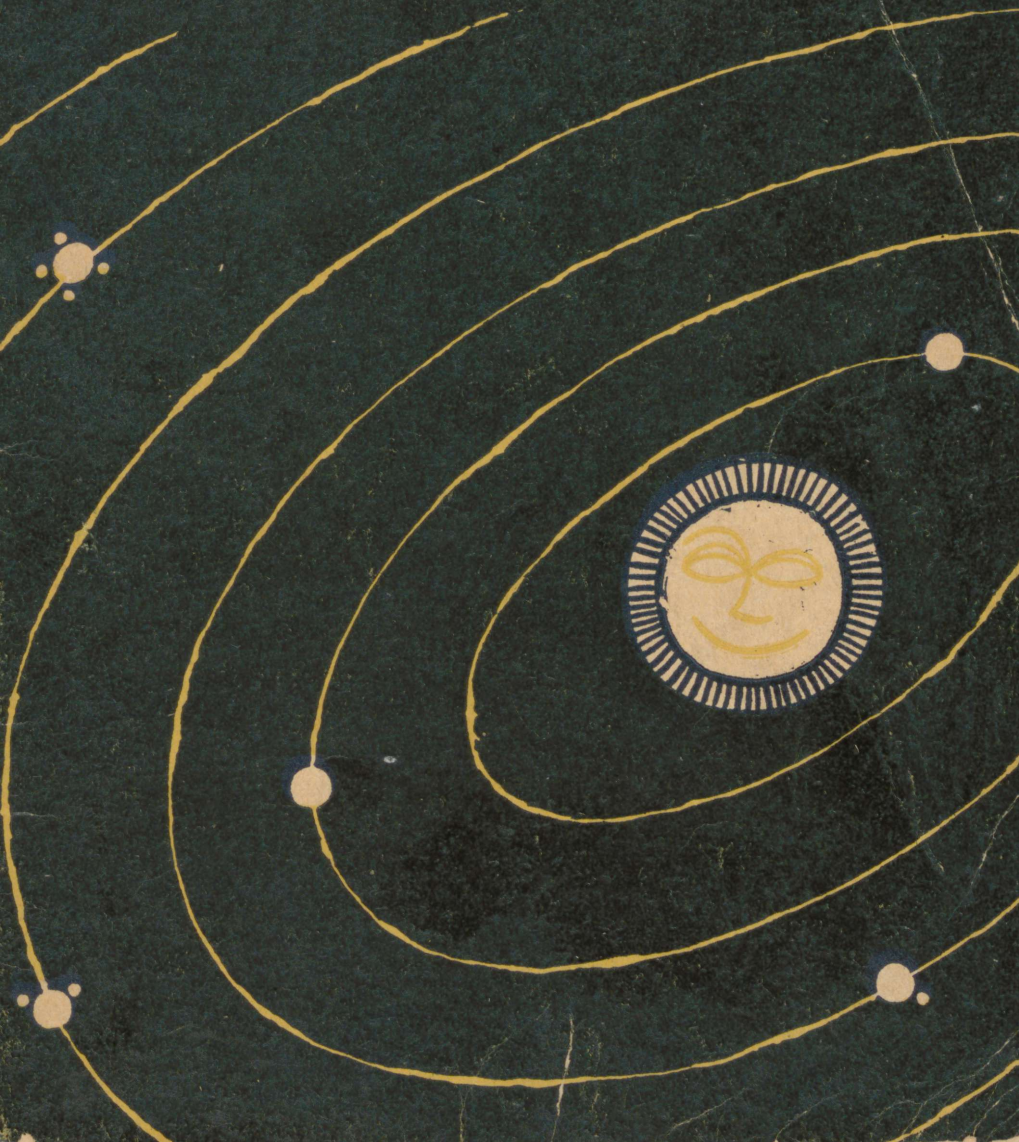


H. RAUDSAAR

VAADELGEM PLANEETE



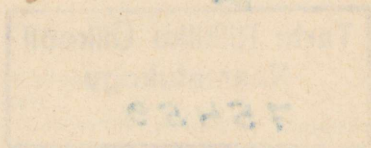
ARH

75459

A-30209

H. RAUDSAAR

VAADELGEM PLANEETE



KIRJASTUS «VALGUS» · TALLINN 1969

Kunstiliselt kujundanud D. Paalamäe

Brošüür on oluline abimaterjal kõigile astronoomiahuvilistele, samuti kesk-
kooli astronoomiaõpetajatele. Selles antakse ülevaade päikesesüsteemi ehitu-
sest, iseloomustatakse üksikuid planeete, nende nähtavustingimusi ja antakse
näpunäiteid, mida ning kuidas vaadelda.

Teose väärtust tõstab asjatundlikult valitud illustratiivne materjal.



ARHIIVKOGU

SISUKORD

Eessõna	5
I. Päikesesüsteem	7
II. Juhendeid planeetide vaatlemiseks	9
1. Koordinaadid	9
2. Pikkusühikud astronoomias	10
3. Taevakehade heledus	12
4. Planeetide kauguste ja tiirlemisperioodide määramine	18
5. Üldisi märkusi vaatluste sooritamiseks	21
III. Planeetid ja nende kaaslased	25
1. Merkuur	26
2. Veenus	27
3. Kuu	30
4. Marss	34
5. Asteroidid	36
6. Jupiter	37
7. Saturn	38
8. Uraan, Neptuun ja Pluuto	40
IV. Komeetid ja meteorid	42
1. Komeetidest	42
2. Heledate meteoride (boliidide) vaatlustest	44
3. Meteoride loendamine	46
4. Radiandi määramine	48
5. Praktilisi näpunäiteid	49
Lisa	49

EESSÖNA

Astronoomia, üks vanemaid teadusi, on inimesi alati köitnud. Eriti kasvas huvi astronoomiliste nähtuste vastu seoses tehistaevakehade orbiidile lennutamisega ja Päikesesüsteemi planeetide ning Kuu vahetu uurimisega.

Käesoleva brošüüri eesmärgiks on anda juhtnööre astronoomiahuvilistele planeetide ja meteoride vaatlemiseks. Ühtlasi aitab esitatud materjal süvendada kooli astronoomiakursuses omandatavaid teadmisi. Brošüüris toodud joonised, tabelid ja tähekaart sobivad kasutamiseks ka klassis. Lõppu on lisatud taevakaart. See aitab tähistaevast tundma õppida ning hõlbus- tab planeetide, komeetide jne. asukohtade leidmist. Lisatud on tähtsamate õppevahendite loetelu, mida kool peaks muretsema, et astronoomia õpetamine tulemusrikkam oleks. Brošüür on abiks ka astronoomiaringi juhendajale.

Ent needki astronoomiahuvilised, kes ei käi enam koolis, saavad tegelda uurimistööga ja seda just Üleliidulise Astronoomia ja Geodeesia Ühingu (ÜAGÜ) raames. See ühing asutati juba 1934. aastal astronoomia- ja füüsikahuviliste ringide baasil NSV Liidu Teaduste Akadeemia juurde. Praegu on ühingul üle 40 osakonna ja ta ühendab rohkem kui 4000 astronoomiahuvilist, kelle hulgas on 1200 noort amatöörastronoomi. Suuremad osakonnad on Moskvas (500 liiget) ja Leningradis (350). Eesti osakonda kuulub üle 150 liikme.

Ühingul on kasutada spetsiaalsed observatooriumid, suurel hulgal teleskoope ja teisi seadmeid. Lisaks saavad liikmed töötada ka kohalike planetaariumide, pedagoogika instituutide ja teiste uurimisasutuste observatooriumide juures. Ühing aitab

liikmetel kirjandust ja muid vajalikke materjale muretseda. Näiteks ÜAGÜ Eesti osakonna liikmed saavad igal aastal ilmuva «Tähetorni Kalendri».

ÜAGÜ-s kohtuvad algajad astronoomid ja noored entusiastid, kellel pole veel kuigi suuri kogemusi, tuntud teadlastega, saades neilt näpunäiteid uurimistööks. Paljud neist noortest, kes alustasid ühingust, on saanud tuntud teadlasteks, nagu professorid P. Parenago, P. Kukarkin, B. Vorontsov-Veljaminov. Eestis alustasid ühingus oma astronoomiaalast tegevust praegu tuntud astronoomid Ch. Villmann, J. Einasto ja P. Kalv.

Astronoomiahuvilised annavad sageli olulist abi astronoomia kui teaduse edasiarendamises. Nad võtavad osa päikese- ja kuuvarjutuste vaatlemisest, jälgivad komeete, vaatlevad muutlikke tähti ja planeete, loendavad lendtähti ja otsivad meteoriite.

Need, kes on huvitatud ühingu liikmeks astumisest, saatku sooviavaldus Tallinna Tähetorni aadressil Tallinn 16, Tähetorni tn. 2.

Käsikirja valmimisel olid autorile suureks abiks H. Eelsalu, M. Jõeveer, J. Lang, R. Preem, L. ja V. Riives ning H. Silvet. Kasutan siin juhust, et neid abi eest tänada.

Autor

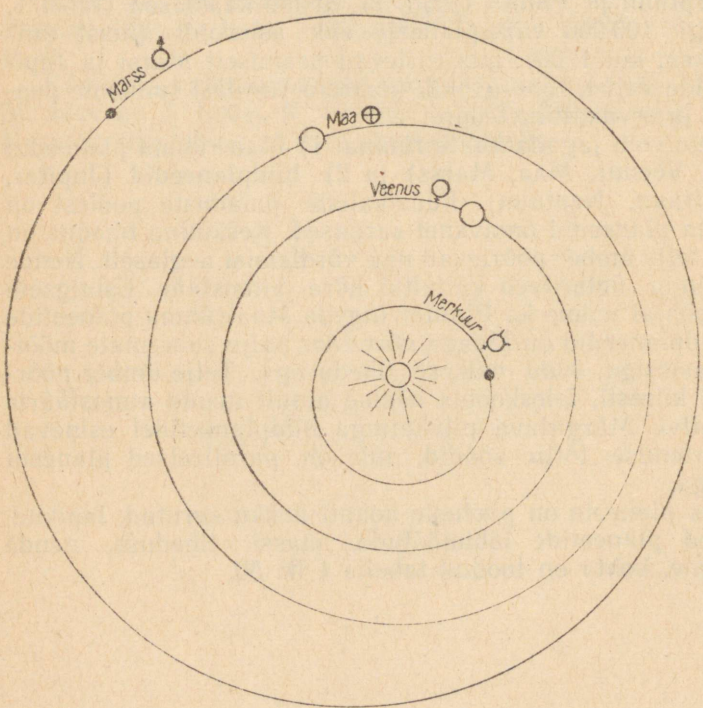
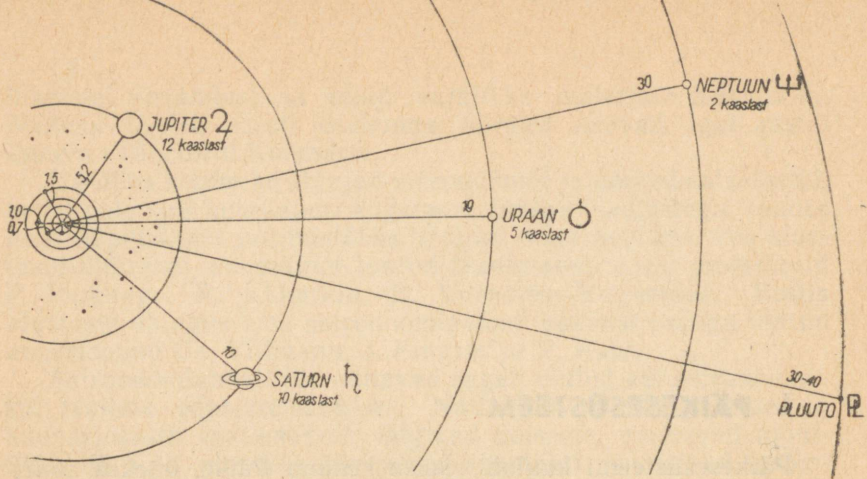
I. PÄIKESESÜSTEEM

