

Ü.-I. VELTMANN

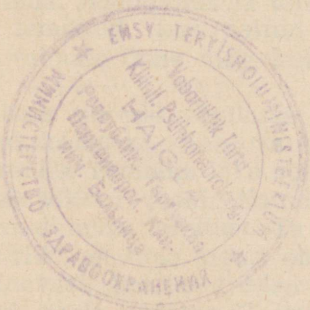
veenus

ARH

A-28968

ÜLO-ILMAR VELTMANN

TAEVAKAUNITAR VEENUS



V

Inv nr. 4813

KIRJASTUS «VALGUS» TALLINN 1967

52
V 47

Kujundanud J. Arrak

2—6—4
25—67

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU
ARHIIVKOGU

LEGENDIDEST KOSMOSELAEVADENI On hommik. Koidab. Üksteise järel kustuvad tähed. Lõpuks jääb madalale idataevasse särama üksainus täht, seda mõnikord isegi tõusva päikese kiirtes. Õieti polegi see täht, vaid planeet Veenus, üks neist üheksast suuremast taevakehast, mis koos Maaga ja terve plejaadi väiksemate taevakehadega, nagu komeedid, asteroidid, meteoorid ja teised, ümber Päikese tiirlevad ning päikesesüsteemi moodustavad.
Mitte alati pole Veenus näha Koidutähena. Mõnikord särab ta õhtutaevas ja siis nimetatakse teda Ehatäheks.
Need kaks eri nimetust Veenuse jaoks pärinevad eesti rahvaastronoomiast. Nähtavasti ei suutnud vanad eestlased kohe taibata, et Ehatäht ja Koidutäht on üks ja seesama taevakeha. Samalaadseid arusaamatusi on esinenud teistelgi rahvastel. Näiteks vanas Egiptuses nimetati Ehatähte Ouaiti ja Koidutähte Tiomutiri. Ka Rooma riigi varasemal perioodil olid Eha- ja Koidutähe jaoks kasutusel erinevad nimetused — Hesperus ja Lucifer. Vanas Hiinas, kus teadus oli märksa kõrgemal tasemel kui teistel rahvastel, tunti planeeti Veenus ühe nime — Tai-pi ehk Kahvatu Kaunitar all. Oma praeguse nime on meie naaberplaneet saanud roomlaste iludusjumalannalt Venuselt. Jumalanna ausse tõusis Veenus juba babüloonlaste juures, kes andsid talle nime Ištar. Jumalanna Ištar oli ilus naine ja kõigi jumalate ema. Baabülonis ja teistes linnades ehitati Ištari auks templeid, kus paljud vägevad kuningad endale ja oma rahvale õnne ning küllust palumas käisid.
Kord armus jumalanna Ištar noorde vägilasse Tammuzi, kes samuti ei jäänud ükskõikseks. Kahjuks oli nende õnn üürike. Imeilus noormees Tammuz läks sõtta ja langes lahinguväljal kaugel võõral maal. Kaunitar Ištar kurvastas väga ega suutnud leida lohutust. Ta asus raskele teekonnale Surnute riiki, et tuua tagasi oma armastatu. Kui Ištar lahkus taevast, hakkasid Maa elanikele kõikvõimalikud õnnetused kaela sadama. Taimed kuivasid ära. Levisid salapärased haigused, mille vastu ei aidanud ükski nõiarohi ega loitsisalm. Inimesed ja karjloomad hukkusid. Nende laibad vedelesid teedel ja tänavatel. Elu Maa peal hakkas hääbuma. Kõik jumalad muutusid kurvaks: kui elu Maa peal kaob, siis pole ju enam kellegi üle valitseda. Tuldi kokku. Peeti nõu. Ühiste jõu-

dudega piirati sisse Surnute riik. Tema valitseja langes vangi ja alistus. Vägilane Tammuz lasti vabadusse ja ta sööstis oma armsa Ištari embusse. Armastajad nautisid oma õnne, Maa peale langes aga viljastav vihmasadu. Taimed elustusid ja hakkasid lopsakalt kasvama. Haigused ja hädad kadusid nagu nõiaväel. Haiged paranesid mõne päevaga. Uuesti valitses Maal õnn ja küllus.
Nii jutustab babüloonia rahva vana legend. Sarnaseid legende on ka mitmetel teistel rahvastel. Ja ikka esineb nendes rahvapärimustes planeet Veenus imeilusa taevakaunitarina. Erandi moodustavad vaid mõnede indiaanlaste suguharude pärimused.
Jumalanna au sees on taevakaunitar püsinud kuni viimase ajani. Veel möödunud sajandil toodi Polüneesia saartel, kui sealne rahvas koledatest haigustest («kink» euroopa meremeestelt, kes oma pidalitõbised, süüfilisest, tuberkuloosist ja teistest haigustest vaevatud kaaslased esimestele ettejuhtuvatele saartele kosuma jätsid) lahti ei suutnud saada ja hääbuma hakkas, taevakaunitarile inimohvreid.
Veenuse kui taevakeha esimesteks uurijateks olid preestrid. Tuli ju nendel oma autoriteedi kindlustamiseks ennustada, kuidas jumalanna taevas käitub, ja hiljem selle põhjal lihtsurelikele ning kõrgematele aukandjatele igapäevases elus nõu anda. Küllap oli siis võimalusi Veenuse perioodilise kadumise ja ilmumise sidumiseks maapealsete sündmustega, nagu kuiva- ja vihmaperioodide, üleujutustega jne. Taevakaunitaril polnud muidugi kõige sellega mitte midagi tegemist, ta esines vaid kella osas.
Samal põhjusel jälgiti Babüloonias teisigi planeete ja muid taevakehi. Astronoomia oli seal üks tähtsamaid teadusi ja jõudis võrdlemisi kõrgele järjele. Kui astronoomid suutsid ennustada põllu- ja aiatööde jaoks sobivat aega, siis hakati arvama, et nad on kõiketeadjad, universaalsed ettenägijad, kellele jumalad teatavad oma kavatsusi. Astronoomidelt hakati nõu küsima nii kavatsetava sõjakäigu kui ka isikliku elu sündmuste kohta. Sel kombel tekkis astroloogia. Kroonikud märgivad, et Baabüloni astroloogid olnud kõige targemad ja ennustanud alati õigesti. Astroloogia astroloogiaks, kuid astronoomia arengule ja eriti planeetide liikumise uurimisele aitas ta igati kaasa.
Kaua aega kajastus planeetide liikumine inimeste teadvu-

ses liiga keerulisel kujul. Maad loeti kõige keskpunktiks. Tema ümber liikusid Päike, Kuu, planeedid ja teised taevakehad. See nn. geotsentriline maailmasüsteem, mis sai peaaegu lõpliku kuju Egiptuses töötanud kreeka astronoomi Ptolemaiose teostes, oli küll võrdlemisi keeruline, kuid rahuldas mitme sajandi vältel igapäevaseid vajadusi. Hiljem, praktikaga vastuollu sattudes, tekitas geotsentriline maailmasüsteem eelsoodumuse lihtsama, heliotsentrilise maailmasüsteemi tekkimiseks. Kuid otsustava sammu astumiseks oli vaja mehist teadlast, sest keskaegne kivinenud mõtteviisiga kirik takistas kogu jõust teaduse arengut. Poola astronoom M. Kopernik oli inimene, kes esimesena näitas, et Maa koos teiste planeetidega tiirleb ümber Päikese. Tõsiseks toeks uuele hüpoteesile olid itaalia õpetlase G. Galilei vaatlused, kes avastas 7. jaanuaril 1610 Jupiteri neli kaaslast, mis nagu miniatuursed planeedid liikusid ümber kõige heledama keha — planeedi enda. M. Koperniku töid arendas edasi saksa astronoom J. Kepler, kes taani astronoomi Tycho Brahe ja enda pikaajaliste vaatluste põhjal tuletas täpsed seadused Veenuse, Marsi ja teiste planeetide liikumise jaoks. Niisiis sai Veenuse liikumine olulises osas astronoomidele selgeks juba XVII sajandil. Peensuste uurimine jätkub veel tänapäevalgi. Viimase põhjalikuma uurimuse Veenuse liikumise kohta avaldas ameerika astronoom R. L. Duncombe 1961. aastal. Leidsid kinnitust A. Einsteini ennustatud üldrelatiivsusteooria efektid.

Veenuse füüsikaline olemus jäi kauaks ajaks mõistatuseks. Esimesed tulemused kuuluvad G. Galileile, kes avastas faasid* Veenusel ja jõudis selle põhjal järeldusele, et Veenus peab olema kerakujuline tahke keha, mille ühte poolkera valgustab Päike. Faaside avastamine oli ka üheks tõendiks, mis otseselt heliotsentrilise maailmasüsteemi õigsust kinnitas. Märgatavalt õnnestus taevakaunitari saladustesse tungida alles käesoleva sajandi kolmekümnendail aastail, mil Veenuse atmosfääris avastati süsihappegaas ja saadi esimesed andmed temperatuuri kohta.

Eriti on Veenuse uurimine elavnenud viimasel aastakümnel. Kümmekond aastat tagasi, 4. oktoobril 1957. aastal, kui Nõukogude Liidust siirdus maailmaruumi Maa

* Vt. lk. 8 ja 26.

esimene tehiskaaslane, algas uus ajastu — astronautika ajastu. Kosmoseaparaadid-automaatjaamad, mis algul liikusid ümber Maa, on nüüd jõudnud ka planeedini Veenus. Seepärast on arusaadav paljude teadlaste — ja mitte ainult astronoomide, vaid ka geofüüsikute, geoloogide, füüsikute jt. — ning laiade rahvahulkade elav huvi meie naaberplaneedi vastu. Viimase kümne aasta jooksul on Veenuse kohta ilmunud rohkem teaduslikke töid kui eelneva 300 aasta jooksul kokku.

Astronoomia on teadus, mis juba kaugel tsivilisatsiooni koidikul inimkonnale otsest kasu tõi, võimaldades vajalikke töid ja toimetusi sooritada kindlal ajal. Hiljem, kui arenes välja astronoomia haru astrofüüsika, hakkas inimene leidma maailmaruumis — suures kosmilises laboratooriumis — protsesse, mille uurimine andis inimkonna kätte uue võimsa energiaallika — tuumaenergia.

Nüüd on astronoomia teaduste seas jälle esiritta nihkunud. Ta võimaldab kosmonautidel ette näha ohte, mis neid teel teistele taevakehadele tabada võivad. Juba kosmoselaeva lend ise pole võimalik ilma astronoomiateaduse abita. On ju vaja tunda seadusi, mille järgi liiguvad looduslikud taevakehad, et panna liikuma kunstlik taevakeha — kosmoselaev. Pealegi ei saa me kosmoselaeva ehitada universaalsena, nii et ta peaks vastu igasugustele hädaohtudele. Siis ta läheks liiga kalliks ja lisaks oleks massiivse kosmoselaeva väljasaatmine veel omaette probleem. On vaja teatavaid optimaalseid andmeid reisi eesmärgi ja lennutee kohta, et ehitada näiteks kosmoselaeva lennuks Veenusele.

Kosmonautika pole ainuüksi teadlaste huviala. See köidab igaüht meist. Ja kuigi kõik ei pääse veel kosmoselaevadele, siis ometi võime oma mõttemaailmas koos vaprate kosmonautidega teistele planeetidele, näiteks Veenusele lennata.

TAEVAKAUNITARI PORTREE Läbi teleskoobi paistab Veenus heleda kettana, mille väline kuju meenutab nii mõneski suhtes Kuud (joonis 1). Esinevad ju Veenusel nagu Kuulgi faasid. Tavaliselt pole Veenuse faasid palja silmaga nähtavad, kuid mõned eriti terava nägemisega

inimesed on neid siiski vaadelnud. Näiteks on teada, et saksa matemaatiku K. F. Gaussi ema polnud sugugi üllatunud, kui poeg ta teleskoobi juurde viis ja Veenust näitas. Veenuse faase oli ta juba palja silmaga näinud. Ta küsis ainult, miks Veenuse sirp tagurpidi paistab, ja poeg selgitas, et iga teleskoop pöörab kujutise ümber. Ka vanade kreeklaste seas leidus inimesi, kes olid näinud Veenuse faase. Näiteks kirjutavad nendest Platoni õpilased. Lõplikult tõestas faaside olemasolu Veenusel G. Galilei.

Veenuse ketta valgustatud osa seda külge, mis langeb kokku planeedi ketta projektsiooniga taevavõlvile, nimetatakse limbiks. Teiselt poolt on Veenuse ketta valgustatud osa piiratud terminaatoriga ehk planeedi päeva- ja ööpoolkera piirjoone projektsiooniga taevavõlvile. Kui planeedi valgustatud osa on näha kitsa sirbina, siis meenutavad selle otsad sarvi ja nii neid ka nimetatakse.

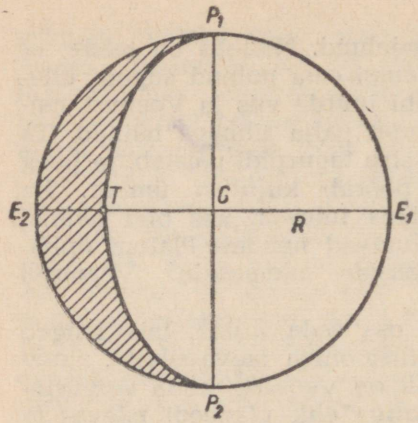
Taevakaunitari portree on nähtavas valguses kaunis üksluine. Ilus särav kollane valgus — see on üldiselt kõik, mida näeme, ehkki planeeti on pidevalt vaadeldud juba alates XVII sajandist. Siiski on vaatlejate aruannetes tähelepanu juhitud mõningatele õige nõrkadele ja raskesti märgatavatele moodustistele.

1) Heleduse kahanemine terminaatorile lähenemisel. Mõned astronoomid kirjeldavad seda kui pidevat nähtust. Teiste arvates toimub tumenemine nagu mitmes tsoonis, kusjuures igakord leiab aset heleduse hüppeline vähenemine.

2) Veenuse sirbi sarvede suurem heledus, võrreldes sirbi ülejäänud osaga. Osa vaatlejaid kujutab sarvi analoogia põhjal Marsiga tõeliste polaarmütsidena. Teised seevastu olevat näinud planeedi pinnast kõrgemal asuvaid valkjaid udutompe.

3) Juhuslikult paiknevad üksikud õige nõrgad laialivalguvad tumedad ja heledad laigud.

Tumedate laikude vaatlustest Veenusel tuleb kõige usutavamaks lugeda E. M. Antoniadi vaatlusi. E. M. Antoniadi oli rahvuselt kreeklane. Kui suurem osa kreeklasi Türgist pärast Esimese maailmasõja lõppu välja saadeti, siis asus ta elama Prantsusmaale ja jäi tööle Meudoni observatooriumisse. Siin vaatles ta pikka aega Veenust, Marssi ja teisi planeete maailma ühe suurema refraktori abil, mille objektiivi läbimõõt on 82 sentimeetrit.



Joon. 1. Veenuse sirp. $P_1E_2P_2$ on limb, P_1TP_2 on terminaator ja P_1P_2 on sarvede joon.

E. M. Antoniadi suhtus väga kriitiliselt planeetide vaatlustesse. Näiteks ei tunnistanud ta kaua aega kanalite olemasolu Marsil. Loomulikult ei uskunud ta ka detailide olemasolu Veenuse kettal.

Kuid 1928. aastal täheldas temagi salapäraseid tumedaid laike Veenuse kettal. Vaadeldi päeval, sest Veenus kui väga hele taevakeha on teleskoobis näha ka päikesevalguses. Tume laik tuli nähtavale Veenuse lõunapoolkeral 25. mail kell 9.50 maailmaaja järgi. Ida pool tumedat laiku oli näha veel tumedam väike täpp. Planeedi ketta päris idapoolses servas võis märgata heledat piirkonda. Kolme tunni pärast, kell 12.45, nägi vaatleja täpselt samasugust pilti. Tume laik kadus järgmise päeva hommikuks, hele jäi aga alles. Tumeda laigu kohal võis aegajalt märgata nõrka virvendust. Ka järgmistel päevadel kuni 30. maini võis Veenuse kettal näha mitmesuguseid iseärasusi.

Pärast sõda on Veenuse pinnal samuti tumedaid laike nähtud. Näiteks aastail 1949—1952 vaatles inglise astronoom P. Moore Veenuse kettal ühte V-kujulist tumedat laiku.

Niisama ebapüsivad ja laialivalguvad kui tumedad laigud on mõnede vaatlejate märgatud heledad laigud. Suhteliselt selgesti torkas silma hele laik, mille avastas

21. augustil 1956 A. Waterfield. Seda vaatlesid ka P. Moore ja teised inglise astronoomid. 20. septembril laik kadus. 13. mail 1964 nägi Veenuse terminaatori lähedal sümmeetriliselt ketta keskjoonega kahte heledat laiku Sverdlovski astronoom N. Andrianov.

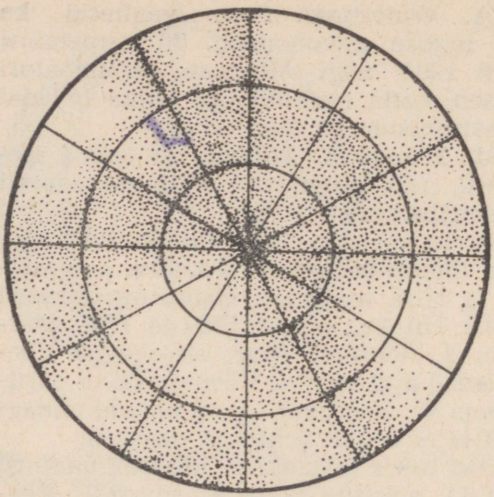
4) Ebakorrapärasused, käänakud, kühmud ja teised iseärasused terminaatoril, mis muudavad Veenuse sarved mõnikord ebasümmeetrilisteks.

Esimeste selliste tähelepanekute iga ulatub juba üle 300 aasta, mil itaalia loodusteadlane F. Fontana ja prantsuse astronoom P. la Hire avastasid ebakorrapärasused Veenuse terminaatoril. Hiljem, aastail 1789 ja 1790, märkas saksa astronoom J. Schröter suurt sisselõiget Veenuse terminaatoril. Samal ajal vaatles Veenust saksa päritoluga inglise astronoom W. Herschel, kes ei näinud midagi ja kirjutas hiljem, et ta ei usu J. Schröteri vaatlusi.

Viimase aja vaatlustest tuleb mainida P. Moore'i vaatlusi 1953. aastal. 4. kuni 11. märtsini jälgis ta süvendit Veenuse terminaatoril lõunapoolse sarve tipu lähedal. Seda nägid ka mitmed vaatlejad Ameerikas.

Eespool kirjeldatud nähtustest Veenuse pinnal on üldist tunnustust leidnud ainult esimene. Võimalik, et mõnel määral on tõtt ka sarvede heleduse vaatlustes, kuigi siin võib teatud osa etendada asjaolu, et kitsas objekt näib heledam tegelikult niisama heledast laiast objektist. Ülejäänud nähtuste reaalsuses pole enamik astronoome eriti kindlad, vaid peavad neid teleskoobist või Maa atmosfäärist tingitud pettekujutlusteks. Võimalik, et tegemist on ka vaatleja enesesugestiooniga. Kahtlejatele on toeks fakt, et mitme vaatleja poolt samal või lähedastel ajamomentidel nähtud detailid ei lange kokku.

Aktiivsemad kahtlejad on oma väiteid püüdnud katseliselt tõestada. 1897. aastal valmistas šveitsi astronoom W. Williger kipsist kera, mille läbimõõt oli 6 sentimeetrit. Kunstliku Veenuse asetas ta 400 meetri kaugusele ja vaatles seda väikese teleskoobiga (objektiivi läbimõõt 12,5 sentimeetrit). Suurenduse valis ta sellise, et teleskoobis tekiks kipskerast just niisama suur kujutis nagu tõelisest Veenusest. Ehkki kipskera oli täiesti valge, tulid teleskoobis nähtavale nõrgad laialivalguvad tumedad ja heledad alad. Võis näha ka «polaarmütse». Sama tulemuse andis katse valgest kummist valmistatud keradega.



Joon. 2. Vöödid ja laigud Veenuse planisfääril (A. Dollfusi järgi).

Hiljem on katseid korratud, kuid kaugeltki alati pole saadud ühesuguseid tulemusi. W. Willigeri katsetele lähedasi resultaate on saanud W. W. Spangenberg Saksa DV-s 1952. aastal ja A. P. Lenham ning J. H. Ludlow Inglismaal 1954. aastal. Teiselt poolt kirjutab P. Moore, et tema, vaadeldes kunstlikult valmistatud valget kera 1958. ja 1960. aastal oma kolmetollise (objektiivi läbimõõt 7,5 sentimeetrit) refraktori abil, ei näinud midagi.
Vaidlus detailide olemasolust Veenuse pinnal käib seega edasi.
Omapärasel seisukohal Veenuse laikude suhtes on prantsuse astronoom A. Dollfus. Töötanud läbi Pic du Midi mägiobservatooriumis juba mitmekümne aasta jooksul teostatud visuaalsed ja fotograafilised vaatlused, oletas ta, et Veenuse atmosfäär koosneb kahest erinevat tüüpi pilvede kihist. Alumisel kihil esinevad mitmesugused detailid, ülemine kiht on aga ühtlane, ilma igasuguste iseärasusteta. Mõnikord paistab ülemine kiht läbi ja siis võib taevakaunitari palgel märgata õrnu detaile, mis moodustavadki tema portree. Teinud mitmesuguste jooniste ja fotode põhjal ühe keskmise joonise Veenusest, vältis ta aukude juhuslikku paigutust ülemises atmosfäärikihis ning

võis välja joonistada alumise atmosfäärikihi tõelise pale (joonis 2).
Selgus, et alumisel atmosfäärikihil, mida A. Dollfus nimetas planisfääriks, leidub mitmeid huvitavaid detaile. Planisfääri keskosas peaks aeg-ajalt tulema nähtavale tume piirkond, millest radiaalselt terminaatori suunas eemalduvad laiad heledad ja tumedad sektorid.
Mõned autorid väidavad isegi, et see, mida A. Dollfus nimetab planisfääriks, pole midagi muud kui Veenuse enda pind. Niisugune seisukoht on siiski väheusutav, ehkki need laigud võivad mõnel määral iseloomustada planeedi tõelist pinda. Näiteks kui väljastpoolt vaadelda seest valgustatud kera, mida ümbritseb valgust peaaegu täielikult hajutav ühtlane kiht, siis heledus selle keha välispinnal oleneb valguse peegeldumisest seesmise kihi pinnal. Juhul kui Veenuse pinnal on piirkondi, mis valgust erinevalt peegeldavad, siis peaksid nad õrnade uduste laikudena läbi atmosfääri kumama.* Samal viisil kumavad näiteks lõuna- ja põhjanaba, kui Maa on üleni pilvedega kaetud.
Veenuse värvuse suhtes ei ole teadlased üksmeelsele otsusele jõudnud. Mõned astronoomid leiavad, et Veenus on natuke sinisem kui Päike, teised kinnitavad vastupidist — Veenus olevat Päikesest veidi kollasem. Alma-Ata astronoom I. Kupo on uurinud muutusi Veenuse värvuses. Üldiselt see ei muutunud. Värvuse sõltuvust faasist ta ei avastanud. Väiksemad muutused olid seotud Päikese aktiivsusega. Peegeldab ju Veenus päikesevalgust ja iga muutus keskse taevakeha kiirguses avaldub ka planeedilt tulevas valguses.

NÄHTAMATU VALGUSKIIR «NÄEB» PAREMINI Tavalises valguses ei lasknud taevakaunitar piiluda oma salapärase loori taha (tahvlid I ja II). Astronoomid aga ei andnud alla. Nad püüdsid fotografeerida Veenuselt saabuvat nähtamatut infrapunast kiirgust. Tulemusteta. Saladuslik linik ei langenud (tahvel I). Ent ootamatult palju huvitavat

* Vt. lähemalt lk. 66.

andis taevakaunitari fotografeerimine lühema lainepikkusega «nähtamatus valguses» — ultraviolettkiirtes.
Ameerika astronoomi F. Rossi 1927. aastal saadud fotodel (tahvel III) on selgesti näha terminaatoriga risti asetsevad laiad tumedad vöödid, mis meenutavad Jupiteri kettal leiduvaid vööte. Kuid erinevalt viimastest muutusid Veenuse vöödid üsna kiiresti. See näitab, et Veenuse atmosfääri ülemistes kihtides leiavad aset kiired muudatused.
56 aastat hoidis Veenust teleskoobi valvsa fotosilma all ameerika astronoom E. C. Slipher. Tahvlil IV on toodud valik E. C. Slipheri saadud fotodest Veenusest ultraviolettkiirtes. Võrdluseks silmitsegem veel kord tahvlit II, kus Veenus on fotografeeritud mitmesugustes valguskiirtes. Peale tumedate laikude leidis E. C. Slipher ultraviolettkiirtes saadud ülesvõtetel ka heledaid. Näiteks fotodel tahvli IV ülemises reas on näha hele laik lõunapooluse ümbruses (lõunapoolus asub kõikidel joonistel üleval, sest teleskoobis saadakse planeedist ümberpööratud kujutis). Huvitav on see, et mõnedel ultraviolettkiirtes saadud ülesvõtetel paistavad Veenuse sirbi tipud heledad, mõnedel tumedad. Suuri heledaid laike on tulnud nähtavale ka sirbi keskosas. Detaile näeb tavaliselt terminaatori ümbruskonnas.
Aastail 1950—1954 fotografeeris Veenust ultraviolettkiirtes hollandi päritoluga ameerika astronoom G. P. Kuiper. Vaadeldi päeva ajal. Ka neil fotodel asusid tumedad vöödid üksteisega paralleelselt ja terminaatoriga peaaegu risti. G. P. Kuiper oletas, et vöödid on paralleelsed Veenuse ekvaatoriga ja kasutas neid Veenuse pooluse asendi määramiseks. Analoogilisi vaatlusi tegi aastail 1954—1955 Wilsoni observatooriumis (Kalifornia, USA) R. Richardson. Tema käsutuses oli 2,5-meetrine teleskoop, tol ajal suuruselt teine maailmas. Ka tema märkas Veenuse kettal terminaatoriga risti asuvaid vööte (tahvel III), aga nende järgi määratud pooluse asend ja seega ka ekvaatori kalle tulid R. Richardsonil hoopis erinevad. Kui G. Kuiper sai kalde väärtuseks 32°, siis R. Richardsoni tulemus kujunes umbes kaks korda väiksemaks — 14° (vrdl. lk. 36).
1957. aastast alates vaatleb Veenust ultraviolettkiirtes kongo astronoom Ch. Boyer, kes on tähele pannud teatavat Y-kujulist detaili (vt. lähemalt lk. 30).
Viimasel ajal on Veenuse pinnal ultraviolettkiirtes näh-

tud suuremaidki detaile. 1964. aasta märtsi algul märkasid Harkovi astronoomid prof. M. Barabašov, O. Starodubtseva ja I. Belkina Veenuse fotodel terminaatori lähedal suurt tumedat laiku. See haaras enda alla ligi 1/3 Veenuse päevapoolkerast ja püsis kuni septembrikuuni.

