuid kui peenike on lõpmatu suure maailmkonna kude ja kui vähe ainet on ka lõpmata väikeses maailmas — aatomis! Kõige hõredamas ja

peenemas ämblikuvõrgus on ainet suhteliselt tohtu arv kordi rohkem kui maailmkonna ja aatomi koos.

Me kohtame maailmaruumis hiiglaslikke, kujutlematult suuri ainete kuhjumisi, kuid need on vaid tühised kübemed, mis kaovad keset lõpmatust. Sest isegi päikesesüsteemis, mida võib lugeda taeva „tihedalt asustatud kolooniaks“, ja aatomis aine ei võta enda alla rohkem kui ühe biljondiku osa vabast ruumist.

Valged kääbused.

Materiaal tompute hulgas leidub maailmaruumis ka imeteldavat aine tihedust: suur maailmkonna laboratoorium oskab mitte üksi kujutlematult hõrendada ainet, vaid samuti kujutlematult teda ka tihendada.

Me loeme metalle väga tihedaiks, kuid sellejuures pole vaja unustada, kui palju vaba kohta on nende aatomeis. Ja just neid tühje ruume aatomeis kasutabki loodus. Ja te näete kohe, kui tugevasti ta oskab nende arvel pressida kõige kõvemaid aineid, mis meie arvates ei alistu mingisugusele kokkusurumisele.

Mis toimub kõige kuumemate tähtede sisemuses, me veel ei tea: hirmus kuumus on lõhkunud seal kõik aatomid tuumadeks ja elektronideks. Aga kui nii, siis aatomeis tuumade ja elektronide vahel olnud vabad ruumid peaksid kaduma. Järelikult purunenud aatomite ainet saaks palju tihedamalt kokku suruda kui aatomeid endid.

Aatomit võib võrrelda vaasiga: ka selles on palju tühjust ja sellepärast võtab ta enda alla palju ruumi. Oletame, et mingisugusesse kasti mahub kakskümmend vaasi, mis kaaluvad kakskümmend kilo. Kuid kui enne pakkimist lõhkuda vaasid puruks, siis neid leidub tühi ruum peaaegu kaob. Ja vaasi kilde mahub kasti mitte enam kakskümmend, vaid, ütleme, sada kilo.

Välised tähe kihid rõhuvad oma raskuse määratu jõuga sisemistele, nii et mõnede tähtede aine pigistatakse kokku tihedaks tombuks. Koosnedes aatomitükikestest, ta on kokku surutud mitu

korda kõvemini kui Maa ja isegi Päikese kõige tihedama aine aatomid. Niisuguseist tuliseist ja tihedaist „tompudest“ koosnebki kõige väiksemate tähtede klass. Neid kutsutakse „valgeteks kääbusteks“: valgeteks sellepärast, et nad on kuumendatud valgeks, aga kääbusteks — nende väiksuse pärast.

Siiriuse kaksiktähest nõrgem on valge kääbus. Mahult on ta Maast kõigest korda kolmkümmend suurem, kuid tema mass on Maa massist kolmsada tuhat korda raskem. Järelikult Siiriuse väikese kaaslase aine on kümme tuhat korda tihedam kui Maa aine. Vaatame, mis see tähendab.

Väikese paberrossikarbi suurune rauatükk kaalub umbes üks kilo. Kuid sama suur tükk Siiriuse kaaslase ainet kaaluks Maa peal kümme tuhat kilo, see on kümme tonni. Seda karbikest suudaksid vaevalt vedada tillukeses nukuvankris (kui vanker kannaks üleval säärast raskust) kuuskümmend inimest. Möödaminejad imestaksid arusaamatuses, miks need kuuskümmend inimest endid nii pingutavad. Kellelgi ei tuleks mõttesse, et paberrossikarp, täidetud ka kõige raskema ainega, võiks kaaluda nii palju.

Kui õpiksime nii tihedalt ainet kokku suruma, me võiksime tubakakotti mahutada poolsada tonni tubakat ja mitu tonni sütt vestitaskusse. Kuid see pole veel kõik.

Van-Maaneni täht on pisut väiksem Maast, selle tähe mass on aga kuuskümmend kuus tuhat korda raskem Maa massist. Järelikult, Van-Maaneni tähe aine on enam kui kuus ja pool korda tihedam ja raskem Siiriuse kaaslase aine. Sama paberrossikarp, täidetud Van-Maaneni tähe ainega, kaaluks Maa peal mitte enam kümme, vaid kuuskümmend kuus tonni. Nelikümmend kõige tugevamat hobust vaevalt liigutaksid seda kohalt, kõige raskekaalulisemad kaubavagunid ei suudaks kanda niisugust koormatist. Oma raskusega karp lõhuks põranda ja kukuks sellest läbi.

Päikese kiirgamisjõud ühelt ruutsentimeetriliselt pinnalt võrdub, nagu juba teate, kaheksale hobujõule. Aga kuna valgete kääbuste aine on väga tihendatud ja kuumendatud valgeks, siis kiirgamisjõud nende pinna ühelt ruutsentimeetrilt võrdub keskmiselt umbes neljakümnele hobujõule.

Tähtede põhirida.

Nii nimetatakse tähtede klassi, kuhu kuulub ka meie Päike. Niisuguste tähtede suurus, nagu juba teada, on keskmine. Sellesse klassi kuuluvad kaheksakümmend protsenti kõigist tähtedest, samal ajal kui valgete kääbuste esinemine tähtede-maailmas on küllaltki haruldane nähtus.

Kuna põhirea tähtede tsentrumi temperatuur on umbes sama, mis Päikese tsentrumis, siis enamik aatomeid hoiab endas tuumale lähedast kaht elektroni. Niisugused aatomid sarnanevad päikese-süsteemile, kui see oleks kaotanud kõik planeedid peale kahe kõige lähema: Merkuri ja Veenuse.

Põhirea tähtede tsentrumi aine, kuigi on tihedam aimest, mis koosneb tervetest aatomitest, pole siiski kaugeltki mitte nii kokkusurutud kui valgeis kääbustes. Sellepärast põhirea tähed on määratu arv kordi suuremad valgeist kääbustest, kuid üksteisest ei erine nad suuruselt sugugi mitte nii tugevasti. Selle eest nad sätendavad vikerkaare mitmekesisis värvides helelillast kuni tumepunaseni. On märgatud, et põhirea tähtede värv on tihedalt seoses nende raskusega. Kui asetada need tähed raskuse järgi ritta, siis ilmneb, et kõige kergemad neist on tumepunast värvi, kõige raskemad — helesinised ja violetid, aga keskmise kaaluga tähed on kollased.

Punased ja kollased hiiglased.

Jõudsimegi kolmanda klassi tähtedeni. Millega erinevad nad teise klassi tähtedest? Nagu näha nimetusest — suurusega. Mäletate, me kõnelesime Beteigeuze ja Antaresi mahtudest? Samasugune „punane hiiglane“ on ka Vaala omikron: ta on kaksikümmend seitse miljonit korda suurem kui Päike. Vaala omikron on kaksiktäht: hiiglasel on väike sõber — valge kääbus. Kui tähtedel oleks huumorimeelt, siis see halvastivalitud paar oma mõttetu ebasobivuse ja rumala suuruste erinevusega peaks neis esile kutsuma rõkkava naeru. See on nii, nagu elevant sõbrustaks kärbsiega.

Teised punased ja kollased hiiglased on väiksemad neist, kelledest praegu rääkisime, kuid kõik nad on küllaltki suured, et alla neelata miljon ja enam Päikese-suurust tähte.

Hiiglaste tohtu pind saadab maailmaruumi kolossaalseid valguse hulki, kuid nagu juba teate, on punase hiiglase kiirgamisenergia ühelt ruutsentimeetriliselt pinnalt väga väike: ta võrdub vahel ainult ühele kümnendikule hobujõule. Kuid põhirea kõige hõõguvamate tähtede, helesiniste ja violetsete kiirgamisjõud ühelt ruutsentimeetriliselt pinnalt võib isegi tuhandekordselt võimsam olla Päikese ühe-ruutsentimeetrilise pinna kiirgamisjõust, see on kaheksa tuhat hobujõudu. Peale selle pole imeks panna, et energia, mis kiirgab punase hiiglase kuue-ruutsentimeetriliselt pinnalt, võib liikuma panna ainult paadi, aga energiaga põhirea sinise tähe samasuuruselt pinnalt — suure ookeaniauriku.

Hiiglased on enamalt jaolt punast värvi, harvemini kollast. Me teame, et need värvid on seletatavad nõrga hõõgusega, pinna madala temperatuuriga. Järelikult ka hiiglaste tsentrum ei või olla nii tuline kui Päikesel. Nii see ka on: arvutused näitavad, et hiiglaste tsentrumi temperatuur võrdub „kõigest“ ühele-kahele miljonile kraadile. Peale neljakümne miljoni kraadi see madal temperatuur võib näida isegi pakasena. Arusaadav, et niisuguse „pakase“ juures aatomite tuumad jõudsid endas hoida mitte ainult kaks endale kõige lähemat elektroni, vaid ka mõned teised — kaugemad. Aga kui nii, siis peab aatomi mõõt olema suurem. Enne me jätsime Päikesele ainult Merkuri ja Veenuse, kui aga anname talle tagasi ka teised planeedid, siis päikesesüsteemi mõõted suurenevad uuesti. Samuti suureneb elektronide arvu suurenemisega ka aatom. Kuid mille arvel? Kas ainult lisa-elektronide arvel?

Ei. Ta kasvab elektronide ja tuumade vahel olevate uute tühjade ruumide arvel. Sellepärast aine, mis koosneb niisugustest aatomitest, on vähem tihe kui põhirea tähtede tsentrumi aine.

Agas vähem tihe aine võtab rohkem ruumi. Lühidalt öelda, tähtede suurus on seoses aatomite suurusega, millest tähed koosnevad.

Nõnda seletatakse selle tähtede klassi hiiglaslikke mõõte.

Meie asunduse jõujaam.

Nii me nimetasime kunagi Päikest. Vaatleme nüüd, missugust kütet see jaam kasutab ja kui palju ta seda kulutab.

Päike — see on kera. Aga kera võib lõigata mitmeks ühesuguseks püramiidiks. Püramiidi ülemist otsa nimetatakse tipuks, alumist tasapinda — aluseks, aga kaugust tipust aluseni — püramiidi kõrguseks. Kuidas siis kera koosneb püramiididest? Vaat, kuidas: kõik püramiidide tipud ühtuvad kera tsentrumis ja siis püramiidi alustest (nad peavad olema vähe kumerad) saame kera pinna. Aga kera raadiuseks on püramiidi kõrgus.

Päikese raadius võrdub peaaegu seitsmesaja tuhandele kilomeetritele. Kogu selles tohutus Päikese kera paksuses — pinnast kuni tsentrumini — töödeldakse energiat. Jaotame mõttes Päikese kera püramiidideks. Olgu iga püramiidi aluseks üks ruutsentimeeter. Kuigi see alus on väga väike, kuid see-eest on kõrgus seitset sada tuhat kilomeetrit. Ja kogu sellel ulatusel töödeldakse palju energiat. Missugune on selle väljapääs ruumi?

Tema ainsaks ukseks on Päikese pind. Tähendab, iga püramiidi energia võib väljuda ainult läbi väikese püramiidi aluse — ühe ruutsentimeetri. Pole sellepärast imestada, et ühe ruutsentimeetri Päikese pinna kiirgamisjõud võrdub kaheksale hobujõule. Kui te esmakordselt kuulsite sellest arvust, ta näis teile kolossaalsena. Nüüd aga, teades Päikese temperatuuri ja püramiidi kõrgust, me peame pigem imestama selle üle, et ta on nii väike.

Aga missugust kütet kasutab Päike ja kui palju ta seda kulutab? Et seda teada, võtame kokku Päikese kiirgamiskaalu.

Päikese kiirgamiskaal.

Kas siis kiirgamisel võib olla kaal? Sest kiirgab ju mingisugune energia, näiteks soojus, valgus. Kuid kas siis soojusel ja valgusel on kaal? Osutub, et on: energia, nagu iga aine, allub külgetõmbejõule. Ütleme seda mehhaanika keeles: kiirgamisel on mass.

Soojuse ja valguse kiirgamist võib võrrelda allikast voolava veega. Kuid vesi kaalub. Miks siis soojuse ja valguse vool ei võiks kaaluda? See kõlab, tõsi küll, ebaharilikult, kuid siin pole midagi uskumatut. Kuid selle eest on ta tõestatud. Ja mitte ainult tõestatud: valgus ja soojus on ka mõõdetud, see on, nende kaal on täpselt mõõdetud. Seda peab mõistma sõnasõnalt: me võime samuti öelda „kilo soojust või valgust“, nagu ütleme „kilo vett“. Järeltult allikas, mis kiirgab valgust, soojust või mingisugust muud energiat, peab kaalus kaotama (kui, muidugi, tal pole massi või energia juurdevoolu väljastpoolt). Kui suurel määral ta peab kergemaks jääma?

Selge, et selle massi võrra, mis ta kaotab kiirgamiseks. Elektriambi traadikese kohta ja isegi ühe ruutsentimeetri suuruse Päikese pinna kohta see suurus on tühine, kuid seesuguseid sentimeetreid on Päikese pinnal palju. Ja kui korrutada kiirgamise tühine suurus nende sentimeetrite tohutu arvuga, siis saame neli miljonit tonni. Nii palju ainet kaotab Päike sekundis. Samal ajal, kui teie loete neid ridu, ta jääb ikka kergemaks ja kergemaks, ja seejuures peale iga teie poolt loetud sõna miljoni tonni võrra; aga kui te loete pikkamisi, siis isegi kahe miljoni tonni võrra.

Neli miljonit tonni massi on kümme tuhat korda enam kui vee kaal, mis voolab igal sekundil läbi suure jõe, näiteks Doni sängi. Kujutelge endale Päikesel kümme tuhat avaust; igast avaust voolab välja Doni jõgi, mille aine jäädavalt kantakse tähtedevahelisse ruumi. Homme sel ajal on Päike kolmsada viiskümmend miljardit tonni kergem.