Päikesesüsteemi kuulub keskse kehana Päike, üheksa suurt planeeti — Merkuur, Veenus, Maa, Marss, Jupiter, Saturn, Uraan, Neptuun ja Pluuto (joon. 1), nende kaaslased (tabel 1, lk. 50), ligi 100 000 väikeplaneeti ehk asteroidi (neist tunne rohkem kui 1700), mis tiirlevad peamiselt Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel, tohtu hulk komeete (millest tunne peaaegu 600) ja arvukalt meteooore.

Planeete võib jagada kahte rühma: 1) Maa-rühma planeedid (Merkuur, Veenus, Maa, Marss) ja 2) hiidplaneedid (Jupiter, Saturn, Uraan, Neptuun). Füüsikaliste omaduste poolest on Maa-rühma planeedid omavahel sarnased. Keskmine tihedus on neil suur, telje ümber pöörlevad nad võrdlemisi aeglaselt. Nende tahkeid pindu ümbritseb küllaltki hõre atmosfäär. Esialgsete andmete põhjal võime ka Pluutot lugeda Maa-rühma planeetide hulka. Hiidplaneedid on Maaga võrreldes palju suuremate mõõtmete ja massiga, kuid väikese tihedusega. Telje ümber pöörlevad nad kiiresti, teleskoobis näeme ainult nende atmosfääris ujuvaid pilvi. Märkatava pilvkattega hiidplaneetidel esinevad kiire pöörlemise tõttu vöödid, mis on paralleelsed planeedi ekvaatoriga.

Enamik planeete on pooluste kohalt kokku surutud, lapikud.

Andmed planeetide läbimõõtude, massi, tiheduse, nende orbiitide jne. kohta on toodud tabelis 1 lk. 50.



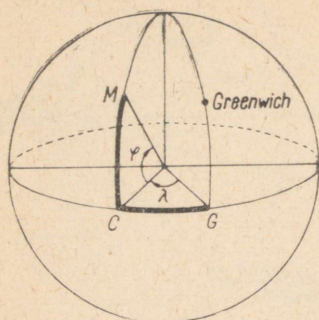
Icon. 1. a) Päikesesüsteem; b) Maa-rühma planeedid.

II. JUHENDEID PLANEETIDE VAATLEMISEKS

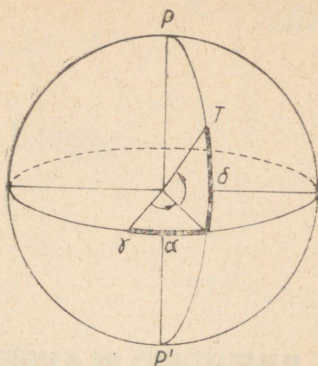
1. KOORDINAADID

Maakeral kasutatakse asukoha kindlakstegemiseks geograafilist pikkust ja laiust. Geograafiliste koordinaatide määramisel on aluseks Maa pöörlemistelg, mille risttasandit läbi Maa tsentri nimetame ekvaatoritasandiks ja valime üheks põhitasandiks. Teiseks põhitasandiks on nn. nullmeridiaanitasand, milleks on võetud Greenwichi tähetorni läbiva meridiaani tasand. Antud punkti M (joon. 2) geograafiliseks pikkuseks λ nimetatakse nullmeridiaanitasandi ja antud punkti läbiva meridiaani tasandi vahelist nurka (mida mõõdab ekvaatori kaar GC). Geograafiliseks laiuseks φ nimetatakse nurka ekvaatoritasandist antud punktini (mida mõõdab meridiaani kaar CM). Pikkust loetakse nullmeridiaanist lääne poole 0^{h} -st kuni 12^{h} -ni või 0° kuni 180° -ni (läänepikkus) ja ida poole 0^{h} -st 12^{h} -ni või 0° kuni 180° -ni (idapikkus). Laiust loetakse põhja poole 0° -st kuni $+90^{\circ}$ -ni (põhjailaus) ja lõuna poole 0° -st kuni -90° -ni (lõunailaus).

Taevakehade asukoha määramiseks taevafääril kasutatakse ekvaatorilisi koordinaate, mis defineeritakse analoogiliselt geograafilistega. Fikseerime taevafääril vastavad punktid ja jooned: maailmatelg, poolused, ekvaator, meridiaanid ja paralleelid. Maailmapoolusteks nimetatakse Maa pöörlemistelje lõikepunkte taevafääriga. Maailmateljega ristuva tasandi lõikejoont taevafääriga nimetatakse taevaekvaatoriks. Maailmapooluseid läbivaid suurtinge taevafääril nimetatakse käänderingideks. Seniiti ja pooluseid läbivat käänderingi nimetame taevameridiaaniks.



Joon. 2. Geograafilised koordinaadid.



Joon. 3. Ekvaatorilised koordinaadid.

Taevakeha asend määratakse deklinatsiooni ja otsetõusuga. Tähe T deklinatsiooniks δ nimetatakse tähe nurkkaugust taevaekvaatorist (joon. 3.) Ekvaatorist põhja poole loetakse deklinatsiooni positiivseks, lõuna poole — negatiivseks. Otsetõusuks α nimetatakse tähte läbiva käänderingi nurkkaugust nn. kevadpunktist. Kevadpunktiks nimetatakse punkti taevaskülgil, kus Päike asub kevadisel pöörpäeval (Kalade tähtkujus). Otsetõusu loetakse läänest itta vastupäeva 0^{h} -st kuni 24^{h} -ni.

Taevakeha asend on täielikult määratud, kui on antud ka kolmas koordinaat, s. o. kaugus meist või Päikesest, sellepärast vaatamegi järgnevalt astronoomias kasutatavaid pikkusühikuid.

2. PIKKUSÜHIKUD ASTRONOOMIAS

Et astronoomias on tegemist väga suurte kaugustega, siis on kasutusele võetud ka uued pikkusühikud. Planeetide kauguste väljendamiseks kasutatakse tavaliselt astronoomilist ühikut (aü), mida võib leida Päikesest, Veenuse või asteroidi horisondilise parallaksi põhjal. Horisondiliseks parallaksiks nimetatakse nurka, mille all paistab Maa raadius taevakehast vaadatud. Näiteks Päikesest horisondiline parallaks on $8''$, 79.

Kuid tähtede kauguse hindamisel on ka aü liiga väike, sellepärast võetakse tarvitusele veel suuremad pikkusühikud — val-

gusaasta (va) ja parsek (pc). Valgusaasta on vahemaa, mille valgus läbib ühe aastaga. 1 va = $9,46 \cdot 10^{12}$ km.

Parsek on kaugus, millelt vaatesihiga risti olev Maa orbiidi raadius paistab nurga all $1''$. Selgitame seda ühikut tähe aastaparallaksi kaudu ja loome seose aü-ga. Tähe aastaparallaksiks nimetatakse nurka, mille all paistab vaatesihiga risti olev Maa tee raadius taevakehalt vaadatuna. Kui tähe aastaparallaks on $1''$, siis vastavat kaugust nimetame parsekiks (sõna *parsek* pärineb sõnadest **parallaks** ja **sekund**). Seose aü ja pc vahel saame kergesti joonise 4 abil.

$$\frac{a}{r} = \sin p.$$

Kui $a=1$ aü, $p=1''$, siis definitsiooni järgi $r=1$ parsek. Et tähtede aastaparallaks on väga väike, siis võime parallaksi valemis asendada parallaksi siinuse nurgaga radiaanides ($1 \text{ rad} = 206\,265''$). Järelikult saame:

$$\frac{1 \text{ aü}}{1 \text{ pc}} = \sin 1'' = \frac{1}{206\,265}.$$

Seega $1 \text{ pc} = 206\,265 \text{ aü}$.

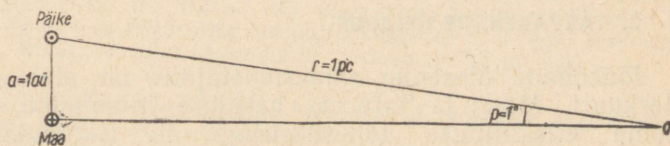
Kui tähe aastaparallaks on väiksem kui $1''$ (nagu see tõepoolest on), siis asub täht kaugemal kui 1 pc.

Tähe kaugus parsekites on pöördvõrdeline parallaksiga kaaresekundites. Joonise 4 põhjal:

$$\frac{1 \text{ aü}}{r \text{ (aü-des)}} = \sin p'' = \frac{p''}{206\,265''},$$

millest

$$r \text{ (aü-des)} = \frac{206\,265''}{p''}.$$



Joon. 4. Seos aü ja parseki vahel.

Et saada kaugust r parsekites, tuleb tulemus jagada 206 265-ga ja saamegi

$$r \text{ (pc-tes)} = \frac{1}{p''}.$$

Astronoomias tarvitavatest pikkusühikutest teeme kokkuvõtte järgmises tabelis:

Pikkusühikud	Kilomeeter (km)	Astronoomiline ühik (aü)	Valgusaasta (va)	Parsek (pc)
Kilomeeter	1			
Astronoomiline ühik	$149,60 \cdot 10^6$	1		
Valgusaasta	$9,46 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^4$	1	
Parsek	$3,1 \cdot 10^{13}$	206 265	3,26	1

Kasutatakse veel parsekist suuremaid mõõtühikuid:

1 kiloparsek (kpc) = 1000 pc;

1 megaparsek (Mpc) = 1 000 000 pc.