SALADUSLIK VALGUS TUMEDAL POOLKERAL Me teame, et kui kuusirp paistab küllalt kõrgel, siis võime Kuu tumedal poolkeral märgata nõrka valgust ja teleskoobi abil isegi mõningaid detaile. Nähtuse olemust mõistis juba itaalia kunstnik ja teadlane Leonardo da Vinci. Päikesevalgus, jõudnud Maani, peegeldub osaliselt tagasi maailmaruumi. Osa sellest jõuab Kuuni ja peegeldub sealt jälle Maale tagasi. Nii valgustab Maa Kuud nõrga helgiga. Rahva seas on viirastuslik valgus tuntud tuhkvalguse nime all.

Ka Veenusel on otsitud tuhkvalguse nähtusi ja üht-teist isegi leitud. Arvestades Veenuse kaugust Maast, tundub leid väga kummalisena, sest Veenus on liiga kaugel, selleks et tõeline tuhkvalguse nähtus aset võiks leida.

Esimesena pani viirastuslikku valgust taevakaunitari ööpoolkeral tähele jesuiit J. Ricciolli. See juhtus 9. jaanuaril 1643. aastal. Viimased teada olevad vaatlused pärinevad inglise astronoomidelt 1957. aastast. Et viirastuslik salapärane valgus Veenuse ööpoolkeral paremini näha oleks, on vaja hele päevapoolkera varjata mingi läbipaistmatu tumeda ekraaniga. Niisugune võte on P. Moore'il mitmel korral aidanud avastada nõrku heledaid laike Veenuse ööpoolkeral.

Veenuse tuhkvalgusele ei ole siiani suudetud rahuldavat seletust leida. On esitatud vaid mõningaid rohkem või vähem ekstravagantseid hüpoteese.

Kõige tõenäolisem seletus pärineb prantsuse astronoomilt P. de Heenilt aastast 1872. Ta oletas, et Veenuse ööpoolkeral vaadeldud salapärane valgus pole midagi muud kui virmalised. Tänapäeval esitatakse P. de Heeni hüpotees järgmises vormis.

Virmalised tekivad siis, kui Päikeselt jõuavad planeedi atmosfääri laetud osakesed. Põrgates kokku õhumolekuli-

dega või neist mööda lennates, viivad nad need ergutatud olekusse. Tekibki helendus, nn. virmalised.
Maa peal esinevad virmalised põhiliselt pooluste ümbruses, meie laiustel võib neid harva näha. Põhjuseks on Maa magnetväli, mis laseb Päikeselt saabunud laetud osakesi läbi ainult magnetpooluste läheduses.
Veenusel, nagu näitasid ameerika kosmoselaeva-automaatjaama «Mariner 2»* pardalt saadud mõõtmisandmed, puudub magnetväli. Järelikult võivad virmalised esineda seal ükskõik kus, peaasi et sinna tungiksid laetud osakeste vood Päikeselt. Veenus asub Päikesele umbes 1,5 korda lähemal kui Maa ja nii jõuab temani hoopis rohkem osakesi. Kui Maale langevat laetud osakeste voogu võrrelda vihmasabinaga, siis Veenusele langeb juba tõeline Päikese-«vihm» (tavaliselt kasutatakse küll nimetust Päikese-«tuul»).
Tuhkvalguse seost virmalistega kinnitavad mõnel määral nõukogude astronoomi N. Kozõrevi vaatlused. Tal õnnestus saada Veenuse ööpoolkera spekter, selles leidus vesiniku ja molekulide kujul esineva lämmastiku heledaid jooni.** Neidsamu jooni võib märgata ka Maa atmosfääris esinevate virmaliste spektris.
Kahjuks ei saa N. Kozõrevi vaatlusi lugeda täiesti usaldusväärseteks. 1953. aastal saadud spektris avastas ta eespool mainitud jooned, kuid aastail 1956, 1959 ja 1961 pildistatud spektrites ei suutnud ta neid enam leida. Fotoplaadile ilmus vaid Päikese spekter, kus mõnede joonte kuju õige vähe erines tavalisest, tunnusmärk, et viirastuslik valgus taevakaunitari tumedal põsel on lihtsalt ööpäeva helendumine. Päikese läheduse tõttu võib seegi nähtus olla Veenusel tunduvalt ilusam kui Maal (siin teda palja silmaga ei märkagi).
N. Kozõrevi vaatlusi on püütud korrata ka välismaal. 1961. aastal sai astronoom T. S. Owen Kitt Peaki observatooriumis Ameerika Ühendriikides Veenusest mitu spektrit. Ta asetas saadud spektrogrammid mikrofotomeetri alla ja leidis, et Veenuse atmosfääris esinevad tõepoolest mõned heledad jooned. Hilisem täpne mõõtmine valmistas pettumuse. Selgus, et vaadeldud jooned kujutasid endast lihtsalt optilist petet. N. Kozõrevi vaatluste kohta seda öelda

* Vt. lähemalt lk. 74.
** Vt. ka lk. 46—47.

ei saa, sest usaldusväärsema tulemuse saamiseks läkitas ta oma spektrid ameerika astronoomile B. Swarnerile, kes neid iseseisvalt töötles. Mõlema teadlase mõõtmistulemused langesid üldjoontes kokku.

Hoopis fantaasiarikkamalt on probleemile lähenenud hollandlane X. Gruythuysen. Tema idee aluseks on fakt, et tugeva tuhkvalguse kahe järjestikuse vaatluse vahel oli 47 Maa või 76 Veenuse aastat (aastad 1759 ja 1806). Oletame, et ka Veenusel elavad inimesed, kes tõsi küll ei pruugi sugugi sarnaneda maaelanikega. Vaatamata sellele võib nende ühiskond areneda mitmeti sarnaselt inimühiskonnaga. Näiteks võisid Veenusel leiduda suured väejuhid, kes sarnanesid Aleksander Suurega, Julius Caesariga, Karl Suurega, Attilaga, Tšingis-khaaniga, Timuriga jt. Inimese eluiga Veenusel võib ulatuda 130 sealse aastani, mis vastab umbes 80 maapealsele aastale. Tähendab, üsna tõenäoline, et mõni Veenuse imperaator valitses 76 sealset või 47 maapealset aastat. Siit lõppjäreldus: viirastuslik valgus Veenuse ööpoolkeral pole midagi muud kui suur tulevärk uue valitseja troonile astumise puhul.

Pakub huvi uurida seost Veenuse tuhkvalguse ja Päikese aktiivsuse vahel. Nagu teame, on Päike teatava aja võrdlemisi rahulik, siis aga toimuvad seal mitmesugused plahvatused ja muud tormilised nähtused. Väliselt avalduvad muutused kõige selgemini Päikese laikude arvu kõikumises. Kui Päikesel on palju laike, siis on ta aktiivses olekus, sest koos laikudega esinevad seal ka teised ebapüsivad protsessid. Laikude hulga maksimum kordub keskmiselt 11 (magnetnähtused 22) aasta järel. 1964. aasta teisel poolel oli Päikesel väga vähe laike ja see oli üks põhjusi, miks aastail 1964 ja 1965 viidi läbi suur ülemaailmne teaduslik üritus — rahvusvaheline rahuliku Päikese aasta. Sellest võtsid osa ka eesti teadlased Ch. Villmanni ja V. Riivese juhtimisel, kusjuures saadi hinnatavaid tulemusi helkivate ööpilvede ja komeetide uurimisel. Rühm inglise amatöörastronoome jälgis hoolega Veenust, kuid ei leitud mingit jälge tuhkvalgusest. Seevastu eelmise ülemaailmse teadusliku ürituse, rahvusvahelise geofüüsika aasta ajal, mil Päike oli eriti aktiivne (päikeselaikude maksimum langes 1957. aasta lõpule), registreerisid inglise astronoomid mitu tuhkvalguse esinemise juhtu Veenusel.

«NII NAGU VÄGA HUVITAV JA VÄGA ILUS TÜTARLAPS...»

«Konjaki valmistamine sarnaneb hoolitsemisega väga huvitava ja ilusa tütarlapse eest. Teeb noormees seda kogu hingest, siis leiavad nad ühise keele, kui aga mitte, siis ei tule kuraditki välja.» Nii sõnas meie maa parima konjakitehase «Ararat» meister Margar Sedrakjan. Ju see vana meister teadis, mis ütles. Kuid väide ei käi ainult konjaki kohta. Ka paljud astronoomilised, eriti aga planeetide vaatlused õnnestuvad ainult siis, kui astronoom paneb neisse kogu hinge.

Häid tulemusi saame väiksema teleskoobi abil vaid siis, kui jälgime planeete pidevalt pikema aja jooksul. Igal vaatlusööl tuleb hoolega olla valves teleskoobi okulaari juures ja kannatlikult oodata momenti, mil Maa atmosfäär rahuneb. Hoolikalt tuleb valida sobiv suurendus. Kui Maa atmosfäär on küllalt rahulik, siis on kasulikud suuremad suurendused. Rahutuma atmosfääri korral annab suur suurendus väriseva kujutise, mistõttu sel juhul eelistatakse keskmisi suurendusi. Tähtis on ka sobiva diafragma (vaatlusava) valik. Teleskoobi täieliku sisenemisavaga ja ilma diafragmata saab vaadelda ainult eriti rahuliku atmosfääri korral.

Palja silmaga vaatlemisel on tähtis osa silma valgustundlikkuse lävel, mis suuresti muutuda võib. Et Veenus on üks heledamaid taevakehi, siis soovitatakse tema vaatlemisel kasutada tornis tugevat valgustust, nii et silmal oleks umbes päevane valgustundlikkuse lävi. Mõne mattklaasiga varustatud laterna abil on kasulik suunata teleskoobitorusse isegi kõrvalist valgust. Foon ei paista siis liiga tumedana. Sel viisil võib silma valgustundlikkuse läve tõsta kuni 5 korda.

Veenust saab vaadelda ka päeval. Taeva helesinise fooni segavat mõju saab vähendada, kui kasutada punast valgusfiltrit. See laseb siniseid kiiri võrdlemisi vähe läbi. Mõnikord loob päevane hele taevas Veenuse vaatlemiseks hoopis soodsamad tingimused. Näiteks enamik detaile Veenuse pinnal avastati just päevaste vaatluste ajal. Ka heleduse nõrgenemist terminaatori lähedal täheldatakse päevastel või hämarikuaegsetel vaatlustel. Päevased vaatlused on kasulikud veel selle poolest, et siis saame vaadelda planeeti hoopis kõrgemal horisondist, mistõttu Maa atmosfääri segav mõju väheneb.

Päevaste vaatluste ajal tuleb hoolega jälgida, et teleskoop ei satuks juhuslikult Päikesele, muidu jääme kohe pimedaks. Päikese soojuse abil võib teleskoobi fookuses vabalt sigareti süüdata. Kui tekib soov Päikest vaadelda, tuleb teleskoobi taha kinnitada valge ekraan, kuhu projekteerub taevakeha kujutis.

Värvilised valgusfiltrid laiendavad visuaalsete vaatluste võimalusi. Filtrid on erilised klaasplaadid, mis lasevad läbi ainult teatud lainepikkusega kiiri. Nende kasutamisel muutuvad vastavad värvilised laigud tugevamaks, kuna foon samal ajal nõrgeneb.

Planeedi pinnal vaadeldud detailid joonistatakse otsekohe üles juba varem valmistatud skeemile, tavaliselt ringile läbimõõduga 2,5 sentimeetrit, ja seda vaatamata planeedi tegeliku ketta suurusele. Võib kasutada ka värvilisi pliiatseid. Soovitatav on teha mitu joonist järgemööda, et vaatlustulemused oleksid usaldatavamad.

Visuaalsetele vaatlustele panevad piiri kolme liiki tegurid, mis olenevad kasutatavast pikksilmast, atmosfääri seisundist ja vaatleja silmast. Arvestades asjaolu, et Veenuse pinnadetailid on ebamäärased ja raskesti fikseeritavad, on teaduslikku kaalu ainult nendel vaatlustel, mis tehakse Maa atmosfääri väga hea läbipaistvuse korral. Soovitatav on vaatleja terane nägemine ning pikksilma väga hea kvaliteet. Tähtis pole mitte niivõrd pikksilma objektiivi võimalikult suur läbimõõt, kui just tema optika valmistamise täpsus, mis välistaks igasuguste pettekujutiste (nn. optiliste vaimude) tekkimise teleskoobi mistahes asendis. Üldine nõuanne Veenuse vaatlejatele: kui kahtlete antud detaili reaalsuses, siis on parem seda mitte joonistada. Kahtlased vaatlused tekitavad ainult segadust.

Fotografeerimine peaks andma objektiivsemaid tulemusi, kuid ka siin esinevad omamoodi takistused, nagu raskus tabada eriti selgeid momente atmosfääri läbipaistvuses. Muidu valguvad kujutised laiali, tuleb nähtavale fotoemulsiooni teralisus jne.

Veenuse ja teiste planeetide fotografeerimiseks on soovitatav kasutada suure fookuskaugusega teleskoope. Kui neid pole käepärast, võib tavalisele teleskoobile seada juurde lisaoptika, mis suurendab fookuskaugust. Sobivamaks fookuskauguseks on 10 kuni 20 meetrit, mis annab fotol mastaabi 10 kuni 20 kaaresekundit 1 millimeetri

ENSV TERVISHOIUMINISTEERIUM Vabariiklik Tartu Kliinil. Psühhoneuro. ...

kohta. Suurema fookuskaugusega teleskoobid tavaliselt ei õigusta end Maa atmosfääri muutuste ja liiga pika valgustusaja tõttu.
Mitmeid huvitavaid tulemusi on andnud fotografeerimine ühes värvis või kindla lainepikkusega kiirguses (vt. ka lk. 36). Rakendamist on leidnud ka mõningad värvilise fotograafia meetodid, eriti sellised, kus suurendatakse loomulikke värvuste vahesid.
On võtteid, mis võimaldavad tõsta ülesvõtte kontrastsust, s. o. fotokujutis, mis pole peaaegu üldse näha, tuleb teatud protseduuri tulemusena hoopis selgemalt esile. Näiteks juba positiivi valmistamisel negatiivist võib sobivate fotomaterjalide valikuga suurendada kontrastsust. Veelgi suurema kontrastsuse saame, kui seda protsessi kordame, s. o. teeme negatiivist positiivi, positiivist uue negatiivi, sellest omakorda uue positiivi jne. Tugevasti piirab niisuguse meetodi rakendamist asjaolu, et kontrastsuse kasvamise tõttu tulevad paremini esile esialgse negatiivi defektid, muuhulgas fotoemulsiooni teralisus. Paremaid tulemusi saame, kui kopeerime ühele positiivile mitu negatiivi. Tehniliselt võib seda teha järgmiselt: mitu negatiivi asetatakse üksteise peale, nii et kujutised nendel täpselt kokku langeksid, ja projekteeritakse siis koos positiivile. Teine võimalus on projekteerida negatiive positiivile järgemööda. Kolmas võte, mida kasutatakse suure arvu negatiivide korral, on kahe esimese kombinatsioon: positiivile projekteeritakse kahest-kolmest negatiivist koosnevad grupid. Tera ja juhuslike defektide kontrastsus langeb antud juhul tunduvalt, sest need paiknevad erinevatel negatiividel erinevalt. Reaalsed detailid, mis on ühised kõigile negatiividele, tulevad aga paremini esile. Häid tulemusi on sel viisil saadud väikese kontrastsusega suurte detailide avastamisel. Väikeste detailide nähtavus ei parane, vaid sageli vastupidi — halveneb. Maa atmosfäärist tingitud kujutise värisemise tõttu on need detailid erinevatel negatiividel paigutatud natuke erinevalt. Lisaks mõjub siin segavalt nähtus, mida tuntakse fotograafilise irradiatsiooni nime all: fotoplaadil saadav kujutis tuleb veidi suurem kui tegelikult, kusjuures terav serv kaob. Peamiseks põhjuseks on valguse hajumine fotoemulsioonis. Väikeste detailide uurimisel on visuaalne meetod seni asendamatu.
Viimasel ajal on taevakaunitar muutunud ka kinotäheks:

teda filmitakse, et edukamalt rakendada kontrastsuse tõstmise võtteid. Teiselt poolt pakub huvi demonstreerida saadud filmi hiljem märksa kiiremini, kui ta võeti, selleks et uurida Veenuse faasi ja näiva nurkdiameetri muutusi.

KOHT «PÄIKESE ALL» Kauguse järgi Päikesest on Veenus teisel kohal. Kõige lähemal Päikesele on planeet Merkuur. Veenusest järgmine planeet on meie Maa. Seega on Veenus meie naaber Päikese-poolsest küljest. Ta tiirleb ümber Päikese mööda ellipsile lähedast kõverat. See ellips erineb võrdlemisi vähe ringjoonest: tema ekstsentrilisus on vaid 0,0068. Võrreldes teiste planeetidega on Veenuse orbiit ringjoonele kõige lähedasem ja seepärast Veenuse kaugus Päikesest oluliselt ei muutu. Keskmiselt võrdub Veenuse ja Päikese raskuskeskmete vaheline kaugus 108,21 miljoni kilomeetriga, mis moodustab Maa ja Päikese raskuskeskmete vahelisest keskmisest kaugusest (tuntud kui astronoomiline ühik, võrdub viimaste andmete põhjal 149 598 000 $\pm$ 500 kilomeetrit) 72,333%, s. o. umbes $^3/_4$. Kui arvestada, et valgus levib õhutühjas ruumis (ja seda planeetidevaheline ruum praktiliselt on) kiirusega 299 792,5 $\pm$ 0,1 kilomeetrit sekundis, siis jõuab ta Päikese pinnalt (see ulatub ta raskuskeskmest 700 000 kilomeetri kaugusele) Veenuse pinnale keskmiselt umbes 6 minutiga.

Aastaks nimetame aega, mille jooksul planeet teeb ühe täistiiru ümber Päikese. Veenuse aasta kestab 224,701 Maa keskmist ööpäeva. Selle aja jooksul läbib Veenus maailmaruumis 680 miljonit kilomeetrit. Valguskiirel kulub sama tee läbimiseks umbes 38 minutit (seda muidugi eeldusel, et Veenuse orbiit on sirgeks venitatud). Edasi võime leida Veenuse keskmise kiiruse tema orbiidil — 34,99 kilomeetrit sekundis ehk 126 000 kilomeetrit tunnis. Esimesel pilgul paistab päris soliidse kiirusena. Meenutagem siiski, et ega ka Maa maailmaruumis paigal püsi. Ta tiirleb ümber Päikese kiirusega 29,76 kilomeetrit sekundis ehk 107 000 kilomeetrit tunnis. Meie ei märka liikumist seepärast, et läheduses pole ühtegi objekti, mis paigal püsiks. Pealegi on maailmaruum võrdlemisi

tühi, nii et sellised suured kiirused on kergesti saavutatavad. Maa peal paneb suurtele kiirustele piiri õhutakistus.
Kuna Veenus ja Maa liiguvad erinevatel orbiitidel erineva kiirusega, siis muutub nendevaheline kaugus laiades piirides, ulatudes 38 miljonist kilomeetrist 261 miljoni kilomeetrini.
Maale kõige lähemas punktis on Veenus üldse nähtamatu, sest siis asub ta Maa ja Päikese vahel ning Maa poole on pööratud tema ööpoolkera. Viimati oli selline moment 29. augustil 1967. Kui sel ajal sealt mingi valgussignaal Maale saadetakse, siis jõuaks see kohale 2 minuti ja 47 sekundiga.
Erandina on Veenus näha siis, kui ta läheb üle Päikese ketta. Sel juhul paistab ta tillukese musta täpina ja tekib soodus olukord tema läbimõõdu määramiseks ning mitmete teiste vaatluste teostamiseks. Põhimõtteliselt sarnaneb nähtus päikesevarjutusega, ainult siin peavad umbkaudu ühel sirgel asuma Maa, Veenus ja Päike. Tõeline päikesevarjutus jääb tulemata vaid seetõttu, et Veenuse ketas on märksa väiksem kui Kuu ketas (Kuu on tegelikult küll väiksem, kuid asub hoopis lähemal) ega suuda Päikese ketast katta.
Veenuse üleminek Päikese kettast on võrdlemisi haruldane loodusnähtus. Tavaliselt esineb kaks lähestikust üleminekut kaheksa-aastase vaheajaga. Nähtuse avastas teoreetiliselt J. Kepler, kes uuris taevakehade näivat liikumist. Oma viimases töös ennustas ta, et 1631. aastal läheb Veenus üle Päikese ketta. Kahjuks ei näinud teadlane oma töö vilja, sest ta suri 1630. aastal. Prantsuse astronoom P. Gassendi tundis J. Kepleri töid ja tahtis tema ennustust vaatlustega kontrollida, kuid ei näinud midagi. Hilisem arvutus näitas, et J. Kepleri andmed polnud päris täpsed: Veenus läks Päikesest üle pika talveöö ajal 6/7. detsembril, mil Päike Prantsusmaal horisondi all asus.
Järgmist üleminekut ennustas J. Kepler alles 1761. aastaks. Noor inglise astronoom J. Horrock arendas J. Kepleri teooriat edasi ja avastas kaheksa-aastase perioodi. Selgus, et järgmine Veenuse üleminek Päikese kettast leiab aset 1639. aastal. Noor teadlane asus ka ise teleskoobi taha. Ennustus läks täide, ja J. Horrock oligi esimene, kes seda huvitavat loodusnähtust vaatles.
J. Horrocki tulemused äratasid üldist tähelepanu. Järgmi-

sel sajandil valmistus Veenuse ülemineku vaatlusteks eriti hoolikalt prantsuse astronoom G. Legentille. 1760. aastal asus ta teele Indiasse, kus arvutuste põhjal pidid kõige soodsamad vaatlustingimused olema. Õnnetuseks käis parajasti sõda Inglismaa ja Prantsusmaa vahel. Kui teadlane kohale jõudis, oli valitud vaatluskoht inglaste käes, teise valimiseks polnud enam aega ja vaadelda tuli rasketes tingimustes — otse kõikuval laevalael. Tulemused osutusid kesisteks ega rahuldanud teadlast. Järgmine Veenuse üleminek Päikesest oli 1769. aastal. Ebaõnnest kibestunud Legentille otsustas veeta need aastad Indias ja uurida kohalikku kliimat, et leida koht, kus pilvi esineb kõige vähem. Selle ta leidiski, ja seadis end seal oma vaatlusriistadega paigale. Kuid ebaõnn käis teadlase kannul ka seekord. Taevas läks ootamatult täiesti pilve ja Veenuse üleminek jäi jällegi nägemata. Nagu kiusteks oli taevas selles kohas, kus G. Legentille tavaliselt elas ja kus muidu taevas sageli pilves oli, just vaatluse ajal täiesti selge. Järgmist üleminekut, mis pidi aset leidma 105 aasta pärast, teadlane enam ootama ei jäänud ja asus koduteele. Ka siin jälgis teda igal sammul ebaõnn. Kaks laeva ajas torm tema jalge alt põhja ja ükskord oli ta mereröövlite küüsis. Kui G. Legentille koju jõudis, kujunes see tõeliseks «surnust ülestõusmiseks»: pärijad olid tema varanduse juba ammu ära jaganud ja «lesk» naine uuesti mehele läinud.

Veenuse vaatlemiseks päikeseketta taustal 1874. ja 1882. aastal valmistuti eriti hoolikalt. Juba 1857. aastal alustati vajalikke eeltöid. Nähtust jälgisid paljud astronoomid. Saksa astronoom A. Auwers tegi vaatlustest kokkuvõtte ja leidis, et Veenuse läbimõõt on 12 200 kilomeetrit. Võrdluseks märgime, et Maa keskmine läbimõõt ekvaatori kohal on uuematel andmetel 12 756,3 $\pm$ 0,042 kilomeetrit.

Käesoleval sajandil Veenus üle päikeseketta ei lähe. Järgmised üleminekud leiavad aset 8. juunil 2004, 5/6. juunil 2012, 11. detsembril 2117, 8. detsembril 2125 jne. Esimene neist on Eestis näha täielikult (muidugi selge ilma korral), teine ainult osaliselt.

Kõige kaugemas punktis on Veenus, Päike ja Maa jälle peaaegu ühel sirgel. Nüüd võib Veenus olla täiesti nähtamatu, jäädes Päikese ketta taha, või raskesti vaadeldav, sest heleda Päikese kõrval on raske näha teisi taevakehi. Armeenia päritoluga inglise astronoom G. Mamikunian on

leidnud, et järgmine kord kaob Veenus Päikese taha 9. aprillil 1969. ja 10. novembril 1970. aastal.
Veenuse orbiidi tasand on mõnevõrra kaldu Maa orbiidi tasandiga, moodustades sellega nurga 3°23′39″.
Iga taevakeha kõige tähtsamaks iseloomustavaks suuruseks on tema mass. Planeedi massi saab määrata tema kaaslaste liikumise järgi või häirete põhjal, mida uuritav planeet tekitab teiste planeetide või nende kaaslaste liikumises. Viimane meetod on märksa vähem täpne.
Seni ei ole Veenusel kaaslasi avastatud (vt. lähemalt lk. 24—25). Tema massi püüti määrata häirete põhjal, mida ta tekitab Merkuuri, Maa, Marsi ning asteroidi Eros liikumises. Prantsuse päritoluga ameerika astronoom G. M. Clemence tegi 1964. aastal kokkuvõtte kõikidest senistest tulemustest ja jõudis järeldusele, et Veenuse mass on 408 500 korda väiksem kui Päikesel. Et vaadeldud häired olid väikesed ja nende interpreteerimise võimalused sugugi mitte alati ühesed, siis oli saadud tulemuse viga kaunis suur — $408\,500 \pm 160$.
Veenuse massi mõistatus lahenes, kui Veenuse lähikonda jõudis ameerika kosmoselaev «Mariner 2». Ameerika astronoomid J. D. Anderson, G. W. Null ja C. T. Thornton uurisid planeedi mõju kosmoselaeva liikumisele ja said Päikese ning Veenuse masside suhteks arvu $408\,539{,}5 \pm \pm 12{,}0$. Kui võrrelda Veenuse ja Maa masse, saame tulemuseks $0{,}81485 \pm 0{,}00015$, millele absoluutarvudes vastab $4{,}869 \cdot 10^{21}$ tonni. Maa mass võrdub uuematel andmetel $5{,}975 \cdot 10^{21}$ tonniga. Veenuse mass täpsustus 13 korda.
Ka Veenuse läbimõõdu täpne määramine pole nii lihtne ülesanne, nagu esimesel pilgul võib näida. Siin on terve rida tegureid, mis vaatlustulemusi moonutada võivad. Veenuse läbimõõdu määramiseks kasutatakse mitmeid nähtusi. Eespool oli juba juttu ühest tulemusest — 12 200 kilomeetrit, mis saadi Veenuse Päikesest ülemineku ajal. Üht meetoditest vaatleme veidi hiljem, siin käsitleme tavalisemaid võtteid.
On mõeldav Veenuse läbimõõdu määramine tavalise taeva taustal, kui vabastada tulemus mitmesugustest moonutavatest vigadest. Esimesed täpsed tulemused sel alal sai Tartu astronoom F. G. W. Struve, kes 1826. aastal kõiki planeete suure Fraunhoferi refraktori abil vaatles. Hiljem on mõõtmisi korranud teine Tartu astronoom J. H. Mädler. Paljude teistegi maade astronoomid, sealhulgas ka

F. G. W. Struve pojapojapoeg G. Struve (töötas Babelsbergi observatooriumis), on tegelnud Veenuse läbimõõdu määramisega. 1928. aastal avaldas saksa astronoom W. Rabe kokkuvõtte kõigist varasematest vaatlustulemustest ja jõudis järeldusele, et Veenuse läbimõõt peaks olema 12 620 kilomeetrit.