Tonn, see on ühe kuupmeetri vee kaal. Seame kolmsada viiskümmend miljardit niisuguseid kuupe ritta. Kui palju ruumi nad võtavad? Paaegu kaks ja pool korda rohkem kui kaugus Maast Päikeseni. Kujutleme, et kogu Päikese energia voolab ühe veejoa näol, mille läbilõige on ruutmeeter. Siis iga kümne tunni järel kasvaks Päikesest välja uus jüga, mis ulatuks Maani.

Aastas Päike kaotab kiirgamise teel ligi sada kakskümmend viis biljonit tonni. Sellepärast iga seitsmekümnekuue-aastane vanake võib öelda: „Minu eluajal on Päike jäänud kergemaks üheksa ja pool tuhat biljonit tonni.“ Kui asetada ritta niipalju kuupmeetreid vett, saame joone, mille pikkus võrdub valgusaastale.

See on ebameeldiv. See on isegi hirmus, sest kogu elu Maa peal oleneb Päikesest, aga iga aastaga, kuuga ja isegi päevaga ta valgustab ja soojendab ikka nõrgemini... Päikese massi äravool on kohutavalt suur. Tahaks kinni korkida Päikesel kõik avaused (peale ühe, mis pööratud Maa poole), mis nii kasutult raiskavad energiat; tahaks neid kinni katta, nagu pigistatakse kinni haav, millest purskab kallihinnaline veri.

Kuid küsitleme vanakesi: on nad märganud, et Päike oleks jäänud külmemaks või pimedamaks? Ja iga vanake vastab: „Ei, ei ole märganud; sõendan ennast praegugi päikesepaistel sama hästi kui lapsepõlves.“ Aga kas mäletate, kuidas me teiega kihutasime raketil kolme miljardi aasta võrra tagasi? Kas me leidsime Päikese tugevasti muutununa? Ei. Isegi siis oli ta peaaegu samasugune nagu praegu. Ainult „pisut suurem, pisut kuumem“. Aga ometigi on ta sellest ajast peale kaotanud kaksteist ja pool tuhat biljonit (ja enam) tonni ainet igal sajandil. Ja veel mingisugune täht tiris Päikesest „tükikese“ ainet, millest moodustusid kõik planeedid, nende seas niisugused hiiglased nagu Jupiter ja Saturn. Milles siis asi seisneb?

Selles, et Päikese mass võrdub $2 \cdot 10^{27}$ tonnile. See tagasihoidlik arv „27“ tagab meile rikkusetunde täiesti küllaldaseks ajaks. Kui Päike ka edaspidi kiirgab massi samasuguse kiirusega kui

praegu, siis ta kaotab ühe protsendi oma kaalust alles saja viiekümne miljardi aasta pärast. Vaat, kui suur on Päikese mass ja kui suur on arv $2 \cdot 10^{27}$. Pole sellepärast imeks panna, et „mingisuguse“ kolme miljardi aasta jooksul pole Päike peaaegu muutunudki. Ja muidugi, mingisuguseid muutusi ei võigi märgata seitsmekümnekuue-aastane vanake ega isegi mitte meie ahvitaolised esivanemad, kui nad oleksid tänini elanud.

Aga nüüd jõudsimme küsimuse juurde: kuidas ja mispärast kaotab Päike kiirgamisel massi?

Tähed, mis hävitavad oma ainet.

Paljud elektriyaamad töötavad küttel: see tähendab, et elektrienergiat saadakse põlemise energiast. Aga kuidas töötlevad energiat Päike ja teised tähed, me täpselt veel ei tea. Ainult üks on selge: põlemine ei või olla tähe energia allikaks. Kui Päike tervena koosneks kivisöest, ta põleks võrdlemisi ruttu läbi. Aga on ju Päike Maast vanem, Maa aga on olemas umbes kaks miljardit aastat.

Toas põleb steariin-küünal. Möödub tund, ja küünal on ära põlenud, kadunud. Mis toimus?

Toimus ainult aatomite ümberrühmitus: steariini ainete aatomid ühinesid toa õhu hapniku aatomitega. Tekkisid nägematud veeaurud ja süsihappegaas, mis lagunesid ruumis laiali. Kuid mitte ükski küünla aine aatom ei kadunud loodusest.

Aine kiire ühinemise ajal hapnikuga tihti eraldub palju soojust leegiga. Niisugust ainete „hapendumist“ me nimetame „põlemiseks“. Kuid see, mis toimub tähes — pole põlemine: temas ei toimu mitte ümberrühmitumine, vaid, nagu meie arvame, aatomite purunemine. Kui see on nii, siis puruneb Päikesel iga sekund ja kantakse kiirgamisel maailmaruumi hulk aatomeid, raskusega neli miljonit tonni.

On selge, et eri tähtedel need hulgad on erinevad. Selle üle, missugusel tähel neid purustatakse rohkem, missugusel vähem, me võime otsustada tähe valgusjõu järgi, sest mida enam täht valgust

kiirgab, seda enam massi ta peab kaotama. Sellepärast, nagu Päikegi, jäävad tähed aja jooksul ikka kergemaks. Tähendab, kõige kergemad tähed peavad olema ka tavaliselt kõige vanemad.

Massi vähenemisega, see on tähe aine hulga vähenemisega, nõrgeneb ka ta valgus. Aga valgusjõud langeb kiiremini kui kaal ja sellest tuleb, et vana täht valgustab nõrgemalt mitte ainult oma väikese massi pärast, vaid ka sellepärast, et kiirgamine igalt tema aine tonnilt on väiksem. Millega seda seletada? Vististi sellega, et mitte kõik ained, milledest täht koosneb, ei muutu energiaks ühesuguse kiirusega.



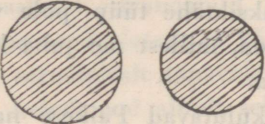



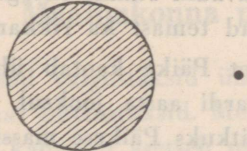
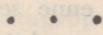

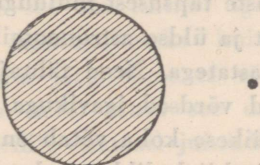
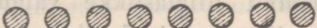


Kõige kiiremini põlevad ahjus õled, seejärel laastud, ja peale nende puud. Alul, kui need kolm kütteinnet põlevad korraga, on leek kõige suurem. Sellega võib võrrelda toda, mis toimub tähes. Mõned tähe ained muutuvad väga ruttu energiaks. Sel perioodil ta saadab ruumi tohutuid soojuse ja valguse hulki. Seejärel, kaotanud osa oma ainest, täht muutub nagu kokkuhoidlikumaks. Aga vananedes ta kulutab oma tagavarasid juba väga kitsilt.

Niisugune seletus vanade tähtede nõrga kiirgamise põhjustest pole veel lõplik. Võib ainult öelda, et tänini on uurimused selle tõelisust kinnitanud.

Kõige lähemad tähed.

Tutvume nüüd mõnede Päikese naabritega: nende järgi võime otsustada tähtede elanikkonna üle taeval.

Lk. 107 on kujutatud ligikaudu õiges maastaabis kakskümmend kuus meile kõige lähemat tähte. Samas on toodud nende nimed, nende kaugused meist valgusaastates, värv ja valgusjõud, mida mõõdame Päikese heledusega. Nii näiteks, kui alfa Centauri juures on märgitud „ $1\frac{1}{2}$ ja $\frac{1}{2}$ “, siis see tähendab, et esimene kaksiktähest on $1\frac{1}{2}$ korda heledam Päikesest, aga teine on kaks korda temast nõrgem. Te näete, et enamusi tähti on tabelil väiksemad kui Päike, temast punasemad ja nõrgemad. Ainult neli tähte on Päikesest suuremad ja ainult kolm neist on temast heledamad. Kuid miks pole tabelil näidatud punaseid ja kollaseid hiiglasi?

Tähed	Kaugused valgusaastates	Suurus	Värvus	Valguse intensiivsus (Päikese üksustes)
Päike	—		Kollane	1
Proxima Centauri	4,27		Punane	$\frac{1}{20000}$
Alfa Centauri	4,31		Kollane	$1 \frac{1}{2}$ ja $\frac{1}{2}$
München 15040	6,06		Punane	$\frac{1}{2500}$
Wolf 359	8,07		Punane	$\frac{1}{50000}$
Laland 21185	8,33		Punane	$\frac{1}{200}$
Siirius ja tema kaaslased	8,65		Valge	26 ja $\frac{1}{100}$
Kolm väga nõrka tähte	9—10		Punane	Kesk. $\frac{1}{9000}$
Vaala omikron	10,3		Punane Kollane	$\frac{1}{8}$
Procyon ja tema kaaslane			Valge	$5\frac{1}{3}$ ja $\frac{1}{20000}$
8 nõrka tähte	10,5—11,5		Punane	Kesk. $\frac{1}{16}$
Krüger 60	12,7		Punane	$\frac{1}{400}$ ja $\frac{1}{4400}$
Van-Maaneni täht	12,8		Valge	$\frac{1}{8000}$

Esiteks sellepärast, et neid pole Päikese naabrite seas: hiiglaste esinemine on harv juhtum tähtede-maailmas. Kuid kui neid olekski meie lähedal, siis me teisel põhjusel poleks neid joonistanud tabelile: keskmise suurusega hiiglaste läbimõõt võrduks tabeli maastaabi järgi kolmele ja poolele meetrile. Tuleks teha toasuurune tabel, mille pind oleks kaksteist ruutmeetrit.

Tabeli kakskümmend kolm tähte on põhirea tähed. Siiriuse väike kaaslane ja Van-Maaneni täht, nagu teame, on valged kääbused; Procyoni teise kaksiktähe tüüp pole veel täpselt määrateldud. Tabel kinnitab seda, millest me juba kõnelesime: suurem osa tähti kuulub põhiritra.

Missuguse kiirusega kulutavad Päikese naabrid oma massi? Enamus aeglasemalt kui Päike ja ainult kolm temast kiiremini. Need on samad kolm tähte, millede heledus ületab Päikese heleduse: suured tähed alfa Centauri, Siiriuse ja Procyoni kaksiktähtedest. Ent kui nad kiirgavadki ruumi energiat Päikesest heledamini, siis selle eest on nad temast ka rikkamad.

Me arvutasime teiega, et Päike kaotab ühe protsendi oma massist saja viiekümne miljardi aasta jooksul. See tähendab, et praeguste kulutuste juures jätkuks Päikese massi viieteistkümneks biljoniks aastaks. Kuid ammu enne selle tähtaja lõppu muutub Päike nõrgaks täheks ja siis tema kiirgamine on palju nõrgem. Sellepärast Päike ja temale sarnanevad tähed elavad vististi veel mitte viisteist, vaid sadu biljoneid aastaid.

Rääkida säärase arvutuste täpsusest muidugi ei saa. Kuid üks on selge: tähtede elu kestust ja üldse astronoomilisi perioode mõeldakse paljude biljonite aastatega. Need tähtajad on kujutlematult pikad — meile on nad võrdsed igavikuga.

Me teame, missuguse väikese koha võtab enda alla meie Maa keset lõputu maailmaruumi hiiglaslikke valguskehi. Aga nüüd näeme, et võrreldes maailmaruumi elanikkonna elu kestusega on sama tühiselt väikesed ka meie kõige suuremad maised ajamõddud: inimsoo olemise periood, geoloogilised ajajärgud ja isegi Maa enda iga.

LINNUTEE.

Alles hiljuti avastasid astronoomid, kui suur erinevus on tähtede valgusjõus. Kaua aega oletati, et kõigil tähtedel on ligikaudu ühesugune heledus, sarnanevalt tänavalaternate reale. Näivad aga ühed tähed teistest heledamad ainult sellepärast, et nad on lähemal. Nüüd aga, tutvudes tähtede-maailmas niisuguste äärmustega, nagu võimas prožektor ja jaaniussike, me näeme, kuivõrd vale oli see oletus.

Maailmkonna plaanist.

Kui kõik tähed valgustaksid ühesuguse jõuga, paljud küsimused astronoomias lihtsustuksid. Me võiksime siis kergesti teada saada, missuguses kauguses asetseb meist milline-tahes täht, kuna valgustusjõud väheneb „vastuproportsionaalselt kauguse ruudule“ valguseallika ja valgustatava keha vahel. Näiline tähe heledus räägiks sellest, kui kaugel on nad Maast, ja me võiksime siis koostada maailmkonna plaani ja ehitada tema mudeli.

Kahjuks pole see nii lihtne: iga nõrk täht võib olla niihästi lähedaseks jaaniussikeseks kui ka kaugeks prožektoriks. Järelikult, valgusjõu järgi meie ei või otsustada kaugust. Jääb ainult üle mõõta neid. Kuid see on, nagu te teate peatükist „Kaugused tähtedeni“, enamail juhtudel võimatu. Mis teha? Meie õnneks leidub maailmkonna muuseumis tähti, mis võivad olla maailma kauguste mõõdupuuks.

Kujutelge endale suurt linna. Tema tänavaid valgustatakse mitmesuguste erijõuliste riistadega: volta-kaartega, elektri- ja petrooleumilampidega, gaasilaternatega. Me vaatame linnale kõrgen-

dikult, näeme kõiki tulesid korraga ja tahame teada, kui kaugel nad meist on. Aga oletame, et kaugusi võib mõõta ainult kõige lähemateni neist. Ent teisteni?

Selle üle, kui kaugel on meist teised tuled, me võiksime otsustada nende näilise heleduse järgi, kui teaksime nende tõelist valgusjõudu, mis kahjuks — ja selles ongi häda — on teadmata. Kuid meil on teada küünla valgusjõud. Kujutleme, et linna tuled hulgas on küünlaid, ja vaatame, kuidas nad aitavad meid üles-annet lahendada.