Praegu tuntakse rohkem kui 6000 tähe parallaksi. Kõige lähema tähe α Cen parallaks on $0'',758$, millele vastab kaugus 271 000 aü ehk 1,32 pc ehk 4,3 va. Katsuge kontrollida neid arve!

Tabelis 2 lk. 52 on toodud mõne tähe parallaksid ja neile vastavad kaugused parsekites ja valgusaastates.

3. TAEVAKEHADE HELEDUS

Jõukohane ülesanne asjaarmastajaile on planeetide (eriti Merkuuri, Marsi ja Saturni) heleduse hindamine, sellepärast loome ettekujutuse tähesuurusest m (ladinakeelse sõna *magnitudo* esitäh). Sõnal «suurus» pole siin midagi ühist tähe geomeetrilise suurusega.

Tähe valguse intensiivsuse* ja vaateleja silmas tekkiva aistingu tugevuse seose kohta kehtib Weber-Fechneri psühhofüsioloogiline seadus: aistingu tugevus (S) kasvab võrdeliselt ärrituse (R) tugevuse logaritmiga.

Ajalooliselt on kujunenud nii, et palja silmaga nähtavad tähed jaotatakse nn. näivate tähesuuruste järgi kuude heledusklassi. Kõige suurema näiva heledusega on esimese tähesuuruse tähed (Kapella, Veega, Arktuurus), siis teise suuruse tähed (α , ϵ , ζ , η UMa) jne., kõige nõrgemad aga kuuenda tähesuuruse tähed (palja silmaga vaevalt nähtavad).

Fotomeetriliselt on leitud, et esimese suuruse tähe valguse intensiivsus on 100 korda suurem kui kuuenda suuruse tähel. Seega on kahe naaberrühma kuuluva tähe valguse intensiivsuste suhe $\sqrt[5]{100} = 2,512$. Näiteks kolmanda suuruse täht kiirgab 2,512 korda rohkem valgust kui neljanda suuruse täht.

Kui tähistada kahe taevakeha tähesuurused vastavalt m_1 ja m_2 -ga ning vastavad valguse intensiivsused I_1 ja I_2 -ga, siis kehtib lihtne seos:

$$\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1}. \quad (1)$$

See on astrofotomeetria põhivalem, mille abil on kerge arvutada valguse intensiivsuste suhet, kui tähesuuruste vahe on teada, või ümberpöörduvalt (tabel 4 lk. 55).

Näiteks teeme kindlaks, missugune on Kapella (α Aur) ja Põhjanaela (α UMi) valguse intensiivsuste suhe. Tabelist 2 leiame, et $m_{\alpha \text{ Aur}} = +0,1$, $m_{\alpha \text{ UMi}} = 2,0$.

Arvutame:

$$\frac{I_{\alpha \text{ Aur}}}{I_{\alpha \text{ UMi}}} = 2,512^{2,0 - 0,1} = 2,512^{1,9} = 5,8 \text{ (tabeli 4 järgi).}$$

Järelikult on Kapellalt tulev valgus 5,8 korda tugevam kui Põhjanaelalt tulev valgus. See muidugi ei anna pilti nende tähtede tegelike valgustugevuste suhte kohta, sest nad asetsevad meist erinevatel kaugustel. Et nende valgustugevusi võrrelda, tuleb nad mõttes viia ühesugusele kaugusele. Tabelist 2 võib leida, et Kapella ja Põhjanaela heledused kaugusel 10 pc (nn. absoluutsed heledused, millest on juttu edaspidi) on vastavalt $-0,6$ ja $-3,5$.

* Valguse intensiivsuse (valgusvoo tugevuse) all mõistame valgustatust valguse levimissuunaga risti asetatud pinnal.

Valgustatus (valgustustugevus) on energiahulk, mis ajaühikus (näiteks 1 sekundi jooksul) läbib pinnaühikut (näiteks 1 cm^2).

Siit saame nende tegelike valgustugevuste suhte:

$$\frac{I_{\alpha\text{UMi}}}{I_{\alpha\text{Aur}}} = 2,512^{-0,6+3,5} = 2,512^{2,9} = 14,45,$$

mis tähendab, et Põhjanaela (kuulub ülihiidude hulka) valgustugevus on tegelikult ligi 15 korda suurem kui Kapellal.

Logaritmides avaldist (1), saame:

$$\log \frac{I_1}{I_2} = (m_2 - m_1) \log \sqrt[5]{100};$$

$$\log \frac{I_1}{I_2} = 0,4 (m_2 - m_1);$$

$$m_2 - m_1 = 2,5 \log \frac{I_1}{I_2}. \quad (2)$$

Kui seoses (2) $m_2=0$ (0-nda tähesuuruse täht) ja sellele vastav valguse intensiivsus on $2,512^0=100 \cdot 2,512$ (joon. 5), siis saame:

$$-m_1 = 2,5 \log I_1 - 2,5(\log 100 + \log \sqrt[5]{100});$$

$$m_1 = 6 - 2,5 \log I_1. \quad (3)$$

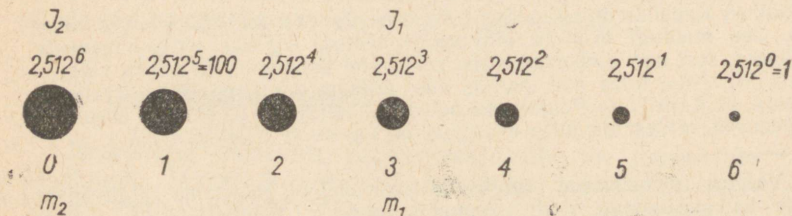
Lahutatava väärtus seoses (3) (antud juhul 6) oleneb nullpunkti valikust. Kui valida ühikud nii, et $m_2=0$ korral on valguse intensiivsus 1 ($I_2=1$), siis seose (2) järgi saame

$$m_1 = -2,5 \log I. \quad (4)$$

Üldiselt võime kirjutada:

$$m = a - 2,5 \log I. \quad (5)$$

Seost (5) tuntakse Pogsoni valemi nime all, kus m on näiv tähesuurus, I tähe valguse intensiivsus ja a tähesuuruste skaala nullpunkti määrav konstant (mis sobiva valiku korral võib ka 0 olla). Valemite (4) ja (5) abil on



Joon. 5. Tähesuuruste skaala.

kerge arvutada tähesuurust valguse intensiivsuse järgi või ümberpöörduvalt. Valemeist nähtub, et tähesuurused on võrdelised valguse intensiivsuse logaritmidega, nagu väidabki psühhofüsioloogiline seadus — aisting on võrdeline ärrituse logaritmiga.

Üldiselt on heledamad tähed meile lähemal kui nõrgemad. Aga on ka palju niisuguseid juhuseid, kus näivalt heledamad tähed on meist kaugemal, kuna näivalt nõrgemad tähed on meile palju lähemal (näiteks Prooküon on näivalt nõrgem kui Betelgeuse, aga on ometi meile lähemal).

Et võrrelda tähti valgustugevuste järgi, peame arvesse võtma nende kaugust. Viime mõttes kõik tähed ühele kindlale kaugusele, selleks on kokkuleppeliselt 10 parsekit (umbes Polluksi kaugus). Maa orbiidi raadius paistab sealt nurga all $0'',1$ (parallaks $0'',1$). Niisugusel kaugusel oleva tähe tähesuurust nimetame absoluutseks tähesuuruseks ja märgime M -ga. Tähtedel, mis tegelikult asuvad kaugemal kui 10 parsekit, tuleb M väiksem m -st. Tähtedel, mis asuvad lähemal kui 10 parsekit, on M suurem kui m (s. t. absoluutne heledus nõrgem näivast).

Füüsikast on teada, et punktvalgusallika valguse intensiivsus I on pöördvõrdeline kauguse ruuduga valgusallikast:

$$I = \frac{L}{r^2}, \quad (6)$$

kus L on valguse intensiivsus ühikulisel kaugusel.

Et leida, kuidas sõltub tähe näiv heledus tema kaugusest, asendame valemis (5) I tema avaldisega (6)-st, siis saame:

$$m = a - 2,5 \log L + 2,5 \cdot 2 \log r. \quad (7)$$

Võttes valemis (7) $r = 10$ pc, saame:

$$M = a - 2,5 \log L + 5. \quad (8)$$

Elimineerime siit seose (7) abil L ja saame:

$$M = m + 5 - 5 \log r. \quad (9)$$

Me teame seost kauguse r (pc-tes) ja parallaksi p vahel:

$$r = \frac{1}{p}.$$

Asetades selle valemisse (9), saame:

$$M = m + 5 + 5 \log p. \quad (10)$$

Valemeid (9) ja (10) kasutatakse astronoomias väga sageli.

Kui meil mingil viisil õnnestub leida tähe absoluutne heledus tähesuu-

rustes M ja näiv tähesuurus m , siis saame valemist (9) kergesti leida ta kauguse:

$$m - M = 5(\log r - 1);$$

$$\log \frac{r}{10} = \frac{m - M}{5};$$

$$r = 10 \cdot 10^{0,2(m - M)}. \quad (11)$$

Näiva ja absoluutse tähesuuruse vahet $m - M$ nimetatakse kauguse mooduliks. Valemist (10) näeme ka, et tähe absoluutset suurst M on võimalik määrata ainult sel juhul, kui on teada ta näiv tähesuurus ja parallaks (või kaugus).

Toome paar näidet.

1) Leiame Päikese absoluutse tähesuuruse M . On teada Päikese näiv heledus $m = -26,9$, ta kaugus 1 aü = $\frac{1}{206\,265}$ pc. Valemist (9) põhjal saame:

$$m - M = 5 \log \frac{1}{206\,265} - 5 = -5 \cdot 5,3145 - 5 = -31,6 \text{ ja } M = -26,9 + 31,6 = +4,7$$

(s. t. kui Päike asub vaatlejast 10 pc kaugusel, siis on ta palja silmaga vaevalt nähtav).

2) Leida Siiriuse (α CMa) absoluutne tähesuurus. Siiriuse parallaks on $0'',375$ ja $m = -1,6$. Valemist (10) põhjal võime kirjutada:

$$M_{\text{Siirius}} = -1,6 + 5 + 5 \log 0,375 = +3,4 - 2,13 = +1,3.$$

Valemist (1) põhjal leiame nüüd, mitu korda on Siirius Päikesest heledam (valgustugevam), sest mõlemad tähed on viidud nüüd standardkaugusele 10 pc.

$$\frac{I_{\text{Siirius}}}{I_{\odot}} = 2,512^{4,7 - 1,5} = 2,512^{3,2} \approx 19 \text{ (korda)}.$$

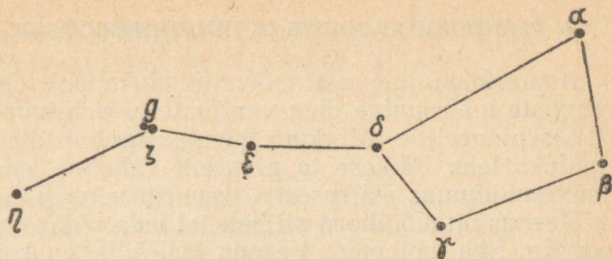
Tabeli 4 abil leiame, et 2,512 astmes 3,2 on 19,05.