Kõige täpsemaid tulemusi Veenuse läbimõõdu kohta on andnud vaatlused heledate tähtede kattumisest Veenusega. Vaatluste ajal registreeritakse täpselt momendid, kui täht kaob Veenuse ketta taha või tuleb sealt nähtavale. Viimane selline nähtus leidis aset 7. juulil 1959. aastal. Veenuse taha jäi Lõvi tähtkuju kõige heledam täht Reegulus. Nõukogude astronoomide vaatlustest tegi kokkuvõtte professor D. Martõnov Moskva ülikoolist. Ta sai Veenuse läbimõõduks 12 200 kilomeetrit. Ligilähedaselt samale tulemusele — 12 240 kilomeetrit — jõudis välismaa astronoomide vaatluste põhjal professor G. de Vaucouleurs Texase ülikoolist. Seega võib ümmargust arvu 12 200 kilomeetrit lugeda kõige täpsemaks tulemuseks Veenuse läbimõõdu kohta. Ka Veenuse vaatlused radartehnika abil (vt. lähemalt lk. 32) annavad sama tulemuse. Veenuse enda raadiokiirguse põhjal on samuti püütud tema läbimõõtu määrata. Vastuseks saadi mõnevõrra väiksem tulemus — 12 120 kilomeetrit, kusjuures mõõtmisviga oli ± 110 kilomeetrit. Võimalik, et raadiokiirgus annab planeedi läbimõõdu ilma atmosfäärita.

Veenuse läbimõõt on igas suunas peaaegu ühesugune, seetõttu võib teda täiesti kerakujuliseks planeediks lugeda.

Kui võtta Veenuse läbimõõduks 12 200 kilomeetrit, siis saame tema pindalaks $1{,}17 \cdot 10^8$ ruutkilomeetrit ja ruumalaks $9{,}51 \cdot 10^{11}$ kuupkilomeetrit. Jagades massi ruumalaga, saame Veenuse tiheduseks 5,12 grammi kuupsentimeetri kohta, mis on üsna lähedane Maa keskmisele tihedusele 5,52 grammi kuupsentimeetri kohta. Veenus on Maa järel tiheduselt teine planeet.

Raskuskiirendus on Veenuse pinnal võrdne 835 sentimeetrit sekund sekundi kohta, moodustades 85% vastavast suurusest Maa pinnal. Seega on kõik olendid ja esemed Veenuse pinnal mõnevõrra kergemad kui Maal.

Selleks et lahkuda Maalt, peab kosmoselaev arendama kiirust 11,2 kilomeetrit sekundis. Veenuse pealt on lahkumine veidi lihtsam: vastav kiirus võrdub seal 10,2 kilomeetriga sekundis.

TAEVAKAUNITAR JA LENDAVAD TALDRIKUD Enamikul planeetidel meie päikesesüsteemis on kaaslased ehk kuud. Kokku on neid praeguse ajani avastatud 32 ja nad jaotuvad planeetide vahel järgmiselt: Merkuur 0, Veenus 0, Maa 1, Marss 2, Jupiter 12, Saturn 10, Uraan 5, Neptuun 2, Pluuto 0. Loomulikult on astronoomid püüdnud avastada kaaslasi kõigil planeetidel ja seejuures on erilise tähelepanu all olnud Veenus kui Maale kõige lähemal olev planeet. Siiani pole midagi kindlat leitud.

Itaalia päritoluga prantsuse astronoom D. Cassini, kes avastas 4 kaaslast Saturnil (Japetus, Rhea, Tethys ja Dione), kirjutas 1686. aastal oma vaatluspäevikusse:

«18. augustil 1686. aastal kell 4.15 hommikul (maailmaaeg — *Ü.-I. V.*). Vaadeldes Veenust teleskoobis, mille fookuskaugus oli 34 jalga (umbes 10,4 meetrit — *Ü.-I. V.*), nägin ma temast ida pool, $^3/_5$ planeedi läbimõõdu kaugusel, uduse kujuga heledat objekti. Objektil, nagu näis, oli sama faas kui Veenuselgi, mis sel ajal Päikesest lääne pool peaaegu täielikus faasis nähtav oli. Tundmatu objekti läbimõõt moodustas $^1/_4$ Veenuse läbimõõdust. Ma jälgisin teda pidevalt 15 minutit, kuid, lasknud ta teleskoobi vaateväljast 4—5 minutiks välja, ei leidnud ma teda enam. Sel ajal oli päikesetõus juba lähedal ja vaatlus tuli katkestada. Samasugust objekti, mille faas langes kokku Veenuse faasiga, nägin ma 25. jaanuaril 1672. aastal kell 6.52—7.02 hommikul. Ka see objekt kadus tõusva Päikese kiirtesse. Veenus oli sel ajal vaadeldav kitsa sirbi kujul ja tundmatu objekt läbimõõduga $^1/_4$ planeedi läbimõõdust oli samasuguse kujuga. Ta oli Veenuse sirbi lõunapoolsest otsast lääne pool umbes Veenuse ketta läbimõõdu võrra. Nende kahe vaatluse ajal tekkis mul kahtlus, ehk on mul tegemist seni tundmata Veenuse kaaslasega, mis meie Kuuga sarnane on. Sel juhul peaks ta Veenuse faase kordama.»

Vaatlus äratas omal ajal üldist tähelepanu. Meenutati, et juba varem oli itaalia loodusteadlane F. Fontana midagi taolist näinud. Oletatavat Veenuse kaaslast nägid veel mitmed teised astronoomid nagu J. Short (1740), A. Mayer (1759), A. Scheuten (1761), B. Montaigne (1761) jt.

1773. aastal arvutas saksa astronoom J. Lambert isegi välja Veenuse kuu orbiidi elemendid: keskmine kaugus Veenusest oli 415 000 kilomeetrit, pöörlemisperiood 11 Maa

ööpäeva ja 5 tundi, orbiidi kalle 64° ja ekstsentrilisus 0,195. Preisi kuningas Friedrich Suur tegi ettepaneku anda taevakehale prantsuse matemaatiku Jean d'Alamberti nimi, millisest aust kuulus teadlane targu loobus. Kõige viimasena nägi Veenuse saladuslikku kuud 13. augustil 1892 ameerika astronoom E. E. Barnard.

Vaatamata sellele et Veenuse kuu vaatlustega on seotud paljude kuulsate astronoomide nimed, ei usu enamik astronoome tema olemasolu. Mida vaatlejad siiski nägid, on tagantjärele raske kindlaks teha. Enamikul juhtudel, nagu märgib P. Stroobant, kes küsimust lähemalt on uurinud, oli tegemist optilise pettega, mida Veenus kui hele taevakeha igas teleskoobis tekitada võib. Paaril korral asus Veenus juhuslikult mõne nõrgema tähe või Uraani läheduses.

Eraldi tuleb peatuda E. E. Barnardi vaatlusel, mis leidis aset suhteliselt hiljuti Licki observatooriumis. Sel korral oli tõesti tegemist reaalse objektiga, mida üheski tähekataloogis ei leidunud. Oletatakse, et see oli mingi nõrk täht, mis vaatlusmomendil plahvatas.

Viimasel aastakümnel on Veenuse saladuslikult kadunud kuu uuesti arhiivitolmust välja ilmunud ja seda seoses nn. lendavate taldrikutega. Ameerika Ühendriikides ja teistes läänemaades levitavad mõned autorid teooriat, et lendavad taldrikud pole midagi muud, kui Veenuselt Maale saabunud kosmoselaevad. Veenuse saladuslik kuu olevat olnud kosmiline vahemaandumisjaam, mida kasutati kosmoselendude õppimise algperioodil. Hiljem avastati meetod, kuidas ekraniseerida raskusvälja ja startida lennuks maailmaruumi otse planeedilt endalt. Veenuse kunstlik kuu kui pruugitud tarbeese anti vanarauaks.

TAEVAKAUNITARI ÜMBRITSEB SALADUSLIK RÕNGAS

Jutustasime juba G. Legentille'i ebatavalistest seiklustest, kui ta tahtis vaadelda Veenuse üleminekut päikesekettast 1761. aastal. See omapärane kosmiline kohtumine oli vaadeldav ka Venemaal, kus seda 6. juunil 1761. aastal jälgis esimene vene rahvusest teadlane M. Lomonossov. Õpetlane pani tähele huvitava kaasnähtuse: seda Veenuse

ketta osa, mis veel Päikese ketta peale ei olnud jõudnud ja taevafooni taustal paistis, ümbritses hele peen rõngas. Nähtus, mida praegu tuntakse Lomonossovi nähtuse nime all, kordus ka ülemineku lõpul.

M. Lomonossov andis sellele täiesti õige seletuse, kirjutades, et heleda äärise Veenuse ketta ümber võib tekitada ainult teda ümbritsev õhkkond, milles päikesekiired murduvad. See oli esimene ilmne fakt, mis kinnitas, et Veenusel on teatav gaasiline ümbris, mida võib atmosfääriks nimetada.

Kahjuks ei avaldanud M. Lomonossov oma tööd, avastus ei äratanud tol ajal tähelepanu ja unustati peatselt. Alles 1955. aastal avaldasid nõukogude astronoomid M. Lomonossovi unustusehõlma vajunud töö. Atmosfäär Veenusel avastati hiljem uuesti, kuid nüüd juba seoses teise nähtusega.

Mitte alati pole Veenuse valgustatud poolkera täies ulatuses meie poole pööratud. Seetõttu ei ole Veenuse ketas alati ümmargune nagu täiskuu, vaid muutub mõnikord kuusirbi sarnaseks (joon. 1).

Vaatleme joonist 1. Joon P_1TP_1 on terminaator, joon $P_1E_2P_2$ on limb. Kerakujulise sileda planeedi korral on mõlemad jooned ringjooned. Faasi iseloomustatakse kirjanduses mitmel viisil. Tavaliselt nimetatakse faasiks f planeedi Maalt nähtava valgustatud osa pindala suhet planeedi Maa poole pööratud poolkera pindalasse. Kui planeet on kerakujuline, siis on selle definitsiooniga samaväärne valem

$$f = \frac{T'E_2}{E_1E_2},$$

kus $T'E_2$ on sirgele E_1E_2 projekteeritud ringjoone kaar TE_2 ja E_1E_2 planeedi läbimõõt. Sageli määratletakse faas nurga F kaudu vastavalt valemile

$$f = \cos^2 \frac{F}{2}.$$

Et Veenuse orbiit on lähedane ringjoonele, siis võrdub nurk F Maa nurkkaugusega päikeseketta keskpunktist Veenuse taevasfääril. Kui faas f on väiksem kui pool ehk faasinurk F on alla 90°, siis omandab Veenuse ketas sirbi kuju. Sirbi teravaid otsi nimetatakse sarvedeks (punktid P_1 ja P_2). Sirget P_1P_2 planeedi kettal nimetatakse sarvede



Joon. 3. Saladuslik rõngas Veenuse ümber 20. novembril 1938. aastal (E. C. Slipheri foto).

jooneks. Kui planeet on kerakujuline ja tal puudub atmosfäär, jääb sarvede asend iga faasi puhul samaks.
J. Schröteri, W. Herscheli, Tartu astronoomi J. H. Mädleri ja mitmete teiste astronoomide vaatlused näitasid vastupidist. Väiksemate faaside korral Veenuse sirbi sarved pikenesid. Mõnikord oli pikenemine nii ulatuslik, et sarved ühinesid ja moodustasid tumeda planeedi ümber nõrga heleda rõnga (joon. 3). Esimest korda märkas seda imelikku loodusnähtust ameerika astronoom C. S. Lyman 1866. ja 1874. aastal. Järgmiste seda laadi nähtuste tunnistajaks oli inglise astronoom H. Russell 1898. ja 1906. aastal. Ennustati Veenuse sarvede ühinemist ka 1914. aastal, kuid alanud Maailmasõda tõmbas inimeste tähelepanu endale ja vaatlused unustati. Viimati oli ühinemine jälgitav aastail 1938, 1940 ja 1962, mil seda ka laialdaselt fotografeeriti. Järgmisel korral näeme saladuslikku rõngast taevakaunitari ümber 1972. aastal. Nähtus tekib siis, kui Veenus on Päikesega alumises ühenduses* ja nendevaheline nurkkaugus on 4° kuni 7°.
Veenuse sirbi sarvede pikenemine tundus astronoomidele algul väga mõistatusliku loodusnähtusena ja tema seletamiseks esitati ülifantastilisi hüpoteese. Kõige lähemale jõudis tõele juba 1790. aastal J. Schröter, kes näitas veen-

* Alumine ühendus on planeedi asend allpool Päikest selliselt, et Päike ja planeet asuvad ühel taevasfääri ringjoonel, mille tasand läbib vaatlejat ja on risti Maa orbiidi tasandiga.

valt, et Veenuse sirbi sarved pikenevad päikesevalguse hajumise ja murdumise tõttu Veenuse atmosfääris. J. Schröteri töö sai laialt tuntuks ja siitpeale oldi üldiselt veendunud, et Veenus on mähkinud end tihedasse pilveloori, mis armukadedalt tema saladusi varjab.

Veenuse rõngast võib kasutada tema läbimõõdu määramisel. 1962. aasta novembris sai ameerika astronoom B. Smith Veenusest 54 fotot roheliste ja punaste valguskiirte suhtes tundlikele fotoplaatidele. Enamikul neist oli näha täielik või peaaegu täielik rõngas ümber tumeda planeedi. Mõõtnud heleda rõnga läbimõõdu, sai B. Smith Veenuse keskmiseks läbimõõduks 12 310 kilomeetrit, kusjuures meetodi viga oli ± 3 kilomeetrit. Saadud tulemus on 100 kilomeetri võrra suurem kui üldiselt tunnustatud väärtus. Nähtavasti tekitavad rõnga atmosfääri päris ülemised kihid.

Veenuse faas pakub teadlastele huvi mitmes muuski mõttes. Näiteks viitame Leningradi astronoomide akadeemik V. Sobolevi ja tema õpilase dotsent I. Minini töödele. Seades vastakuti faasinurga ja planeedi heleduse tähesuurustes ning kasutades kaasaegset valguse hajumise teooriat, on V. Sobolev leidnud valguse hajumise indikatrissi Veenusel. Viimane kujutab endast teatavat kinnist pinda, mille keskpunktis asub hajutav osake. Osakese kaugus pinna antud punktist (nn. raadiusvektor) iseloomustab valguse hajumist antud suunas. Kõige lihtsam on juhus, kus valgus hajub kõikides suundades ühtmoodi. Sel juhul on tema indikatriss kerapind ehk sfäär. Indikatrissi kuju võimaldab mõnel määral teha otsuseid valgust hajutavate osakeste ehituse kohta.

V. Sobolev leidis, et valguse hajumise indikatriss Veenusel erineb tugevasti kerapinnast ja on välja venitatud valguse levimise suunas. Siit järeldub, et osakesed, mis hajutavad valgust Veenuse atmosfääris, on küllalt suure läbimõõduga, võrreldes valguse lainepikkusega.

Planeedi faasi ja heleduse vahelisest sõltuvusest on peale indikatrissi võimalik leida veel teisigi tema atmosfääri iseloomustavaid suurusi, näiteks hajunud valguse suhet hajunud ja neeldunud valguse summasse. V. Sobolev sai selle suhte jaoks ühele lähedase arvu, mis näitab, et Veenuse atmosfäär neelab päikesekiirgust võrdlemisi vähesel määral.

Kui V. Sobolev kasutas oma uurimistöös saksa astronoomi G. Mülleri juba klassikalisi vaatlusandmeid, siis sai ta kõik indikatrissi punktid positiivsed, mis on ka loomulik. Uuemad vaatlusandmed, mida on kogunud prantsuse astronoom A. Danjon ja ameerika astronoomid G. F. Kuckles, M. K. Sinton ja W. M. Sinton, andsid indikatrissi punktide raadiusvektoritele valguse leviku suunaga ristsuunas negatiivseid väärtusi, mis

füüsikaliselt on täielik mõtteiu. Põhjused, nagu märgib V. Sobolev, võivad olla kahesugused. Vaatlused Veenuse heleduse kohta pole veel küllalt täpsed ja neid tuleb jätkata. Teiselt poolt on vaja luua täpsem teooria valguse hajumise kohta planeedi atmosfääris.

Viimase ülesande lahendas I. Minin. Möödunud aasta lõpus kaitses ta edukalt doktoritööd, kus arendas oluliselt edasi valguse hajumise teooriat ja rakendas seda mitmete astrofüüsikaliste probleemide lahendamisel. Erinevalt senisest teooriast, kus Veenuse atmosfääri vaadeldakse tasaparalleelse kihina, arvestas I. Minin tema kõverust. Peale valguse hajumise võttis ta arvesse veel valguse murdumise ehk refraktsiooninähtusi. Arvutused näitasid, et refraktsioon on Veenuse atmosfääris vähem oluline kui atmosfääri kõverus. Veel on I. Minin leidnud, kuidas muutub heledus Veenuse pinnal, kui läheneme tema terminaatorile. Kui Veenusel puuduks atmosfäär, siis algaks ööpoolkera järsult. Atmosfääri olemasolu tõttu tekib valguse hajumisest teatav sujuv üleminek, mida vaatlejad juba ammu on tähele pannud. I. Minini uue teooria ulatuslikum võrdlus vaatlusandmetega seisab veel ees. Ammune vaatlusprobleem — Veenuse koguheleduse sõltuvus faasinurgast ja selle jaotus planeedi kettal — on jällegi aktuaalseks muutunud. Et vaatlustel oleks vajalik täpsus, on vaja rakendada kaasaegset fotoelektrilist vaatlustehnikat.

ÖÖPÄEV KESTAB TERVE AASTA? Tavaliselt määratakse ööpäeva pikkus planeedil laikude liikumise järgi tema kettal. Veenuse pinnal on näha väga vähe detaile ja seetõttu on sealse ööpäeva pikkust väga raske määrata. Ei saa öelda, et vaatlusi poleks tehtud. Neid on isegi kaunis palju, kuid tulemused ei lange kokku.

Põhiliselt grupeeruvad vastused küsimusele «kui pikk on ööpäev Veenusel» kahe arvu — 24 tundi ja 225 Maa ööpäeva ümber.

Esimene arv on ühtlasi ööpäeva pikkuseks Maal ja saanud toetust Veenuse ketta püsivast välisilmest. Arvestades asjaolu, et Veenus on nähtav üldiselt lühikese ajavahemiku jooksul, näeb samas punktis asuv vaatleja, kui Maa ja Veenuse ööpäevad on võrdsed, teda ikka ühesugusena. Sellelaadsed vaatlused ulatuvad kaugesse minevikku. Juba 1666. aastal sai D. Cassini ööpäeva pikkuseks Veenusel 23 tundi ja 21 minutit. Järgmisel sajandil

leidis itaalia astronoom F. Bianchini küll märksa suurema väärtuse — 24 ööpäeva ja 8 tundi —, kuid tulemus ei leidnud tunnustust ja hilisemad uurijad jäid ikka 24 tunni pooldajateks.

Kui ilmusid observatooriumid ka Ameerikasse, siis selgus vastuolu 24-tunnise hüpoteesiga. Nimelt kohtades, kus geograafiliste pikkuste vahe on suur, loojub ka Päike oluliselt erineval ajal, mistõttu ka Veenus on näha erineval ajal. Vaatamata sellele ei täheldatud mingeid muutusi.

1956. aastal tekkis uus lootus Veenuse ööpäeva pikkuse täpseks määramiseks. Ameerika astronoom J. D. Kraus avastas Veenuse raadiokiirguses perioodiliselt muutliku osa. Need raadiosignaalid sarnanesid kohati tavalistes raadiovastuvõtjates tekkivate häiretega, kui väljas paugub äike. Teiselt poolt oli neil ka sarnasus maapealsete raadiosaatjate poolt levitatava kiirgusega. J. D. Krausi tulemused äratasid tähelepanu ja nii mõnedki teadlased ning amatöörid hakkasid rääkima kõrgelt arenenud elust Veenusel. Oletati, et veenuslased soovivad sisse seada raadioühendust Maaga. J. D. Krausi avastatud raadiokiirgus kordus perioodiliselt 22 tunni järel. Kahjuks ei ole need vaatlused leidnud kinnitust teiste raadioastronoomide poolt. Pealegi on viimasel ajal ka J. D. Kraus ise oma vaatlustes kahtlema hakanud.

Eespool oli juttu sellest, et ultravioletkiirtes näeb Veenus hoopis laigulisem välja. Neid laike on ööpäeva pikkuse määramisel püüdnud kasutada Ch. Boyer, kes Brazzaville'is on pidevalt vaadelnud Veenust reflektori abil, mille peegli läbimõõt on 26 sentimeetrit. 1957. aastal pani ta Veenuse pinnal tähele Y-kujulist detaili, mis asus külili ekvaatori kohal. Jätkates vaatlusi ka 1959. ja 1960. aastal jõudis teadlane järeldusele, et ööpäev Veenusel on 4 korda pikem kui Maal, s. o. 96 tundi. Hiljem ühendas Ch. Boyer oma vaatlusseeriad prantsuse astronoomi H. Camicheli vaatlusseeriaga, mis oli tehtud Pic du Midi observatooriumis aastaist 1948—1960, ja A. Danjoni üksiku vaatlusega 10. novembrist 1926. aastast. Enamiku vaatluste ajal oli nähtav väga nõrk Y-kujuline detail või selle osa, mis planeedi pöörlemise tulemusena näis meie eest mööda libisevat. Kõikide vaatluste keskmisena saadi ööpäeva pikkuseks Veenusel 96 tundi ja 33 minutit, kusjuures pöörlemine ümber telje osutus vastupidiseks tiirlemisele ümber Päikese.

Sellelaadseid vaatlusi otsustati jätkata laialdaselt rahvusvahelises ulatuses. 1962. aastal moodustati Rahvusvahelise Astronoomide Liidu planeetide füüsika komisjoni juurde «ultravioletne teenistus», kuid siiani ei ole see osakond oma töö tulemusi veel avaldanud.
Hüpotees ööpäeva ja aasta võrdsusest Veenusel on samuti võrdlemisi vana. Esimesena tuli selle mõttega välja itaalia astronoom G. V. Schiaparelli 1877. aastal. Visuaalsete vaatluste põhjal leidis ta, et ööpäev Veenusel kestab 225 ööpäeva, mis vastab just sealsele aastale.
Olgu kohe märgitud, et väide ööpäeva ja aasta võrdsusest Veenusel kohtab tõsiseid füüsikalisi vastuväiteid. Sel korral oleks Veenuse ühel poolkeral püsivalt öö ja teisel päev. Ööpoolkerale Päike ei paista ja temperatuur langeb seal nii madalale, et igasugune õhk külmub. Tekib hõrendus, mille tulemusena gaasid päevapoolkeralt voolavad pidevalt ööpoolkerale, kus nad külmuvad. Lõpptulemusena peaks kogu Veenuse atmosfäär olema külmunud Veenuse ööpoolkeral. Kui Veenusel veel üldse mingit atmosfääri on, siis peaks ta võrdlemisi hõre olema. Vaatlustest on teada hoopis vastupidine fakt — Veenust ümbritseb tihe ja massiivne atmosfäär.
Vaatamata sellisele tugevale vastuolule leidub astronoome, kes, toetudes mõningatele vaatlusandmetele, jõuavad järeldusele, et ööpäev Veenusel peab kestma terve aasta. Viimane seda laadi põhjalikum töö on pärit viiekümnendate aastate keskpaigast ja kuulub A. Dollfusile (vt. lähemalt lk. 10). Joonisel 2 kujutatud planisfääri kohta arvab A. Dollfus, et see on Veenuse päikesepoolne poolkera.

LENINI PREEMIA Vladimir Iljitši sünnipäeval 22. aprillil 1964. aastal avaldati napp ametlik teadaanne: «Lenini preemia vääriliseks teaduse valdkonnas on tunnistatud akadeemik V. Kotelnikovi ja tema õpilaste ning kaastöötajate V. Dubrovini, M. Kisliki, V. Minašini, V. Morozovi, G. Petrovi, O. Ržiga ja A. Šahhovskoi tööd Veenuse, Merkuuri ja Marsi raadiolokatsiooni alal.»
Mis on raadiolokatsioon üldse ja kuidas rakendati seda planeetide uurimisel?

Raadiolokaator ehk radar on seade, mis saadab välja raadiolaineid ja püüab nad pärast mingilt objektilt peegeldumist uuesti kinni. Niiviisi tekib eseme kujutis radari ekraanil.

Juba radari esimestel eluaastatel tekkis mõte, et radar peaks rakendatav olema ka taevakehade uurimiseks. Võimsa raadiosaatja abil saaks suunata raadiokiirte kimbu mingile taevakehale ja püüda siis kinni selle peegeldus. Viimane peaks mõnevõrra erinema esialgsest, täiesti kindla iseloomuga raadiokiirgusest. Moonutuste põhjal saaksime informatsiooni uuritava taevakeha kohta. Aeg, mis kulub signaali väljasaatmisest kuni tema tagasijõudmiseni, võimaldaks suure täpsusega leida uuritava taevakeha kaugust Maast.

Motovõistlustel oleme tähele pannud, et mööduva mootorratta müra kõrgus oleneb sellest, kas ta läheneb või kaugeneb meist. Läheneva mootori mürin on teravam ja kiledam, kaugeneval tume ja madal. Siin on tegemist nn. Doppleri efektiga. Läheneva keha poolt väljasaadetud heli-, valgus- ja raadiolained on lühemad kui paigalseisva keha kiiratud lained. Kaugeneva keha puhul on olukord vastupidine. Mida suurem on keha kiirus, seda selgemini tuleb efekt esile. Tähendab, selle järgi, kui palju peegeldunud raadiokiirguse lainepikkus erineb väljasaadetud raadiokiirguse lainepikkusest, saame määrata uuritava taevakeha kiiruse. Lainepikkuse asemel võime uurida ka raadiokiirguse sageduse muutumist. (Sageduse saame valguse kiiruse ja lainepikkuse jagatisena.) Lühemale lainepikkusele vastavad suuremad sagedused ja vastupidi.

Kui uuritavaks taevakehaks on planeet nagu näiteks Veenus, siis peavad tema pinna erinevad osad peegeldama raadiokiirgust erinevalt, sest planeedi pöörlemise tõttu on pinna iga osa kiirus vaatekiire sihis erinev. See kiirus on null planeedi ketta keskpunktis ja maksimaalne ketta äärtel. Tulemusena muutub esialgne kitsas raadiosignaal mõnevõrra laiemaks.