Märgime mingisuguses kaugemas põiktänavas rühma tulesid. Otsime selles küünla ja mõõdamäe, mitu korda ta valgustab nõrgemini kui mingisugune teine küünal, mis asetseb meie lähedal. Seda teada saades arvutame, mitu korda on esimene küünal meist kaugemal kui teine. Aga teades seda, me võime leida kauguse, mis lahutab meid esimesest küünlast ja, tähendab, ühtlasi ka kogu põiktänavat tuled rühmast.

Tähtedega on asi muidugi keerulisem. Kõneldes küünaldest, me oletasime, et nende valgusjõud on ühesugune. Tähtede heledus aga, mis aitab meid mõõta kaugusi maailmaruumis, pole ühesugune. Kui need seadused on meil teada, me võime alati kindlaks määrata vajaliku tähe valgusjõu, kui kaugel ta meist ka olekski. Ja veel üks märkus: paljude tähtede hulgast on vaja tunda küünalt. Kuid tähe „küünaldest“ on märkimisväärne omadus, mille järgi neid võib eksimatult tunda.

Mis tähed ja missuguse omadusega need on? Need on

Muutlikud tähed.

Mispärast muutlikud?

Sellepärast, et nende heledus kogu aeg kõigub heledast nõrgani, just nagu keegi mängiks petrooleumilambi kruviga, keerates tahti kord üles, kord alla. Lambi valgus peaks sel juhul vaheldumisi heledalt lõõmama ja kustuma. Nii just käituvadki mõned tähed, mille pärast neid nimetatigi „muutlikeks“.

Muutlikke tähti on mitu klassi. Kõige huvitavam neist on tsefeiidide klass. Astronoomid märkasid ammu, et tähe Cepheuse delta valgusjõud imelikult kõigub, nagu keerataks tahti alul pikkamisi alla, aga siis kiiresti üles. Märkimisväärne on see, et need valguse kõikumised korduvad võrdsete ajavahemikkude jooksul seevõrra täpselt, et nende järgi võiks isegi kella seada. Cepheuse delta ühe täisvalgusvõnke kestus võrdub saja kolmekümnele tunnile.

Tähed, mis sarnanevad Cepheuse deltale, moodustavad „tsefeiidide“ klassi. Erisugustel tsefeiididel on võnkumisperiood erisugune, ja mis veel tähelepanuväärsem, nende perioodide kestus on seoses heledusega: mida heledam on tsefeiid, seda kestmam on tema võnkumisperiood. Nii, näiteks, neljakümne võnkumisperioodiga tsefeiidid on ligikaudu kakssada viiskümmend korda heledamad Päikesest; kümnepäevase perioodiga — tuhat kuussada korda, jne. Järelikult tsefeiidid võivad maailmaruumis olla nendeks küünaldeks, mis näitavad, missuguses kauguses Maast asetsevad taevaste tuled rühmad.

Mõned neist rühmadest koosnevad väga suurest arvust tuledest, mis teevad neid pilvedele sarnanevaiks. Sellepärast neid nimetataksegi „tähepilvedeks“, samuti nagu suuri hulki tolmutükkeid tolmutükkeks. Tähepilved on meist nii kaugel, et mõõta kaugusi nende ja Maa vahel on võimatu. Kuid nende tähtede seas on tsefeide, mis aitavad meil lahendada seda ülesannet. Tsefeiidid kõnelevad sellest, kui kaugel Maast on tähepilved — samuti nagu lähedased ja kauged küünlad jutustasid kaugusest meie ja põik-tähe tulederühma vahel.

Tähtede kerasperved.

Miks nimetatakse neid nii? Seda selgitab joon. 24. Te näete sellel tähtede kuhjumist kerakujuliselt. See sarnaneb keerlevale mesilasperele. Mesilaspere kõige tihedam osa on keskpaik, seal on kõige rohkem mesilasi. Aga mida enam keskpaigast kaugemale,



Joon, 24. Tähekogu Herkuleses.

seda harvemaks jäävad mesilased. Sama me näeme ka tähtede kerasperves.

Seni on avastatud sääraseid keraspervi saja ümber. Astronoomid arvavad, et neid ka rohkem pole, kuna viimase saja aasta jooksul pole uusi keraspervi avastatud. Igas niisuguses kerasperves

loendatakse kuni sadu tuhandeid tähti, kuid nende valgus on nii kahvatu, et palja silmaga on vaevu nähtavad ainult viis-kuus niisugust tähtede pesa. Kui kaugel on nad meist?

Kui me vaatame neid isegi vastaspunktidest meie teekonnal ümber Päikese, me näeme neid alati ühtedes ja samades suundades: neid ei muuda peaaegu sugugi kolmesajamiljoniline Maa orbiidi lähimõõdu pikkus. Kuid kõigis keraspervedes on palju tsefeide, mis aitavad meid mõõta suurimaid maailmkonna sügavusi. Ja ülesanne lahendatakse. Vastus on rabav: lähimad kerasperved asuvad päikesesüsteemist umbes kahekümne tuhande valgusaasta kaugusel.

Kui pildistasite endid viis aastat tagasi, siis näitab ülesvõte teid niisugusena, missugune te olite viis aastat tagasi. See on isenesestki mõistetav ja peaks olema ka asjata rääkida niisugustest lihtsatest ja endastmõistetavatest asjadest. Kuid vaadake veel kord joon. 24. Kuigi see on ka tehtud kõigest mõned aastad tagasi, näete te siiski kerasperve niisugusena, nagu ta oli kümnekond tuhat aastat tagasi — nii palju aega on möödunud sest ajast, kui oma kodumaalt lahkus valguskiir, mis jäädvustas valgustundlikule plaadile Herkulese tähtede parve. Kuni ta kaugete tähtede juurest meieni rändas, inimkonna ajalugu oli jõudnud juba alata, areneda ja jõuda oma praegusesse olukorda.

Kui kiir asus teele, meie planeedi pinda katsid veel inimkätest puutumatud metsad. Nad kubisesid metsloomadest. Inimesed elasid siis koobastes. Aga valguskiir ruttas sel ajal kiiresti fotoplaadi poole, mis pidi ilmuma alles paljude sajandite pärast.

Varustatud kaigaste ja kividega, ürgsed inimesed jooksid ümber nagu metsloomad, otsides saaki mööda pakse metsatihnikuid, kus igal ettevaatamatul sammul ähvardas jahimeest hukkimine.

Valgus jätkas rännakut kaugusse — kiirusega kolmsada tuhat kilomeetrit sekundis.

Arenesid esimesed ühiskonnad — tulevase tsivilisatsiooni alged. Möödusid aastasajad ja -tuhanded. Tekkisid riigid. Tõusid ja langesid suured keisririigid. Öitsesid ja hävisid kultuurid.

Lennates kaheksateist miljonit kilomeetrit minutis, ruttas valgusekiir kõrvalekaldumatult kaugel Maa poole.

Sündisid ja surid miljonid inimesed. Ilmusid ja kadusid igavikku sajad põlvkonnad. Inimene rõhus inimest. Rõhutud tõusid üles rõhujate vastu ja siis loitsid revolutsiooni leegid. Tugevad jagasid endi vahel planeedi pinna. Selles igaveses verises võitluses nad, täiendades verevalamise ja hävitamise viise, sundisid rõhutuid hukkama endasarnaseid.

Ükskõikselt, liikudes muutmatu kiirusega enam kui miljard kilomeetrit tunnis, lähenes meile valgusekiir maailmade sügavikust.

Ajuti vaibudes, siis veel suurema leegiga puhkesid ägedate sõdade tuled. Ikka kõrgemale kerkis teaduse võimas ehitis, ikka sügavamale tungis inimgeenius looduse ja maailma-ehituse saladustesse. Kasvas ja arenes hämmastavalt tehnika, mis ammugi mattis enese alla muistsete legendide imed.

Peatumata läbistades pimedust kujutlematu kiirusega, kakskümmend kuus miljardit kilomeetrit ööpäevas, valgusekiir jätkas kindlalt tormamist läbi tähtedevahelise tühjuse ja pakase kaugel Maa poole. Ta jõudis selleni alles kümnete tuhandete aastate pärast.

Lõpetades oma rännaku läbi maailmaruumi sügavikkude, valgusekiir silmapilkselt lendas teleskoobi torusse. Langedes valgustundlikule plaadile ta kinnitas sellele kujutuse oma kodumaast, mida näete joon. 24.

See koosneb, nagu juba kõnelesime, sadadest tuhandest tähtedest. Ja kuigi enamus neist on Päikesest palju heledamad, peab omama väga head nägemist, et näha taeval nõrka kerasperve plekikest. Võib-olla tema peal on ka kusagil astronoomid, kes vaatavad praegu meie poole. Võib-olla nad näevad ka nõrgalt helendavat plekikest tähtedest, milledest üks on meie Päike. Kas need astronoomid võiksid märgata Maad?

Kui Maa kasvaks korraga oma orbiidi suuruseks, neelates alla Kuu, Merkuri, Veenuse ja Päikese, tema maht suureneks kolmteist miljonit korda. Kuid isegi niisugune tohutu keha paistaks

kõige lähema kerasperve astronoomidele nööpnõelapea suurusena, mis asetseks silmast kuussada viiskümmend kilomeetrit eemal. Selge, et väikest Maad isegi kõige lähema kerasperve astronoomid kuidagi märgata ei suuda.

Seni me rääkisime meile kõige lähemaist keraspervedest. Kui kaugel päikesesüsteemist asetsevad siis kõige kaugemad kerasperved?

Nähtub, et korda kümme kaugemal kui kõige lähemad. Järelikult valguskiired, milles me võime näha täna öösel neid kõige kaugemaid keraspervi, asusid teele kakssada tuhat aastat tagasi. Selle aja jooksul ahv-inimene, kes häälitset loomalikult, arenes olukorrani, milles ta võib lugeda ja mõista seda raamatut.

Võib-olla kaugemais keraspervedes on päikesi, mis on ümbritsetud planeetidest; võib-olla neil planeetidel asuvad mõistusega olendid. Kuid vaevalt võib inimene kunagi näha Maa-suurust planeeti, mis asetseb temast kakssada tuhat valgusaastat eemal. See tähendaks näha nööpnõelapead, mis asetseb saja viiekümne miljoni kilomeetri kaugusel vaatelejast. Kujutelge, et Päike surutaks kokku nööpnõelapea suuruseks. Kas me võiksimme teda siis näha? Selleks peaks olema teleskoop, mis suurendaks asju vähemalt nelikümmend miljardit korda. Aga säärase võimsusega teleskoopi on võimatu endale kujutellagi.

Tähtede kerasperved on pillatud maailmaruumi ühtlaselt — umbes nii nagu, jämedalt öeldes, rosinad ümmarguses saias. Kuid saia paksus on väiksem kui ta diameeter. See tähendab, et kerasperv laiub ruumi kahes suunas — ütleme „pikkuses ja laiuses“ — kaugemale kui kolmandas suunas — „paksuses“.

Linnutee.

Selgeil pimedail ööl me märkame, et taevast läbib silmapiirilt silmapiirini nõrgalt helendav hõbedane linik.

See linik sarnaneb helendavale maanteele, mis — ülekülvatuna mitmesuguses suuruses tähepunktidega — viis meie esivanemad mõttele taeva all rändavast linnuparvest. Paljude rahvaste juures

nimetatakse seda aga „Piimateeks“. Nagu määratu rõngas piirab ta kogu tähtede-maailma. Millest koosneb siis Linnutee?

Tema loodus huvitas juba muistseid inimesi, kuid palju aastasadu see jäi neile saladuseks. Alles 1610. aastal, kui Galilei juhtis Linnuteele esimese teleskoobi, Linnutee saladust peitev eesriie kohe eemaldati.

Vaadates mäelt looklevale, kollasele maanteele, te ei näe, millega ta on kaetud. Kuid vaadeldes teda läbi tugevasti suurendava pikksilma, te avastate, et see on üle külvatud liivaga. Ilmnes, et ka Linnutee koosneb liivaterakestest, milledeks on taevatähed.

Linnutee tähed on meist nii kaugel ja näivad nii kahvatud ja väikesed, et neid ei saa palja silmaga eraldada. Nad sarnanevad samet-mustale taevale puistatud hõbeda-tolmuga. Osa Linnuteest on näidatud joon. 25.

Me teame, kui harvalt on maailmaruum üle külvatud tähtedega. Linnutee aga näib olevat lausa tähtede pilv. Kuid see pole nii: isegi oma nõrga teleskoobiga märkas Galilei, et Linnutees on vaba ruumi mitu korda rohkem kui tähtedega asustatud.

See tõendab, et tähtede arv Linnutees pole lõputu: kusagil nad lõpevad, mingisuguste piiride taga neid enam pole. Vastasel korral, missugusesse taeva punkti me ka ei vaataks, me peaks igas suunas, lähemal või kaugemal Maast, kohtama tähti. Ja kogu taevas näiks ühtlaselt kaetud, hõbedases valguses särava loorina.

Milline on linnutee ehitus?

Niisuguse küsimuse esitas ligi sada kakskümmend aastat tagasi William Herschel. Vaatame, kuidas Herschel lähenes sellele küsimusele, kuidas ta otsustas selle.

Herschel leidis, et tähtede arv tema teleskoobi nägemispiirkonnis igal taeva osal on erisugune. Kõige enam leidus neid muidugi Linnutees, aga mida kaugemale sellest, seda vähemaks neid jäi. Ja tähelepanuvääriv on see, et eri kohtades taeval, mis on ühevõrra kaugel Linnuteest, teleskoopi sattus ligikaudu ühesugune

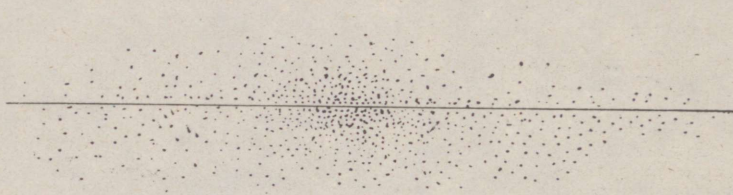


Joon. 25. Osa Linnuteest.

arv tähti. Ja vaat, mida veel Herschel märkas: kõige heledamate tähtede arv oli igal taeva osal umbes sama, aga teleskoobi lähenedes Linnuteele rohkene ainult nõrgemate tähtede arv. Ja kõige nõrgemate arv kasvas seejuures eriti suure kiirusega.