Tabelis 2 on toodud mõned andmed tähtede kohta (tähed on järjestatud kauguse põhjal): näiv heledus m , absoluutne heledus M , aastaparallaks p jne.

Tabelist näeme, et meie Päike on harilik täht miljonite tähtede peres, nagu Maagi on harilik liige planeetide süsteemis.

Nõrgemate tähtede heledust tähesuurustes võime leida igal aastal ilmuvast «Tähetorni Kalendrist» või tähekataloogidest.

Planeedi heleduse hindamiseks valime kaks võrdlustähte, millest ühe heledus on suurem, teisel nõrgem meie planeedi omast, kusjuures tähtede heledused on teada. Planeedi (tundmatu tähe) ja tuntud tähtede heleduse vahet tuleb hinnata mõlema



Joon. 6. Suur Vanker.

tuntud tähe heledusvahe kümnendikes. Vaatlustulemused võib üles kirjutada järgmiselt:

$$a \ 4x6 \ b,$$

mis tähendab, et x (näiteks Marss) on täht a -st ja b on x -st heledam ja et vahe $x-a=0,4 (b-a)$ ja $b-x=0,6 (b-a)$.

Kui näiteks $a=4^m,5$ ja $b=2^m,0$, siis

$$x=4,5+0,4(2,0-4,5)=3,5.$$

Selle meetodi kasutamine on väga õpetlik ja huvitav ning vääril harjutamist. Laiemalt kasutatakse seda veel muutlike tähtede heleduse mõõtmisel, mis on üks tänuväärsemaid alasid amatööritele.

Tähtede väikeste heledusvahede hindamine vajab teatavat vilumust. Algul on vaatelejal raskusi väikeste heledusvahede tajumisel; hiljem on aga kalduvus üle pingutada, näha vahesid ka seal, kus neid tegelikult pole. Väga heaks harjutamismaterjaliks on Suure Vankri (UMA) tähed, mille heledused vankri tagumistest ratastest alates on järgmised (joon. 6):

<i>Dubhe</i> (α UMa)	$1^m, 8;$	<i>Aliot</i> (ϵ UMa)	$1^m, 8;$
<i>Merak</i> (β UMa)	$2^m, 4;$	<i>Miitsar</i> (ζ UMa)	$2^m, 2;$
<i>Phekda</i> (γ UMa)	$2^m, 4;$	<i>Alkor</i> (Hunt) (g UMa)	$4^m, 0;$
<i>Megrets</i> (δ UMa)	$3^m, 3;$	<i>Benetnaš</i> (η UMa)	$1^m, 9.$

Heleduse hindamise harjutamiseks sobivad ka Väikese Vankri (UMi; tahvel I) tähed:

Põhjanaanel (α UMi)	$2^m, 0;$	(η UMi)	$5^m, 0;$
(δ UMi)	$4^m, 4;$	(β UMi)	$2^m, 1;$
(ϵ UMi)	$4^m, 3;$	(γ UMi)	$3^m, 1.$
(ζ UMi)	$4^m, 3;$		

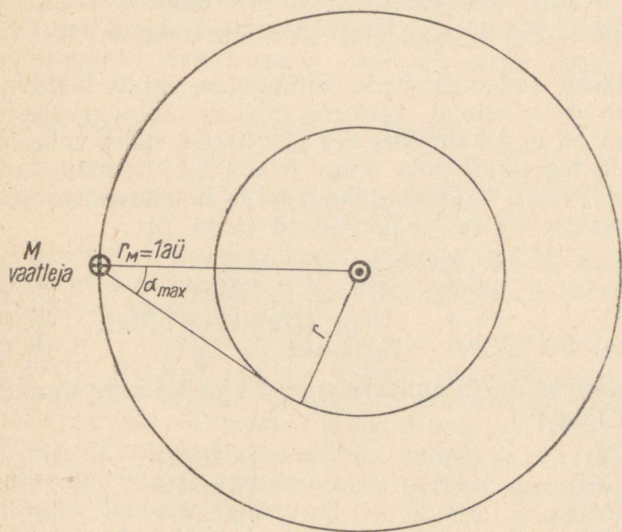
α ja ϵ UMi on muutlikud tähed.

4. PLANEETIDE KAUGUSTE JA TIIRLEMISPERIOODIDE MÄÄRAMINE

Asjaarmastajale astronoomile jõukohane töö on planeetide kauguste määramine oma vaatluste ja mõõtmiste varal.

Siseplaneetide (Merkuur, Veenus) puhul tuleb vaatluste järgi kindlaks teha Päikese ja planeedi vaheline suurim nurk (suurim eemaldumus Päikesest — suurim elongatsioon).

Veenus on mõnikord nii hele, et teda võib vaadelda isegi päeval. Kui aga mõlemad, Veenus ja Päike, on korruga näha, siis mõõdame nendevahelist nurka järgmiselt. Suuna Päikesele ja suuna Veenusele kanname paberile, mis asub mingil kaldu asetatud alusel (lauakesel, mille tasandi pikendus läbib Veenust ja Päikest). Veenust on parem vaadelda hommikul, mil ta on hästi leitav ja jälgitav ka pärast Päikese tõusu. Viseerime Veenuse suuna enne Päikese tõusu ja Päikese tõusul ning kanname samale paberile ka Päikese suuna. Hiljem mõõdame nurga maliga.



Joon. 7. Siseplaneedi kauguse määramine.

Kui on leitud suurim nurk Päikese ja siseplaneedi vahel, siis võimegi arvutada kauguse aü-des (joon. 7).
Joonise järgi

$$\frac{r}{1 \text{ aü}} = \sin \alpha_{\max}; \quad r = \sin \alpha_{\max} \text{ (aü-des)}. \quad (1)$$

Siseplaneedi sideerilise tiirlemisperioodi, s. o. ajavahemiku, mille jaoksul planeet teeb täistiiru ümber Päikese, võime leida Kepleri III seaduse põhjal, mille järgi planeetide tiirlemisperioodide ruudud suhtuvad nagu nende keskmiste kauguste kuubid.

Tähistame:

P — sideeriline tiirlemisperiood (otsitav);

r — planeedi kaugus aü-des (äsja leidsime vaatluste teel $r = \sin \alpha_{\max}$);

P_M — Maa sideeriline tiirlemisperiood (1 aasta);

r_M — Maa kaugus aü-des (1 aü).

Nüüd võime kirjutada:

$$\frac{P^2}{P_M^2} = \frac{r^3}{r_M^3}. \quad (2)$$

Näiteks asetades Maa kohta teadaolevad andmed ja ka leitud Veenuse kauguse seosesse (2), saame perioodi:

$$\frac{P_V^2}{1^2} = \frac{\sin^3 \alpha_{\max}}{1^3},$$

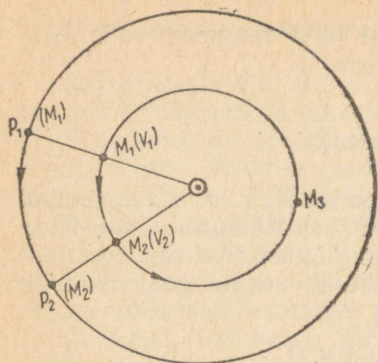
siit

$$P_V = \sqrt{\sin^3 \alpha_{\max}} \text{ (aastates).}$$

Vaatame nüüd, kuidas leida välisplaneedi sideerilist tiirlemisperioodi P . Vaatluste abil leiame välisplaneedi nn. sünoodilise tiirlemisperioodi S , s. o. ajavahemiku planeedi kahe järjestikuse vastasseisu või samasuguse ühenduse vahel (joon. 8).

Välisplaneet liigub Maast aeglasemalt (veenduge selles Kepleri III seaduse abil). Ühe sünoodilise perioodi jaoksul teeb ta ühe täistiiru vähem kui Maa. Teisiti öeldes, kui välisplaneet on liikunud asendist P_1 asendisse P_2 (joon. 8), siis on Maa läbinud tee $M_1 M_2 M_3 M_1 M_2$ (s. t. $2\pi + M_1 M_2$).

Ilmselt katab Maa ühe päevaga nurga $2\pi/P_0$ (P_0 — Maa sideeriline tiirlemisperiood) ja planeet nurga $2\pi/P$. Sünoodilise tiirle-



Joon. 8. Välisplaneedi (siseplaneedi) sideerilise tiirlemisperioodi leidmine.

misperioodi S jooksul katab Maa nurga $\frac{2\pi}{P_0} S$ ja planeet sama aja jooksul nurga $\frac{2\pi}{P} S$. On selge, et Maa teeb selle aja (S) jooksul ühe tiiru (s. o. 2π) rohkem kui välisplaneet, seega

$$\frac{2\pi}{P_0} S - \frac{2\pi}{P} S = 2\pi,$$

millest

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_0} - \frac{1}{S}. \quad (3)$$

S saame vaatlustest, $P_0 = 365,256$ ööpäeva ja ainukeseks tundmatuks valemis (3) jääb planeedi tiirlemisperiood P . Kontrolliks võib analoogiliselt leida ka siseplaneedi tiirlemisperioodi. Sel juhul tuleb valem pisut erinev ja nimelt:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{S} - \frac{1}{P_0}.$$

Katsuge see ka tuletada!

Välisplaneedi vastasseisu aega on küllalt raske kindlaks teha, sest me ei tea täpselt, millal just on kolm taevakeha — Päike, Maa ja välisplaneet — ühel sirgel (joon. 8). Kõige sobivam on vaatlusi teha kohaliku kesköö paiku (s. o. Tartus kell 1^h13^m, Tallinnas 1^h21^m, Kingissepas 1^h30^m, Narvas 1^h7^m Moskva aja järgi).

Päeval tuleb ära märkida keskpäevajoone ($N-S$) siht. Kui

kohalikul keskööl on välisplaneet täpselt lõunas, siis ongi vastasseisu aeg. Kui välisplaneet on keskööl ida pool, siis pole ta veel vastasseisu jõudnud, kui aga lääne pool, siis on ta juba vastasseisu läbinud.

Samal viisil tuleb leida (Jupiteri puhul ligi 400 päeva pärast) ka teine vastasseisu moment. Nende vastasseisude vahe ongi välisplaneedi sünoodiline tiirlemisperiood (S). Vastasseisu momendi võime leida ka nii, et kanname välisplaneedi ja Päikesese asendid tähekaardile: kui otsetõusude vahe on 12^t , siis ongi vastasseisu moment käes.