Peale selle saab raadiosignaali moonutuste põhjal määrata uuritavate taevakehade mitmesuguseid füüsikalisi karakteristikuid, nagu pinna siledus, elektrijuhtivus, soojusjuhtivus jne.

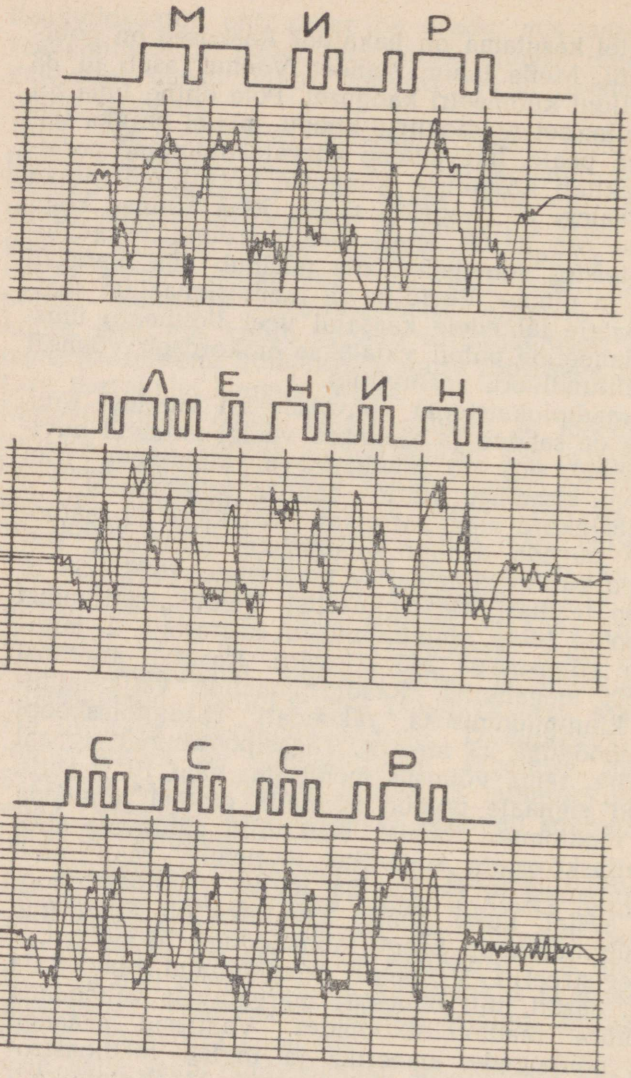
Tahtmatult tekib küsimus: kui taevakehade raadiolokatsioon nii võimas abivahend on, miks siis seda alles vii-

mastel aastatel kasutama on hakatud? Raskused on puhttehnilist laadi. Meile lähim planeet Veenus asub ju 38 kuni 261 miljoni kilomeetri kaugusel. Pole lihtne luua nii rangelt paralleelset raadiokiirte kimpu, mis ei hajuks sellise vahemaa peale. Imeväikene kõrvalekaldumine paralleelsusest tekitab kosmiliste kauguste korral märgatava hajumise. Pealegi ei peegeldu tagasi Maa suunas kogu kiirgus, vaid osa hajub laiali maailmaruumi peegeldumise tõttu teistes suundades, osa neeldub aga planeedi atmosfääris ja pinnas. Seetõttu on raadiosignaalide saatmine lähematele tähtedele kaasajal veel täitumatu unistus. Juba planeetide puhul vajatakse erakordselt võimsat saatjat ja ülitundlikku vastuvõtjat.

Esimeseks raadiolokatsiooni «ohvriks» sai muidugi Kuu. Tema kohta on saadud ja saadakse veelgi mitmeid huvitavaid andmeid, mis on põhjapaneva tähtsusega Kuu pinna ja isegi sisemiste kihtide ehituse selgitamisel.

Edasi tuli järjekord meie taevakaunitari kätte ja raadiokiir püüdis pugeda temagi saladusliku loori alla. Esimesed katsed kuuluvad ameerika teadlastele. 1956.—58. a. saatis grupp teadlasi Massachusettsi Tehnikainstituudist Veenuse poole teele raadioimpulsid kestusega 2 millisekundit ja võimsusega 265 kilovatti. Kasutati sagedusi 300 kuni 500 megahertsi. Raadiosignaalide väljasaatmiseks ja kinnipüüdmiseks rakendati raadioteleskoopi peegli läbimõõduga 25 meetrit. Tagasipöördunud signaal oli väga nõrk, tema võimsus moodustas vaid 10^{-20} vatti. Kinnipüütud signaale polnud võimalik otseselt eraldada teleskoobi raadiomüra foonist. Nad tulid nähtavale alles pärast vaatluskõverate statistilist töötlemist raali abil. Paremaid tulemusi ei saanud ka inglise raadioastronoomid 1959. aastal, kuigi nende käsutuses oli tolleaegne suurim raadioteleskoop peegli läbimõõduga 76 meetrit.

Otseselt registreeriti Veenuselt peegeldunud raadiokaja alles 1961. aastal, mil õnnestus märgatavalt vähendada seesmist müra raadioteleskoopides. Vaatlesid peaaegu üheaegselt nõukogude, ameerika ja inglise raadioastronoomid. Nõukogude raadioastronoomid V. Kotelnikovi juhtimisel töötasid sagedusel 700 megahertsi. Nad saatsid Veenusele viieminutiliste seansside kaupa kindla kujuga signaale. Need olid sõnad «Mir», «Lenin» ja «SSSR» telegraafikoodis. Signaalid ise ja nende kinnipüütud peegeldused võimendatud kujul on esitatud joonisel 4.



Joon. 4. Nõukogude raadioastronoomide poolt Veenusele saadetud raadiosignaalid ja nende võimendatud peegeldused.

Seansside vaheaeg oli samuti 5 minutit. Sel ajal võeti sama raadioteleskoobiga vastu peegeldunud signaale, mille sageduste diapasoon oli keskmiselt 4 hertsi laiem kui väljasaadetud signaalil, muutudes päevast päeva. Oletades, et Veenuse telg on risti tema orbiidi tasandiga, ja võrreldes erinevate pöörlemiskiiruste korral teoreetiliselt arvutatud laienemise kõveraid vaatlusandmetega, jõudsid nõukogude teadlased järeldusele, et Veenus pöörleb ümber oma telje vastupidi tiirlemissuunale, kusjuures ööpäeva pikkus on 200 kuni 300 maapealset ööpäeva.

Veenuse ööpäeva pikkus ei olnud ainuke suurus, mis Veenuse raadiolokatsiooni-vaatlustest leiti. Hoopis tähtsam praktiliste rakenduste poolest oli Veenuse ja Maa vahelise kauguse täpne määramine etteantud ajamomendil. Kasutades planeetide liikumise seadusi, mis tänapäeval Veenuse ja Marsi osas on väga täpselt teada, saame Maa ja Veenuse hetkelise kauguse põhjal leida Maa ja Päikese raskuskeskmete vahelise keskmise kauguse ehk astronoomilise ühiku. Viimase täpne teadmine omakorda lihtsustab kosmoselaevade saatmist Kuule ja teistele planeetidele.

V. Kotelnikov ja tema kaastöötajad said astronoomilise ühiku pikkuseks 149 598 000 kilomeetrit, kusjuures mõõtmisviga oli astronoomide jaoks senikuulmatult väike, ainult $\pm$500 kilomeetrit. Ameerika ja inglise raadioastronoomid said algul mõnevõrra erinevad tulemused kui V. Kotelnikovi grupp, ent hiljem selgus, et neil esines teatav süstemaatiline viga ja nüüd langevad kõigi kolme maa teadlaste tulemused mõõtmisvea piires kokku eespool toodud arvuga astronoomilise ühiku kohta.

Ameerika raadioastronoomid G. Pettengilli juhtimisel täpsustasid hiljem ööpäeva pikkust Veenusel. Nad said tulemuseks 247 Maa ööpäeva, kusjuures mõõtmisviga oli $\pm$5 ööpäeva. Vaatlusteks kasutati maailma suurimat raadioteleskoopi peegli läbimõõduga 300 meetrit. See kuulub Cornelli ülikooli Arecibo observatooriumile ja on ehitatud kustunud vulkaani kraatrisse Puertoriiko saarel. Seetõttu saab teda liigutada ainult õige väikeses ulatuses — 20° mõlemale poole seniiti —, ent tänu maakera pöörlemisele haarab teleskoobi vaateväli taevasfäärist terve vööndi. Arecibo raadioteleskoop valmis 1963. aastal.

Veenuse pöörlemistelg leiti olevat orbiidi tasandi suhtes kaldu 85° nurga all, s. o. Veenuse ekvaatori tasand on orbiidi tasandi suhtes kaldu 15°.
Et aasta ja ööpäeva pikkus Veenusel ei ole täpselt võrdsed, siis langevad ära eespool toodud vastuväited atmosfääri olemasoluks Veenusel.

SALAPÄRASE LOORI ALT VÄLJUVAD RAADIOKIIRED

Ei tavaline valgus ega ka nähtamatu infrapunane ja ultravioletne kiirgus suuda Veenuse pinnalt meieni tungida. Tihe läbipaistmatu pilveloor varjab taevakaunitari tegelikku palet. Eespool jutustasime sellest, kuidas inimese saadetud raadiokiir sellest pilveloorist läbi tungis ja üht-teist meile teatada oskas. Kuid juba varem jõudsid meieni Veenuse enda poolt saadetud raadiokiired.
See oli maikuus 1956. aastal, kui ameerika astronoomid C. H. Mayer, R. M. Sloanaker ja T. P. McCullough suunasid 15-meetrise peegliläbimõõduga raadioteleskoobi Veenusele. Võeti vastu raadiokiirgust lainepikkusel 3,15 sentimeetrit. Mida lähemale planeet Maale liikus, seda tugevamaks muutus saabuv kiirgus.
Planeedid pole ultraviolettkiirguses ja nähtavas valguses oluliselt isekiirgavad taevakehad, vaid nad saavad kiirgust Päikeselt. Kui saabunud kiirgus jääks täielikult planeedile, siis kasvaks tema temperatuur kiiresti. Selle vältimiseks peavad planeedid suurema osa päikesekiirgusest tagasi maailmaruumi saatma. Tavaliselt leiab see aset suurematel lainepikkustel — infrapunase ja raadiokiirgusena. Nende kiirguste põhjal võime määrata planeedi temperatuuri.
Esialgu saadi Veenuse pinna raadiotemperatuuriks +50°C, mis oli lähedane infrapunase kiirguse põhjal hinnatud tulemusele.
Esimestena määrasid temperatuuri Veenusel 1923. aastal E. S. Pettit ja S. B. Nicholson Mount Wilsoni observatooriumis Ameerika Ühendriikides. Nende kasutada oli tolleaegne maailma suurim teleskoop peegli läbimõõduga 2,5 meetrit. Samal ajal mõõtsid temperatuuri Veenusel veel W. W. Coblentz ja C. O. Lampland Lowelli obser-

vatooriumis (samuti USA). Nemad kasutasid reflektorit, mille peegli läbimõõt oli 1,2 meetrit. Mõlemad astronoomide rühmad jõudsid järeldusele, et Veenuse päevapoolkeral on temperatuur +50° C kuni +60° C ja ööpoolkeral —20° C kuni 0° C.

1955. aastal töötasid E. S. Pettit ja S. B. Nicholson vanad vaatlusandmed ümber ja leidsid, et pole mingit erinevust Veenuse päeva- ja ööpoolkera temperatuuride vahel. Mõlema jaoks said nad võrdlemisi madala väärtuse —35° C.

Aastail 1953—1961 mõõtsid Veenuse temperatuuri ameerika astronoomid W. Sinton ja J. Strong, kellel õnnestus Veenust vaadelda ka maailma suurima teleskoobi abil. See asub Mount Palomari observatooriumis USA-s ja tema peegli läbimõõt on 5 meetrit. Keskmiseks temperatuuriks saadi —39° C ± 5,4. 1963. aasta lõpus ja 1964. aasta esimesel poolel oli Veenus jällegi Palomari suure reflektori vaateväljas. J. A. Westphal, R. L. Wildey ja B. C. Murray uurisid infrapunase kiirguse põhjal temperatuurijaotust Veenuse kettal. Selle maksimumväärtused kõikusid —67° C ja —46° C vahel. Maksimaalsed temperatuurid saadi planeedi keskpunktis. Planeedi ketta serva poole temperatuur langes. Päris serval kõikus ta vahemikus —83° C kuni —63° C. Sirbi lõunapoolses otsas torkas silma üksik külmem ala, ööpoolkeral pandi tähele üksikuid veidi soojemaid kohti.

On loomulik oletada, et mõõdeti Veenuse atmosfääri ülakihtide temperatuuri. Lähenemisel Veenuse pinnale peaks temperatuur tõusma. Viimane fakt on leidnud osalist kinnitust vaatlusandmetest. Veenuse ketta limbipoolsest servast, kus atmosfäärikihid on keskmisest kõrgemal, saabub vähem infrapunast kiirgust. Saksa astronoom R. Wildt, kes praegu töötab USA-s, arvutas välja, et temperatuur Veenuse pinnal peab olema umbes +50° C. Tänu asjaolule, et Veenusel on väga tihe ja paks atmosfäär, ei esine pinnal ööpäeva jooksul olulisi temperatuurimuutusi.

Kooskõla infrapunase ja raadiokiirguse vaatluste vahel püsis õige lühikest aega. Raadiokiirguse vaatluste töötlemisel leiti arvutusviga. Kui see parandati, jõudsid teadlased üllatavale järeldusele. Veenuse keskmiseks temperatuuriks raadiokiirguse vaatluste põhjal saadi +310° C, kusjuures mõõtmisviga oli ±160° C. Tähendab, meie naa-

berplaneedil peab valitsema kohutav kuumus! Tulemus sõna tõsises mõttes rabas teadlasi. Paljude maade raadioteleskoobid suunati Veenusele. 1959. aastal hakati Veenuse raadiokiirgust vaatlema ka Nõukogude Liidus. A. Kuzmin ja A. Salomonovitš registreerisid Veenuse raadiokiirguse lainepikkusel 8 millimeetrit. 17 päeva jooksul tehtud mõõtmiste põhjal leiti keskmine temperatuur Veenusel olevat $+40^{\circ}\,C \pm 70$. Vaatlus tehti ajal, mil Veenus oli Maale kõige lähemal ja meie poole oli pööratud tema ööpoolkera. Kui Veenuse faas suurenes, kasvas ka tema raadiotemperatuur, ulatudes kuni $+145^{\circ}\,C$. Veenuse madalamat temperatuuri millimeeterlainetel tehtud vaatluste põhjal olid täheldanud ka teised raadioastronoomid. Nimelt leidsid ameerika astronoomid J. E. Gibson ja R. J. McEwan 1958. aasta jaanuaris lainepikkusel 8,6 millimeetrit saabuva raadiokiirguse põhjal Veenuse temperatuuri jaoks väärtuse $+135^{\circ}\,C$. Kuid tulemust ei saanud eriti usaldada, sest Veenuse raadiokiirgust ei õnnestunud registreerida otseselt. See ei eraldunud raadioteleskoobi mürafoonist. Alles siis, kui mitu vaatluskõverat statistiliselt koos läbi analüüsiti, saadi andmed Veenuse raadiokiirguse kohta.

1961. aastal jätkasid A. Kuzmin ja A. Salomonovitš Veenuse raadiokiirguse uurimist. Kasutati endist raadioteleskoopi, kuid kiirguse registreerimiseks rakendati uut, tundlikumat vaatlustehnikat. Minimaalseks temperatuuri väärtuseks kaheksamillimeetristel raadiolainetel tehtud vaatluste põhjal saadi $+101^{\circ}\,C \pm 75$. Neljamillimeetristel raadiolainetel tehtud vaatlused andsid tulemuseks $+117^{\circ}\,C \pm 120$. Arvestades küllalt suuri vaatlusvigu, võib öelda, et need temperatuurid langevad kokku ja on mõlemad umbes $+100^{\circ}\,C$ piires.

Vaatlused sentimeeterlainetel viitasid hoopis kõrgematele temperatuuridele. Vaatlustest lainepikkustel 3,3 ja 9,6 sentimeetrit saadi temperatuuri väärtused vastavalt $+269^{\circ}\,C \pm 85$ ja $+417^{\circ}\,C \pm 85$. Viimasel lainepikkusel tulid nähtavale iseäralikult suured raadiokiirguse «puhangud», millele vastas temperatuurikõikumine vahemikus $+700^{\circ}\,C$ kuni $+1200^{\circ}\,C$. Arvestades jällegi küllalt suurte vaatlusvigade juhuslikku mõju jõuti järeldusele, et kõige tõenäolisemaks temperatuuri väärtuseks sentimeeterlainetel registreeritud raadiokiirguse vaatluste põhjal on umbes $+300^{\circ}\,C$.

Kõrge temperatuuri reaalsusele Veenusel viitavad ka mõned tavalise teleskoobi abil tehtud vaatlused. 1962. aastal uuris ameerika astronoom H. Spinrad oma kolleegide W. S. Adamsi ja T. Dunhami poolt saadud süsihappegaasi ribasid lainepikkuse 782 nanomeetrit ümbruses. Süsihappegaas on heaks soojusisolaatoriks ja tema hulga järgi saab hinnata ka temperatuuri. Tulemus langes vahemikku —60° C kuni +170° C. Saadud temperatuur ei iseloomusta mitte planeedi pinda, vaid tema atmosfääri teatavat kihti. Tulemust ekstrapoleerides jõudis H. Spinrad järeldusele, et temperatuur Veenuse pinnal peab olema +230° C.

1966. aastal vaatles H. Spinrad ka ise Veenuse spektrit. Vaatlusteks kasutas ta Licki observatooriumi reflektorit peegli läbimõõduga kolm meetrit (suuruselt teine optiline teleskoop maailmas). Tulid nähtavale mitmed süsihappegaasile kuuluvad ribad. Mõned neist andsid temperatuuri jaoks tavalisest kõrgemaid väärtusi. Näiteks süsihappegaasi kiirguse järgi lainepikkusel 876 nanomeetrit sai ta Veenuse temperatuuriks +180° C. Neid spektriribasid, mis Veenuse jaoks kõrgema temperatuuri annavad, on hakatud «soojaribadeks» kutsuma.

1964. aasta maist kuni juulini viibis nõukogude raadioastronoom A. Kuzmin külas ameerika raadioastronoomil B. Clarkil, kes töötab Owens Valley observatooriumis. Sentimeeterlainetel tehtud vaatluste põhjal leiti Veenuse keskmiseks temperatuuriks +309° C. Kõige soojemas punktis ulatus temperatuur kuni +400° C. See tähendab, et sellised ained nagu plii, inglistina, väävel jt. peaksid Veenusel vedelas olekus esinema.

A. Kuzmin ja B. Clark püüdsid välja selgitada, miks millimeeter- ja sentimeeterlainetel registreeritud raadiokiirguse põhjal saadud temperatuurid on erinevad. Nähtusele võib anda kaks seletust. A. Kuzmin ja A. Salomonovitš oletavad, et Veenuse pinnalt saabub meile raadiokiirgus ainult sentimeeterlainetel, kuna raadiokiirgus millimeeterlainetel on pärit Veenuse atmosfääri teatavast kihist. See tähendab, et temperatuur +300° C kuulub Veenuse pinnale. Teine võimalus, millest jutustame lähemalt edaspidi (vt. lk. 61—65) põhineb oletusel, et Veenuse raadiokiirgus sentimeeterlainetel ei tule mitte planeedi pinnalt, vaid pärineb tema atmosfäärist. Sel korral oleks Veenuse raadiotemperatuur sentimeeterlainetel tehtud

vaatluste põhjal lihtsalt laest võetud arv. Millimeeterlainetel saadud vaatlusandmete töötlemisel tuleks arvestada aga atmosfääri neelavat toimet sellele kiirgusele. Kumb neist hüpoteesidest on õigem, saab otsustada selle põhjal, kas Veenuse ketta servadelt saabuv raadiokiirgus on polariseeritud*. Vaatlust raskendas asjaolu, et tavaliselt ei suuda raadioteleskoobid eraldada üksikuid detaile Veenuse kettal, vaid registreerivad ainult terviku kiirgust. Probleem lahendati kahe raadioteleskoobi abil. Kahest samaaegsest vaatlusest oli võimalik välja eraldada raadiokiirgus lainepikkusel 10 sentimeetrit, mis kuulus Veenuse ketta servale. See kiirgus osutus polariseerituks.

Järelikult on tõenäoline, et Veenuse pinnal valitseb kohutav kuumus +300° C.

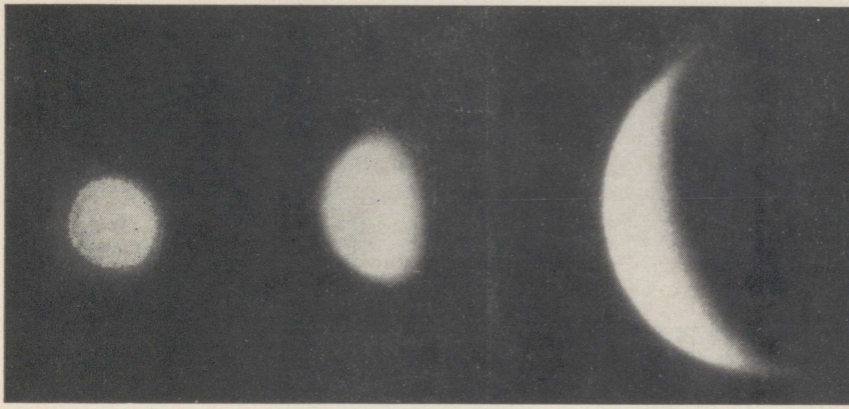
Viimasel ajal on mõned ameerika astronoomid nagu W. T. Plummer ja J. Strong püüdnud tõestada, et senised raadiotemperatuurid sentimeeterlainetel tehtud vaatluste põhjal on 185° C võrra ülehinnatud. Osa nimetatud raadiokiirgusest olevat mittesoojusliku iseloomuga. Tulemust ei saa pidada täiesti usaldusväärseks, sest selle aluseks on eeldus, et pilved Veenusel koosnevad veeaurust.

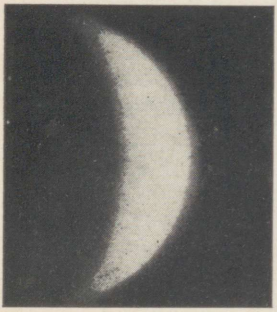
Raadiokiired, mis tungivad välja taevakaunitari salapärase loori alt, jutustavad meile peale temperatuuri ka paljudest muudest asjadest.

Raadiokiirguse põhjal on püütud leida tunnuseid veeauru olemasolust Veenusel. Vaatluste järgi üksikutel lainepikkustel on konstrueeritud Veenuse raadiospekter. A. Salomonovitš leidis seal lainepikkustel 1,62 millimeetrit ja 1,32 sentimeetrit väga nõrgad veeauru jooned. Teadlane jõudis nende põhjal järeldusele, et Veenust ümbritseb kuuma vee ookean, mille temperatuur on vähemalt +120° C. Nii kuum vesi ei pruugi Veenusel aurustuda, sest õhurõhk on seal märksa kõrgem kui Maal. Viimase joone eksisteerimine on siiski vaieldav, sest ameerika astronoomi W. J. Welchi vaatlustest see nähtavale ei tulnud.

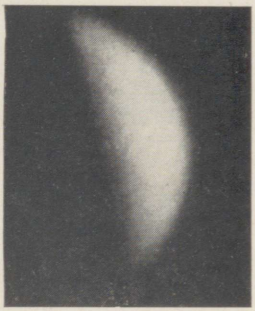
Veenuse teoreetilist ja vaatlustest saadud raadiospekt-

* Raadiokiirgus nagu nähtav valguski on elektromagnetiline lainetus. Tavaliselt ei ole ükski võnketasand eelistatud. Kui niisugune eelistatud võnketasand mingil põhjusel aga tekib, siis nimetatakse kiirgust polariseerituks.





9. märts 1937
$\lambda = 8200 - 9300$



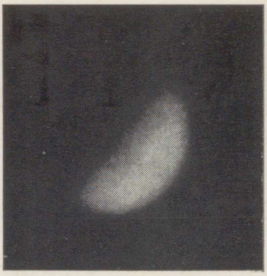
1. märts 1937
$\lambda = 9300 - 10\,300$



9. märts 1937
$\lambda = 10\,000 - 12\,000$

Veenus kollastes (ülemine rida) ja infrapunastes (alumine rida) valguskiirtes (infrapunase kiirguse lainepikkused on märgitud ongströmites).

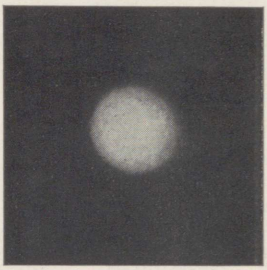




2. veebr. 1937
λ = 3650—4000 (UV)

6. dets. 1927
λ = 4000—4600 (V)

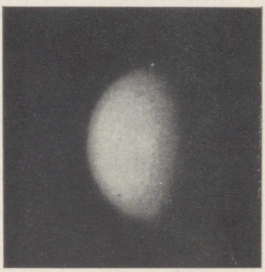




18. juuli 1927
λ = 4000—4900 (S)

1. sept. 1910
λ = 4850—5850 (R)





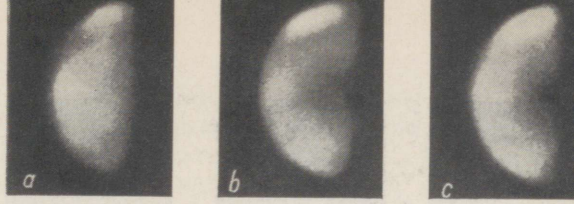
13. märts 1907
λ = 5000—5850 (K)

12. jaan. 1928
λ = 6000—6850 (P)

E. C. Slipheri fotod Veenusest mitmesugustes valguskiirtes. (UV — ultraviioletne, V — violetne, S — sinine, R — roheline, K — kollane, P — punane.)

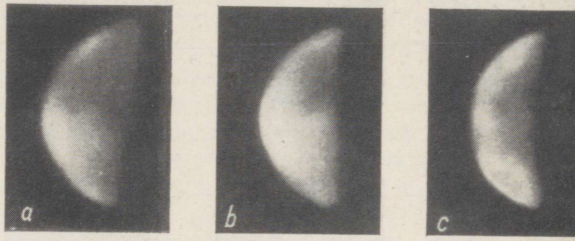
TAHVEL III.

Veenus ultraviolettkiirtes F. Rossi fotode põhjal (1927. a.) . . .