Millest see kõneleb?

William Herschel arvestas õieti, et tähed pole puistatud kõik ühevõrra tihedalt mööda maailmaruumi: mida kaugemale meist, seda harvemaks nad jäävad. Kuid kas nad harvenevad ühevõrra kiirelt igas suunas? On selge, et ei, sest teleskoobi lähenedes Linnuteele neid paistab üha tihedamalt ja tihedamalt. Ja tähendab, mida kaugemale Linnuteest, seda kiiremini nad hakkavad



Joon. 25-a. Linnutee ehitus Herscheli järgi.

harvenema. Sellepärast Herschel kujutles endale tähtede süsteemi lapergusena, mingi ratta või taskukella taolisena.

Vaadake joonist 25-a. Te näete, et süsteemil on lapergune kuju, ja mida kaugemale tema äärtele, seda harvemaks jäävad tähed. Ja vastupidi: mida lähemale keskpaigale, seda tihedamalt neid on. Kui te vaatate selle laperguse kuju keskelt üles ja alla, te näete vähe tähti, kuid vaadates mööda joont mõlemale poole, te kohtate neid märksa rohkem. Neis suundades, tähendab, on tähti palju tihedamalt.

Kujutelge end keset tohutut koogisarnast pilve, mis koosneb tähtedena laialipillatud helendavaist liivateradest. Vaadake sama joont mööda, kuid mitte ainult edasi ja tagasi, vaid ka kõrvale: selleks pöörake end iseene ümber. Mida te näete siis? Te kohtate neis suundades palju rohkem liivakihte kui üleval ja all, ja sellepärast teile näib, et kaugus on palistatud peenist liivateradest tiheda vööga. Sarnane tähtedest vöö taevas ongi Linnutee.

Olgu meie liivakoogi paksus neli meetrit, aga läbimõõt kaks-kümmend. Järelikult, üles ja alla ulatub liiv koogi keskelt ainult kaks meetrit, servadeni — liiva vööni — kuni kümme meetrit. Kuid mida kaugemal on ese, seda väiksem näib ta meile. Tähendab, kõige väiksemaid liivateri näete suurte, künnemeetriliste kauguste sihis, see on meie koogi „linnuteel“.

Aga kahemeetrilistes ja veel väiksemates kaugustes?

Seal näivad liivaterad juba suured, ja mida lähemal on nad teile, seda suurematena nad näivad. Aga kus te näete neid suuri liivateri? Kas ainult servadelt? Ei, sest kahe meetri kauguseni ulatub liiv igas sihis. Tähendab, suuri liivateri näete ligikaudu võrdsel hulgal kõikjal: niihästi külgedel kui ka üleval ja all, ja mitte ainult Linnutee sihis, nagu väikesi liivakive.

Nüüd on selge, miks Herschel nägi mitmesugustel väljadel ligikaudu võrdsel hulgal suuri tähti ja kujutles endale tähtede-süsteemi vormi nii, nagu jutustasime.

Kuid ta läks veelgi kaugemale. Ta arvestas õieti, et meie — Päike koos planeetidega — asetseme peaaegu Linnutee tasapinnal. Mis tasapind see on? Teile saab see otsekohe selgeks, kui kujutlete endale Linnuteed hiiglasuure rõngana, mis on üle tõmmatud linaga. Kuid mispärast arvas Herschel, et meie asetseme selle tasapinna läheduses? Aga sellepärast, et see — ja ühes sellega ka Linnutee — jagab taeva kaheks ligikaudu võrdseks osaks.

Pöördume hetkeks tagasi meie liivakoogi juurde. Kuna teie asetsete selle keskel ja, tähendab, liivase linnutee tasapinnal, siis „taevas“ selle rõnga kohal näib meile niisama suurena nagu rõnga allgi.

Astronoomide täpsemad uurimused näitasid, et me seisame mitte üksnes Linnutee tasapinna lähedal, vaid ka tema keskpaiga lähedal. Viimase aja uurimused aga kõnelevad, et ses suhtes Herschel eksis: Päike ei asetse ei Herscheli täheratta „teljel“ ega isegi mitte selle läheduses. Ta asetseb ratta kodaral, kahe kolmandiku tee kaugusel teljest kuni põiani. Selle kahe kolmandiku pikkus võrdub umbes kolmekümne kolme tuhandele valgusaastale.

Me teame nüüd, et tähtede ratas keerleb ruumis, ja muidugi ümber telje. Telg aga lebab peaaegu täpselt samas sihis, milles piruka keskpaik rosinatega — kerasparvedega. Täheratta tasapind langeb täpselt ühte piruka keskpinnaga: pool kerasparve asetseb ühel pool Linnuteed ja pool teisel pool. Mida see näitab?

See näitab, et tähed asetsevad samas ruumi valdkonnas, milles kerasparvedki: üksikud tähed lõpevad Linnutee tasapinnal, ligikaudu samas, kus kerasparvedki. Kuid tähtede ratas pole nii paks kui kerasparve sai. Kujutleme seda endale nii. Lõikame saia kaheks osaks; ülemiseks ja alumiseks. Määrime ühe saia poole sisemise pinna paksu võikihiga ja asetame mõlemad pooled kokku. Rosinad on saias endiselt kerasparvena, aga või — tähtede kihina. Päike ei asetse saia keskel, nagu mõtles Herschel. Tõsi küll, Päikese peal on sama palju saia kui tema all; sellepärast ta satub võikihi keskele, kuid asetseb ta tee ühe kolmandiku osal servast kuni keskpaigani.

See on kõige lihtsam näide, mida võiksin välja mõtelda tähistaeva näitlikuks kujutamiseks. Aga et minna näite juurest looduse juurde, me peame suurendama oma saia seni, kuni iga kõige väiksem punkt on suurenenud kuni miljoni kilomeetrini. Iga rosinakese peame vahetama tähtedeparvega sadadest tuhandeist tähtedest, aga võikihi — paljudest miljonitest koosneva tähtede pilvega. Kogu selle kosmiliste kehade hiiglaparve peame puistama meie maailmkonna põhjatusse ruumi hõredalt pillatud aatomite, aatomikildude ja tolmpilvede vahele. Ja siis tuleb meie kujutlusse see suurejooneline ja imeteldav taeva panoraam, mida vaatleme öösiti ja mille ehitus on nüüd meile selgeks saanud.

Öine taevas.

Oleks ekslik mõtelda, et vaadeldes selget öist taevast me näeme kogu vaatepilti enda silme ees lahti rulluvat: palja silmaga näeme väga väikest osa tähtede-maailmast. Ja isegi kõige heledamat tähte me ei saa näha, kui kaugus tema ja meie vahel on üle kolme

tuhande valgusaasta. Tõsi küll, kõige lähem keraarv, mida näeme palja silmaga, asub Maast kahekümne tuhande valgusaasta kaugusel, kuid me ei eralda neis üksikuid tähti: me näeme teda nagu väga nõrka udust plekikest.

Kõik tähed, mida suudame näha üksikult, asetsevad võrdlemisi väga väikesel ruumalal ümber Päikese. See ala vastab meie rosinasaia väikesele tükikesele. Oma mõõtelt see tüki on pisut suurem kui suur rosin. Kui kõik tähed väljaspool seda tillukest tükikest ootamatult kaoksid ja kogu saia jääks järele ainult üks rosin, me ei märkaks palja silmaga kunagi nende puudumist. Meie silmale märkamatu võiks järkjärgult kaduda kogu Linnutee, mis särab hiiglaarvu tähtede ühise valgusena, liiga kaugel meist, et võiksime neist näha igäühte üksikult. Taevast muutuks ainult veidi pimedamaks, sellepärast, et isegi väga kauged tähed, mida me ei eraldagi, levitavad taeva all nõrka valgustavat udu. Muud muutust poleks meie silmad märganud. Aga kõik tähed, milliseid meie eraldame, oleksid jäänud oma kohtadele: sest nad kõik asetsevad selles väikeses saiatükis, mis meie oletuse järgi ei oleks pidanud kaduma.

Järelikult palja silmaga nähtava öise taeva võime jagada kahte ossa. Esimene osa — tähekoogud; need on meile kõige lähedasemad tähed, mis asetsevad meid ümbritseva tähtedemaailma espilaanil. Teine osa — tähtede tagaplaan — Linnutee. Tema tähed on meist nii kaugel, et me neid üksikult ei eralda.

Tähekoogud ja Linnutee — see on kõik, mida taevast näeme. Kuid ruum tähekoogude ja Linnutee vahel pole tühi: ta on üle külvatud miljonite tähtedega. Palja silmaga me ei näe neid üldse: nad on liiga kaugel meist, et võiksime neid üksikult eraldada, ja neid on igal osal liiga vähe, et nad võiksid näida meile valguse suitsuna, tähtede pilvena.

Seda rattakujulist süsteemi, võõtatut Linnuteega nagu rattapöia, nimetatakse „galaktiliseks süsteemiks“ ehk „Galaktikaks“ (*gala* on kreeka keeles „piim“).

Tähtede hulk.

Kui palju tähti on galaktilises süsteemis?

See küsimus võib esimesel pilgul näida kõige lihtsamana kõigist küsimustest, millele astronoomil tuleb vastata. Kes siis muu, kui mitte tema, võib loendada tähti taevas, arvate teie? Kuid kahjuks see pole sugugi nii lihtne. Sest mida suurem teleskoop, seda enam tähti me temas näeme. Kõige suurem teleskoop Maa keral näitab ligi poolteist miljardit tähte, nii et iga Maa elaniku kohta, kes üle viie aasta vana, tuleb üks täht.

Nüüd ehitatakse veel suuremat teleskoopi, mis võimaldab näha veel rohkem tähti. Kuid muidugi ka selles me ei näe kõiki tähti. Sellepärast on asjata püüda loendada kõiki tähti. On ainult üks võimalus määrata nende ligikaudset arvu: kaaluda kõiki tähti koos.

Tähtede kaalumise, mille loendamiseks isegi me polnud võimalised, võib näida teile mitteusutav. Kuid see on just see, mida astronoomid on hakanud alles hiljuti toimetama. Vaatame, kuidas läks neil korda heita kogu Galaktika kaalukaasile.

Kaua aega oli arusaamatu, kuidas tähtede-süsteem on võimeline hoidma alal oma ketta või ratta kuju, sest kõik tähed tunglevad üksteise poole ja sellepärast nad peaksid kogunema ratta keskele hunnikusse. Miks seda ei juhtu?

Ilmneb, et tähtede ratas säilitab oma kuju sellepärast, et ta tiirleb. Ses suhtes ta sarnaneb meie päikesesüsteemile väga suures maastaabis. Sel süsteemil on ka ketta või ratta kuju, mis säilib seetõttu, et planeedid tiirlevad ümber Päikese. Kui nad lakkaksid tiirlemast, nad kukuksid Päikesele, ainult keerlemine tema ümber säästab neid sellest. Mida lähemal on planeet Päikesele, seda kiiremini ta peab tiirlema: tal tuleb suurema Päikese külgetõmbejõuga võidelda kui planeetidel, mis asetsevad Päikesest kaugemal.

Sama toimub ka palju suuremas tähtede-süsteemis: tähed liiguvad ja sellepärast nad ei kogunegi süsteemi keskele — sinna kohta, kus me kujutlesime tähistaevas ratta telge. Süsteemi kesk-

paigale lähenemisega kasvab külgetõmbejõud. Järelikult, mida lähemal asetsevad tähed keskpaigale, seda kiiremini nad peavad tiirlema.

Päike, mis asetseb keskpaigast teatud kaugusel, läbib sekundis ligikaudu kolmsada kilomeetrit; see tähendab, et ta liigub kümme tuhat korda kiiremini kui kiirrong. Kuid vankri telg on Päikesest nii kaugel, et isegi kolmesaja-kilomeetrilise sekundi-kiirusega Päike jõuab üks kord tema ümber pöörata alles kaheksa kuni kaheksa viiekümne miljoni aasta jooksul.

Need arvud on väga ligikaudsed: seni me ei tea küllalt täpselt, kui kaugel oleme meie tsentrumist, mille ümber tiirleme. Palju paremini on meile teada suund, milles see asetseb. Ta peaks näima meile Linnutees asetsevana; kahtlemata on ta selles osas, mis näidatud joon. 25 — vististi kusagil selle keskpaiga läheduses.

Kõige tihedam Linnutee osa, kus peab olema „vankri telg“, on suur tähtede pilv Küti tähekoosus. Ta asetseb umbes joon. 25 keskel. Väga paljud mitmesugused uurimused kõnelevad sellest, et täheratta telg — galaktilise süsteemi tsentrum — asetseb nimelt sellel joonisel esitatud rajoonis.

Galaktika keskpaigas, maailmaratta telje kohal peab asetsema maailmkonna peapäike. Kuid me ei näe teda: teda katab meie eest tumedast läbipaistmatust ainest hiiglaslik plekk. Ja sel põhjusel ei näe vististi mitte kunagi inimsoo silmad maailmkonna tsentrumi päikest.

Oma külgetõmbejõuga tsentrumi päike vahetpidamatult moonutab kõikide tähtede teid, sundides tähti liikuma enda ümber. Tema mõõted peavad olema täiesti erakordsed isegi astronoomilises maastaabis. Kuid on võimalik, et tsentrumi päikest tõeliselt pole olemaski; võib olla, et musta läbipaistmatu eesriide taga on tohutu, väga tihe kuhi harilikke tähti. Kui see on nii, siis tähtede kuhja ei valitseta ühest suurest kesksest massist, vaid nad hoiduvad koos tõenäoliselt oma vastastikuse külgetõmbejõuga, umbes nii nagu kaksiktähed. Kuid see kõik on mõistatuslik: kuna me ei

tea ju, millega on täidetud musta eesriide tagune ruum, aga me võime olla kindlad, et ta on täidetud kolossaalse ainehulgaga.