Kui sideeriline tiirlemisperiood on teada, siis võime välisplaneedi kauguse leida Kepleri III seaduse järgi:

$$\frac{P^2}{P_M^2} = \frac{r^3}{r_M^3}; \quad r = \sqrt[3]{P^2}.$$

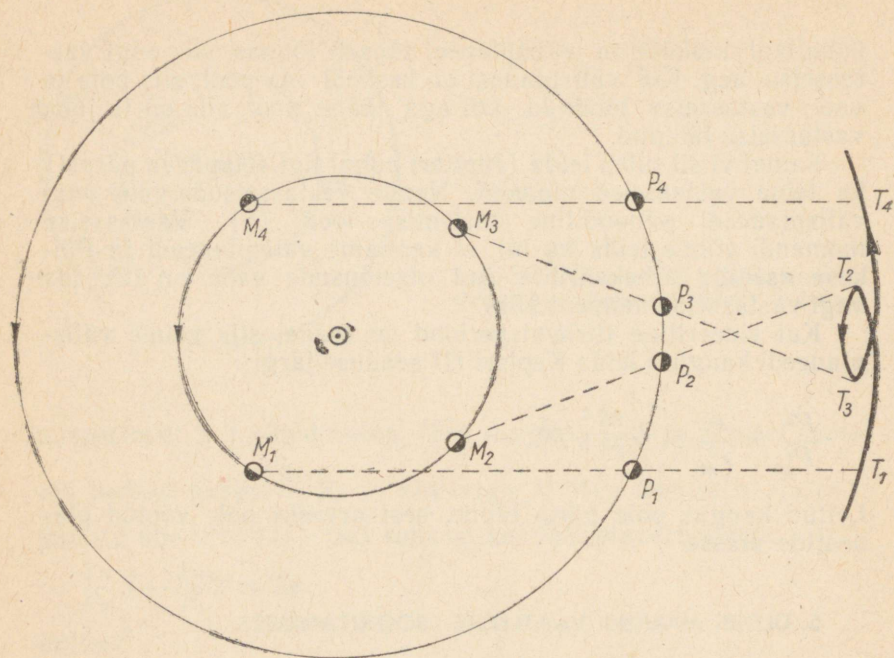
Leitud kaugus pole päris täpne, sest arvesse pole võetud planeetide masse.

5. ULDISI MÄRKUSI VAATLUSTE SOORITAMISEKS

Planeetide leidmiseks tähtede hulgast võib kasutada tõsiasja, et planeetidel on ühtlane valgus, nad ei vilgu nagu tähed (tähtedega võrreldes on planeedid oma läheduse tõttu pindobjektid, neil saabuval valguskiirte kimbul on märgatav läbimõõt). Ka heledus on neil küllalt suur: Veenuse maksimaalne heledus on $-4^m,4$, Jupiteril $-2^m,5$, Merkuuril $-1^m,3$, Marsil $-2^m,5$, Saturnil $0^m,2$.

Juba väikeses kooliteleskoobis paistavad planeedid pindobjektidena (ketaste või sirpidena). Siseplaneedid Merkuur ja Veenus asuvad alati ka näivalt Päikesele võrdlemisi lähedal (koidu- või ehataevas). Merkuuri maksimaalne eemaldumus Päikesest on 28° ja Veenusel 48° , mida tuleb vaatlemisel arvesse võtta. Eriti raske on Merkuuri vaadelda. Astronoomide hulgas on levinud ütlus: õnnelik on astronoom, kes on näinud Merkuuri. Isegi nii suurel astronoomil nagu Kopernikul ei õnnestunud Merkuuri näha.

Planeetide leidmiseks võime kasutada ka efemeriiidi, kus on antud planeedi koordinaadid kindlate ajavahemike järel. Efemeriiide võib leida «Tähetorni Kalendrist». Märgime saadud



Joon. 9. Sõlmede tekkimine.

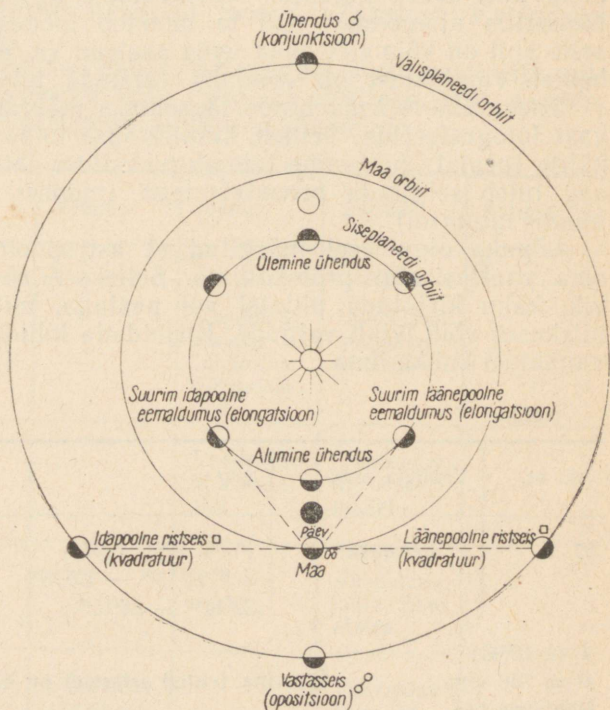
koordinaatide järgi planeedi asukoha tähekaardile ja teeme kindlaks, millises tähtkujus või millise heleda tähe läheduses ta asetseb.

Üks esimesi planeetide vaatlusi võiks olla planeedi liikumise jälgimine. Kõige sobivam objekt on Marss. Amatöörastroonoom märgib tähekaardile planeedi asukohad pikema aja jooksul, ja ühendades märgitud punktid pideva joonega, saabki planeedi näiva tee taevavõlvil. Seejuures sisaldavad planeetide näivad teed sõlmi, s. o. vastupidise liikumisega piirkondi. Sõlmed tekivad kahe keha liikumise liitumisest: teatud ajal Marsi ja Maa liikumised liituvad, siis aga jälle lahutuvad (joon. 9). Planeedi asendite täpsemaks määramiseks on soovitatav teda fotografeerida.

Teeme siinkohal mõned üldised märkused planeetide vaatlustingimuste kohta. Planeedi nähtavus sõltub tema asendist Maa ja Päikese suhtes. Kui siseplaneet asub Maa ja Päikese vahel,

siis öeldakse, et planeet on alumises ühenduses (joon. 10). Alumise ühenduse lähedal paistab planeet suure näiva läbimõõduga sirbina, kuid Päikese lähedus teeb vaatlemise raskeks, sest planeet kaob Päikese kiirtesse. Seejärel planeet eemaldub Päikesest lääne suunas ja tema nähtavustingimused paranevad. Teatud aja järel saavutab planeet suurima (läänepoolse) eemaldumuse ehk maksimaalse elongatsiooni (planeedi ja Päikese vaheline nurkkaugus taevsfääril). Edasi liigub planeet Päikese taha (ülemine ühendus ehk konjunktsioon), kus tema vaatlustingimused jällegi halvenevad, kuni ta lõpuks kaob. Seejärel muutub planeet uuesti nähtavaks ja läbib suurima idapoolse eemaldumuse. Siis on ta vaadeldav õhtutaevas.

Välisplaneet (liigub väljaspool Maa orbiiti) on vaadeldav kogu öö, kui ta asub vastasseisus ehk opositsioonis (joon. 10).



Joon. 10. Planeetide asendid.

Seejärel läheneb planeet idapoolsele kvadratuurile — ta asub 90° kaugusel Päikesest — ja on nähtav õhtupoole ööd. Planeedi nähtavusaeg lüheneb järjest ja kui planeet jõuab ühendusse ehk konjunktsiooni, siis muutub ta nähtamatuks. Edasi tuleb ta nähtavale hommikupoole ööd ja nähtavusaeg hakkab järjest pikema kuni järgmise vastasseisuni. Välisplaneedi liikumine Päikese suhtes näib seega toimuvat taevASFääri pöörlemise suunas, seega vastupidi tema tegeliku liikumisega. See on aga tingitud Maa kiiremast liikumisest orbiidil, võrreldes välisplaneediga, mistõttu viimane jääb maha, s. o. liigub taevASFääril aeglasemalt kui Päike (Maa liikumise peegeldus).

Huvi võivad pakkuda ka tehiskaaslaste ülelennud. Teatavasti liiguvad need objektid taevAS suhteliselt kiiresti, kuid siiski tavaliselt aeglasemalt kui lennukid. Nende liikumist on sageli näha pika kaare ulatuses. Tehiskaaslase ülelennu korral tuleks fikseerida ajamoment, mil ta möödub mõnest tuntud tähest; selle abil on võimalik leida tema asukoht (α, δ) vaadeldud ajahetkel. Vaatlustest on võimalik tuletada tehiskaaslase orbiit.

Taevakehade asukohtade täpsemaks määramiseks tuleb taevast fotografeerida. Selleks kinnitatakse fotoaparaat teleskoobi külge (peale). Juhtimine toimub pikksilma abil. Ekspositsiooni-aeg tuleb selgitada proovivõtetega (mõnest minutist mõnekümne minutini).

Lõpuks olgu veel märgitud, et astronoomiahuviline peaks oma vaatlusi alati protokollima. Selleks tuleb sisse seada päevik, kuhu kirjutada pliatsi või pastaga, mitte tindiga, mis niiskuses võib laiali valguda. Kirjeldada lühidalt nii erilisi taevanähtusi kui ka ilma.

Näide.

Jrk. nr.	Vaatleja nimi	Aeg	Juhttäh
37	P. Kesamaa	14/15. sept. 1967 kell 21^h45^m — 22^h15^m 22^h45^m — 23^h15^m	α Peg

$T = 12^\circ\text{C}$;
 $P = 766$ mm.
 Nähtavus hea.

Ülesvõte tehtud asteroidi nr. 67 otsimiseks.

III. PLANEEDID JA NENDE KAASLASED

Planeetide nähtavusajad on toodud «Tähetorni Kalendris» kuude ülevaadetes.