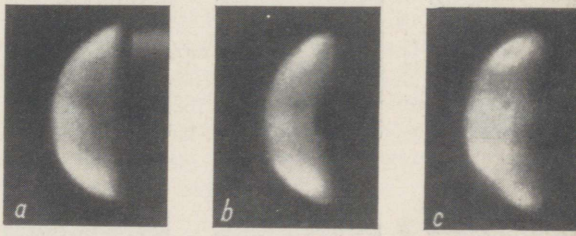


▲

5. juuni *a*
6. juuni *b*, *c*

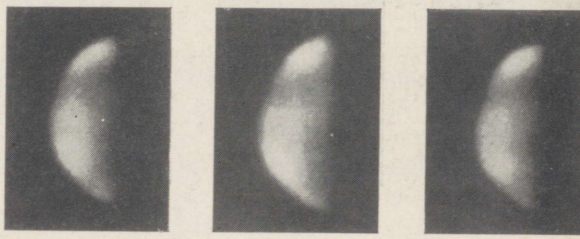


20. juuni *a*, *b*
21. juuni *c*



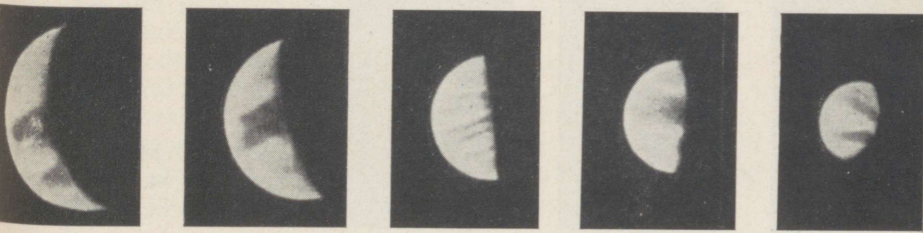
23. juuni *a*
21. juuni *b*, *c*

23. juuni



ja R. Richardsoni fotode põhjal. 30. dets. 1954, 9. jaan. 1955, 29. jaan. 1955, 15. veebr. 1955, 29. märts 1955

▼







Veenus ultraviolettkiirtes E. C. Slipheri fotode põhjal.
M. a. — maailmaaeg.

13. juuni 1935. M. a. 21.57
14. juuni 1935. M. a. 1.02
14. juuni 1935. M. a. 2.12





15. juuni 1935. M. a. 3.00
23. dets. 1936. M. a. 23.52
27. dets. 1936. M. a. 1.13





27. jaan. 1937. M. a. 1.08
28. jaan. 1937. M. a. 0.03
3. veebr. 1937. M. a. 1.44





18. veebr. 1937. M. a. 1.23
28. mai 1938. M. a. 1.45
4. juuni 1938. M. a. 1.45

rit on omavahel võrrelnud veel nõukogude astronoomid A. Bašarinov ja B. Kutuza. Hea kooskõla saadi oletusel, et Veenuse pilved koosnevad veeaurust. Pilvekihis tuleb ühe ruutsentimeetri kohta 0,2 kuni 0,3 grammi veeauru.

Ameerika astronoomid D. H. Staelin ja A. H. Barrett ning Ameerikas töötav india astronoom D. Deirmerdjian on mõõtnud ultralühilainelise raadiokiirguse neeldumist, peegeldumist ja hajumist maapealsetes pilvedes. Saadud andmeid on kasutatud Veenuse mudeli loomisel, kusjuures lõpptulemusena arvutati Veenuse raadioheledus. Viimast võrreldi Veenuse raadiokiirgusega lainepikkustel 0,3 kuni 10 sentimeetrit. Kõige paremini sobis mudel, kus Veenuse pinnatemperatuuriks oli võetud +300° kuni +500° C. Teadlased oletasid, et nii kõrge temperatuur ei püsi mitte päikesekiirguse mõjul, vaid planeedi sisemusest eralduvä soojuse arvel. Päikesekiirguse jõudmist planeedi pinnale takistab tihe veeaurust, veepiiskadest ja jääkristallidest koosnev pilvkate, mille paksus on 5 kuni 10 kilomeetrit. Kogu veeauru hulka Veenuse atmosfääris hindavad teadlased 5 triljonile tonnile. Vaatamata sellele võib pealmine atmosfäärikiht olla täiesti niiskusvaba, mistõttu veeauru pole võimalik avastada.

TELESKOOP JA ASTRONOOMID ÕHUPALLIL Maa atmosfäär, mis kaitseb kõike elusat maailmaruumi kahjuliku mõju eest, on astronoomidel mõnes mõttes «pinnuks silmas». Temast tungib läbi ainult väike osa taevakehade poolt maailmaruumi läkitatavast elektromagnetilisest kiirgusest — osa ultraviolettkiirgusest, nähtav valgus, osa infrapunasest kiirgusest ja osa raadiokiirgusest. Peale selle ei püsi õhk Maa atmosfääris paigal. Tekivad mitmesugused keerised, mis vähendavad läbipaistvust ja takistavad detailide vaatlemist teiste planeetide pinnal. Tõsiseks takistuseks on Maa atmosfäär ka planeetide spektrite vaatlemisel (vt. lähemalt lk. 47), eriti juhul, kui Maa ja planeedi atmosfäärid sisaldavad samu aineid. Planeedi atmosfäärist tingitud neeldumisjooned võivad peituda tugevate telluursete joonte taha.

Nendest raskustest on astronoomid hakanud üle saama uute vaatlusvahendite abil: teleskoobid asetatakse õhupallidele, lennukitele, rakettidele ja tehiskaaslastele. Sellega muidugi ei vähene maapealse astronoomia tähtsus. Kõrgel Maa atmosfääris liikuva astronoomiaobservatooriumi vaatlustel on veel suurem väärtus, kui neid täiendavad vaatlused Maa pealt. Pealegi on atmosfäärivälised vaatlused praegu veel küllalt kallid ja neid ei tasu rakendada iga probleemi lahendamiseks.

Õhupallilt vaatlustel on mitmeid eeliseid. Õhupallide väljasaatmine on märksa odavam tehiskaaslaste üleslennutamisest. Gondlis saab vaadelda hoopis pikema aja jooksul kui raketil. See on oluline just infrapunase kiirguse korral, mida erinevalt ultravioletsest ei saa registreerida momentaanselt. Võrreldes lennukiga rappub õhupalli gondel hoopis vähem ja asendimuutused on sujuvamad.

Esimene teleskoobiga õhupall tõusis õhku 1957. aastal. See oli «Stratoscope I», mille pardal asus automaatne päikeseteleskoop objektiivi läbimõõduga 30 sentimeetrit. Katse juhiks oli Princetoni ülikooli professor M. Schwarzschild. Saadi mitmed väga detailsed fotod Päikesest.

Samas suunas töötas veel teine grupp astronoome Baltimore'is J. Hopkinsi nimelise ülikooli juures. Mereväelendurid Sh. Silverman, F. B. Isaacson ja M. D. Ross tegid 1956. aastal professor J. Strongile ettepaneku kasutada astronoomilisteks uurimistöödeks kaheistmelist aerostaati. Projekt sai nime «Astrolab». Hakati valmistama sobivat teleskoopi. Kõige otstarbekamaks osutus eesti optiku B. Schmidti poolt 1930. aastal leiutatud teleskoobi skeem. Sellel on sfäärilise peegli ees korrektsiooniplaat, mis muudab peeglile langeva valguse suunda nii, et tekkiva kujutise vead kaovad. Teleskoobi peegel valmistati läbimõõduga 40 sentimeetrit, kuid korrektsiooniplaat võeti 10 sentimeetrit väiksema läbimõõduga. Teleskoobi valgusjõud oli 1:1,5. Kõige väiksemate saadud kujutiste läbimõõt ulatus kolme kaaresekundini. Teleskoobi seadmine objektile toimus algul käsitsi täpsusega kuni 3". Hiljem gideeriti seda fotogiidi kaasabil.

Õhupalli gondlis asus peale teleskoobi kaks inimest: lendur, kes jälgis õhupalli liikumist, ja astronoom, kes vaatles.

Et imiteerida vaatlusi õhupallil ja end vastavalt ette val-

mistada, selleks tõsteti gondel kraanaga 25 meetri kõrgusele ja vaadeldi sealt Päikest ning Marssi. Selgus, et planeedid püsivad teleskoobi vaateväljas 5" täpsusega. Treeningud leidsid aset 1958. aasta novembris ja kulgesid edukalt. Kavatseti alustada juba tõeliste vaatlustega, aga kui polüetüleenist õhupalli hakati täitma heeliumiga, siis see lõhkes. Esialgu oli kavas vaadelda Marssi. Ent selle aja jooksul, mil uut õhupalli kesta valmistati, läks soodus aeg vaatlusteks mööda ja sama aparatuuri otsustati kasutada Veenuse vaatlemiseks.

Aasta hiljem oli uus õhupalli kest (jällegi polüetüleenist) valmis ja võidi alustada teist lendu. Lenduriks oli M. D. Ross, vaatlejaks Ch. B. Moore. Projekti juhiks oli J. Strong. Viimane võttis enda peale ka vaatlusandmete töötlemise. Õhupall tõusis 24 384 meetri kõrgusele. Ülespoole jäi ainult 1% Maa atmosfääris leiduvast veeaurust.

M. D. Rossil ja Ch. B. Moore'il oli võrdlemisi raske hoida Veenust teleskoobi vaatevälja keskel, sest õhupall võnkus tugevasti. Vaadeldi pool tundi ja selle aja jooksul tehti kolm vaatlusseeriat. Registreeriti infrapunast kiirgust lainepikkuse 1,13 mikromeetrit ümbruses. Seal tulid nähtavale veeauru neeldumisjooned. Hilisem lähem analüüs näitas, et Veenuse atmosfääri ülemistes kihtides on neli korda rohkem veeauru kui Maa atmosfääri ülemistes kihtides.

J. Strong, toetudes mõningatele teoreetilistele kaalutlustele, püüdis tõestada, et ka Veenuse atmosfääri alumistes kihtides on neli korda rohkem veeauru kui Maal. Näis, nagu oleks leidnud kinnitust hüpotees, et Veenust ümbritseb ülemaailmne ookean või vähemalt on seal väga niiske.

E. J. Öpik ja nõukogude geofüüsik G. Rosenberg jõudsid vastupidisele järeldusele. Nende arvates leidub veeauru ainult Veenuse atmosfääri ülemistes kihtides, allpool olevat aga hoopis kuivem. Esimese argumendid põhinesid nn. aeolosfääri mudelil (vt. lähemalt lk. 55—57), teine kasutas vaatluste tõlgendamisel mitmekordse hajumise teooriat.

Astronoomide «õhulennud» ei õigustanud end. Kõigepealt olid need väga ohtlikud. Teiseks ei suuda inimvaatleja teleskoopi küllalt täpselt juhtida. Sellega võib hakkama saada vaid automaat.

Edasised astronoomilised vaatlused õhupallilt ongi toimunud automaatseadmete järelevalve all.
Üldreeglina vaadeldakse õhupallilt päeval, sest kõrgel stratosfääris on taevas igal ajal tume, mistõttu pole vaja oodata ööd. Päikest võib kasutada esmaseks orientiiriks, sest automaatseadmel on teda kerge üles leida.
Järgnesid mitmesuguste katsetuste aastad. Paljud katsed ebaõnnestusid. Alt vedas enamasti polüetüleen, vahel ka automaatika. Õige mitu õhupalli läks lõhki. Hiljem võeti kasutusele uued, 17 korda vastupidavamad tehiskiud. Õhupall valmistati mailoorist. Selle peale tõmmati dakroonvõrk, mille külge kinnitati gondel. Õhupalli läbimõõt ulatus 60 meetrini. Teleskoop oli sama mis esimese lennu ajal, kuid abiseadmed ehitati peaaegu täielikult ümber.
Ettevalmistused Veenuse vaatlemiseks õhupallilt lõppesid 21. veebruari koidikul 1964. aastal. Õhupall oli kavas välja saata merejõudude Hollomanni baasist (New Mexico osariik). Varahommikul hakkas puhuma tugev tuul ja õhupalli täitmine tuli edasi lükata. Poole kümneks (kohalik aeg) tuul vaibus ja võidi alustada heeliumi pumpamist õhupalli. Kõik läks õnnelikult ja kell 10.46 asus õhupall teele. Kahe tunni jooksul tõusis ta ikka ülespoole. Kella veerand kaheks saavutas pall ettenähtud kõrguse ja Maa pealt saadud käskluse põhjal avas automaatseade teleskoobi. Kõrgus maapinnast oli umbes 26,5 kilomeetrit. Vaatlused kulgesid täies vastavuses programmile. Pärast vaatluste lõppu anti maapinnalt uus käsklus ja automaatseade laskis õhupalli tühjaks. Teleskoop, abiseadmed ja vaatlusmaterjal laskusid langevarju abil maapinnale.
Veenuse spektris tulid jällegi nähtavale veeauru jooned. Lainepikkusel 1,13 mikromeetrit olid näha nii Maa atmosfäärist kui ka Veenuse atmosfäärist tingitud veeauru jooned. Esimesed olid nüüd tublisti nõrgemad kui maapealsete vaatluste korral ega «lämmatanud» vastavaid jooni Veenuse atmosfäärist. Otseselt vaadeldud veeauru hulk saadi väiksem kui 1959. aastal. Veenuse pinna 1 ruutsentimeetri kohal peaks olema veeauru sammas kaaluga 0,0019 grammi. Kui see veeaur veena Veenuse pinnale sadestuks, tekiks selle ümber kiht paksusega 0,098 millimeetrit. Võrdluseks märgime, et 75%-lise õhuniiskuse ja 15°-lise temperatuuri juures tekitab Maa atmosfääris olev vesi 20 millimeetri paksuse kihi.

ASTRONOOMIST SAAB ALPINIST Aasta 1963. Külm jaanuarikuu hommik. Väikesesse asulasse Šveitsi Alpides saabus prantsuse astronoom A. Dollfus. Tema ees kõrgus 3,6 kilomeetrit üle merepinna ulatuv Jungfrau mäetipp, mille ümbrus on tuntud oma erakordselt kuiva kliima poolest.

Teadlane kontrollis veel kord varustust — väike teleskoop (objektiivi läbimõõt 5 sentimeetrit), valgusfiltrid, fotomeeter ja mõned mõõteriistad. Kõik on korras. Alpinistisaapad jalga ja teele! Kaasa võttis ta paari nädala toidumoona. Algul läks teekond kohalike elanike saatel, kes aitasid varustust kanda. Lõpu poole sammus teadlane aga üksinda edasi. Hõre õhk raskendas liikumist, 25-kraadine pakane tikkus vägisi kallale. Abilisi mäetipule kaasa võtta ei saanud, sest seal pidi olema võimalikult vähe inimesi, et mitte rikkuda kohalikku kliimat. Eraldab ju iga inimene veeauru, Dollfusil aga seisid ees väga täpsed vaatlused veeauru avastamiseks Veenusel.

14. jaanuaril 1963. aastal jõudis A. Dollfus Jungfrau tippu. Kraadiklaas näitas endistviisi 25 püga lat alla nulli. Õhuniiskus — 20%. Talvine aeg tuligi valida just sellepärast, et suure külmaga on õhus vähem niiskust.

Teadlane suunas teleskoobi Veenusele ja Marsile. Nädal aega kestsid pingelised vaatlused. Neist kahel ööl õnnestus vaadelda Veenuse spektrit, mida teadlane võrdles horisondist samal kõrgusel asuva Kuu spektriga. Spektreid ei vaadeldud täies ulatuses, vaid ainult lainepikkuse 1,4 mikromeetrit ümbruses. Uuritav piirkond eraldati muust spektriosast erilise filtri abil. Vaheldumisi registreeriti kiirgust täpselt lainepikkusel 1,385 mikromeetrit ja selle naaberaladel. Infrapunane kiirgus muudeti patarei abil fotovooluks. See võimendati ja registreeriti optilise kondensaatori abil numbriliselt, s. t. vastust ei saadud mitte lindile kirjutatud kõvera, vaid teatud arvude rea kujul.

Lainepikkusel 1,385 mikromeetrit esines heleduse nõrgenemine nii Veenuse kui ka Kuu spektris. Osaliselt oli see tingitud teleskoobi kohal olevas atmosfäärikihis sisalduvast veeaurust. Kui Veenusel veeauru poleks leidunud, siis pidanuksid Veenuse ja Kuu spektrite näidud veeauru neeldumisjoonte suhtelise tumeduse osas kokku langema. Seda ei juhtunud. Veenuse spektris oli veeauru joon

mõnel määral tumedam. Oli saadud teine tõestus veeauru olemasolu kohta Veenusel.
22. jaanuaril lahkus A. Dollfus Jungfrault ja jõudis õnnelikult alla orgu. Vaatluste hilisem analüüs näitas, et Veenusel tuleb 100 ruutsentimeetri kohta veeauru- (tõenäoliselt jääkristallide) sammas kaaluga üks kuni poolteist grammi, s. o. veena natuke rohkem kui sõrmkübaratäis. Selline veeauru hulk on tavaline ka Maa atmosfääris, kuid mitte planeedi pinna lähedal, vaid pealpool tavalisi pilvi, nii umbes 13 kilomeetri kõrgusel. Milline on veeauru hulk allpool tihedat pilvkatet Veenusel, sellele ei andnud vastust ka vaatlused Jungfrault.

MILLINE ON ÕHK VEENUSEL? Tuntud on rooma vanasõna «Divide et impera!» (Jaga ja valitse!). Sellest on õppinud ka astronoomid. Valge valguse jaotavad nad üksikuteks kiirteks ja koostisosade vahekorra põhjal teevad nad järeldusi kiirgava keha ehituse kohta.
Valgust võib kujutleda elektromagnetilise lainetusena. Olenevalt lainepikkusest näeme teda erinevates värvides. Erivärvilisi valgusi saame eraldada sel teel, et asetame kiire teele seadme, milles erineva lainepikkusega valgus murdub erineval määral. Üks selliseid on kolmetahuline prisma, mida esimesena kasutas inglise füüsik, matemaatik ja astronoom I. Newton. Pärast prisma läbimist kaldub valguskiir seda enam prisma aluse poole, mida lühem on tema lainepikkus, tähendab, sinised kiired on prisma alusele lähemal kui rohelised, rohelised lähemal kui kollased, kollased omakorda lähemal kui punased jne. Algselt punkti- või kettataoline taevakeha kujutis muutub pikaks kitsaks ribaks, mida nimetatakse spektriks. Tavaliselt spekter fotografeeritakse. Et iga värvi valgus, s. t. erineva lainepikkusega valgus on eri tugevusega, siis saame spektri fotoplaadil heledate ja tumedate laikude reana. Laikude heledus ja tumedus ei vasta täiesti tegelikule olukorrale, sest fotoplaat nagu silmgi on eri värvi valguste suhtes erineva tundlikkusega. Kuid fotoplaadi moonutava mõju saab eriliste katsete abil juba varem välja selgitada ja nii ei sega see kedagi. Kui tumedate ja heledate laikude üleminekud on pidevad,

siis nimetatakse spektrit pidevaks. Mõned heledad ja tumedad laigud on hästi kitsad. Olenevalt laiusest nimetatakse neid spektrijoonteks või -ribadeks. Spektrit, kus esinevad jooned ja ribad, nimetatakse joonspektriks. Kui joon või riba on hele (negatiivil tume), siis tähendab see, et taevakehalt lähtub hästi palju just selle lainepikkusega valgust. Vastupidi, kui joon või riba on väga tume (negatiivil hele), siis antud lainepikkusel on kiirgust saabunud väga vähe, s. o. taevakeha ei kiirga selle lainepikkusega valgust või on valgus teel meieni neeldunud. Just neeldumisega on tegemist siis, kui päikesekiir läbib planeedi atmosfääri.

Tänapäeval hakkab spektri fotografeerimine kui uurimismeetod juba vananema. Tundliku fotoelemendi ja ülitäpse kordistaja abil mõõdetakse otseselt spektri üksikute joonte ja ribade heledus ning tehakse kindlaks nende peenstruktuur.

Taevakehade spektrite analüüs võimaldab eelkõige määrata nende keemilist koostist, sest igale ainele vastab ainult temale omane pideva spektri käik ning joonte ja ribade kombinatsioon. Peale selle võib joonte ja ribade kujust, asendist ja tugevusest lugeda välja muidki andmeid uuritava taevakeha kohta, nagu temperatuuri, rõhku, ioniseeritust, kiirgust, magnetvälja olemasolu jne. Suurimaks raskuseks planeetide spektrite uurimisel on asjaolu, et nad ise oluliselt valgust ei kiirga, vaid ainult peegeldavad osa neile langenud päikesevalgusest. Kui planeedil on atmosfäär, siis päikesevalgus läbib seda osaliselt või täielikult ja muutub. Tema spektrisse tekivad täiendavad jooned ning ribad, mis on üldiselt hoopis nõrgemad kui Päikese enda spektris. Pealegi võivad esimesed viimastega kokku langeda, juhul kui Päikese ja planeedi atmosfäärid sisaldavad samu elemente, näiteks vesinikku. Veel segab vaatlusi Maa atmosfäär, mis iga taevakeha spektrisse nn. telluursete joonte näol oma jälje jätab. Kui Maa ja vaadeldava planeedi atmosfäärid sisaldavad samu elemente, siis võivad planeedi atmosfääri jooned ja ribad peituda tugevate telluursete joonte taha. Näiteks sisaldab Maa atmosfäär rikkalikult hapnikku ja veeauru ning seepärast on raske neid teistel planeetidel avastada.

Esimesed katsed Veenuse spektrit uurida kuuluvad aega, mil spektreid vaadeldi veel palja silmaga. 1863. aastal

vaatles Veenuse spektrit inglise astronoom W. Huggins, kuid midagi huvitavat ta seal ei leidnud. 1868. aastal leidis itaalia astronoom A. Secci Veenuse spektris kaks tundmatut joont, mis ei võinud kuuluda ei Päikesele ega Maale. Milline aine nende joonte kaudu avaldus, jäigi mõistatuseks. Hiljem leidis saksa astronoom H. C. Vogel Veenuse spektrist hapniku joone lainepikkusel 627,5 nanomeetrit ja veeauru jooned lainepikkustel 594,5 ja 592,5 nanomeetrit. Analoogilisi tulemusi said mitmed teisedki astronoomid.

Pilt muutus otsekohe, kui ebatäpne ja mõneti meelevaldne silm asendati objektiivsema fotoplaadiga. Esimesena fotografeeris Veenuse spektrit V. M. Slipher Lowelli observatooriumis, ent ta ei leidnud sealt mingeid ribasid või jooni, mis oleksid võinud Veenusele kuuluda. Esimesed reaalsed jooned Veenuse spektris leiti alles pärast seda, kui ameerika teadlane C. E. K. Mees valmistas 1927. aastal infrapunaste kiirte suhtes tundlikud fotoplaadid. Nendele said ameerika astronoomid W. S. Adams ja T. Dunham 1932. aastal Veenuse spektri. Nähtavale tuli kaks tumedat joont lainepikkustel 788,29 ja 868,87 nanomeetrit. Teadlased püüdsid neid jooni omistada hapnikule, kuid teoreetiline ja hilisem katseline analüüs kunstlikult loodud tingimustes näitasid, et avastatud jooned kuuluvad hoopis süsihappegaasile. Katseliseks võrdluseks kasutati raudtoru läbimõõduga 4 ja pikkusega 21 sentimeetrit. Sinna pumbati 10-atmosfäärise rõhu all hapnik, süsihappegaas ja teised gaasid. Toru otsad suleti klaasplaadi ja peegliga, mille tulemusena valguskiir enne spektrograafi sattumist läbis toru kaks korda. Võrreldes omavahel maapealsest gaasitorust ja Veenuse atmosfäärist saadud spektreid ning võttes arvesse valguskiire tee erinevat pikkust, leiti, et süsihappegaasi hulk Veenusel peaks võrduma 400 atmomeetriga. (Atmomeeter tähendab meetripaksust õhukihti, kus rõhk on võrdne 1 atmosfääriga ja temperatuur 0° C-ga.)

Tulemus saadi eeldusel, et atmosfäärirõhud Maal ja Veenusel on ligikaudu võrdsed. Hiljem jõudsid teadlased järeldusele, et atmosfäärirõhk Veenusel peaks olema kuni 10 korda suurem. Sel korral peaksid vaatlused süsihappegaasi hulgaks Veenusel andma 3200 atmomeetrit.

1947. aastal konstrueeris ameerika insener R. J. Cashman infrapunaste kiirte suhtes ülitundliku fototakisti,

mille valgustundlik kiht oli valmistatud plii ja väävli ühendist PbS. Fotoelement kasutati ära uue spektrograafi valmistamisel MacDonaldi observatooriumis. Veenuse spektrit hakkas uue spektrograafi abil uurima G. P. Kuiper, kes leidis süsihappegaasi jooni lainepikkustel 1,205; 1,220; 1,433; 1,536; 1,574; 1,604; 1,645; 1,957; 2,006; 2,057 ja 2,16 mikromeetrit.

Lähem analüüs näitas, et Maa peal vaadeldavaid süsihappegaasi jooni Veenuse spektris tekitab pilvekiht, kus rõhk on umbes 1 atmosfäär. Süsihappegaasi on seal ligikaudu 1000 atmomeetrit. Kui palju süsihappegaasi on pilvekihi all, selle kohta vaatlusandmed mingit vastust ei andnud.

Samade vaatluste põhjal püüdis G. P. Kuiper avastada Veenuse õhu koosseisus vingugaasi (CO), hapnikku (O_2), lämmastikhapendit (N_2O), ammoniaaki (NH_3) ja mõningaid süsivesikuid (CH_4, C_2H_4, C_2H_2). Nende ainete olemasolust Veenusel ei leitud mingeid tunnuseid. Kui neid ikkagi esineb, siis ei saa nende hulk olla suurem 0,1 atmomeetrist.

1962. aastal kordas G. P. Kuiper vaatlusi uute, täpsemate vaatlusriistade ja suurema teleskoobi abil. Avastatud süsihappegaasi hulka võis hinnata 2000 atmomeetrile. Viimased, eriti täpsed vaatlused Veenuse spektri infrapunases otsas kuuluvad nõukogude astronoomile V. Morozile.

Eelmiste vaatlejate tulemused leidsid kinnitust. Muuhulgas sai lõplikult selgeks, et süsihappegaas esineb Veenusel mitme isotoobina, s. o. tema koostisosadeks on erineva aatomkaaluga süsiniku ja hapniku aatomid. Seda oli tähele pannud juba G. P. Kuiper 1962. aastal. Levinumad süsihappegaasi isotoobid Veenusel on $C^{12}O_2^{16}$ (tavaline süsihappegaas), $C^{12}O^{16}O^{18}$, $C^{13}O^{16}$, $C^{13}O^{16}O^{18}$. V. Moroz leidis, et süsihappegaasi isotoobid esinevad Veenusel üldiselt samas vahekorras nagu Maal, kuid süsihappegaasi ennast on märgatavalt rohkem. Vaadeldud pilvekihis sai V. Moroz süsihappegaasisamba kaaluks 1 ruutsentimeetri kohal 25 grammi ja õhurõhuks 0,3 atmosfääri.

E. J. Öpik on jõudnud järeldusele, et erinevaid tulemusi süsihappegaasi hulga määramisel on lihtne seletada, kui oletada, et ühed spektrijooned tekivad madalamates, teised kõrgemates pilvekihtides.