Teades, kuidas planeedid tiirlevad ümber Päikese, me võiksime kaaluda Päikest. Samuti, kui saame teada kiiruse, millega tähed tiirlevad ümber Galaktika tsentrumi, me võime mõõta ka tähtede galaktilist süsteemi. Aga kuna iga tähte mõjutab mitte üksi tsentrumi päikese, vaid ka kogu tähtede-süsteemi külgetõmbejõud, siis võime leida mitte üksi telje, vaid kogu ratta kaalu. Teades aga, et tähe mass võrdub keskmiselt Päikese massile (või ta on jälle Päikese massist pisut väiksem), me võime välja arvestada, mitmest tähest koosneb ratas.

Selge, et ei saa määrata nende arvu suure täpsusega, kuid võib kindlasti ütelda, et ta ületab sada miljardit. See tähendab, et iga Maa peal elava inimese kohta tuleb üle kuuekümmet tähte. On võimalik, et tõeliselt on galaktilise süsteemi tähtede arv kaks korda suurem kui sada miljardit.

Pole kerge endale kujutella niisugust arvu. Kas teate, kui palju tähti võib palja silmaga näha väga selgel ööl? Te mõtlete vististi — loendamatu hulk? Enamus inimesi, kui neid palutakse vastata kas või umbes, kui palju tähti nad näevad taevas, ütlevad sadu tuhandeid või miljon või mitu miljonit. Tõeliselt aga inimene, kes omab kõige paremat nägemist, võib palja silmaga näha ainult umbes kolm tuhat tähte, see on vähem kui selle raamatu kahel leheküljel olevate trükitähtede arv.

Kujutelge nüüd endale iga tähe asemele nii palju tähti, kui palju näeme palja silmaga kogu taevas. Kuid see kujutlusmäng näitab ainult tühise osa tähtede üldarvust taevas — kõigest kümme miljonit. Nii palju kirjatähti ligikaudu on kolmekümnes niisuguses raamatus nagu käesolev. Järelikult, et kujutada kirjatähtedega sada miljardit tähte, vajaksime raamatukogu, mis koosneks poolest miljonist säärasest raamatust.

Meie Maa on väike lisand Päikesele, ühele paljudest harilikest tähtedest. Teda võib võrrelda mikroskoopilise tolmuübemega,

mis on peitunud kahe lehekülje vahele. Millega võib siis võrrelda meid, selle tolmukübeme asustajaid?

Kui lapselikult lihtsameelsed olid inimesed veel ligi kolmsada aastat tagasi, lugedes maailmkonna tsentrumiks tolmukübemekest, millel nad elavad; nad kujutlesid, et kõik tähed tiirlevad ümber nende tolmukübeme ja et need on loodud vaid selleks, et anda Maale pisut valgust, kui puuduvad Päike ja Kuu.

Nüüd hakkame lõpuks mõistma, kui tähtsusetu on meie maja maailmaruumis. Kuid me pole lõpetanud maailmaruumi uurimist, me peame veel palju uurima, et mõista maailmkonda ja tema suures laboratooriumis toimuvaid nähtusi.

Selleks asume ekskursioonile galaktilise süsteemi piiride taha.

RUUMI SÜGAVUSED.

Inimene, kui ta teadmised astronoomias olid veel algelised, mõtles, et tähed ulatuvad ilmlõpmatuseni. Sel juhul, mida kaugele maailmaruumi me oleksime tunginud, seda suurema arvu tähtedega me oleksime pidanud tutvuma. Inimesed arutlesid lapse moodi, kes läheb öösel tänavale ja kujutleb, et tänavalaternate rida on lõputu.

Nüüd me teame muud: minnes kaugele ruumi, me jõuame alul niisugusesse valdkonda, kus tähed harvenevad, aga seejärel hoopis kaovad. Need piirkonnad asuvad ruumi sügavuses, Linnutee taga.

Tähtede-linnad.

Tähed sarnanevad suurlinna-tuledele. Ja nagu igasugune linn, isegi väga suur linn, meie tähtede-süsteem ei ulatu lõpmatuseni. Minnes küllalt kaugele ja läbides tema eeslinna, me siirdume oma linna piiride taha pimedasse, tühja, kõlatusse paika.

Kuid meie tähtedelinnaga ei lõpe veel kõik maailm. Meie mõistmatult suur tähtede-süsteem, vöötatud Linnuteega, pole maailmaruumis ainuke. Kaugel-kaugel Linnutee taga on teised linnad — teised tuledesüsteemid. Ja pime tohtu avarus, mis ümbritseb meie linna, pole maailma lõpp. Rännates küllalt kaua, me jõuame aja jooksul teise linna juurde. See teine linn koosneb ka tähtedest, nagu need, mis ümbritsevad meie päikesesüsteemi.

Kui te ujute kaugele merele, te ei näe kaldaäärse linna üksikuid tulesid; kauguses valgusepunktid liituvad ja moodustavad haju-

nud heleda pilve. Kuid selle järgi, kuidas aurik viib teid kalda poole, te hakkate eraldama üksikuid tulesid, esiteks kõige heledamaid, aga seejärel ka nõrgemaid.

Sama toimub, rännates meie tähelaeval mööda Maaailmaruumi. Tõsi, me ise ei lähene teistele tähelinnadele, aga teleskoobi ikka täienevad suurendusjõud lähendavad neid linnu meile. Aga viimastel aastail on see jõud kasvanud nii suureks, et me juba oleme hakanud ära tundma teisi suuri meile sarnanevaid tähtede-linnu ja eraldama neis üksikuid tulesid.

Niisuguste tähelinnade olemasolu oletati juba ammu. Neist kõneles näiteks juba XVIII aastasaja keskel filosoof Kant. Need tähtede-süsteemid pidid Kanti oletuste järgi olema meist nii kaugel, et kõik tähed näivad liitununa ja me näeme ainult süsteemi ühist valgust ühetasase valge helendusena.

Udukogude tüübid.

Need eraldatud tähtede-linnad paistavad tuhmilt helendavate pilvedena. Sellepärast neid nimetati „udukogudeks“. Kuid mitte kõik udukogud, nagu nüüd näeme, pole linnad. Udukogusid võib jagada kaheks tüübiks. Neid on kerge üksteisest eraldada.

Esimest tüüpi udukogud pole vormilt korrapärased: oma kujult meenutavad nad põleva ehitise või heinakuhja suitsupilvi. Ja tõeliselt ongi nad, võiks öelda, meie tähtede-linna „suits“, mis on valgustatud tema tuledest. Koosnevad need udukogud tolmu- ja gaasipilvedest ja -ribadest. Moodustades heledaid ja tumedaid laiike, nad laiuvad tähelt tähele Linnutee radadel. Kaks ülesvõtet niisuguseist udukogudest on näidatud joon. 26 ja 27.

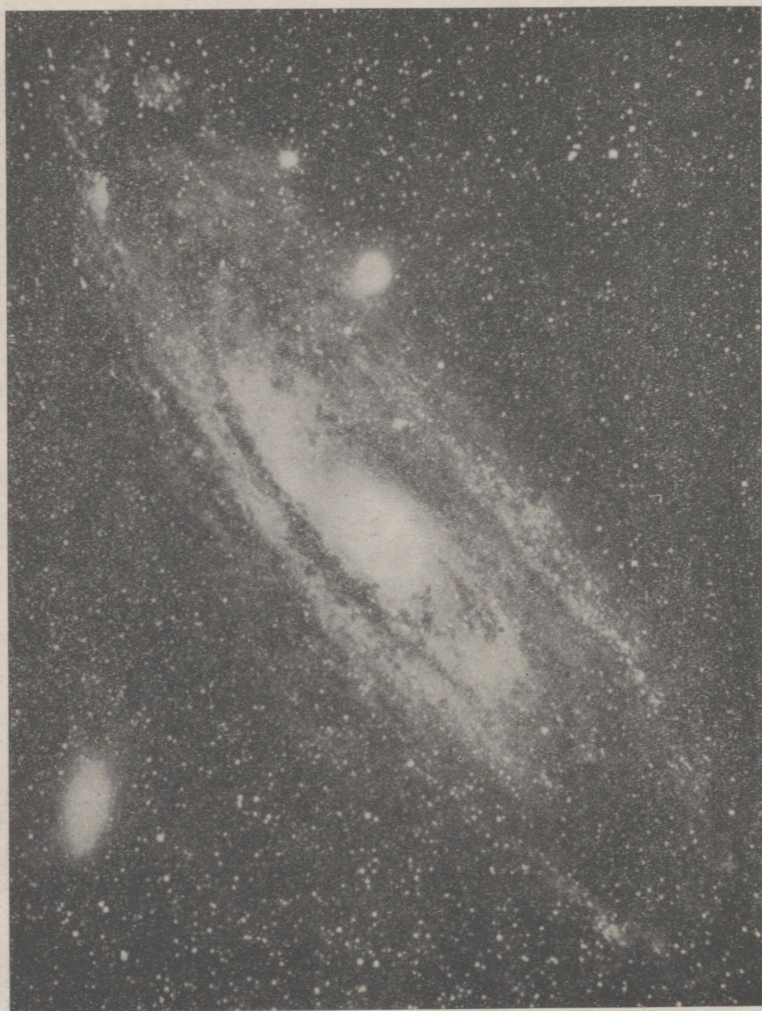
Teist tüüpi udukogudel on korrapärane (või korrapärasusele väga lähedane) kuju. Nad sarnanevad vedrule, mis keeratud spiraaliks, ja nimetataksegi neid sellepärast „spiraaludukogudeks“ või lühendatult „spiraalideks“. Te näete neid joon. 28, 29 ja 30. Eriti selgesti on udukogu spiraalsus nähtav joon. 30.



Joon. 26. Suur udukogu Orionis.

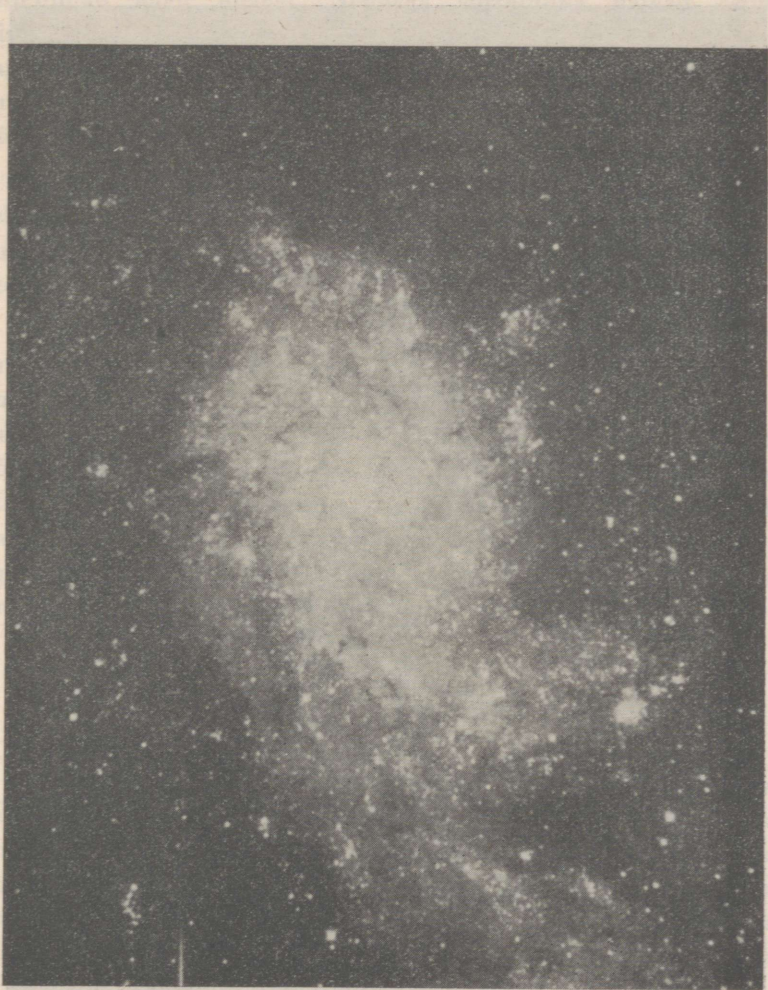


Joon. 27. Udukogu Luiges.

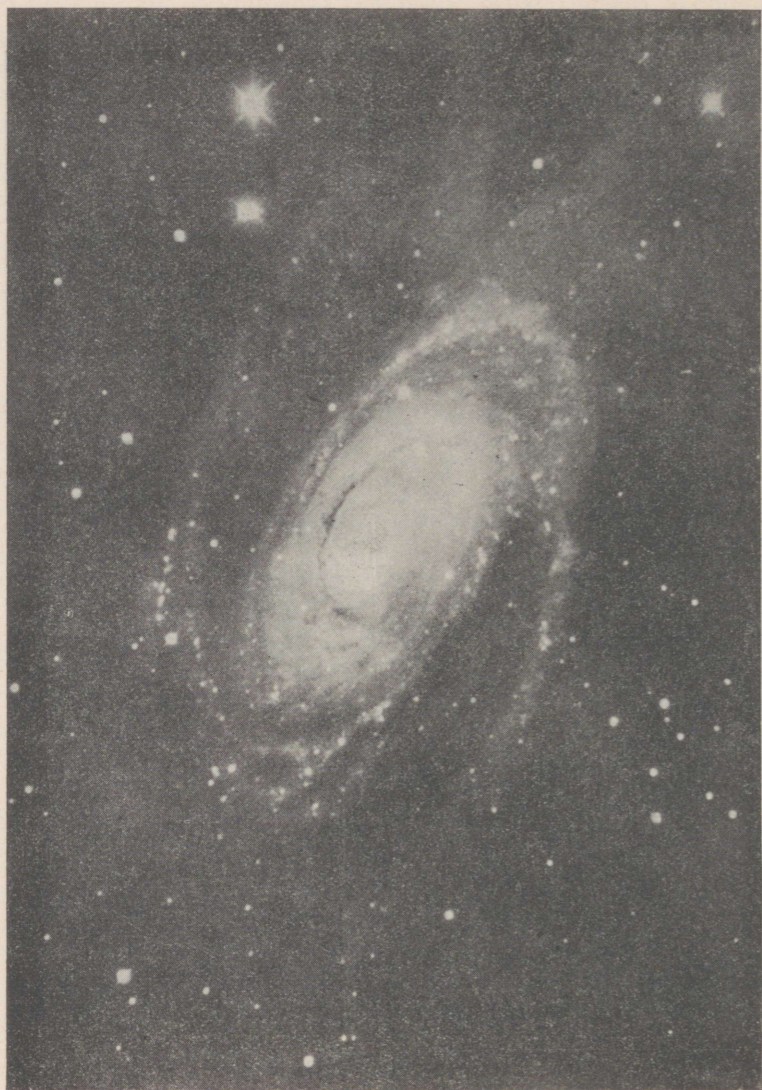


Joon. 28. Suur udukogu Andromedas.