Asjahuvilised võivad endale teha plaani aasta peale ette, mil-lal mingisugust planeeti saab vaadelda. Näiteks 1970. aastaks võiks planeetide vaatlemise kava olla järgmine:

Planeet	Merkuur	Veenus	Marss	Jupiter	Saturn
Aeg					
1	2	3	4	5	6
Jaan.			Vaadeldav Kalade tähtkujus õhtupoole ööd	Vaadeldav hommiku- poole ööd	
Veebr.			Vaadeldav õhtupoole ööd	Vaadeldav öö teisel poolel	
Märts				Vaadeldav kella 22-st alates	
Aprill		Vaadeldav ehatähena edelataevas		Vaadeldav kogu öö Neitsi täht- kujus	

1	2	3	4	5	6
Mai		Vaadeldav ehatähena		Vaadeldav kogu õõ Neitsi tähtkujus	
Juuni		Vaadeldav ehatähena		Vaadeldav õhtupoole õõd Spiika lähedal	
Juuli		Vaadeldav		Vaadeldav õhtul	
August		Vaadeldav			Vaadeldav hommikupoole õõd
Sept.	Vaadeldav kuu keskel idataevas	Ebasoodsad vaatlustingimused			Vaadeldav alates keskõõst
Okt.					Vaadeldav kogu õõ
Nov.					Vaadeldav kogu õõ Jäära tähtkujus
Dets.		Vaadeldav koidutähena			Vaadeldav kogu õõ

1. MERKUUR

Päikesele kõige lähemal (joon. 1) liigub planeet Merkuur. Tema tiirlemisperiood on 88 päeva. Seega kestab Merkuuri aasta natuke vähem kui kolm Maa kuud. Merkuuri on amatööril raske vaadelda, sest ta eemaldub Päikesest väga vähe (maksimaalne elongatsioon on 28°). Aasta jooksul on Merkuuri võimalik vaadelda kahel või kolmel perioodil: kas hommikutaevas enne Päikese tõusu või õhtutaevas pärast Päikese loojangut.

Planeet paistab kollakaspunase tähena ja tema heledus muutub 1,1 kuni $-1,3$ tähesuuruseni. Katsuge määrata Merkuuri heledust, võrreldes seda kinnisttähtede heledusega! Suuremas teleskoobis näeme planeedi faase ja tema pinnal tumedaid laike, mis sarnanevad Kuu «meredega». Nende laikude abil määrati Merkuuri pöörlemisperiood ja leiti, et see osutus võrdseks tiirlemisperioodiga. Aga viimased täpsed mõõtmised raadiolokatsioonimeetodite abil andsid pöörlemisperioodi märgatavalt lühema — umbes 60 päeva. Astronoomiahuviline võiks proovida määrata Merkuuri pöörlemisperioodi optiliselt.

Merkuur on märksa lähemal Päikesele kui Maa, mistõttu ta saab Päikeselt 7 korda rohkem soojust. Mõõtmised näitavad, et päevapoolsel küljel ulatub pinnatemperatuur $+400^{\circ}\text{C}$, ööpoolsel langeb -200 kuni -250°C .

2. VEENUS

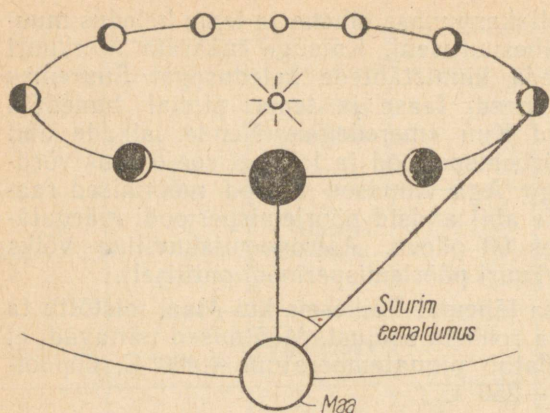
Veenus tiirleb Päikese poolt arvates teisel orbiidil, s. o. ta on Merkuurist järgmine planeet. Tema suurim eemaldumus (elongatsioon) Päikesest on suurem kui Merkuuril, ulatudes 48° -ni. Planeet on taevas kergesti leitav oma suure heleduse tõttu.

Kui Veenus on nähtav õhtutaevas, siis kutsutakse teda ehatäheks, kui hommikutaevas, siis koidutäheks. Veenuse nähtavustingimused on antud astronoomilistes kalendrites nagu kõigil planeetidel.

Juba väikese pikksilma abil ($F=50$ cm, $D=5$ cm) võime märgata Veenuse faase: kui planeet asub peaaegu Päikest ja Maad ühendaval lõigul, siis näib ta meile sirbikujulisena nagu Kuu. Kui aga Veenus on teisel pool Päikest, paistab ta väikese ketana (joon. 11).

Planeedi näiv nurkläbimõõt kõigub olenevalt kaugusest Maast $9''{,}5$ kuni $65''{,}2$, tema tõeline läbimõõt on 12 100 km ehk 0,95 Maa läbimõõtu. Seega on Veenus ainult natuke väiksem kui Maa.

Veenuse suure heleduse tõttu (kuni $-4_{m,4}$) võib teda vaadelda ka päeval palja silmaga. Tarvis on teada ainult planeedi ligikaudset asukohta taevASFääril ja siis fokuseerida silm lõpmatuse kas pilvede või mõne kauge eseme abil ning näemegi Veenust, kuigi Päike paistab.



Joon. 11. Siseplaneedi faasid ja näiv läbimõõt.

Eriti sobiv on selliseid vaatlusi korraldada ajal, mil Veenus on nähtav hommikuti. Planeeti vaadeldakse algul Päikese tõusu ajal ja siis hiljemgi. Vaatluste vaheaegadel tähistada Veenuse asukoht taevsfääril kahe maapealse punkti suhtes, siis võib planeeti teatud aja järel (näiteks pool tundi hiljem) jälle kergesti leida (Veenus on vaid 6—7° viseeritud joonest lääne poole liikunud).

Nagu Merkuurgi, nii võib ka Veenus Päikese ketta eest läbi minna; see toimub aga palju harvemini kui Merkuuri puhul. Kui Veenus liigub Päikese eest läbi, siis jääb ta nähtavaks tumeda kettana, mis on ümbritsetud heleda rõngaga. Selle nähtuse avastas M. Lomonossov 1761. aastal ja tõestas sellega Veenuse atmosfääri olemasolu. Veenuse lähim oodatav üleminek Päikese kettast toimub alles aastal 2004.

On leitud, et Veenuse atmosfäär sisaldab suurel hulgal süsihappegaasi. Selles ujuvad suured ja tihedad pilved, mis ei luba Maal asuvatel vaatlejatel näha planeedi pinda. Sellepärast ei ole õnnestunud koostada Veenuse pinna kaarti ja kaua aega ei suudetud määrata ka planeedi pöörlemisperioodi. Ühed väitsid, et pöörlemisperiood on võrdne tiirlemisperioodiga (225 päeva), teised leidsid, et see on võrreldav Maa ööpäeva pikkusega (22 t). Veenuse radarvaatlused 1964. a. andsid tema pöörlemisperioodiks pisut vähem kui 250 päeva, kusjuures pöörlemine toimub



Tahvel I. Suur ja Väike Vanker ning Lohe nende vahel.



Tahvel II. Jupiter Reeguluse lähedal.
Autori foto 4. märtsist 1968.

Tahvel III. Arend-Rolandi komeet. Autori foto 25. aprillist 1957.





Tahvel IV. Tartu tähetorni hoone Toomemäel.



Tahvel V. Tõutsimäe rahva-
observatooriumis (Võru ra-
joon).

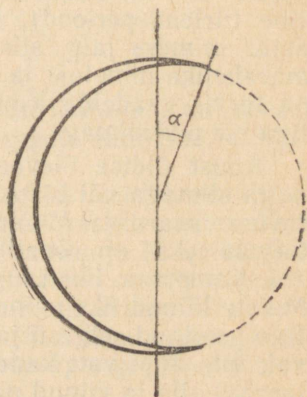
vastassuunas Maa pöörlemisega) Seega kestab Veenuse ööpäev umbes 4 meie kuud. Et Veenuse pöörlemistelg on peaaegu risti tiirlemistasandiga, siis aastaegade vaheldumist nagu Maal ei toimu.

Eriti väärtuslikke andmeid sellest salapärasest planeedist andis Nõukogude automaatjaam «Venera 4», mis 18. oktoobril 1967. a. kell 7.30 maandus sujuvalt Veenuse pinnal. Tema aparaadid registreerisid lennul läbi Veenuse atmosfääri temperatuurimuutust 40° -st kuni 280° -ni, kusjuures rõhk muutus samal ajal 1-st kuni 15 atmosfäärini. Nagu neist mõõtmistest selgus, koosneb planeedi atmosfäär peaaegu tervenisti süsihappegaasist. Veeauru ja hapnikku on kokku ca 1,5%, lämmastikku aga ei saa olla üle 7%. «Venera 5» ja «Venera 6» andmetel on Veenuse temperatuur ekvaatoril üle 400°C ja rõhk üle 60 atm.

Amatöörastronoomile sobiv ülesanne on vaadelda Veenuse faase. Mitmed nõukogude astronoomid on leidnud, et vaadeldud Veenuse faas ei ühti sageli teoreetilisega. See asjaolu on tingitud Veenuse väga ulatuslikust atmosfäärist.

Kõige soovitamam on faasivaatlusi teha järgmistel aegadel: 1) Veenuse faas on lähedane 1-le, s. t. planeet on näha peaaegu täiskettana; 2) faas on umbes 0,5, siis on terminaator (valgustatud ja valgustamata osa piirjoon) lähedane sirgele; 3) väikese faasi (0,2) korral, mil Veenus on näha kitsa sirbina. Vaatleja teeb joonise, märkides ära ilmakaared *N*, *S*, *W*, *E*.

Sirbi vaatlemisel määrata, kui palju ulatuvad sirbi otsad üle



Joon. 12. Veenuse sirbi otsad ulatuvad üle keskjoone.

keskjoone (joon. 12, nurk α). Nurk α määrab Veenuse atmosfääri ulatuse. Joonisel märkida ka muid üksikasju, mis näha on.

Veenuse heleduse hindamine ei ole otseselt teostatav nii, nagu kirjeldati II peatükis, sest ta on kõigist taevakehadest heledam. Sellepärast määrame Veenuse heleduse järgmiselt. Võtame filtri (või tumeda filmitüki), mille läbi Veenus paistab 3—4 tähesuuruse võrra nõrgemana, seega esimese või teise suuruse tähena, ja nüüd on meil võimalik kasutada II peatükis kirjeldatud viisi Veenuse heleduse määramiseks. Heleduse nõrgenemise filtris määrame tuntud heledusega tähe abil. Mugav on töötada prillidega, millel üks klaas puudub ja teiseks klaasiks on filter.