Kuni viimase ajani hinnati süsihappegaasi osatähtsust Veenuse atmosfääris 20%-le. Tema rõhk planeedi pinnal on umbes 6 atmosfääri. Võrdluseks meenutame, et Maa atmosfääris on süsihappegaasi vaid 0,03%. Tegelikult, nagu selgus nõukogude automaatjaama «Venera 4» vaatlustest, koosneb Veenuse atmosfäär põhiliselt süsihappegaasist (90—95%).

1961. aastal vaatles Veenuse spektri kaugemat infrapunast otsa ameerika astronoom W. Sinton, kes leidis lainepikkusel 2,35 mikromeetrit riba, mis kuulub vingugaasile. 1962. aastal, kui Veenust vaatles G. P. Kuiper, see riba nähtavale ei tulnud. V. Moroz seevastu leidis selle riba uuesti 1964. aastal. Nähtavasti vingugaasi hulk Veenuse atmosfääris muutub. Selle väga mürgise gaasi osatähtsus on Veenuse õhus umbes niisama suur nagu süsihappegaasil Maa õhus. Näib, nagu oleks Veenuse atmosfääris lämmastik asendunud süsihappegaasiga ja süsihappegaas vingugaasiga. Mõned teadlased hindavad vingugaasi hulka Veenuse atmosfääris siiski ligi 10 korda väiksemaks, s. o. 0,005%-le.

Veenuse spektri ultravioletset otsa on lähemalt uurinud nõukogude astronoom N. Kozõrev. Vaatlusteks kasutas ta Krimmi observatooriumi teleskoopi, mille peapeegli läbimõõt oli 122 sentimeetrit. 1953. aasta vaatluste ajal leidis ta lainepikkustel 412 ja 437,2 nanomeetrit kaks võrdlemisi nõrka joont. Teadlane ei suutnud vastata küsimusele, millisele ainele need ribad kuuluvad. Näis, et tegemist on mingi keerulise ehitusega orgaanilise molekuliga. Võimalik, et see orgaaniline aine etendab Veenuse atmosfääris niisama tähtsat osa nagu veeaur Maa atmosfääris ja tema oleku muutused võiksid määratleda ilmastikumuutusi Veenusel.

1962. aastal viibis N. Kozõrev Kamtšatkal ja fotografeeris sealsete tulemägede spektreid. Üllatuseks tulid neis nähtavale jooned lainepikkustel 412 ja 437,2 nanomeetrit. Seega pole võimatu, et Veenusel raevutsevad tulemäed. Tulemägede olemasolu Veenusel võimaldaks seletada ka asjaolu, miks seal nii palju süsihappegaasi esineb. N. Kozõrevi sooritatud Veenuse ööpoolkera spektri vaatlused (vt. lähemalt lk. 14) näitasid lämmastiku ja vesiniku olemasolu Veenusel.

Et Veenusel leidub hulgaliselt lämmastikku, seda arvati ka teoreetiliste kaalutluste põhjal. Lämmastiku osatäht-

sust hinnati kaasajal 79%-le. Selles osas loeti õhk Veenusel ja Maal sarnaseks. Sisaldab ju Maa atmosfäär 78,09% lämmastikku. Lämmastiku avastamist varasemate spektraalvaatluste põhjal takistas joonte puudumine tavalise lämmastiku spektris. Ainult ioniseeritud lämmastikul tulevad spektri vaadeldavas osas nähtavale üksikud nõrgad heledad jooned. «Venera 4» pardalt saadi hoopis teised andmed — lämmastikku ei saa Veenusel olla üle 7%.
1961. aastal suunasid nõukogude astronoomid V. Prokofjev ja N. Petrova Veenusele Krimmi observatooriumi päikeseteleskoobi, mille taha oli üles seatud erakordselt suure lahutusvõimega spektrograaf. Vaatluse ajal muutus Veenuse kõrgus horisondist 5° kuni 30°-ni. Spektrid fotografeeriti erinevate valgustusaegadega, mis ulatusid ühest tunnist kuni kolme tunnini. Veenuse spektreid võrreldi horisondist 15° kõrgusel asuva Päikese spektritega, mis olid saadud valgustusajaga 0,2 sekundit. Hiljem mõõdeti ja joonistati paberile Veenuse ja Päikese spektris esinevad hapniku jooned. Päikese spektris olid nad täiesti sümmeetrilised, Veenuse spektris tuli aga nähtavale teatud ebasümmeetria. Põhjuseks võib olla asjaolu, et Veenuse atmosfäärile kuuluvad hapniku jooned on Doppleri efekti mõjul telluurse hapniku joone alt nagu veidi välja nihkunud. Nihke suuruseks saadi keskmiselt 0,025 nanomeetrit.
1962. aastal kordas V. Prokofjev eelmisel aastal tehtud vaatlusi. Jälle «kõnelesid» spektrogrammid selle kasuks, et Veenusel leidub hapnikku. 1964. aastal uuris V. Prokofjev lähemalt hapniku joont lainepikkusel 690 nanomeetrit. Veenuse spektris ilmnes sel joonel väike ebasümmeetriline saba pikkusega 0,018 kuni 0,02 nanomeetrit, mida võib lugeda tõendiks hapniku olemasolust. Hapniku hulka Veenusel võib hinnata 80 atmomeetrile, mis moodustab koguatmosfäärist mõne sajandiku protsendi. «Venera 4» andmetel oli Veenusel hapnikku aga 0,4%.
Mõningaid pidepunkte hapniku olemasoluks Veenusel annavad veel ameerika astronoomide D. C. Evansi, A. Bogessi ja R. Scolniku vaatlused. Raketi «Aerobee» abil tõstsid nad 24. augustil 1964. aastal teleskoobi 122 kilomeetri kõrgusele ja suunasid ta Veenusele. Lainepikkusel 250 nanomeetrit tuli nähtavale lai riba, mis tõenäoliselt kuulub osoonile.

TARTU ÜLIKOOLI RAAMATUKOGU

Osoonikiht asub arvatavasti Veenuse tavalise pilvekihi all, nii umbes 20 kilomeetri kõrgusel. Rõhk kihis on ligikaudu 1 atmosfäär. Ka Maa atmosfääris esineb osoonikiht, kuid tavalise pilvekihi peal, kaitstes planeeti maailmaruumi kiirguste kahjuliku toime eest.

Eespool oli juba juttu sellest, et vaatlused õhupallilt ja kõrgelt mäetipult näitavad veeauru olemasolu Veenusel. Nõukogude astronoomide eeskujul on ka ameerika astronoomid rakendanud Veenuse spektri uurimisel päikeseteleskoopi. McMathi observatooriumis leidsid M. J. S. Belton ja D. M. Hunten 1965. aastal veeauru neeldumisjooned lainepikkustel 818,927 ja 819,3 nanomeetrit. Avastatud veeauru hulk vastab 0,125 millimeetri paksusele veekihile ümber planeedi. 1966. aastal avastasid ameerika astronoomid H. Spinrad ja S. J. Shawl, töötades eriti hoolikalt läbi oma 1964. aastal Licki observatooriumis tehtud vaatlused, veeauru jooned ka tavalise teleskoobi abil saadud Veenuse spektrites. Nemad võrrutasid avastatud veeauru hulga 0,06-millimeetrise veekihiga planeedi ümber.

Järelikult leidub Veenusel kindlasti veeauru, kuid vaatlused ei anna veel vastust küsimusele «kui palju».

Teiste gaaside olemasolu kohta Veenuse atmosfääris puuduvad otsesed vaatlusandmed. On vaid mõningad teoreetilised kaalutlused ühe või teise gaasi kasuks.

On mitmeid andmeid, et peale gaasi sisaldab Veenuse õhk veel tahkeid ja vedelaid osakesi. Neid nimetavad teadlased aerosooliks. A. Kuzmini sooritatud Veenuse raadiokiirguse vaatlused viitavad sellele, et sealne aerosool koosneb metaani (CH_4, soogaasi põhiline koostisosa), etaani (CH_3) ja bensooli (C_2H_6) ühenditest hapniku (O), vesiniku (H), kloori (Cl) ja teiste ainetega, s. t. ühenditest CH_3OH, C_6H_5Cl jne., mis esinevad helveste, kristallide või tilkade kujul.

Teistsugusele järeldusele jõudsid A. H. Barrett ja D. H. Staelin, kes samuti on uurinud Veenuse raadiokiirgust. Nende arvates võib Veenuse õhus leiduda keskmise suurusega tolmuosakesi.

Mõned astronoomid on leidnud, et peale terminaatorilähedase tumenemise (vt. lähemalt lk. 7) esineb Veenuse kettal veel tumenemine limbi lähedal. Esimesel pilgul näib niisugune vaatlustulemus olevat vastuolus hüpoteesiga aerosooli olemasolust Veenusel. Planeedi ketta ser-

vale jääb paksem atmosfäärikiht, kus leidub rohkem aerosooli, järelikult hajub ka rohkem valgust, s. o. planeedi ketta heledus peaks limbile lähenemisel tõusma. Probleemi on lähemalt uurinud ameerika astronoomid C. Sagan ja J. B. Pollack, kes jõudsid järeldusele, et hajumisprotsess võib olla mitmejärguline, mistõttu tumenemine limbi ümbruses ei välista veel aerosooli olemasolu.

Aerosooli omadusi Veenuse atmosfääris on püütud selgitada ultraviolettkiirtes saadud fotode põhjal. Nagu eespool lugesime, tulid ultraviolettkiirtes nähtavale mõningad tumedad laigud. Nähtavasti ei peegelda Veenuse atmosfäär Päikese ultraviolettkiirgust ühtlaselt. Põhjuseks võib olla asjaolu, et atmosfäär koosneb mitmest kihist. Ülevalpool on mitmesugused puhtad gaasid. Allpool lisandub gaasidele suurel hulgal aerosooli ja tekib paks suitsutaoline keskkond. Kui «suits» laskub mingis kohas allapoole, siis suureneb seal ülemise gaasikihi paksus ja järelikult neelatakse ka rohkem ultraviolettkiirgust. Veenuse kettale tekibki tume laik, mis on näha ultraviolettkiirtes tehtud fotodel. «Suitsukiht» ultraviolettkiirgust ei neela, vaid peegeldab selle täielikult tagasi maailmaruumi.

Mitmed astronoomid on püüdnud määrata aerosooli moodustavate osakeste suurust. Esimene sellealane uurimus kuulub poola astronoomile Th. Banachiewiczile 1918. aastast, mil ta töötas professorina Tartu tähetornis. Selgus, et aerosooliosakesed Veenuse atmosfääris on umbes Maa atmosfääris leiduvate veetilkade suurused. Samale tulemusele jõudis hiljem uuemate ning täpsemate vaatlusandmete põhjal nõukogude astronoom B. Gerassimovitš. Prantsuse astronoom J. Lyot leidis Veenuse polarisatsiooni vaatlustest, et aerosooliosakesed peaksid olema kerakujulised läbimõõduga 2 mikromeetrit ja paistma hästi läbi tavalises valguses.

Erineval seisukohal on V. Moroz, kes ei leidnud Veenuse pilvede spektris neid iseärasusi, mis tõestaksid jääkristallide olemasolu. Paremini näis sobivat oletus, et päikesevalgus peegeldub atmosfääris tolmupilvede kihilt. Tolmuosakeste raadius peaks olema umbes 1 mikromeeter. Eriti huvitavaid andmeid saadi Veenuse atmosfääri kohta siis, kui vaadeldi Veenuse üleminekut heledast tähest Reegulus Lõvi tähtkujus. See tähelepanuväärne ja üldiselt

harva esinev loodusnähtus leidis aset 7. juunil 1959. aastal. Kui Veenus katab tähe, siis tänu atmosfääri olemasolule täht ei kao otsekohe, vaid tema heledus kahaneb pidevalt, sedamööda kuidas tähe ja vaatleja vahele jääb ikka paksem atmosfäärikiht. Reeguluse heleduse muutumine osutus heas kooskõlas olevaks oletusega, et Veenuse atmosfäär on kirjeldatav nn. polütroopse gaaskera mudeliga. Sellise mudeli järgi on õhurõhk antud kõrgusel võrdeline gaasi tihedusega sellel kõrgusel. Ülemine atmosfäärikiht peaks koosnema 90% ulatuses süsihappegaasist ja 10% ulatuses lämmastikust. Seesmise ja välimise kihi kokkupuutepinnal on temperatuur +60° C.

Olulisi tulemusi saame, kui uurime valguse murdumist, peegeldumist ja hajumist Veenuse atmosfääris. Esimesed vaatlusandmed valguse murdumise kohta Veenuse atmosfääris sai Tartu astronoom J. H. Mädler 1849. aastal. Valguse murdumine ehk refraktsioon osutus Veenusel kuus korda suuremaks kui Maal, s. t. õhk on seal samuti kuus korda tihedam. Samasuguse tulemuse on andnud ka uuemad vaatlusandmed. Valguse peegeldumist Veenuselt on uurinud mitmed teadlased, kuid tulemused ei lange kokku. Viimastel andmetel peegeldab Veenus 65% kuni 76% temale langevast päikesevalgusest. Sellega erineb ta oluliselt Kuust, mis peegeldab ainult 7% langevast valgusest.

Veenuse atmosfäär on võrdlemisi ulatuslik. Tihedama osa paksust hinnatakse heledate tähtede kattumise järgi. 1910. aastal läks Veenus üle heleda tähe Eeta Kaksikute tähtkujus. Tähe heleduse muutumise põhjal kattumise ajal saadi Veenuse atmosfääri tihedama osa paksuseks 80—110 kilomeetrit. Reeguluse kattumise vaatlused andsid tulemuseks 55—60 kilomeetrit. Tegelikult võib Veenuse atmosfäär ulatuda märksa kaugemale — isegi kuni 1500 kilomeetri kõrgusele.

Eespool tutvusime mõningate üldiste andmete ja hüpoteesidega õhu koosseisu ja atmosfääri ehituse kohta Veenusel. Õhkkonna lähemaks kirjeldamiseks tuleb kasutada mitmesuguseid mudeleid, need aga muutuvad iga aastaga keerukamaks. See on ka loomulik, sest kogu aeg tuleb neid täiendada vastavalt uutele vaatlusandmetele. Põhiliselt jagunevad Veenuse atmosfääri mudelid kolme liiki: aeolosfääri, kasvuhoone ja ionosfääri mudelid. Lähemalt nendest hiljem.

ALATINE TOLMUTORM? Veenuse atmosfääri iga mudel peab seletama, kuidas planeedi pind nii kohutavalt kuumaks (+300° C) on muutunud. Armagh' observatooriumis (Põhja-Iirimaa) töötav eesti astronoom E. J. Öpik loeb niisugust kõrget temperatuuri täiesti reaalseks ja on püüdnud seda seletada 1955. a. püstitatud nn. aeolosfääri mudeli abil. Nimetus pärineb vanakreeka tuultejumala Aiolose nimest. Aeolosfääri võime niisiis ligikaudu tõlkida kui tuulte piirkonda. Nagu edaspidi näeme, on aeolosfääri hüpoteesis tähtsal kohal tolm.

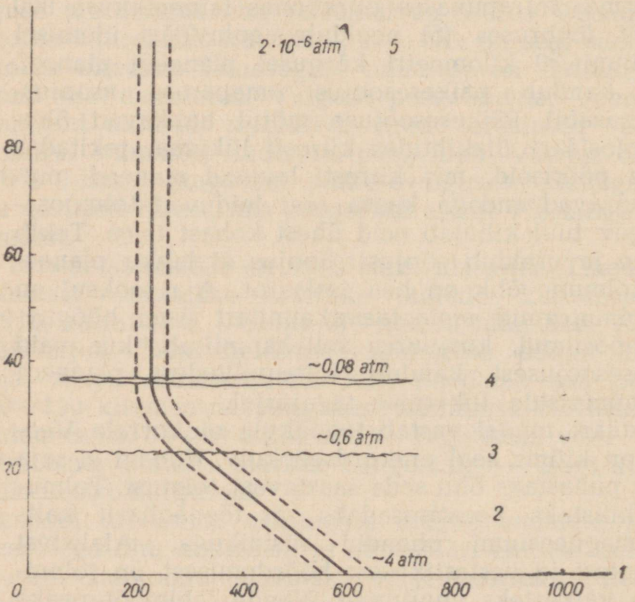
Skeemid aeolosfääri mudeli kohta on esitatud joonistel 5 ja 6. Atmosfäär koosneb 4 kihist. Kõige alumine neist kannabki aeolosfääri nime. Sellest kihist tungib läbi ainult raadiokiirgus sentimeeterlainetel (9). Päikest ei ole planeedi pinnal üldse näha. Tema kiirgus nähtavas valguses (3) ja lühemas infrapunases piirkonnas lainepikkuse 800 nanomeetrit ümbruses (5) neeldub aeolosfääri ülemisel piiril, 20 kuni 30 kilomeetri kõrgusel planeedi pinnast. Allapoole kandub päikesesoojus omapärase «soojusmasina» kaasabil. Päikesesoojuse mõjul hakkavad õhumassid aeolosfääri ülakihtides kiiresti liikuma, tekitades ulatuslikke pööriseid, mis kiiresti levivad planeedi pinnani ja haaravad endaga kaasa seal leiduvad tolmuosakesed. Tugev tuul kihutab neid ühest kohast teise. Tekib hõõrdumine ja eraldub soojust. Soojus ei lahku planeedilt, sest tolmune õhk on hea isolaator. Aja jooksul on pidevad tolmutormid meie taevakaunitari üsna hõõguvkuumaks hõõrunud, kusjuures selleks piisab, kui vaid 2% päikesesoojusest kandub tolmupilvedest planeedi pinnani õhumasside liikumise tagajärjel.

Kui aeolosfääri mudel vastab tegelikule olukorrale Veenusel, siis on kliima seal erakordselt kuiv. Kunagi ei saja vihma, mis puhastaks õhu seda saastavast tolmust. Tolmuterade põhilisteks koostisosadeks on tõenäoliselt kaltsiumi ja magneesiumi ühendid süsinikuga. Alalistest kokkupõrgetest ja vastastikusest hõõrdumisest on tolmuterad väga väikesteks muutunud. Nende läbimõõt peaks olema 5 kuni 10 mikromeetrit. Tolmu tihedus on kaunis suur: ühe sõrmkübaratäie õhu kohta tuleb kuni 200 tolmuosakest. Õhurõhk aeolosfääris planeedi pinna lähedal on umbes 4 atmosfääri, temperatuur +300° C. Eolosfääri ülemises osas on õhurõhk ja temperatuur väiksemad ning

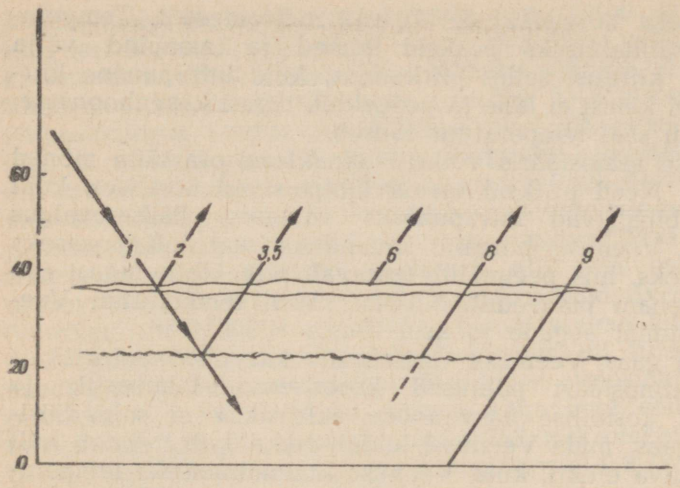
sealt saabub meile raadiokiirgus millimeeterlainetel (8). Üldise temperatuuri käigu olenevalt kõrgusest planeedi pinnast annab joonis 5.

Aeolosfääri peal, 20—30 kilomeetri kõrgusel, asub paks tolmupilvede kiht. Õhurõhk seal on 0,6 atmosfääri. Selle kihi pealispinna kohta käivadki kõik tavaliste teleskoopide abil saadud vaatlusandmed.

Peale paksu tolmupilvedest koosneva katte ümbritseb taevakaunitari veel õhuke vinetaoline pilveloor. See asub umbes 30—40 kilomeetri kõrgusel ja temalt peegelduvad tagasi ultraviolettkiired (2) ning kaugem infrapunane kiirgus lainepikkustel 8 kuni 13 mikromeetrit (6). Õhk sellel kõrgusel on juba kaunis hõre — õhurõhk võrdub umbes 0,08 atmosfääriga. Edasi tuleb Veenuse atmosfääri



Joon. 5. Aeolosfääri mudeli skeem. *1* — planeedi pind; *2* — tolmuatmosfäär; *3* — tihedate tolmupilvede kiht; *4* — ülemine õhuke pilvekiht, kust peegelduvad Päikese ultraviolettkiired; *5* — varjutuse piir, s. o. koht, kust alates Veenuse atmosfäär tähe valguse kattumise ajal märgatavalt nõrgemaks muudab. Temperatuur on Kelvini skaalas, s. o. $t^{\circ}\,C + 273^{\circ}\,C$.



Joon. 6. Kiirte käik aeolosfääri mudelis. *1* — päikesekiirgus; *2* — ultravioletkiirgus; *3* — nähtav valgus; *4* — infrapunane kiirgus lainepikkusel 0,782 mikromeetrit ja teistes «soojaribades»; *5* — infrapunane kiirgus lainepikkusel 0,8 mikromeetrit; *6* — infrapunane kiirgus lainepikkusel 8—13 mikromeetrit; *7* — infrapunane kiirgus lainepikkustel 8—15 mikromeetrit; *8* — raadiokiirgus lainepikkusel 8 millimeetrit; *9* — raadiokiirgus lainepikkustel 3—21 sentimeetrit.

neljas, kõige välimine kiht, mis umbes kuni saja kilomeetrini tekitab veel märgatava muutuse Veenuse taha jääva tähe heleduses.

Esimesel pilgul näib, et Veenuse aeolosfääri mudelil ei ole midagi ühist Maa atmosfääriga. Vastuolu on näiline. Kui Maa atmosfäärist eemalduks veeaur ja Maa pinnalt vesi, jää ning lumi, siis tekiks ka siin aeolosfäär.

KOSMILINE KASVUHOONE? Iga keha, mille temperatuur ei muutu, peab soojust saades seda ka ära andma. Kasvuhoones võetakse soojust küll vastu, kuid äraandmisega ollakse kitsid. Tavaline päikesevalgus, mille lainepikkuse maksimum on 0,5 mikromeetri piires, tungib vabalt läbi kasvuhoone klaasi. Taimedes ja maapinnas muutub päikesekiirgus pikemalaineliseks, põhiliselt infrapunaseks

kiirguseks lainepikkustel 10—12 mikromeetrit. Temperatuuri säilitamiseks peaksid taimed ja maapind välja saatma kiirgust selles piirkonnas, kuid infrapunane kiirgus läbi klaasi ei lähe ja peegeldub tagasi kasvuhoonesse, mistõttu seal temperatuur tõuseb.

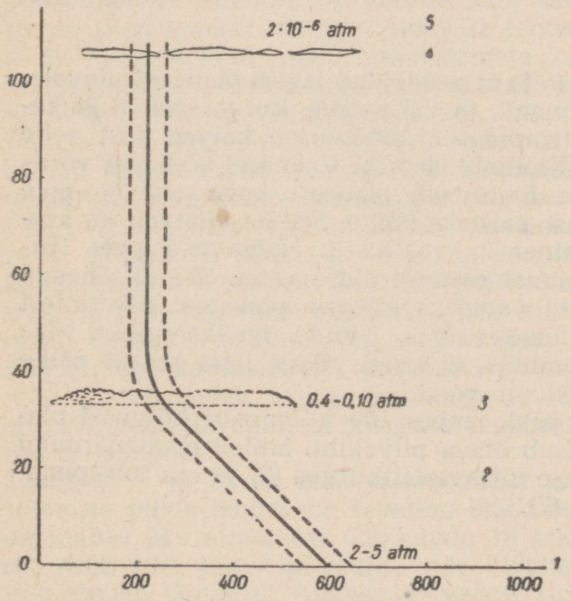
Veenuse atmosfääris võiksid aknaklaasi osa täita mõned gaasid. Need peaksid olema läbipaistvad tavalises, kuid mitteläbipaistvad infrapunases valguses. Päikesevalgus jõuaks Veenuse pinnani, muunduks seal infrapunaseks kiirguseks, mis peegeldub teatavalt pilvekihilt tagasi ega lahku enam planeedilt. Niiviisi võiski temperatuur Veenuse pinnal aegade jooksul tõusta +300° C-ni.

Milline gaas Veenusel tekitab siis kasvuhooneefekti? Maa atmosfääri põhilised koostisosad lämmastik ja hapnik kosmilise kasvuhoone «klaasiks» ei sobi. Süsihappegaas, mida Veenusel leidub rikkalikult, tekitab küll märgatava efekti, kuid Veenuse kuumutamiseks temperatuurini +300° C pidi seda Veenuse atmosfääris minevikus 10% võrra rohkem olema, kui lubavad eeldada kõige optimistlikumad vaatlusandmed. Hoopis efektiivsem on «aknaklaasi» osas veeaur, mis ka Maa atmosfääris tekitab mõningase efekti: vihmane sügis on ju soojem kui ilus ja päikesepaisteline (vt. ka lk. 77—78).

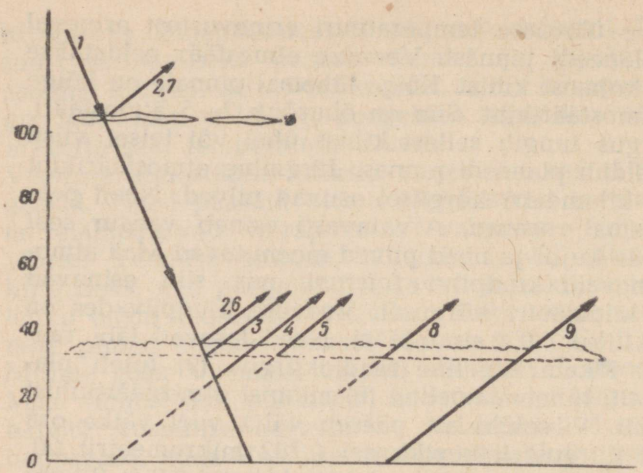
1959. aastal avastasid J. Strong, M. D. Ross ja Ch. B. Moore Veenusel veeauru. Aasta hiljem tuligi C. Sagan välja teooriaga kasvuhoone mudeli rakendamisest Veenusele. Selgus, et kasvuhooneefekt, mille tekitab veeaur, on küllaldane, juhul kui Veenuse atmosfääris leidub Maa atmosfäärist neli korda rohkem veeauru. Hiljem selgus, et Veenus pöörleb väga aeglaselt ja C. Sagan parandas oma mudelit, jõudes järeldusele, et jätkub hoopis väiksemast veeauru hulgast. Planeedi pinna ühe ruutsentimeetri kohta peaks tulema veeaurusammas kaaluga üks gramm. Avastatud veeauru hulk (vt. lk. 46 ja 52) on aga 100 kuni 500 korda väiksem. See ei lükka antud hüpoteesi muidugi ümber, sest kõik pilvekihid, kus leidub veeauru, ei ole tõenäoliselt vaatlustele kättesaadavad. Pealegi, nagu ameerika astronoomid R. E. Danielson ja P. M. Solomon näitasid 1966. aastal, on võimalik vajalikku veeauru hulka vähendada, kui arvestada täpsemini süsihappegaasist tingitud kasvuhooneefekti.