Joon. 28. Suur udukogu Andromedas.



Joon. 29. Udukogu M33 Kolmnurgas.



Joon. 30. Udukogu M51 Jahipenil.

Spiraalid pole juba enam meie linna „suits“: need on ise tähelinnad nagu meiegi. Nendega võrrelduna näivad esimest tüüpi udugogud, vaadeldes mõlemaid teleskoobis, mõõteilt suuremad. Ja arusaadav, miks: esimest tüüpi udugogud asetsevad meie linnas ja, tähendab, on meile lähemal kui teised tähelinnad. Samal põhjusel näib näiteks Kuu meile suuremana kui täht Beteigeuze.

Spiraalid on seevõrra kaugel meist, et isegi kõige tugevamas teleskoobis nad on halvasti nähtavad. Kõige heledamat neist — Andromeda suurt udugogu — astronoom Marius võrdles aastat kolmsada tagasi küünla leegiga, millisena see näib läbi sarvplaadi.

Pildistama peab neid tumedaid udugogusid väga kestva valgustusajaga: mitu tundi, aga tihti ka mitu ööd. Ainult niisugusel valgustusel hakkavad eralduma üldisest spiraali valgusest üksikud tuled, nagu näha joon. 28. Need osutuvad tähtedeks. Sellest kõnelevad nende seas leiduvad tsefeiidid, millel märkame täpselt samasugust valguse kõikumist nagu meie linna tsefeiididel. Kõik nad näivad Andromeda udugogus väga kahvatute tähekestena, aga kuna tõeliselt tsefeiidide heledus on väga suur, siis järelikult asuvad taevased spiraalid meist väga kaugel.

Kõige lähemad tähtede-linnad.

Kõige lähem kerasarv asetseb meist kahekümne tuhande valgusaasta kaugusel, mis võrdub umbes $190 \cdot 10^{15}$, see on saja üheksakümne tuhandele biljonile kilomeetrile; kõige lähem udugogu — M33 Kolmnurga tähekogus joon. 29 on aga seitsmesaja seitsmekümne tuhande valgusaasta kaugusel. Tähendab, spiraal M33 asub peaaegu nelikümmend korda kaugemal kui kõige lähem tähtede kerasarv.

Seda kerasarve me näeme praegu valguskiirtes, mis asusid teele enne tsivilisatsiooni algust Maal. Valgus aga isegi kõige lähemalt udugogult alustas oma kauget teed enne inimese ilmumist Maale.

Üsna selle raamatu alguses me rääkisime raadio-, valguse- ja helilainete levimiskiirusest. Pole raske arvutada, et raadioharrastaja, istudes Vladivostokis vastuvõtuaparaadi juures, kuuleb laulja häält Leningradi teatris üheaegselt sama teatri esimese rea küllastajatega. Kuid Vladivostoki raadiokuulaja kõrva, nii imelik kui see ongi, jõuab heli neli korda kiiremini kui külastaja kõrva, kes istub teatri viimastes ridades. See on sellepärast nii, et raadiolained, levides kiirusega kolmsada tuhat kilomeetrit sekundis, läbivad kauguse Leningradi ja Vladivostoki vahel umbes ühe neljakümnendiku sekundi jooksul, aga helilained teatrisaali pikkuse ühe kümnendiku sekundi vältel.

Raadiokiir, nagu valgusekiirgi, võib ühe sekundi jooksul seitse ja pool korda joosta mööda ekvaatorit ümber Maakera. Kuid kui esimesed inimesed Maal — meie ahvitaolised esivanemad — oleksid ehitanud raadiojaama ja oleksid küsitelnud kogu maailma jaamu, kas on veel kusagil maailmas arukaid olevusi, nende järelepärimine poleks tänini veel jõudnud kõige lähema spiraal-udukoguni.

Kõige kaugem kerašparv on neli korda meile lähemal kui kõige lähem tähtede-linn. Aga kuna kerašparved asuvad Linnutee piiril, siis järelikult spiraalid asetsevad väga kaugel Galaktika piiride taga. Neid lahutavad temast kõige hiiglaslikumad tühjused ulatusega sadu tuhandeid valgusaastaid.

Teine lähem tähtede-linn asub meist „kõigest“ kolmekümne viie tuhande valgusaasta võrra kaugemal kui esimene. Kolmkümmend viis tuhat valgusaastat — see on kujutlematu suurus, ja ometigi meil on õigus öelda „kõigest“: vahe arvude $770 \cdot 10^3$ ja $805 \cdot 10^3$ vahel pole nii väga suur. Varsti saate teada, missugustes kolossaalsetes kaugustes päikesesüsteemist asetsevad kaugeimad tähtede-linnad.

Kaheksasada viis tuhat valgusaastat lahutavad meist suurt udukogu Andromeda tähekujus. See spiraal on meil teistest tähtede-linnadest paremini tuntud: ta on ainuke teiste seas, mis on täiesti

selgesti nähtav ka palja silmaga (joon. 28). Ta asetseb ligikaudu põhja suunas Andromeda beetast.

Sel udukogul on küllaltki tavaline väljanägemine, kuid igal Maa elanikul maksaks kasvõi kordki elus vaadelda teda. Tema vaatlus ei sega teid mõtlemast, et teie silma mõjutab valgus, mis on vahetpidamata rutanud enam kui kaheksasada tuhat aastat. Valguslained, mis tekitatud elektronide hüplemisest eraldatud udukogus kaheksasada viis tuhat aastat tagasi, rändasid sest ajast peale takistamatult maailmaruumis ja alles nüüd, sattudes teie silma, nad esimest korda selle pika aja jooksul pörkasid vastu takistust.

Valgusekiir — see on valguslainete jätkuv rida. Neid tekib igal sekundil ümmarguselt viissada biljonit. Järelikult kiir, mis ühendab teie silma Andromeda udukoguga, koosneb nii paljudest lainetest, kui palju sekundeid on kaheksasajas viies tuhandes aastas, korrutatud viiesaja biljoniga. Kellele meeldib aritmeetika, võib välja arvata selle arvu.

Ainult mõnedes kõige lähemates spiraalides võime avastada tsefeide. Sääraseil juhtudel määratakse kohe kindlaks ka udukogude suurused ja nende kaugused meist. Kuid enamail juhtudel — kui me ei eralda udukogus tsefeide — tuleb selleks kasutada teisi abinõusid. Nii leidis Hubble Mount-Wilsoni observatooriumis, et ühe ja sama pinna tegelik heledus on kõigil spiraalidel ühesugune. Erinevad nad üksteisest vaid näiliste suurustega. See sunnib oletama, et nende ehitused on ühesugused, erinevad on ainult nende kaugused meist. Järelikult spiraalide näiliste suuruste järgi ja valguse hulga järgi, mida me neilt saame, võib määrata kaugusi nendeni. Lühidalt öeldes, mida väiksem ja nõrgem näib spiraal, seda kaugemal ta meist on.

Joon. 31 te näete spiraal-udu parve „Veroonika Juustes“. Ta asetseb meist vististi viiekümne miljoni valgusaasta kaugusel. Udukogud on sel taeva osal nii tihedad, et ülesvõttel on rohkem udukogusid kui tähti. Aga Pegasuse tähekkogus asetseb teine sarnane parv veel kaugemal meist; selles loendatakse sada kuuskümmend kaks spiraali. Paljud neist, kui me võiksime neid näha



Joon. 31. Uduparv „Veroonika Juustes“.

küllalt lähedalt, näiksid meile keerulise ehituse suurte süsteemidena, nagu udukogud, mis näidatud joon. 28, 29 ja 30.

Kõige kaugemad kõigist seni avastatud spiraalidest asetsevad meist saja neljakümne miljoni valgusaasta kaugusel. See võrdub ümmarguselt $1,4 \cdot 10^{21}$ — tuhande neljasaja triljonile kilomeetritele, see kaugus on täiesti kujutlematu. Kui iga kilomeeter pigistuks kokku kuni juuksekarva jämeduseni, siis saaksime neljateistkümne valgusaasta pikkuse juustee. Selle tee pikkus oleks peaaegu miljon korda suurem kui kaugus Maa ja Päikese vahel.

Tähelinnade kaalumine.

Kõige suuremad teleskoobid on avastanud tänapäeval ligi kaks miljonit spiraal-udukogu ja igaühes neist leidub miljardeid tähti. Võib näida imelikuna, et me räägime tähtede arvust spiraalides. Sest on ju isegi kõige lähemad udukogud nii kaugel meist, et me ei suuda neid mitte üksi loendada, vaid ei saa isegi näha neis tähti, peale mõne üksiku — kõige heledama. Vaatame, mis annab meile õiguse rääkida niiviisi.

Me nägime, et Galaktika on niisama lame kui päikese-süsteem. Ja nagu päikese-süsteem, ta säilitab oma lameda kuju sellepärast, et on pöörlemas. Paljud udukogudest omavad ka lamedat kuju. Sellepärast on meil õigus oletada, et ka nemad säilitavad selle samal põhjusel.

Uurimused tõendavad seda: on kindlaks tehtud, et nad tiirlevad. Ja võib peaaegu kindlasti öelda, et just tiirlemine hoiab ära spiraali äärtele asetatud tähtede kukkumise oma süsteemi tsentrumisse. Teades aga spiraali tiirlemise kiirust, me võime välja arvutada nende tsentrumite külgetõmbejõu ja kaaluda neid samuti, nagu kaalusime Päikest, Jupiteri ja kogu Galaktikat. On leitud, et keskmiselt udukogu mass on kaks-kolm miljardit korda suurem Päikese massist.

See ei tähenda muidugi, et igas spiraalis oleks kaks-kolm miljardit tähte, sellepärast et, nagu näete ülesvõtetest, spiraalid ei

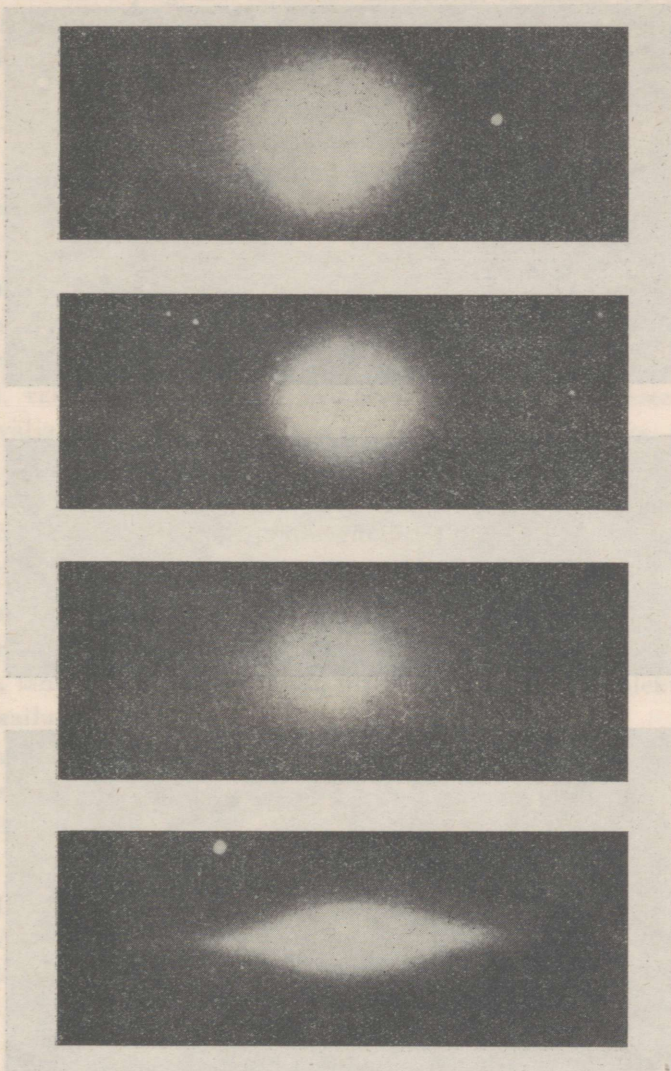
koosne ainult tähtedest, vaid ka gaasist. Gaasipilv aga tõmbab külge samasuguse jõuga nagu temale kaalult võrdne tähtede pilv. Sellepärast gaasi kaal mahub udukogu kaalusse. Ja kui iga spiraal kaalub keskmiselt ligikaudu kaks miljardit korda enam kui Päike, siis aine hulk kõigis udukogudes meie praegusaja teleskoopide saavutuste piirides peab võrduma umbes neljale tuhandele biljonile Päikese massile.

Vaatlused näitavad, et suurem osa avastatud udukogude ainek on tihendunud tähtedeks. Kuid pole kahtlust, et meie tänini oleme tunginud ainult maailmkonna väga tühisesse ossa. Meil on seni teada kõigest kaks miljonit tähelinna, tõeliselt on neid vastuvaidlematult miljardeid. Kui palju on neis siis tähti?