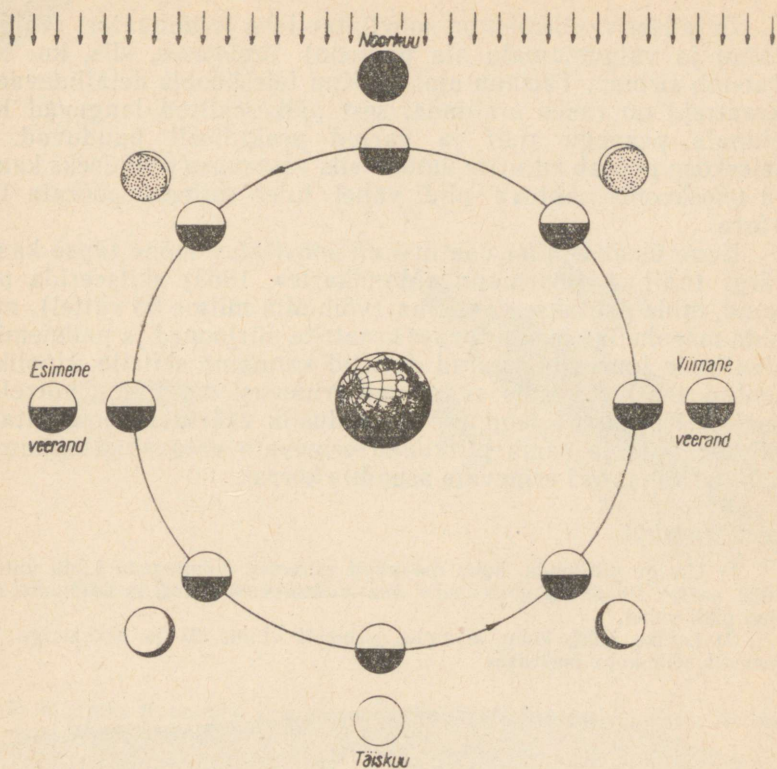
Veenuse heledust võib määrata ka überpööratud pikksilma abil (okulaar Veenuse pool). Heleduse vähenemise überpööratud pikksilmas määrame tuntud heledusega tähtede abil nagu eespool.

Veenuse kauguse Päikesest võib määrata nii, nagu kirjeldati II peatükis punktis 4.

3. KUU

Maale kõige lähem taevakeha on Kuu. Tema keskmine kaugus Maast on 384 400 km. Kuu teeb tiiru ümber Maa keskmiselt 27,32 päevaga. Sellest tiirlemisest ongi tingitud Kuu faasid (joon. 13), mis korduvad keskmiselt 29,53 päeva järel (sünoodiline tiirlemisperiood). Et Kuu on esimene taevakeha, millele astus inimese jalg, siis on vaja, et tuntaks merede, kraatrite, mäeahelike nimetusi ja nende asukohti. Kuu tundmaõppimiseks on tarvis vaadelda Kuud niihästi palja silmaga kui ka binokliga või pikksilmaga.

Kuust üldise ülevaate saamiseks vaatleme algul täiskuud palja silmaga või binokliga, viies Kuul märgatud objektid vastavusse kaardiga. Merede ja nende kaudu suuremate kraatritega tutvumiseks on õpetlik meenutada muistendit kuunaisest (M. Kampmaa, Eesti lugemik, algk. 2. õ. a.; Tartu 1936, lk. 242). Muiste läinud üks naine hilja laupäeva õhtul jõest vett tooma. Kuu paistnud selgesti ja naine öelnud: «Mis sa seal laiskled üleval, tule appi vett kandma.» See pahandanud Kuud, ta tulnud taevast alla ja viinud naise kaasa. Kuu peal on ta veel praegugi



Joon. 13. Kuu faasid.

ja tuletab meelde, et laupäeva õhtul ei tohi töötada. Kuul enesel aga pole aega laiselda. Ta peab maalt maale rändama, et igal pool pimedat ööd valgustada.

M. Eisenil ja eesti rahvaluule kogujatel on veel teine muinasjutt Kuust, nn. kuutõrvajast. Keegi tahtnud vargile minna, Kuu aga paistnud heledasti. Mees otsustanud minna ja Kuu enne ära tõrvata, et siis on pimedam, aga ta jäeti teiste varaste hirmuks kõige ämbriga Kuu külge kinni. Selle inimese leiame Kuu paremal pool: pead kujutab Selguse meri, keha Vaikuse meri, jalgu kujutavad Viljakuse ja Nektari meri ja tõrvapange Pilvede meri (tahvel VI).

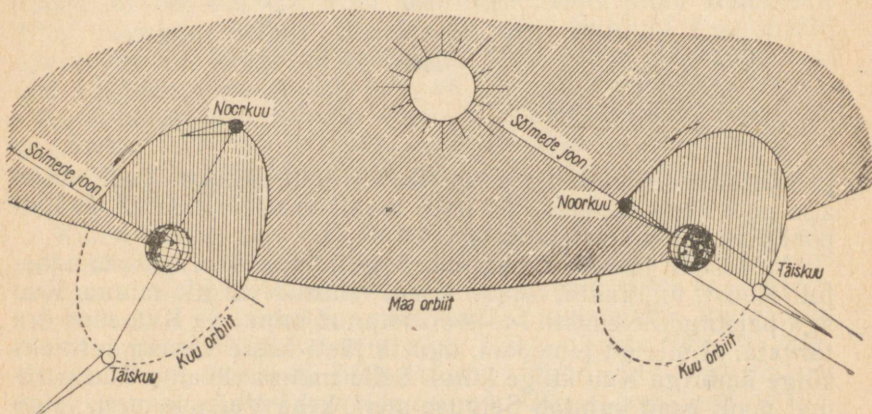
Detailset vaatlemist on soovitatav teha terminaatori (valgustatud ja valgustamata ala piirjoon) ümbruses, siis, kui Kuu paistab sirbina. Täiskuu ajal on Kuu teleskoobis detailidevaene, kraatreid on raske eraldada, sest päikesekiired langevad Kuu pinnale peaaegu risti ja varjud praktiliselt puuduvad. Et teleskoop pöörab kujutise ümber, siis vastavuse saamiseks kaardi ja teleskoobis nähtava pildi vahel tuleb esimest pöörata 180° võrra.

Enne üksikasjalisi vaatlusi on soovitatav mõne täpse kaardi järgi (näit. J. Lohrmann «Mondkarte», 1963) skitseerida piirkond, mida asutakse vaatlema (võib-olla mitme öö vältel), märkida mäeahelike ja suuremate kraatrite piirjooned ja paiknemine. Vaatluste juures märgatud detailid kanname skitsile. Hoolikalt tehtud vaatlustel, mis avastavad erinevusi detailides, võrreldes seniste Kuu kaartidega, on ka teaduslik väärtus. On soovitatav jälgida ühte ja sama piirkonda erinevate valgustustingimuste, s. o. terminaatori erinevate asendite korral.

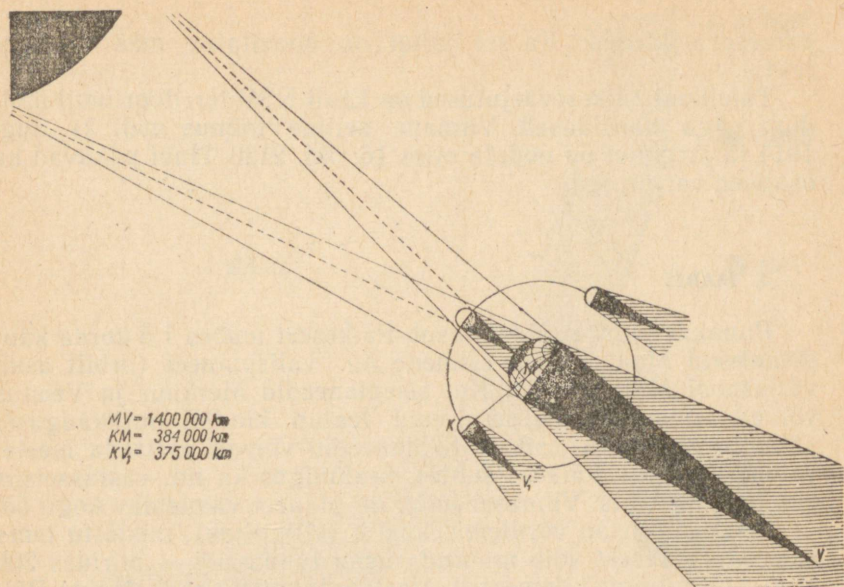
Ülesandeid.

1) Uurige piirkonda, kuhu maandati esimesed Nõukogude Liidu vimplid 1959. aastal. Püüdke kindlaks teha, kas on erinevusi kaardi ja vaatlustel saadud pildi vahel.

2) Leidke koht, kuhu maandus pehmelt «Luna 9» ja skitseerige Kuu maastik selle koha ümbruses.



Joon. 14. Varjutuste tekkimine. Vasakpoolses asendis varjutust ei teki, paremal tekib.



Joon. 15. Päikese- ja kuuvarjutuste skeem.

3) Määrake Koperniku kraatri serva poolt heidetud varju pikkus, teades, et kraatri läbimõõt on 90 km.

Teaduslikku väärtust omavad ka tähtede Kuuga kattumiste vaatlused. Enne ja pärast vaatlust tuleb raadiosignaalide abil määrata vaatlustel kasutatud kella (kronomeetri) parand. Kattumise algust ja lõppu peab määrama 0,1^s täpsusega. Andmeid kattumiste kohta võib leida «Tähetorni Kalendrist».

Haruldasem on võimalus vaadelda varjutusi (joon. 14). Andmeid varjutuste kohta saame jällegi «Tähetorni Kalendrist», kus on toodud kõik antud aastal toimuvad kuu- ja päikesevarjutused. Amatööridel on soovitatav määrata varjutuse kontaktid täpse kella (kronomeetri) abil (joon. 15).

Kui koolil on olemas fotoelement, siis võiks mõõta Maa varju mineva Kuu poolt tekitatud muutuvat valgustustugevust iga 5 minuti järel.

Kaks nädalat enne või pärast kuuvarjutust on võimalikud

päikesearjutused. Ka sel juhul on soovitatav määrata kontaktid.

Täielikud päikesearjutused on Eesti NSV territooriumil muidugi väga haruldased. Viimane selline toimus meil 21. aug. 1914 ja järgmist on oodata alles 16. okt. 2126. Huvi pakuvad ka osalised varjutused.