Skeemid kasvuhoone mudeli lähemaks iseloomustamiseks on toodud joonistel 7 ja 8. Joonisel 7 kujutatud sammas

annab meile ülevaate temperatuuri erinevustest erineval kõrgusel planeedi pinnast. Veenuse atmosfäär eeldatakse koosnevat kolmest kihist. Kõige lähemal pinnale on kõige tihedam atmosfäärikiht. Siin on õhurõhk 2—5 atmosfääri. Päikesekiirgus tungib sellest kihist ühel või teisel viisil läbi ja neeldub planeedi pinnas. Järgmine atmosfäärikiht on 30—40 kilomeetri kõrgusel asuvad pilved. Need peavad sisaldama veeauru. Arvatavasti esineb veeaur seal jääkristallide kujul ja need pilved meenutavad Maa atmosfääris esinevaid kiudpilvi *(cirrus)*, mis siin esinevad umbes 10 kilomeetri kõrgusel. Veenuse kiudpilvedes on õhurõhk 0,1 kuni 0,4 atmosfääri. Need lasevad läbi raadiokiirgust. Pikemalaineline raadiokiirgus (9) tuleb planeedi pinnalt, lühemalaineline (8) mingist atmosfäärikihist pilvekihi alt. Pilvekihi alt pääseb välja veel väike osa infrapunast kiirgust lainepikkusel 0,782 mikromeetrit (4). Ülejäänud infrapunane kiirgus lainepikkustel 0,8 ja 8 kuni



Joon. 7. Kasvuhoone mudeli skeem. *1* — planeedi pind; *2* — atmosfääri tihedam osa; *3* — jääkristallidest koosnev pilvekiht; *4* — ultravioletkiiri neelav õhuke pilvekiht; *5* — varjutuse piir.



Joon. 8. Kiirte käik kasvuhoone mudelis. Seletus vt. joonis 6.

13 mikromeetrit (5 ja 6) peegeldub tagasi planeedi pinnale, kui ta saabub pinnalt, ja väljapoole, kui ta saabub Päikeselt. Tavalised temperatuurimõõtmised käivad just selle pilvekihi kohta. Kiudpilvede kiht Veenusel võib olla võrdlemisi paks. See ümbritseb planeeti kogu aeg ja pole ühtegi auku, kust paistaks Päike. Sellele viitavad ka kosmoselaeva «Mariner 2» vaatlused. Nähtavasti pole Päikest Veenuse pinnal otseselt üldse näha. See ei tähenda veel, et planeedil valitseks pilkane pimedus: pilvkattest tungib läbi hajunud valgus. Muide, igaüks on ka Maa peal võinud veenduda, et kuigi pilves ilma korral päike ei paista, on ikkagi valge.

Paksu pilvekihi peal, umbes 100 kilomeetri kõrgusel planeedi pinnast, asub õhem pilvekiht, millelt maailmaruumi peegeldub Päikese ultraviolettkiirgus (2) ja osa infrapunasest kiirgusest (7).

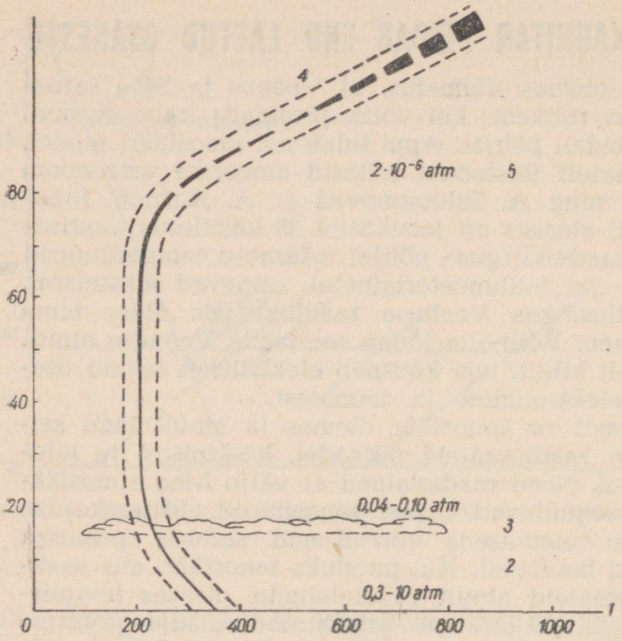
KAS TAEVAKAUNITAR PEIDAB END LAETUD OSAKESTE TAHA? On olemas võimalus, et Veenus ja Maa sarnanevad hoopis rohkem, kui võiks järeldada kahe eespool käsitletud mudeli põhjal. Appi tuleb nn. ionosfääri mudel, mille sõltumatult üksteisest esitasid ameerika astronoom D. E. Jones ning A. Salomonovitš ja A. Kuzmin. Ionosfääri mudeli aluseks on leheküljel 38 käsitletud vaatluslik fakt, et raadiokiirguse põhjal määratud temperatuurid sentimeeter- ja millimeeterlainetel erinevad üksteisest. Tekkis kahtlus, kas Veenuse raadiokiirgus üldse tema pinnalt pärineb. Võib-olla jõuab see meile Veenuse atmosfääri eriliselt kihilt, mis koosneb elektriliselt laetud osakestest — elektronidest ja ioonidest.

Maal teatavasti on ionosfäär olemas ja ainult tänu sellele kuuleme raadiosaateid pikkadel, keskmistel ja lühikestel lainetel. Need raadiolained ei välju Maa atmosfäärist, vaid peegelduvad tagasi ionosfäärilt. Mitmekordse peegeldumise tulemusena võivad nad sattuda peaaegu igasse punkti maakeral. Kui puuduks ionosfäär, siis saaksime raadiosaateid ainult raadiolainete otseses levipiirkonnas kuulata. Nii on lugu näiteks raadiosaadetega ultralühilainetel ja televisioonisaadetega. Ultralühilained üldreeglina ei peegeldu ionosfäärilt, vaid väljuvad maailmaruumi. Ainult erandjuhtudel, kui ionosfäär tiheneb, võib neidki saatjaid kauge maa tagant jälgida.

Ühelt poolt peegeldab ionosfäär raadiokiirgust, teiselt poolt saadab ta seda ise välja ja seejuures erinevatel lainepikkustel erinevalt. Sentimeeterlainetel tekitab ionosfäär hoopis tugevama raadiokiirguse kui millimeeterlainetel. Oletades, et Veenusel on ionosfäär, saaksime raadiokiirguse mõõtmistest planeedi pinnatemperatuuriks $+50^{\circ}$ C, mis, nagu selgus lehekülgedel 36—37, vastab enam-vähem infrapunase kiirguse mõõtmiste põhjal tehtud hinnangutele.

Joonistel 9 ja 10 on toodud ionosfääri mudeli skeemid. Veenuse pinda ümbritseb tavaline õhkkond, kus õhurõhk on umbes üks atmosfäär. Ligikaudu 18 kilomeetri kõrgusel asub tihe püsiv pilvekiht, mis oletatava veenuslase eest varjab täielikult Päikese. Pilvedest tungib läbi hajunud valgus, mis olenevalt pilvede optilistest omadustest võib olla küllalt hele.

Kui raadiokiirgus lainepikkusel 8 millimeetrit ja infra-



Joon. 9. Ionosfääri mudeli skeem. *1* — planeedi pind; *2* — atmosfääri tihedam osa; *3* — pilvekiht; *4* — ionosfäär; *5* — varjutuse piir.

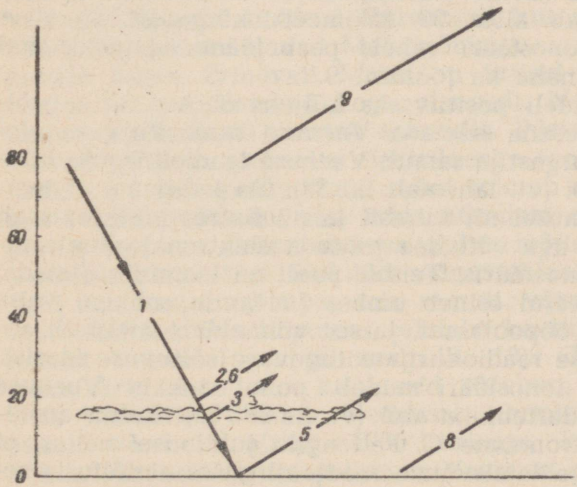
punane kiirgus lainepikkusel 0,8 mikromeetrit (5) pärinevad planeedi pinnalt, siis nähtav valgus (3), ultravioletne (2) ja infrapunane kiirgus lainepikkustel 8 kuni 13 mikromeetrit (6) tulevad meile pilvekihist ja oskavad seetõttu planeedi pinnast vähe jutustada. Pilvekihi peale jääb ulatuslik läbipaistev piirkond. Ionosfäär algab alles 90 kilomeetri kõrgusel ja ulatub ligikaudu 290 kilomeetri kõrgusele. Siit pärineb sentimeeterlainetel saabuv raadiokiirgus (9).

Võrreldes kahe eelmisega on ionosfääri mudel kõige sobivam igasuguste fantastiliste mõtete mõlgutamiseks elust Veenusel, kuid kahjuks on sellele mudelile mitmeid olulisi vastuväiteid, mistõttu seda tuleb lugeda kõige vähem tõenäoliseks. Vaatleme neist mõningaid.

Lähtudes sentimeeterlainetel vastuvõetud raadiokiirgusest, võime arvutada elektronide tiheduse ionosfääris. Tulemus kujuneb ootamatult suureks — 10^9 elektroni kuupsentimeetri kohta. Seejuures on oletatud, et ionosfäär algab vahetult pärast tavalist pilvekihti. Võrdluseks märgime, et Maa atmosfääris on elektronide tihedus 1000 korda väiksem. Tekib küsimus, kuidas sai Veenusel tekkida nii tihe ionosfäär.

Ionosfääri tihedus oleneb kahest tegurist: ionisatsiooniallika tugevusest ja ioonide arvust ionosfääris. Kui ionosfääris on rohkem ioone, siis haaravad nad osa elektrone tagasi ja vähendavad sellega laetud osakeste arvu ionosfääris. Et saavutada vajalikku ionosfääri tihedust Veenusel, on vaja oletada kas küllalt tugeva ionisatsiooniallika olemasolu või teha hüpotees, et mainitud kiht ulatub väga kõrgele (ioonid kui raskemad osakesed jääksid siis allapoole ja ionosfäär koosneks põhiliselt elektronidest). Täidetud võivad olla ka mõlemad tingimused korraga.

Kaks korda on ionisatsioon Veenusel tugevam kui Maal juba seepärast, et Veenus on Päikesele lähemal ja saab temalt rohkem ultraviolett- ning röntgenikiirgust. Lisaks



Joon. 10. Kiirte käik ionosfääri mudelis. Seletus vt. joonis 6.

sellele jõuavad Veenuse atmosfääri laetud osakeste, eelkõige prootonite vood Päikeselt. Maa atmosfääris on selle, nn. korpuskulaarse kiirguse osatähtsus ionisatsiooni tekitajana väike, sest Maa magnetväli juhib Päikeselt saabunud laetud osakesed kiirgusvööndittesse. Need pääsevad Maa atmosfääri vaid pooluste kohal, tekitades põhja- ja lõunanaba ümbruses virmalisi. Veenusel seevastu, nagu näitavad ameerika kosmoselaeva «Mariner 2» pardal tehtud mõõtmised, on magnetväli väga nõrk või puudub üldse. Päikese korpuskulaarkiirguse tiheduse kohta Veenuse lähikonnas on saadud kosmoselaevadelt vastuolulisi vaatlusandmeid. Tulemused kõiguvad vahemikus 1 kuni 1000 prootonit kuupsentimeetri kohta. Ionosfääri suurt tihedust õnnestub põhjendada vaid siis, kui lugeda õigeks kõige suurem arv — 1000 prootonit kuupsentimeetri kohta (seda muidugi eeldusel, et ei esine täiendavaid ionisatsiooniallikaid). A. Kuzmin on näidanud, et mõningane tähtsus võib olla kosmilistel kiirtel ja planeedi enda radioaktiivsel kiirgusel.

Nagu näitasid nõukogude geofüüsikud A. Danilov ja S. Jatsenko ning jaapani astronoom M. Shimizu, tulevad Maa ja Veenuse ionosfääride tihedused umbes võrdsed, kui Veenuse ionosfääris, erinevalt Maa ionosfäärist, ei leidu peaaegu üldse ioone. Selleks tuleb oletada, et Veenuse ionosfäär algab alles 90 kilomeetri kõrguselt. Tavalise pilvekihi ja ionosfääri vahele peab jääma ulatuslik tühi ala, nagu on näha ka joonisel 9.

Ionosfääri mudeli positiivseks küljeks on see, et ta võimaldab ainukesena seletada Veenuse raadiokiirguse olenevust faasinurgast ja samuti Veenuse raadiokiirguse lühiajalisi muutusi (vt. lähemalt lk. 38). On kahtlane, et temperatuur Veenusel nii kiiresti ja nii suures ulatuses saab kõikuda, küll aga võib see juhtuda elektronide kontsentratsiooniga ionosfääris. Teiselt poolt on loomulik oletada, et päevapoolkeral esineb umbes 10 korda rohkem vabu elektrone kui ööpoolkeral, ja see võimaldab täielikult seletada Veenuse raadiokiirguse tugevuse sõltuvuse faasist. Teine raskus ionosfääri mudeli puhul tekkis Veenuse vaatlustest radartehnika abil (vt. ka lk. 35). Rühm ameerika raadioastronoome G. Pettengilli juhtimisel näitas, et Veenuse peegeldamisvõime raadiokiirguses ei sõltu lainepikkusest. Nii 10- kui ka 70-sentimeetristel lainetel peegeldab Veenus 10% temale langenud raadiokiirgusest.

Ionosfääri mudeli kehtimisel peaks raadiolainete peegeldamisvõime lainepikkustel 10 ja 70 sentimeetrit märgatavalt erinema. Ainult kunstliku võtte abil, kui oletame, et ionosfäär pole ühtlase ehitusega, vaid koosneb üksikutest pilvedest, saame kooskõla vaatlustega.

Kolmanda vastuolu ionosfääri mudeliga leidis ameerika kosmoselaev «Mariner 2». Umbes sentimeetripikkuste raadiolainete vaatlustest selgus, et Veenuse ketta servadelt tuleb niisama palju raadiokiirgust kui äärtelt. Ionosfääri mudeli kehtivuse korral oleksid servad aga rohkem raadiokiirgust pidanud andma. Ka sellest raskusest võib üle saada oletusega, et Veenuse ionosfäär koosneb pilvedest.

Viimase vastuolu ionosfääri mudeliga leidsid A. Kuzmin ja B. Clark (vt. lähemalt lk. 39—40) ning sellest ei ole siiani suudetud jagu saada.

Viimasel ajal on ionosfääri mudeli asemel hakatud arendama teisi atmosfääri mudeleid, mis samuti põhinevad elektrilistel nähtustel.

Nõukogude teadlased V. Vahnin ja A. Lebedinski on esitanud hüpoteesi, et Veenuse raadiokiirguse põhjuseks on välgutaolised nähtused. Need on Veenusel mõnevõrra erinevad kui Maal ja võivad esineda seal pidevalt. Veenus pöörleb võrdlemisi aeglaselt. Tema atmosfääris tekivad ulatuslikud rahulikud õhuvoolud, kus puuduvad keerised. Need meenutavad Maa mõningates rajoonides esinevaid briise. Erinevalt Maast on briisid Veenusel globaalsed, s. t. hõlmavad kogu planeedi. Nende kiirus on umbes 30 kuni 40 meetrit sekundis. Püsivad õhuvoolud võivad tekitada globaalse elektrilaengu jaotuse. Lahendus üksikute erimärgiliste alade vahel toimub atmosfääri ülemiste kihtide kaudu, sest mida hõredam on gaas, seda parem on tema elektrijuhtivus. Selles mõttes meenutavad Veenuse atmosfääri ülakihid valgusreklaamiks kasutatavaid luminestsentslampe, mis samuti võivad põhjustada raadiohäireid. See hüpotees seletaks ka tuhkvalguse esinemist Veenusel (vt. lähemalt lk. 13). «Matusekellaks» ionosfääri mudelitele kujunesid «Venera 4» andmed. Õise ionosfääri tihedus Veenusel (terminaatori ligidal) osutus võrdseks ainult 1000 iooniga kuupsentimeetri kohta. Atmosfääri temperatuur Veenuse pinna lähedal osutus võrdseks +280° C.

KAS VEENUSEL ON ELU? Vastus oleneb suurel määral sellest, milline eespool kirjeldatud kolmest Veenuse atmosfääri mudelist paremini tegelikule loodusele vastab.
Kui osutub õigeks üks kahest esimesest — see ongi praeguste vaatlusandmete põhjal tõenäolisem —, siis pole mõeldav kõrgemate eluvormide esinemine meie naaberplaneedil. Lootused seal üllatavaid omapäraseid tsivilisatsioone leida tuleb lõplikult «maha matta». Kolmesajakraadine kuumus, kuivus ja vähene hapnikuhulk on tõsiseks takistuseks tavalise elu arengule.
Tulevane kosmonaut leiab Veenusel nähtavasti vähelohutava vaatepildi. Ümberringi laiub põletavalt kuum kõrbemaastik või möllab samavõrd kõrvetav tolmutorm. Päikest pole näha. Teda varjavad paksud pilved, millest tungib läbi vaid hajunud valgus, mis tolmuatmosfääri korral on võrdlemisi hämar. Elusloodusest õnnestub planeedi pinnal leida vaid üksikuid baktereid ja vetikaid, võib-olla aga isegi neid mitte.
Märksa laialdasemad võimalused fantaasialennuks avanevad elektrinähtustel põhinevate mudelite korral. Oluline on veel veeauru vaatluste tõlgitsus.
Kui veeauru on Veenusel väga vähe, annavad ka viimast tüüpi mudelid Veenuse jaoks võrdlemisi elutu kõrbemaastiku. Kui aga oletada, et eespool kirjeldatud vaatluste põhjal (lk. 44 ja 46) leitud veeauru hulga suhe Veenuse ja Maa atmosfääri ülemiste kihtide jaoks kehtib ka alumiste kihtide puhul, siis võib tulevane kosmonaut hoopis rõõmsama looduspildi eest leida. Ta võib sattuda ajastusse, mis oli Maa peal miljonite aastate eest — kivisöeajastusse. Taevas on püsivalt pilves, kuid läbi pilvede tungib küllaldasel hulgal hajunud valgust. Kõikjal üle kogu planeedi valitseb soe ja niiske kliima. Ümberringi kasvavad hiiglataimed ja roomavad ringi hiiglasisalikud.
Seoses selle hüpoteesiga pakuvad huvi nõukogude astrobotaaniku G. Tihhovi vaated elu kohta Veenusel. Tihhov arvas, et ta on leidnud otseseid tõendeid taimkatte olemasolust meie naaberplaneedil. Kõrge temperatuuri (siin on mõeldud temperatuuri $+50^{\circ}$ C, mis, võrreldes keskmise temperatuuriga Maal, on küllalt kõrge) tõttu peavad taimed peegeldama kõiki soojuskiiri, nende hulgas ka nähtavaid. See annab taimestikule kollaka või oranži värvuse. G. Tihhov luges oma ideede tõestuseks mõningaid M. Ba-

rabašovi vaatlusi. Viimane on Veenuse pinnal täheldanud kollaseid ja oranže laike. G. Tihhov jõudis järeldusele, et kolme planeedi — Marsi, Maa ja Veenuse — vahel peab valitsema järgmine värvide vahekord: Marsil, kus kliima on karm, on taimestik sinakas; mõõduka kliimaga Maal on taimed rohelised; kuumal Veenusel on taimed kollast või oranži tooni.

Paljud Veenuse mudelid põrkavad kokku ühe suure probleemiga: kuidas seletada süsihappegaasi suhteliselt suurt hulka Veenuse atmosfääris. Süsihappegaas ühineb aktiivselt teiste ainetega ja tema hulk atmosfääris peaks kiiresti vähenema. Et Veenusel seda juhtunud pole, siis peab olema mingi mehhanism, mis takistab süsihappegaasi ühinemist kivimitega planeedi pinnal. Ameerika astronoomid D. H. Menzel ja F. L. Whipple pakkusid välja idee, et süsihappegaasi ühinemist kivimitega takistab üleveenusline ookean.

Kui lisaks oletada, et Veenuse pinnatemperatuur on ikkagi +300° C, siis võib tulevane kosmoserändur päris ebatavalise looduse keskele sattuda. Lõputu ookean. Hämarus, aga võib-olla isegi täielik pimedus katab vaatevälja. Paksust pilvkattest tungib läbi ainult väike osa hajunud valgust. Kaugusesse tormavad üha uued mühisevad kuuma vee lained, mis kobrutavad ja otsivad asjatult olematuid kaldaid, kust tagasi põrgata.

Asjaolu, et Maa peal ei saa vesi eksisteerida temperatuuril +300° C, pole oluline. Nimelt on õhurõhk Veenusel märksa kõrgem ja vastavalt on kõrgem vee keemistemperatuur. Neljaatmosfäärise rõhu puhul tõuseb vee keemispunkt +144° C-le, kümneatmosfäärise rõhu korral +180° C-ni jne. Et ookean temperatuuril +300° C keema ei läheks, selleks on vaja tema pinnal vähemalt 87-atmosfäärist õhurõhku, niisugune võimalus pole sugugi välistatud. Kui aga Veenuse pinna tegelik temperatuur osutub tulevikus tehtavate täpsete mõõtmiste põhjal veelgi suuremaks ja ületab +375° C, siis, ükskõik kui suur õhurõhk seal ka ei oleks, ometi peab vesi olema aurustunud.

Ookeani hüpotees pole vastuolus ionosfääri hüpoteesiga. Sel korral valitseb Veenusel võrdlemisi talutav temperatuur ja elu tekkimiseks ning arenemiseks pole mingeid takistusi. Kõik taimed ja loomad oleksid siis vee-elanikud. Ka inimesi asendaksid seal erilised vee-inimesed, kelle

õrnem sugu näkineidudena välja näeb. Veenuse vee-inimeste (näkineidude) kultuur, teadus ja tehnika võivad aga üldiselt olla märksa kõrgemal arengutasemel kui Maal. Mõnesugused raadiosignaalid Veenuselt võivad anda tunnistust nende omapärase raadio- ja televisioonisüsteemi tööst.

Tekib küsimus, miks siis veenuslased kosmonautikat arendanud ei ole. Põhjusi on kaks. Nagu juba eespool märgitud, pole Veenusel arvatavasti näha Päikest, tähti ega ühtegi muud taevakeha. Läbi pilvede tungib ainult hajunud valgus. Võib-olla sealsed teadlased ei tulegi selle peale, et teisi taevakehi üldse olemas on. Valguse tekke seletamiseks võib neil olla mingi teravmeelne teooria, mis sealsete vaatlusandmetega täiesti klapib ja neid igati rahuldab. Lennutehnika, rääkimata kosmoselennutehnikast, võib neil olla väga algeline, sest lennukite ja kosmoselaevade ehitamiseks ning stardiks on vaja kuiva maad. Kõikuval veepinnal on sellelaadseid uurimisi raske alustada. Pealegi ei pruugi Veenusel olla linde, kes Maa peal inimest õhku tõusma «provotseerisid».

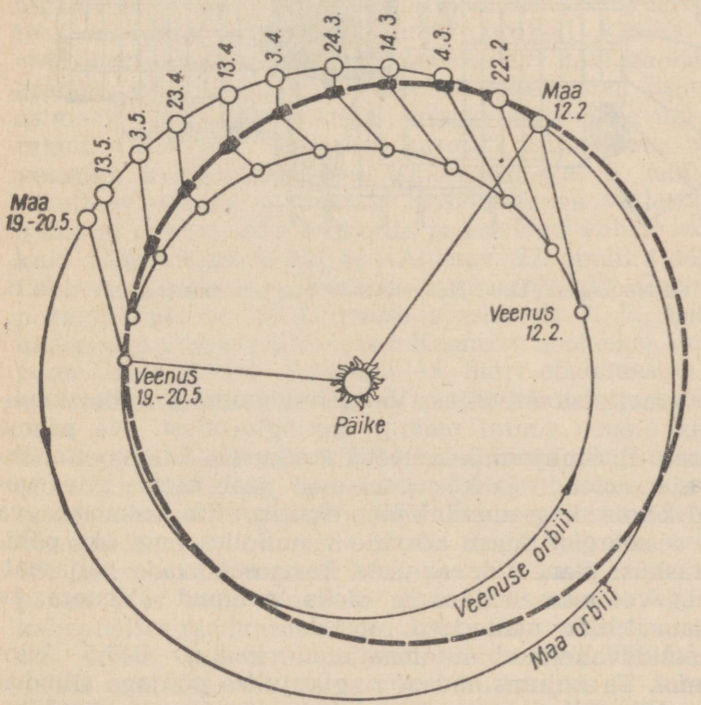
Veenuse ookean ei pruugi tingimata koosneda ainult veest. Inglise astrofüüsik ja kirjanik F. Hoyle on jõudnud järeldusele, et ookean peab seal olema kaetud süsivesikutega. Varasemal perioodil olid need rasked süsivesikud, mis hiljem süsihappegaasiks ja naftaks lagunesid. Ka sel viisil võib lahendada probleemi, miks Veenusel nii palju süsihappegaasi on ja miks see kivimitega ühinenud pole. Järelikult peaks Veenuse ookean koosnema praegu põhiliselt naftast.

KOSMOSELAEVAD KOHTUVAD TAEVAKAUNITARIGA

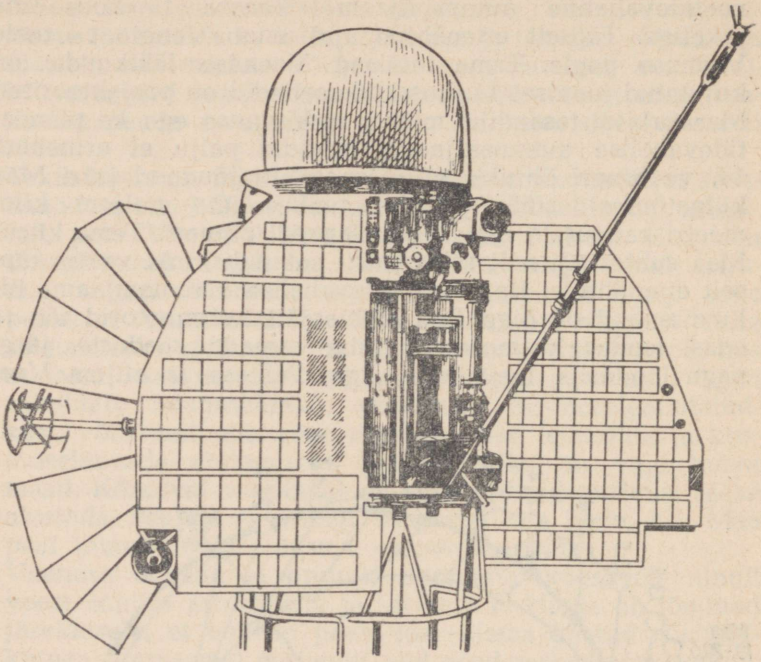
Esimese katse saata kosmoselaev Veenuse lähikonda tegid nõukogude teadlased. 12. veebruari hommikul 1961 asus Veenuse suunas teele planeetidevaheline automaatjaam «Venera 1». See oli üldse inimkonna esimene katse jõuda otseselt teiste planeetide lähedusse.