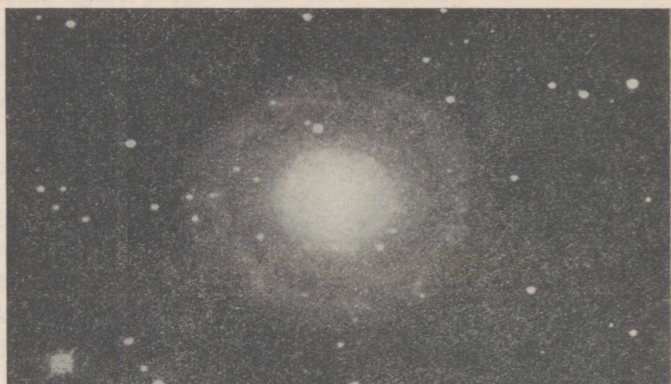
Asjatud oleksid katsed kujutella endale nende arvu. Seda võib võrrelda liivaterade arvuga kõikide merede randadel, või vihmapiiskade arvuga, mis langevad Moskvast väga vihmasel päeval. Sellejuures võime mõelda, et keskmine täht on ligikaudu miljon korda Maast suurem. Ja ikkagi maailmaruum, kuigi ta sisaldab endas niipalju kolossaalseid tähti, on tühjem kõigest, mida võib kujutella endale Maal asuja. Jätke kogu Euroopas ellu vaid kolm mesilast, ja Euroopa õhk on tihedamalt mesilastega täidetud kui maailmaruum tähtedega.

Tähelinnade ajalugu.

Joonisel 32 on näidatud mitut tüüpi udukogusid põiklambilõikes, aga joon. 33 on need kujutatud plaanil. Pole raske märgata, et nad on asetatud järjekindlalt korrapärasesse vormi. Esimesed neist on ümmargused nagu pallid, seejärel nad muutuvad ikka lamedamaiks, aga viimane udukogu on juba täiesti lame. Te näete, et lameduse suurenemisega lähevad udukogud suuremaks — kasvavad nende läbilõiked. Nii kokkusurutud taignatükk, jäädes õhemaks, venib laiemaks. Järelikult udukogud, mis on korraldatud ritta lameduse järgi, osutusid korrapäraselt järjekorda seatuiks ka teise tunnuse — suuruse — järgi.



Joon. 32. Mitut tüüpi udukogusid põkiläbilõikes.



Joon. 33. Mitut tüüpi udugusid.

Meenutagem juhtumit, mis toimus koerakasvanduses. Kui jagades koeri kasvu järgi me oleksime märganud, et sellega on jagatud neid ka teiste tundemärkide järgi, siis oleks see tähendanud, et kõik koerad on ühest tõust. Ja sel juhul oleks ilmnenud, et koerad on korrapäraselt ritta asetatud ligikaudu ka vanuse järgi.

Võib öelda, et enamus udukogusid on üht tõugu. Ja siis järjekord, millesse me neid ülesvõtteil kogusime, vastab nende eale, see on nende arenemisjärgule.

Kuidas siis tekkisid udukogud?

Oletame, et kogu maailmaruum oli kunagi täidetud gaasiga, nagu mingisugune suur saal on täidetud õhuga. Mehhaanika näitab, et see maailma gaas ei võinud jääda ühesuguselt laialilaotunult ruumi, vaid oleks pikkamisi hakanud kogunema keradesse. Võib isegi välja arvutada, kui suur peab olema kera mass, see on kui palju gaasi on tema jaoks vaja. Osutub, et nii palju (ligikaudu), kui palju tõeliselt kaalub iga udukogu. Kui see oletus on õige, siis võib endale kujutella udukogude ajalugu.

Kõik aatomid, milledest koosnevad Päike ja tähed, planeedid ja Maa, tema atmosfäär, mered ja jõed, taimed, loomad ja me ise, aga samuti kogu energia, mis kiirgab iidsest ajast saadik Päikesest, tähtedest ja udukogudest, oli vormitus gaasilises olekus, täites maailmaruumi.

Palun teid, lugeja, uuesti istuda raketti, millega me kunagi rändasime ruumis ja ajas. Kuid sel korral me läheme kaugemasse minevikku — aegadesse, mil moodustusid udukogud. Jälgime raketi aknast gaasitaolise aine kolossaalse massi käitumist.

Me märkame, et maailma aines tekivad siin-seal voolud. Neis kohtades, kus need voolud moodustavad väikesed kuhjumised — gaaside tihendused, külgetõmbejõud muutub suuremaks, sest aine hulga suurenemisega peab see kasvama. Ja me näeme, kuidas tihedama gaasi väikesed kuhjumised, omades suuremat külgetõmbejõudu, tõmbavad enda poole ümbritsevast ruumist üha rohkem ja rohkem gaasi.

„Õnnestunumad“ kuhjumised kasvavad suuremaiks tihendusiks. Nad jätkavad üha suurenemist — „ebaõnnestunute“ arvel, missugused aja jooksul suurema tihenduse poolt lõplikult ära neelatakse. Ja sarnanevalt sellele, kuidas Maa, Päike ja planeedid võtsid tunglemise tegevuse mõjul kerasarnase kuju, nii ka need tihendused hakkavad võtma kerasarnast kuju.

Gaasihoovused, mis panid aluse nende moodustumisele, sunnivad neid ka tiirlema. Aga kuna nad tiirlevad, ei saa nende kuju jääda kerasarnaseks: nad võtavad alul natuke laperguse kuju, aga seejärel muutuvad üha lamedamaiks. Nii tekkisid spiraaludukogud.

Kuid spiraalid mitte ainult tiirlevad: spektroskoop kõneleb meile, et nad liiguvad ruumis ka edasi. Ja tähelepanuvääriv on see, et nad kõik liiguvad meist eemale.

Kujutelge endale mesilasperet. Las' ta kujutab endast spiraaludukogu, mille seas asub ka meie Galaktika. Mesilased lendavad igale poole laiali ja mesilaspere ruumala üha suureneb. Sel juhul Galaktika mesilasele peab näima, et kõik teised mesilased lendavad temast eemale. Ja tõepoolest me märkame, et kõik tähelinnad vahetpidamata eemalduvad meie linnast.

Mõõtmised näitavad, et spiraalid kantakse Galaktikast eemale kohutava kiirusega — tuhandeid kilomeetreid sekundis. Üks udukogudest, mille kiirust hiljuti mõõdeti Mount-Wilsoni observatooriumis, eemaldub meist umbes üksteist ja pool tuhat kilomeetrit igas sekundis. Isegi kõige kiirem lennuk liigub sada tuhat korda aeglasemalt kui see udukogu.

Meie esimese rännaku ajal me siirdusime raketil kolme miljardi aasta võrra tagasi. Missugustesse aegadesse oleme lennanud seekord, või teisiti öeldes, missugune on spiraaludukogude iga?

Vaatlused ja arvutused, mille järgi võiks otsustada, pole seni midagi kindlat ütelnud ja isegi räägivad üksteisele vastu. Igal juhul aga tähelinnad ja nendega ühes ka meie Galaktika on usumatult vanad. Mitte üksi inimeste ja rahvaste elu, vaid isegi kogu inimsoo ajalugu on ainult tühine, mikroskoopiliselt väike silmapilk,

võrreldes aegadega, mis udukogudel on läbi elatud: seda mõõdetakse vististi miljonite miljonite aastatega, milledes meie maised ajamaastaabid kaovad hoopis. Enne kui inimene ilmus Maa peale, tähed olid samasugused, missugused nad on praegu, ja kogu inimsoo elu on tähtede elus vaid silmapilk.

Igaüks meist näeb maailmkonda ainult sellisena, nagu teekäija maakohta, mis on valgustatud välgsähvatusest. Maakoht oli olemas enne, kui välk seda rändurile näitas, ja on edasi, kui pimedus uuesti teda katab. Välgsähvatus on nii lühike, et selle kestel maakoht näib rändurile muutmatuna ja kõik, mis sellel leidub — nagu tardunud. Aga pikemaajalisel valgustusel võiks märgata, kuidas kõik looduses liigub, muudab oma vormi, tekib, kaob ja uuesti sünnib.

Samuti näib ka meile meie elu jooksul ja isegi kogu teadaoleva rahvaste elu perioodil, nagu lühikese välgsähvatuses kestel, et tähtede ja udukogude maailmad ei liigu ega muutu.

Tähtede sünd.

Esimesed udukogud joon. 32 ja 33 sarnanevad pehmeile tolmutpilvedele. Tähti neis tihedais gaasikerades pole näha. Me hakkame tähti märkama alles viimaseis, juba väga tugevasti lamedestunud udukogudes.

Alul tähed ilmuvad välistel äärtel; siis sedamööda, kuidas spiraalid muutuvad üha lamedamaiks, tähed haaravad neis ikka suuremaid piirkondi, kuni lõpuks isegi spiraalide tsentrumid hakkavad koonduma tähtedeks.

Hubble näitas, et udukogude rida, mis on kujutatud ülesvõtetal, võib jätkata. Selleks on vaja ühendada temaga meie tähelinna lähemat naabrit — M33 (joon. 29), mille suurem osa koosneb tähtedest, ja mõned teised spiraalid, mis koosnevad ainult tähtedest. Udukogude rida, mis algab kohedast ja laialivalguvast gaasipallist, lõpeb kõige lamedamana ja kõige suurema süsteemina — tähelinnana.

Seda, et too rida näitab udukogude arenemislugu, kinnitab mehhaanika. See räägib, et tulise gaasi pilv peab läbima nimelt need vormid ja olukorrad, mis on näidatud ülesvõttel, ja muutub lõppude-lõpuks tähelinnaks. Veel enam: võib isegi välja arvata, kui palju gaasi peab minema iga tähe jaoks. Teiste sõnadega, me võime öelda, missugune peab olema kaal neil tähtedel, mis moodustuvad udukogudest.

Väga täpsetest arvutustest muidugi ei või sel puhul olla jutugi, sest me ei tea hästi gaasi esialgset olukorda. Kuid üks on kindel: tähtedel, mis saadud meie oletust mööda tihenenedu udukogust, peab olema peaaegu sama kaal, mida me tähele paneme neil tõeliselt: sellest kõnelevad arvutused küllalt selgelt. Vististi on tähed ka tõepoolest tiheneva gaasi tohtud tilgad. Aga tihenes ta sarnaselt, nagu tiheneb aurupilv veetilgaks.

Heites pilgu neile ammu möödunud aegadele, me oleksime näinud Päikest — tähelapsukesena. Ta oli siis palju suuremate mõõdetega kera ja palju heledam kui nüüd. Aga kuni tolle ajani teda vaevalt oleks võidud nimetada täheks: tal oli veel enam koheda kera välimus, segatuna teiste samasuguste keradega udusse, millel mehhaanika seaduste järgi vältimatult seisis ees tihene mine meie tähelinnaks.

Meie oletus selgitab väga lihtsalt, miks tähti leidub suurte rühmadena — tähelinnadena: iga niisugune linn on ühe gaasilise udu saadus. Ja nüüd on selge, miks on tähed kaalult väga sarnased: sest kõik nad tekkisid ühesugusel teel.

Maailmkonna mudel.

Me võrdlesime kogu aeg spiraal-udukogusid linnadega. Kujutagu Moskva meie oma linna — Galaktikat, milles Päike on üks mittemillegagi erinevaid elanikke. Aga Linnutee kujutab Moskva eeslinnade elanikke.

Liidame oma mudeliga veel kaks linna — Vladimiri ja Rjazani. Sel juhul iga sentimeeter pinda Moskvast, Vladimiris ja Rjazanis, aga samuti ka nende vahel, vastaks udukogudes ja maailmaruumis ligikaudu biljonile kilomeetrile, see on kaugusele, mille valgus läbib enam kui kuu jooksul.

Meie mudeli tühiselt väike maastaap, mis võrdub $1 : 10^{17}$, vähendab Maa orbiidi kuni mikroskoopilise täpini läbimõõdus ühe kolmetuhandiku sentimeetri osani, aga kogu päikesesüsteemi ühes Pluto orbiidiga — kuni liivatera suuruseni. Kõik palja silmaga nähtavad tähed asetsevad meie mudelis mõne meetri kaugusel liivaterast — päikesesüsteemist —, aga enamus neist — mõne detsimeetri piires. Alfa Centauri süsteem on temast vähem kui neljakümne viie sentimeetri kaugusel, aga Siirius — vähem kui meetri kaugusel.

Kaugus Moskvast Vladimirini või Rjazanini võrdub mudeli maastaabis keskmisele maailmkonna tähelinnade vahelisele kaugusele — ligikaudu kahele miljonile valgusaastale. Et saada valguse- või raadiosignaali ühest tähelinnast teise ja saada vastus, on vaja aega kuuskümmend tuhat korda enam kui inimelu kestus. Seda vastust võiksid saada ainult meie kaugeimad järglased pärast sada kahtkümmet tuhat põlvkonda... Selle aja jooksul, mil valguse- või raadiolained rändaksid tähelinnade vahel sinna ja tagasi, inimkond jõuaks kaksteist korda alata oma eluteed ahvisarnasest olast ja areneda kuni praegusaegse olukorrani.

Ja poleks ka imeks panna. Kujutelge endale Moskvat, Vladimiri ja Rjazanit ja Moskvast tühist kaheteistkümmet sajandiku millimeetrist liivaterakest, mis märkamatult kleepunud käe külge lapsele, kes mängib puisteel liivaga. Meie mudelil on see liivaterake päikesesüsteem Pluto orbiidiga, mida valgusekiir vaevalt jõuab maailmaruumis läbistada üheteistkümmet tunni jooksul. Maa läbimõõt selles liivateras võrdub ühele kolmekümnetuhandikule millimeetrile. Pole olemas säärase hiiglasliku suurusjõuga mikroskoopi, et selle läbi võiks näha liivatera sisemuses meie planeeti. Kuid see pole veel kõik.

Udukogud, mis näidatud juun. 31, on meist viiekümne miljoni valgusaasta kaugusel. Need udukogud peavad meie mudelil olema asetatud ligikaudu viie tuhande kilomeetri kaugusele Moskvast olevast liivaterast — päikesesüsteemist — ja peavad asetsema kusagil Ida-Siberis, Baikali järve taga.