Algul saadeti ümber Maa peaaegu ringikujulisele orbiidile tehiskaaslane. Selle minimaalne kaugus maapinnast oli 6601 ja maksimaalne 6658 kilomeetrit. Maa ekvaatori suhtes oli orbiit kaldu 65°. Tehiskaaslase pardal asus pla-

neetidevaheline automaatjaam «Venera 1» koos oma raketiga. Täpselt ettenähtud ajal asus «Venera 1» teele Veenuse poole. Tema teekond Veenuse lähikonda on kujutatud joonisel 11, kus kõik orbiidid on projekteeritud Maa orbiidi tasandile, millest ei Veenuse ega ka planeetidevahelise automaatjaama orbiidid palju ei erinenud. 14. veebruari õhtuks oli «Venera 1» jõudnud juba Maa külgetõmbejõusfääri piirile, umbes ühe miljoni kilomeetri kaugusele meie koduplaneedi pinnast. Tema kiirus Maa suhtes oli neli kilomeetrit sekundis, mis vastas täpselt ettenähtule. Ka planeetidevahelise automaatjaama liikumissuund oli õige. Siin lõpetasid rakettmootorid töö ja edasi lendas kosmoselaev juba samade seaduste järgi nagu looduslik taevakeha, algul Päikese ja hiljem Vee-



Joon. 11. Nõukogude Liidu planeetidevahelise automaatjaama «Venera 1» teekond Veenuse poole.



Joon. 12. Nõukogude Liidu planeetidevaheline automaatjaam «Venera 1».

nuse gravitatsiooniväljas. Vaba liuglemine gravitatsiooniväljas oleneb suurel määral algtingimustest. Me peame jõudma ühe miljoni kilomeetri kaugusele Maast ettenähtud ajamomendil ja kosmoselaeval peab olema ettearvutatud kiirus ning suund. Väike eksitus võib kosmoselaeva reisi eesmärgist täiesti kõrvale viia. Selles ongi üks põhilisi raskusi planeetidevaheliste kosmoselaevade väljasaatmisel. Veenuse lähikonda oleks pidanud «Venera 1» jõudma 19/20. mail 1961. aastal.

Planeetidevaheline automaatjaam kaalus 643,5 kilogrammi. Ta kujutas endast ringikujulise põhjaga silindrit (joon. 12), mille pardal oli arvukalt mitmesuguseid mõõteseadmeid nii planeetidevahelise ruumi kui ka Veenuse enda uurimiseks. Mõõdeti kosmiliste kiirte intensiivsust,

magnetvälja tugevust, Päikese korpuskulaarkiirgust, meteooride tihedust jne. Voolu said automaatjaama aparaadid keemilistest akumulaatoritest ja päikesepatareidest. Automaatjaam oli varustatud erilise soojuse reguleerimise süsteemiga, mis tema päikesepoolset külge ülearuse soojenemise ja vastaskülge ülearuse jahtumise eest kaitses. Temperatuur ja õhurõhk olid automaatjaama sees kogu lennu ajal normaalsed.

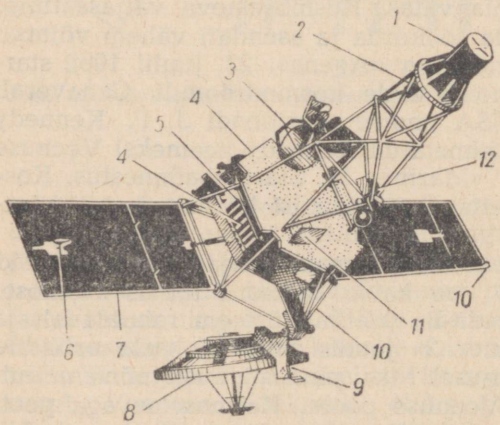
Sidepidamiseks Maaga oli ette nähtud neli antenni. Kahjuks langesid need enne eksperimendi lõppu rivist välja, mistõttu «Venera 1» ei suutnud saata meile mingeid andmeid Veenuse kohta. Küll aga saadi rohkesti väärtuslikke teateid planeetidevahelise ruumi kohta ja omandati kogemusi järgmiste automaatjaamade lennutamiseks.

Soodus aeg Veenusele lennuks kordub umbes 19 kuu tagant. Järgmisel perioodil olid Veenuse-lennu katsetajateks ameerika teadlased. Nende projekt kandis nime «Mariner». Esialgu oli kavas kosmoselaev kaaluga 450 kilogrammi välja saata kaheastmelise raketi abil. Esimeseks astmeks valiti rakett «Atlas», teiseks pidi olema uut tüüpi rakett «Centaur». Viimases kasutati kütteainena vedela vesiniku ja hapniku segu. Katsetuste ajal 9. mail 1962 rakett «Centaur» plahvatas. Kosmoselaeva väljasaatmise ajaks ei saadud teda töökorda ja asendati vähem võimsa, kuid töökindlama raketiga «Agena». 22. juulil 1962 startiski Ameerika Ühendriikide kosmodroomilt Canaverali neemelt (praegu USA endise presidendi J. F. Kennedy mälestuseks ümber nimetatud Kennedy neemeks) Veenuse poole kosmoselaev «Mariner 1». Start ebaõnnestus. Kosmoserakett kaldus ettenähtud kursist kõrvale ja tuli hävitada.

27. augustil 1962 kell 6.53.14 maailmaaja järgi sooritasid ameerika teadlased uue katse. Seekord töötas kosmoseraketi «Atlas-D Agena-B» juhtimissüsteem rahuldavalt ja kosmoselaev «Mariner 2» jõudis ringikujulisele orbiidile 150 kilomeetri kaugusel Maa pinnast, kust mõne minuti pärast asus teele Veenuse poole. Kosmoselaevaga peeti kahepoolset raadiosidet nelja maapealse vaatlusjaama abil, mis asusid Canaverali neemel, Goldstone'i lähedal Kalifornia osariigis, Woomera külas Austraalias ja Johannesburgi ligidal Lõuna-Aafrika Vabariigis. Raadiosideks kasutati sagedust 960 megahertsi. Vooluallikateks olid päikesepatareid üldpindalaga 2,5 ruutmeetrit ja hõbe-tsinkakud

mahtuvusega üks kilovatt-tund. Kuuekümne neljandal lennupäeval läks osa neist lühiühenduse tõttu (tõenäoliselt meteoori tabamus) rivist välja.

Kosmoselaev oli samuti silindrikujuline (joon. 13) ja kaalus 202 kilogrammi. Muuhulgas oli kosmoselaevale paigutatud väike rakett, mis võimaldas Maalt saadetud käskluse järgi muuta laeva liikumissuunda ja -kiirust. Abirakett kaalus 19 kilogrammi ning tema kütuseks kasutati hüdrasiini (H_2N) ja dilämmastik-tetroksiidi (N_2O_4) segu. Raketi töö täpseks alustamiseks ja lõpetamiseks lisati kütteainele vajalikul hulgal alumiiniumhapendit. Abiraketi abil oli võimalik anda kosmoselaevale täiendav kiirus 21,4 sentimeetrit sekundis kuni 57 meetrit sekundis. Maksimaalselt võis rakett töötada 57 sekundit. Korrigeeriva raketi paigutamine kosmoselaevale oli vajalik seepärast, et Veenuse mass ja asend planeetidevahelises ruumis ei olnud sel ajal veel küllalt täpselt teada. Isegi sel juhul, kui kosmoselaev oleks välja saadetud täpses vastavuses ettenähtud programmiga, ei oleks võinud olla kindel, et ta jõuab planeedi lähedusse. Nii juhtuski. Peagi



Joon. 13. Ameerika Ühendriikide kosmoselaev «Mariner 2». *1* — üldantenn; *2* — magnetomeetri andur; *3* — raadioteleskoop; *4* — temperatuuri kontrollimise seadmed; *5* — Päikese plasma detektor; *6* — juhtantenn; *7* — päikesepaneel; *8* — teravа suunitlusega antenn; *9* — andur orienteerumiseks Maa järgi; *10* — andurid orienteerumiseks Päikese järgi; *11* — kosmilise tolmu detektor; *12* — Geigeri loendaja.

selgus, et «Mariner 2» läheb Veenusest kaugelt mööda. Johannesburgi vaatlusjaamast saadeti teele käsklus, ja kui kosmoselaev «Mariner 2» oli Maast 2,4 miljoni kilomeetri kaugusel, muutis ta oma orbiiti, nii et jõudis üsna Veenuse lähedale.

14. detsembril 1962 kell 20.00 maailmaaja järgi möödus «Mariner 2» 40 950 kilomeetri kauguselt Veenuse raskuskeskmest ehk 34 850 kilomeetri kauguselt planeedi pinnast. Kosmoselaeva raadiosaatjad andsid edasi väärtuslikku informatsiooni saladusliku planeedi kohta. Mõõteriistad kosmoselaeval töötasid muidugi ka enne kohtumist Veenusega ja veel 20 päeva hiljemgi. Raadioside kosmoselaevaga katkes 4. jaanuaril 1963, mil ta oli jõudnud 86 880 000 kilomeetri kaugusele Maast. Maale anti kokku üle 5 miljoni vaatlusandme planeetidevahelise ruumi, Veenuse ja kosmoselaeva enda kohta.

Mida siis jutustasid kosmoselaeva «Mariner 2» mõõteaparaadid?

Kosmoselaeval asus raadioteleskoop, mille peegli läbimõõt oli 4,85 meetrit ja fookuskaugus 1,93 sentimeetrit. Tema näitude kalibreerimiseks tehti Maa peal erilisi katseid. Valmistati Veenuse kunstlik mudel ja vaadeldi seda 2,5 kilomeetri kõrgusel mägedes. Raadioteleskoobi aluspind kaeti metallekraaniga. Sel viisil vabaneti Maa ja tema atmosfääri raadiokiirguse segavast mõjust. Kontrolliks vaadeldi Päikest. Tema raadiotemperatuuriks saadi $10\,000° \pm 1000°$ C. Resultaat sobis suurte raadioteleskoopide abil saadud täpsete tulemustega. Lõpuks kalibreeriti raadioteleskoop selliselt, et temperatuurimuutustele 0° kuni 800° C vastas raadiokiirguse muundamisel saadud elektrivoolu pinge muutus 1 kuni 6 volti.

Veenuse raadiokiirgust mõõdeti kahel lainepikkusel, 19 ja 13,5 millimeetrit. Algul oli kavas saada 15 terminaatoriga paralleelset läbilõiget Veenuse kettast. Rikke tõttu ühes abiseadmes õnnestus saada vaid 3 läbilõiget: terminaatoril ja 45° mõlemal pool seda. Tulemused olid mõnevõrra ootamatud. Kõige soojemaks osutus terminaatorialune piirkond, nimelt 320° C üle nulli. Resultaat vastas enam-vähem Veenuse raadiokiirguse maapealsetele vaatlustele ja tuleb lugeda kõige usaldusväärsemaks. Temperatuur Veenuse ööpoolkeral oli +210° C. Vastu kõiki ootusi oli kõige külmem osa planeedi päevapoolkera, nimelt +190° C. Mõned uurijad arvavad, et kosmoselaeva raadioteleskoop mõõtis

juhuslikult temperatuuri mõnel kõrgemal mägismaal. Mõõtmiste viga oli ±30° C.
Eespool mainitud temperatuurid saadi lainepikkusel 19 millimeetrit registreeritud raadiokiirguse põhjal. Lainepikkusel 13,5 millimeetrit vastuvõetud kiirguse lahtimõtestamisel oli tõsiseid raskusi. Sajandal lennupäeval ütles osaliselt üles soojuse reguleerimise süsteem, mille tulemusena temperatuur kosmoselaeva «Mariner 2» sees tõusis 40 kraadi üle normi. Hiljem selgus, et see põhjustas mitme mõõteaparaadi osalise või täieliku riknemise. 13,5-millimeetrise raadiokiirguse võimendajal näiteks hakkas nullpunkt liiga suures ulatuses kõikuma. Vaatamata sellele õnnestus ameerika teadlastel F. T. Barathil, A. H. Barrettil, J. Copelandil, D. E. Jonesil ja A. E. Lilleril dešifreerida «Mariner 2» pardalt saadud 13,5-millimeetrise raadiokiirguse näitusid. Veenuse ööpoolkeral, terminaatoril ja päevapoolkeral saadi temperatuuri väärtusteks vastavalt +120° C, +127° C ja +123° C. Et mõõtmisviga oli ±100° C, siis ei saa vaadeldud erinevusi lugeda reaalseks ja sellel lainepikkusel on Veenuse raadiotemperatuur veidi üle +100° C, märgatavalt vähem kui lainepikkusel 19 millimeetrit.
Tulemus tõestab veeauru, vee või jääkristallide olemasolu Veenusel, sest nende spektris esineb neeldumisjoon lainepikkusel 13,5 millimeetrit, s. o. raadiokiirgus lainepikkusel 13,5 millimeetrit peab andma madalama temperatuuri kui raadiokiirgus lainepikkusel 19 millimeetrit. Veeauru hulga kohta pole siiani tulemusi avaldatud.
Planeedi ketta servale lähenemisel raadiokiirgus igal läbilõikel väheneb. See on vastuolus ionosfääri mudeliga, sest mida paksem on ionosfäärikiht vaatekiire suunas, seda rohkem raadiokiirgust ta peaks andma.
Magnetvälja mõõtmiseks oli kosmoselaeval kolmeteljeline magnetomeeter tundlikkusega 0,05 teslat*. Selgus, et Veenusel puudub märkimisväärne magnetväli. Äärmisel juhul, kui Veenuse magnetväli tihedalt planeedi pinna lähedale on koondunud, võib ta moodustada 5—10% Maa magnetväljast. Viimase induktsioonivõime 35 000 kilomeetri kaugusel Maa pinnast on 1—2 teslat (vt. lk. 77—78).

* Magnetvälja induktsioonivõime (magnetvoo tihedus magnetvälja antud punktis vooga risti asetatud pinnaühiku kohta) ühik SI-süsteemis. 1 tesla = 1 veeber ruutmeetri kohta. Asendab varem kasutatud gaussi. 1 gauss = 10 000 teslat.

Magnetvälja puudumine on täiendav argument selle kasuks, et Veenus pöörleb väga aeglaselt. Teoreetiliste kaalutluste põhjal oli seda ennustanud juba kasahhi astronoom G. Idlis.

Kui planeedil puudub magnetväli, siis puuduvad seal ka kiirgusvööndid. Viimased on raadiokiirguse allikaks ja oleksid võinud olla Veenuse kõrge raadiotemperatuuri põhjuseks. Nüüd langeb see põhjus ära.

«Mariner 2» saatis huvitavaid andmeid ka planeetidevahelise magnetvälja kohta. Selgus, et planeetidevahelises ruumis esineb üldine päikesesüsteemi magnetväli, mille induktsioonivõime Maa ja Veenuse vahel on 0,02 kuni 0,1 teslat. Üldiselt on see magnetväli stabiilne, kuid plahvatused Päikesel tekitavad temas ulatuslikke häireid. Näiteks 12. septembril 1962 ulatus planeetidevahelise magnetvälja induktsioonivõime 0,25 teslani. Välja põhitasand langeb põhiliselt kokku enamiku planeetide tiirlemistasandiga. Magnetväli on spiraalse ehitusega, kusjuures spiraalide suund vastab Päikese pöörlemissuunale.

Kosmiliste kiirte avastamiseks oli kosmoselaeva «Mariner 2» pardal ionisatsioonikamber ja kolm Geigeri loendajat. Need registreerisid alfaosakesi ehk heeliumi aatomi tuumasid (energia vähemalt 40 megaelektronvolti), prootoneid ehk vesiniku aatomi tuumasid (energia vähemalt 10 megaelektronvolti) ja elektrone (energia vähemalt 0,5 megaelektronvolti). Selgus, et planeetidevahelises ruumis ja Veenuse lähikonnas on kosmiliste kiirte intensiivsused täiesti ühesugused, moodustades umbes 650 laetud osakest kuupsentimeetri kohta sekundis. Maa lähedal on see arv 100 korda suurem. Nähtavasti tõmbab Maa magnetväli kosmilisi kiiri enda poole.

Planeetidevahelises ruumis ja Veenuse lähikonnas on kosmilist tolmu 10 000 korda vähem kui Maa ümbruses. Arvatavasti on Maa mähitud kosmilise tolmu pilvesse.

Kosmoselaeva «Mariner 2» pardal oli kahe kanaliga infrapunase kiirguse vastuvõtja. Registreeriti kiirgust lainepikkustel 8 kuni 9 mikromeetrit ja 10 kuni 10,8 mikromeetrit. Kiirgus esimeses ribas ei ole suuteline läbi tungima veeaurust, veepiiskadest või jääkristallidest koosnevast pilvekihist. Teises ribas neeldub osa kiirgust süsihappegaasis. Loodeti, et Veenuse pilvkattes tekivad aegajalt üksikud augud, kust pääseb välja infrapunane kiir-

gus lainepikkusel 8 kuni 9 mikromeetrit. Selle ja pikemalainelise infrapunase kiirguse vahe võimaldaks määrata süsihappegaasi hulka Veenuse atmosfääri kogu ulatuses. Kosmoselaeva «Mariner 2» mõõteaparaadid auke ei leidnud. Mõlemas lainepikkuste diapasoonis registreeriti ühesugune infrapunane kiirgus, mille põhjal määrati temperatuur Veenuse pilvekihi peal (—30° C kuni —40° C). Tähendab, Veenust ümbritseb alati ühtlane, tihe pilvkate, kust ei paista läbi ühegi taevakeha otsene valgus. Infrapunast kiirgust mõõdeti planeedi kettal kolmes ribas: üks neist oli terminaatoril, teine päevapoolkeral 50° kaugusel terminaatorist ja kolmas ööpoolkeral 60° kaugusel terminaatorist. Terminaatoril oli infrapunase kiirguse jaotus ebasümmeetriline. Lõunapoolkeralt saabus vähem infrapunast kiirgust, s. o. seal on temperatuur madalam. Teistel profiilidel vähenes infrapunase kiirguse hulk ja vastavalt ka temperatuur sümmeetriliselt planeedi ketta servade poole. Viimast fakti tuleb lugeda kinnituseks kasvuhoone mudelile. Jääkristallid neelavad infrapunast kiirgust ja planeedi ketta servadelt, kus vaatekiire peale jääb paksem atmosfäärikiht, peaks saabuma vähem infrapunast kiirgust. Tolmuosakesed seevastu hajutavad infrapunast kiirgust, mistõttu planeedi ketta servadelt peaks saabuma rohkem infrapunast kiirgust.

Kosmoselaeva «Mariner 2» abil jõuti Veenuse ja üldse kogu päikesesüsteemi jaoks veel kahele väga tähtsale tulemusele: laeva liikumise põhjal määrati planeedi mass 13 korda täpsemalt kui seni (vt. lähemalt lk. 22) ja täpsustati märgatavalt astronoomilise ühiku pikkust. Arvesse võttes ka viimaseid planeetide raadiolokatsioonivaatlusi (vt. lähemalt lk. 35), võime lugeda astronoomilise ühiku suuruseks 149 598 000 ± 500 kilomeetrit.

Järgmised «veenuselaevad» startisid 1965. aastal: 12. novembril nõukogude planeetidevaheline automaatjaam «Venera 2», mis kaalus 963 kilogrammi, ja 16. novembril tema kaksikvend «Venera 3» kaaluga 960 kilogrammi.

Planeetidevahelise automaatjaama «Venera 3» pardale oli paigutatud korrigeeriv rakett. 26. detsembril hakkas see Maalt saadud käskluse järgi tööle. Nõukogude teadlased saavutasid planeetidevaheliste lendude ajaloos enneolematu täpsuse. 1. märtsil 1966. aastal kell 6.56 maailmaaja järgi jõudis «Venera 3» otse Veenuse juurde ja tungis tema atmosfääri. Seal eraldus automaatjaamast vimpel

Nõukogude Liidu vapiga. Arvatakse, et see laskus õnnelikult meie naaberplaneedi pinnale. Sellega oli sooritatud esimene jäiga maandumisega lend ühelt planeedilt teisele.

Planeetidevahelise automaatjaama «Venera 2» trajektoori ei korrigeeritud ning see möödus meie naaberplaneedist 24 000 kilomeetri kauguselt.

Tõeliseks nõukogude teaduse triumfiks kujunes järgmise planeetidevahelise automaatjaama «Venera 4» lend, mis sai alguse 12. juunil k. a. 29. juulil, kui «Venera 4» oli Maast 12 miljoni kilomeetri kaugusel, parandati tema orbiiti Maa pealt saabunud raadiokäskluse põhjal sellise arvestusega, et planeet Veenus ja automaatjaam jõuaksid ühel ajal Veenuse orbiidi ettenähtud punkti. Tähelepanuväärne kohtumine leidis aset 18. oktoobril k. a., kui «Venera 4» oli läbinud maailmaruumis 350 miljonit kilomeetrit. Automaatjaam kaalus 1106 kilogrammi ja koosnes põhiliselt kahest osast — silindrikujulisest orbitaalkambrist ja kerakujulisest mõõteaparatuuri kompleksist. Esimene neist oli mõeldud tööks enne sisenemist Veenuse atmosfääri tihedamatesse kihtidesse. Tema abil saadi väärtuslikke andmeid planeetidevahelise ruumi ja Veenuse atmosfääri ülemiste kihtide kohta. Leidsid kinnitust «Mariner 2» mõõtmistulemused, mille põhjal Veenusel pole ei laetud osakeste vööndeid ega magnetvälja. Seejuures oli «Venera 4» mõõtmistäpsus 300 korda suurem. Osa mõõtmisi sooritati Veenuse vahetus läheduses, mistõttu langeb ära võimalus oletada, et Veenuse magnetväli on koondunud planeedi lähedale. Lisaks selgus, et Veenust ümbritseb vesinikukroon, mis ulatub kuni 10 000 kilomeetri kaugusele planeedi pinnast. Laetud osakeste tiheduseks Veenuse öise atmosfääri ülemistes kihtides kõrgusel üle 100 kilomeetri saadi 1000 iooni kuupsentimeetri kohta, s. o. tihedus tuli 2—3 suurusjärgu võrra väiksem Maa ionosfääri tihedusest.

Veenuse atmosfääri ülemistes kihtides eraldus automaatjaamast «Venera 4» kerakujuline mõõtekompleks, mis algul pidurdus õhutakistuse toimel. Seejuures oli ülekoormus Maa raskuskiirendusest rohkem kui 300 korda suurem. Uus, erakordselt kindel soojusisolatsioonikiht kaitses mõõtekompleksi süttimise eest. Kui kiirus oli vähenenud 300 meetrile sekundis, avanesid langevarjud ja mõõtekompleks laskus sujuvalt Veenuse ööpoolkerale 1500 kilo-

meetri kaugusel terminaatorist. Esmakordselt sai teoks sujuva maandumisega kosmoselend ühelt planeedilt teisele.

Kerakujulises mõõtekompleksis olid kaks takistustermomeetrit, õhurõhu ja tiheduse mõõdikud ning 11 padrunit õhuproovide analüüsimiseks. Õhuproove võeti kahel kõrgusel — kohe pärast langevarju avanemist 26 kilomeetri kõrgusel (5 padrunit) ja 23 kilomeetri kõrgusel (6 padrunit). Enamiku teadlaste üllatuseks selgus, et Veenuse atmosfäär koosneb põhiliselt süsihappegaasist (90—95%). Lämmastikku ei leitud (mõõtmisviga oli seejuures 7%). Hapniku osatähtsus oli 0,4% ja veeaurul koos hapnikuga (veeauru registreerimine eraldi polnud ette nähtud) — 1,6%. Temperatuuri ja õhurõhku mõõdeti pidevalt. Temperatuur kasvas 10° võrra kilomeetri kohta ja ulatus Veenuse pinnal +280° C, mis on kooskõlas maapealsete raadiovaatlustega. Järelikult saame Veenuse atmosfääri ehituse kirjeldamiseks kasutada ainult kasvuhoone ja aeolosfääri mudeleid. Seejuures kasvuhooneefekt on täielikult seletatav avastatud süsihappegaasi hulgaga. Nii kasvuhoone kui ka aeolosfääri mudelid vajavad parandamist, sest tegelik õhurõhk Veenuse atmosfääris osutus 3—4 korda kõrgemaks, kui tavaliselt arvati, ulatudes Veenuse pinna lähedal 15—22 atmosfäärini.

19. oktoobril s. a. möödus Veenusest 4000 kilomeetri kauguselt ameerika kosmoselaev «Mariner 5», mis oli asunud teele paar päeva pärast «Venera 4». Käesoleva brošüüri kirjutamismomendil ei olnud «Mariner 5» vaatlusandmeid veel avaldatud.

Tänu kosmonautika edusammudele käriseb ikka enam saladuslik loor meie taevakaunitari eest.

SISUKORD

3 Legendidest kosmoselaevadeni

6 Taevakaunitari portree

11 Nähtamatu valguskiir «näeb» paremini

13 Saladuslik valgus tumedal poolkeral

16 «Nii nagu väga huvitav ja väga ilus tütarlaps . . .»

19 Koht «päikese all»

24 Taevakaunitar ja lendavad taldrikud

25 Taevakaunitari ümbritseb saladuslik rõngas

29 Ööpäev kestab terve aasta?

31 Lenini preemia

36 Salapärase loori alt väljuvad raadiokiired

41 Teleskoop ja astronoomid õhupallil

45 Astronoomist saab alpinist

46 Milline on õhk Veenusel?

55 Alatine tolmutorm?

57 Kosmiline kasvuhoone?

61 Kas taevakaunitar peidab end laetud osakeste taha?

66 Kas Veenusel on elu?

68 Kosmoselaevad kohtuvad taevakaunitariga

Юло-Ильмар Вельтманн. Венера — небесная красавица. На эстонском языке. Оформление Ю. Аррак. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja H. Heinoja. Kunstiline toimetaja A. Säde. Tehniline toimetaja O. Mullari. Korrektorid H. Kahar ja V. Leibak

Laduda antud 30. VI 1967. Trükkida antud 15. XII 1967. Paber 54×84/16. Trük'paber nr. 2 — Kohila Paberivabrik. Trükipoognaid 5 + 1 kleebis. Tingtrükipoognaid 4,4. Arvestuspoognaid 4,6. Trükiarv 10 000. MB-10912. Tellimise nr. 7013. Trükikoda «Kommunist», Tallinn, Pikk tn. 2. Hind 22 kop.

A
28968
7526322