Kõige kaugemad udukogud, mida näitavad praegusaja teleskoobid, asuvad meist, nagu teate, ligikaudu saja neljakümne miljoni valgusaasta ehk tuhande kolmesaja kolmekümne triljoni kilomeetri kaugusel. Need kaugemad seniavastatud tähelinnad peab mudelil asetama Moskvast ligi neljateistkümne tuhande kilomeetri kaugusele. Kuhu see meid viib? Neljateistkümne tuhande kilomeetritiline rännak mööda Maa pinda võib meid viia Moskvast Austraalia lõunarannikule või jälle koguni Lõuna-Ameerika lõunaossa.

Meie udukogude asetumudel maastaabiga, kus valgusaasta võrdub detsimeetritele, võtab nüüd enda alla juba peaaegu kogu Maakera pinna. Vabaks jäävad ainult Vaikse ookeani lõunaosa ja Lõuna-Jäämeri — võrdlemisi väike ring, raadiusega kuus tuhat kilomeetrit.

Mudel on ehitatud nii väikeses maastaabis, et mitte üksi Maad, vaid isegi Päikest oleks väga raske näha ka kõige jõulises mikroskoobis: Päikese läbimõõt meie liivateras võrdub kõigest poolteisele sajatuhandikule osale millimeetrist. Ja vaatamata sellele mudelist vaba kohta jäi Maakeral väga vähe.

Me juba kõnelesime, et Ameerikas asutakse ehitama uut teleskoopi, mis tungib maailmaruumi kaks korda sügavamale seniolevaist kõige võimsamaist teleskoopidest. Astronoomid loodavad, et uus teleskoop näitab neile uusi udukogusid, mis asetsevad seniavastatutest kaks korda kaugemal. Kui ka nendele uutele tähelinnadele tuleb anda koht meie mudelil, siis tuleb neid paigutada Moskvast juba kahekümne kaheksa tuhande kilomeetri kaugusele.

Jäädess Maa pinnale me seda teha ei saa. Tõsi küll, sooritada kahekümne kaheksa tuhande kilomeetritulist rännakut Maakera pinnal pole nii väga raske, kuid ta ei eemalda meid Moskvast kahekümne kaheksa tuhande kilomeetriteni, vaid ennem toob meid tagasi

Moskvasse, sellepärast, et me rändame peaaegu kolm neljandikku teest ümber Maakera.

Ja niisiis Maakera pind osutub liiga väikeseks mudeli ehitamiseks, milles kogu päikesesüsteem on märgitud vaevalt nähtava liivateraga.

Suur maailmkond.

Mitte väga ammu mõtlesid inimesed, et Maa, selle nende arvates kõige tähtsama keha, ümber „maailmkonna tsentrumi“ tiirlevad taevased sfäärid nende külge kinnitatud „tähekestega“. Aga praegusaja astronoomia esitab meile maailma süsteemi alljärgnevalt:

Maa — planeet — üks Päikese pere liige;

Päike — täht — üks Galaktika miljarditest tähtedest;

Galaktika — meie maailmkond — „väike maailmkond“;

Galaktikad, see on spiraal-udukogud, ja Galaktika pilved moodustavad „suure maailmkonna“, nimetatud teise nimega „Metagalaktikaks“.

Me asume praegu uue astronoomilise ajastu alul: viimasel ajal on astronoomid jõudnud tungida Metagalaktika sügavustesse kuni saja kuuekümne miljoni valgusaastani.

See tähtede maailmkond, millist jälgis inimene aastatuhandete jooksul taevast palja silmaga, on ainult väike osa väikesest maailmkonnast. Selles olevate tähtede arv pole lõputu, nagu tema arvas, sellepärast, et meie Galaktika lõpeb kusagil ja suures kauguses ümber selle pole enam tähti. Samuti pole lõputu ka galaktikate arv pilvedes; pole lõputu muidugi ka pilvede arv suures maailmkonnas — Metagalaktikas.

Kas Metagalaktikaga lõpeb maailm? Kas ulatuvad astronoomid tema piirideni, kui nad haaravad teleskoobiga Metagalaktika kõige kaugemaid udugogusid.

Kindlasti — ei. Maailmas on kahtlemata niisama palju metagalaktikaid, nagu suures maailmkonnas on palju väikesi maailm-

kondi ja nagu väikesis maailmkonnis palju tähti. Kuid kas metagalaktikate rühma taga on maailma lõpp?

Ei, lõppu pole kusagil, sellepärast, et maailmkond — suur maailmkond — on lõputu. Ja hiljuti avastatud suur maailmkond on vististi ainult osa veel suuremast maailmkonnast. Maailmkonnal pole ei algust ega lõppu — ei ruumis ega ajas.

7. jaanuaril 1610. aastal juhtis Galilei esimesena teleskoobi taevale. See oli omatehtud, lapselikult ebatäielik instrument. Kuid ei möödunud sellest mitte kolme ja veerandit sajanditki, kui inimkond, varustatuna võimsate astronoomiliste tööriistadega, valutas väikese maailmkonna piirid ja tungis Metagalaktika sügavusse.

Mööduvad veel kolm sajandit, aga nende järel kümneid ja sadu aastasadasid... Kas võime meie praegu ette näha, missuguse kiirusega avanevad inimkonnale maailmachituse sügavused ja saladused?

Minevik ja tulevik.

Me sõitsime teiega kaks korda imelises raketis. Teine kord kandis ta meid udukogude tekkimise kaugemaisse ajastuisse.

Mööduvad lõpmatud perioodid. Me vaatlesime, kuidas maailma gaas, vahetpidamata tihenedes hiiglaslikeks keradeks, lagunes miljarditeks tähtedeks. Ja nii, vaadates kunagi ühele neist, mis omab meie jaoks erilist tähtsust — Päikesele, me saime teistkordselt kosmilise draama tunnistajaiks. Me nägime, kuidas maailmaruumi sügavusest hakkas Päikesele lähenema mingisugune täht. Hirmuäratava kiirusega kasvas ta meie silmade all ja lähenes Päikesele nii lähedale, nagu polnud lähenenud temale seni veel ükski täht. Tähe lähenemine kutsus Päikesel esile ebaharilikult kõrged tõusud.

Siis võõra päikese külgetõmbejõud kasvas seevõrra, et juhtus katastroof: tõusulaine hiiglaslik hari rebenes Päikese pinnast. Täht aga, kokku põrkamata Päikesega, hakkas temast kaugenema.

Asudes raketis, me jälgime maailmaruumis rippuvat tulejuga, mis on meie Päikesest välja rebitud. Me näeme, kuidas see

tiheneb tilkadeks, milledest üks — see on meil juba teada — muutub meie väikeseks Maaks. Nüüd aga, vastsündinuna, ta kujutab enesest kohedat tulegaasi kera.

Kera jahtub, ta keskpaike muutub vedelaks, ta pind jahenedes kattub kõva koorega. Kosmilisest tilgast sai Maa.

Möödub palju sadu tuhandeid aastaid, ja kui Maa jahtub veel enam, silmatakse tema pinnal imelikke nähtusi: aatomite rühmad ühinevad siduvaiks organisatsioonideks, mida meie nimetame eluks.

Elavad olendid osutavad erilist omadust paljunemiseks, luues sugu-soolt ikka keerukamaid organisme. Lihtsamaist kulgeb arenemistee putukateni, kaladeni, lindudeni ja imetajateni. Lõpuks me näeme iseendid seismas maapealse arengu kõige kõrgemal tipul ja esindamas kõikidest kõige keerukamaid organisme, mis tänini Maa peal tekkinud.

Niisugune on meie kosmiline minevik. Kuid ruumi ja aja lõpmatus katab inimsoo eest otsatut tuleviku kaugust. Ning nüüd hakkame mõistma, et meie rahvas on vaid imik ja kogu inimsoo ajalugu on maailmkonna elus ainult silmapilk. Tema suur panorama, millel pole ei algust ega lõppu, jätkab lahtirullumist. Ja inimkond näeb end tuleviku ees, mis on tuhandeid ja miljoneid kordi suurem kui kogu tema minevik. Neid astronoomilisi ajastuid me võime endile kujutella nii.

Kujutagu postmargi paksus kümmet tuhandet aastat — meile teadaoleva inimsoo-kultuuri iga. Kleebime margi paksule vanaaegsele vaskmündile. Mündi paksus vastaks kolmesaja tuhandele aastale — inimsoo eale Maa peal. Kui Maa sündis kaks miljardit aastat tagasi, siis tema ea kujutlemiseks tuleb ehitada seitsmekordne maja. Maja katusele asetatud münt sellele kleebitud margiga näitaks meile, kui palju aega on läbi elatud Maal ja inimsool eraldi metsikus ja kultuurseis tingimustes.

Proovime nüüd vaadelda tulevikku — kasvõi ainult üks biljon aastat edasi. Kleebime oma margile veel ühe, teisele kolmanda ja nii edasi. Kleebime neid niikaua, kuni saame kümne-kilomeetrilise tulba — ehitis, mis võrdub kõrguselt kõige kõrgemale mäele

Maakeral. Kui iga margi kleepimine vältab ühe sekundi, siis saate selle tööga valmis alles kümne aasta pärast, aga marke läheb teil selle tulba ehitamiseks sada miljonit tükki. Nende väärtus on vähemalt miljon rubla.

Alumise margi paksus — need on need esimesed kümme tuhat aastat, mille jooksul metsinimene jõudis areneda oma praeusaja olukorrani. Värvikihi paksusse, millega margi joonis on trükitud, mahub terveni see viimane periood meie ajastust, mille jooksul inimene alistas oma tahtmisele auru ja elektri, õppis lendama, mässis kogu Maakera nägematuise raadiolainetesse ja tunnetas maailmkonda poolteise miljoni valgusaasta ulatuses.

Sajast miljonist margist koosnev tulp, mis ulatub pilvedetagusesse kõrgusse, kujutab tulevasi aegu. Nad kuuluvad tulevasele inimsoole. See tulevik on kõige kestyvam kõigest, mida meie mõistus on võimeline endale kujutlema. Ja meile saab selgeks, et me asume veel üsna meie soo elu algul — selle eelajaloos. Me asume alles kujutlematult pika päeva koidikul, mis meie inimlike mõistete järgi on võrdne igavikuga.

Meie kaugeimad järglased, vaadates tagasi, loevad meie aastasadu maailma ajaloo uduseks hommikuks. Meie kaasaegsed näivad neile kangelasena, kes läbi harimatuse padriku, ühiskondlike rõhumiste ja usuliste eelarvamuste otsisid teed maailmkonna tunnetamisele ja mõistmisele alistada endale loodusjõude — teed maailma organiseerimiseks, mis väärne inimsoo tulevikule.

Praegu oleme mässitud veel liiga tihedasti koidueelsesesse uttu, et võiksime umbkaudugi kujutella endale, missuguste kõrgusteni tõuseb kord inimsugu. Meie ei suuda endile kujutella praegu, millisena avaneb maailm neile, kes näevad teda täielikus päeva säras.

Aga juba algava hommiku nõrkadel vilksatustel me näeme, et astronoomia, avades meie ees maailma ehituse saladused kõiges tema toreduses ja lõpmatuses, kannab endaga lootust kujutlematult pikale elule. Ja me peame täiel määral tundma ja mõistma seda suurt vastutust inimsoo ees, mida meie kanname kui tuleviku kultuurile alusepanijad ja tuleviku ühiskonna ehitajad.

Sisukord.

Mõnda suurtest arvudest	Lk. 3
Lihtne viis suurte arvude kirjutamiseks 4. — Kui suured on need arvud? 5. — Mis on „valgusaasta“? 7. —	
Taevavõlv	9
Maa pöörleb 10. — Meie lähim naaber — Kuu 15. — Päike 17. — Kaugused tähtedeni 17. — Taeva pilte 18. — Tähtede aadressid 20. — Põhjanaan 21. — Maailma pooluse rändamine 22. — Taevased rändurid 25. — Eraldatud asundus 28. —	
Rännak ruumi ja aega	31
Välises ruumis 31. — Jaam Kuul 35. Mispärast pole Kuu peal atmosfääri? 39. — Kuu pind 41. — Veenus ja Merkur 42. — Päikese pinna lähedal 43. — Päikese sisemuses 48. — Isegi aatomid on purustatud 49. — Ekskursioon aega 52. — Maailma katastroof 53. — Sündis meie maailm 55. —	
Päikese perekond	57
Üheksa planeeti 57. — Merkur 58. — Veenus 58. — Päikese lähimad planeetid 59. — Planeetide orbiidid 60. — Välised planeetid 62. — Planeetide kliima 63. — Kas Marsil on elu? 66. — Planeetide kaasreisijad 68. — Saturni rõngad 69. — Väikesed planeetid 72. — Komeetid ja langevad tähed 72. — Maa iga 75. — Kõige väiksemad Päikese pere liikmed 76. —	
Taevakehade kaalumine	78
Newtoni avastus 79. — Külgetõmbejõu uurimine 80. — Kui palju kaalub Maa? 81. — Päikese kaalumine 82. — Kahe avastuse tähelepanuvääriv ajalugu 83. — Kui suured on tähtede massid? 85. — Tähtede valgusjõud 87. — Tähtede mõõtmisest 89. — Tähtede värvus 90. — Tähtede suurused 92. —	
Tähtede mitmekesisus	95
Kolm tähtede tüüpi 96. — Aatom ja maailmkond 97. — Valged kääbused 98. — Tähtede põhirida 100. — Punased ja kollased hiiglased 100. — Meie asunduse jõujaam 102. — Päikese kiirgamiseks 103. — Tähed, mis hävitavad oma ainet 105. — Kõige lähemad tähed 106. —	

Maailmkonna plaanist 109. — Muutlikud tähed 110. — Tähtede kerašparved 111. — Linnutee 115. — Milline on Linnutee ehitus? 116. — Öine taevas 120. — Tähtede hulk 122. —

Ruumi sügavused

Tähtede-linnad 126. — Udukogude tüübid 127. — Kõige lähemad tähtede-linnad 133. — Tähelinnade kaalumine 137. — Tähelinnade ajalugu 138. — Tähtede sünd 143. — Maailmkonna mudel 144. — Suur maailmkond 147. — Minevik ja tulevik 148. —

HIND 5 RBL.

A-12