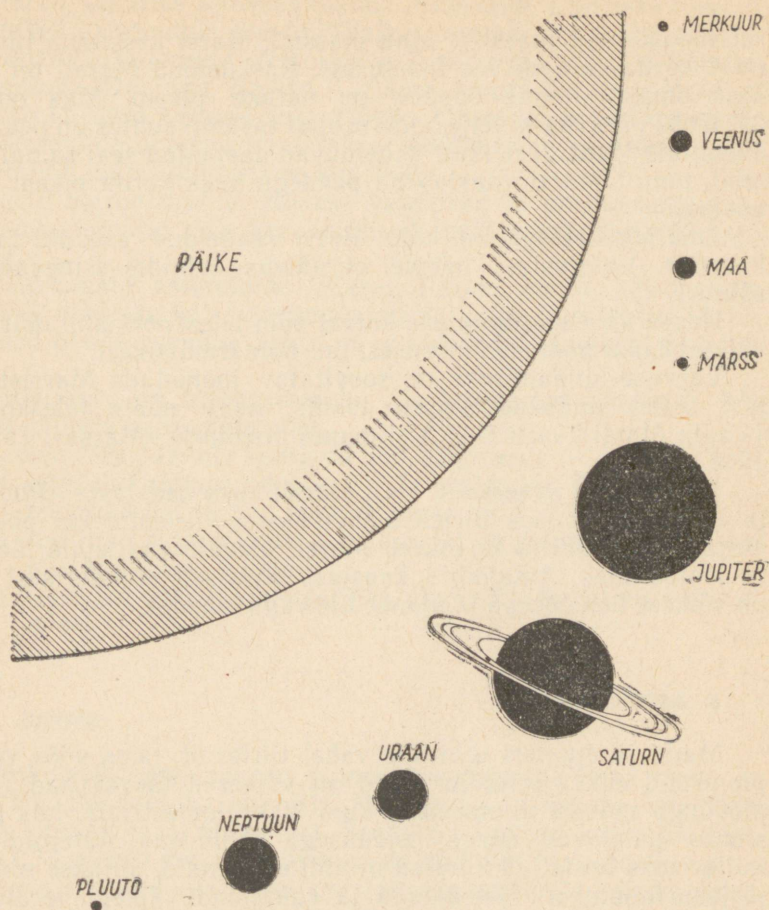
4. MARSS

Punakas planeet Marss asub Päikesest umbes 1,5 korda kaugemal kui Maa. Ta on esimene nn. välisplaneet (orbiit asub väljaspool Maa orbiiti). Kui siseplaneedid Merkuur ja Veenus võivad asetseada Päikesest vaid teatud kindlal nurkkaugusel (Maalt vaadatuna), siis välisplaneedid võivad asetseada meelevaldses asendis Päikese suhtes, sealhulgas ka nn. vastasseisus ehk opositsioonis. Viimasel juhul on planeet vaadeldav kogu öö.

Marsi orbiit on võrdlemisi piklik (elliptiline), mistõttu tema kaugus Päikesest võib muutuda üsna tunduvalt — piirides 206 kuni 249 miljonit kilomeetrit. Vastavalt sellele saab Marss Päikesel valgust ja soojust 36 kuni 52% sellest kogusest, mis jõuab Maani. Marsi ja Maa vaheline kaugus muutub 400 miljonist kuni 56 miljoni kilomeetrini (näiv läbimõõt vastavalt 3",5 kuni 25",6). Lähima seisu korral on Marsi heledus peaaegu võrdne Veenuse omaga, kaugeima seisu puhul — Põhjajanaela heledusega.

Viimased suurimad Marsi lähenemised Maale, nn. suured vastasseisud (kui Marss on vastasseisus ja periheelis ühteaegu), olid 1939. ja 1956. aastal, järgmine toimub 1971. aastal. Suured vastasseisud korduvad iga 15 või 17 aasta järel.

Marsi punakas värvus on tingitud tema pinna omadustest, sest pilk jõuab vahetult planeedi pinnani nagu Kuugi puhul. Marsi atmosfäär, mis viimaste vaatluste järgi on veel palju hõredam, kui seni arvati, ei takista oluliselt planeedi vaatlemist. On aga siiski täheldatud juhtumeid, kus kogu planeeti kattis nagu mingi loor või somp, mis arvatakse olevat tingitud Marsi atmosfääris tormidega ülespaisatud tolmutpilvedest. «Mariner 4» lähifotod Marsi pinnast võimaldasid avastada planeedil terve rea mitmesuguses suuruses kraatreid nagu Kuulgi. Pikksilmas näd oma väiksuse tõttu näha ei ole. «Marineri» vaatlustulemuste põhjal näivad tingimused sel planeedil olevat veel karmimad, kui seni arvati.



Joon. 16. Päikese ja planeetide suurusvahekord.

Marsi kuulsad kanalid on viimasel ajal unustusehõlma vajunud ja ka «Mariner 4» fotodel ei ole nad hästi märgatavad. Kanalid on nähtavasti hiiglapraod Marsi pinnas, mis kujunesid kraatreid tekitanud asteroidide langemisel.

(Mõõtmetelt on Marss väiksem kui Maa (joon. 16). Tema läbimõõt on veidi suurem kui pool Maa läbimõõtu, ruumala $\frac{1}{6}$ Maa

ruumalast ning mass $\frac{1}{9}$ Maa massist. Marsi keskmine tihedus on 4 korda suurem vee tihedusest. Raskusjõud Marsil on 37% Maa omast. Marsi ööpäev on natuke pikem Maa omast: $24^{\text{h}}37^{\text{m}}23^{\text{s}}$. Ka Marsi telje kalle orbiidi tasandi suhtes on peaaegu sama mis Maal. Järelikut vahelduvad aastaajad seal samuti kui meil, ainult Marsi «aasta» on peaaegu kaks korda pikem Maa aastast.)

Amatöör katsugu märkida Marsi vaadeldud asendid taeva-kaardile. Vaatlustest näeme, et näivas orbiidis esinevad nn. sõlmed.

Heade vaatlustingimuste korral võib teleskoobi abil märgata valkjat laiku pooluse ümbruses, nn. polaarmütsikest.

Värvuse hindamiseks on soovitatav joonistada Marsist pilt just selles punakaskollases toonis, nagu näete teleskoobis. (Vaata Marsi kaarti Ü.-I. Veltmanni brošüüris «Marss», Tallinn 1968.)

1877. aastal avastas A. Hall Marsil kaks kaaslast — Phobose ja Deimose. Phobos tiirleb ümber Marsi kiiremini kui pöörleb Marss ise, mistõttu ta tõuseb Marsil olevale vaatlejale läänest ja loojub idas. Amatöörid kaaslasi tavaliselt ei näe, sest nad on väikese heledusega ja planeedile väga lähedal.

5. ASTEROIDID

Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel tiirlevad laias vöös väikeplaneedid ehk asteroidid. Need on väikesed taevakehad (läbimõõduga mõnest kilomeetrist kuni 800 kilomeetrini), mis pikk-silmas paistavad nõrga heledusega tähtedena. Asteroididele, mille jaoks on leitud kindlad orbiidi elemendid, antakse nimi ja järjekorranumber. Heledamad ja suuremad väikeplaneedid on 1 Ceres, 2 Pallas, 3 Juno, 4 Vesta, 5 Astraea, 6 Hebe, 7 Iris, 8 Flora, 9 Metis, 12 Victoria.

Paljudele asteroididele on pandud naiste, ajalooliste ja müütiliste isikute, teadlaste, maade, linnade jt. nimed: 87 Sylvia, 89 Julia, 101 Helena, 110 Lydia, 122 Gerda, 135 Hertha, 164 Eva, 182 Elsa, 249 Ilse, 285 Regina, 293 Brasilia, 334 Chicago, 390 Alma, 391 Ingeborg, 435 Ella, 472 Roma, 477 Italia, 622 Esther, 675 Ludmilla, 716 Berkeley, 852 Vladilena (Lenini auks), 1062 Ljuba, 1069 Planckia, 1379 Lomonossova, 1541 Estonia, 1566 Icarus, 1590 Tsiolkovskaja, 1603 Neva, 1648 Shaina.

1967. a. kinnitas Rahvusvaheline Planeetide Uurimise Keskus järgmised asteroidide nimed: Tšaika — maailma esimese naiskosmonaudi Valentina Nikolajeva-Tereškova auks, Subbotin, Jahhontova, Dubjago, Bojeva, Ukraina, Volga, Družba, Mirnaja ja Krao (lühend Krimmi Astrofüüsika Observatooriumi nimest).

Asteroidide üldarvu hinnatakse 100 000-le — käesoleval ajal on orbiidid määratud rohkem kui 1700-l.

Tartu astronoomi V. Riivese vaatlused ja uurimused näitavad, et asteroidid pole kerakujulised, vaid korrapäratu kujuga kehad.

Heledamate asteroidide (Ceres, Pallas, Juno) heledust on võimalik määrata ka asjaarmastajail, nii nagu kirjeldatud lk. 17. Andmed nende asendite kohta on avaldatud «Tähetorni Kalendris».

Soovitav on fotografeerida viit heledamat asteroidi. Nii saame jälgida nende liikumist.

Asteroidide päritolu kohta on neli hüpoteesi:

- 1) tekkinud algsest udugogust või eraldunud Päikesest;
- 2) tekkinud üheaegselt komeetidega;
- 3) tekkinud komeetidest — asteroidid on gaasümbrise kaotanud komeetide tuumad;
- 4) tekkinud mingi hüpoteetilise planeedi (Phaeton) lagunemisel.

6. JUPITER

Päikesesüsteemi suurim planeet on Jupiter. Tema mass on $\frac{1}{1048}$ Päikese massist ehk 318 Maa massi, ruumala aga 1300 korda suurem Maa ruumalast. Seega on Jupiteri keskmine tiheus ($1,33 \text{ g/cm}^3$) rohkem kui 4 korda väiksem Maa tihedusest.

Palja silmaga vaadeldes paistab Jupiter meile heleda, rahuliku särava kollakasvalge tähena. Ta heledus on peaaegu võrreldav Veenuse heledusega (Jupiteri maksimaalne heledus on $-2,5^m$). Pikksilmas võib märgata Jupiteri atmosfääris vööte ja laiike, mille abil saab määrata tema pöörlemisperioodi. Jupiteri ümbritseb tihe õhkkond, kus esineb palju kiiresti muutuvaid pilvetaolisi moodustisi. Nende hulgas on eriti iseloomulikud tumedad, pruunikad või valged vöödid, mis asetsevad rööbiti ekvaatoriga. Atmosfääri pöörlemisperiood ekvaatoril on 9^h50^m , pooluste läheduses 9^h55^m . Pöörlemistelg on tema orbiidi tasan-

diga peaaegu risti, nii et aastaegade vaheldumist ei esine. Kiire pöörlemise tõttu on Jupiter lapik ($1/16$), mida märkame juba väikeses pikksilmas.)

Kui Galilei 1610. a. esimest korda vaatles omavalmistatud pikksilmaga Jupiteri, avastas ta 4 heledat kaaslast, mis tiirlevad ümber planeedi nagu planeedid ümber Päikese. Jupiter oma kaaslastega on nagu miniatuurne Päikesesüsteem. Jupiteri kaaslaste avastamine kinnitas Koperniku õpetust, et Maa pole maailma «keskpunkt», mille ümber tiirlevad kõik taevakehad.

Amatöörastronoomil on soovitatav joonistada Jupiteri võimalikult paljudel öödel. Eriti täpselt märkida sinna vöötide detailid, sest need muutuvad. Iga kord joonistada ka Jupiteri kaaslast, mille asendid muutuvad kiiresti. Nii võite oma vaatlustest leida nende 4 heledama kaaslaste tiirlemisperioodid ja siis omakorda nende kaugused Jupiterist (Kepleri III seaduse abil).

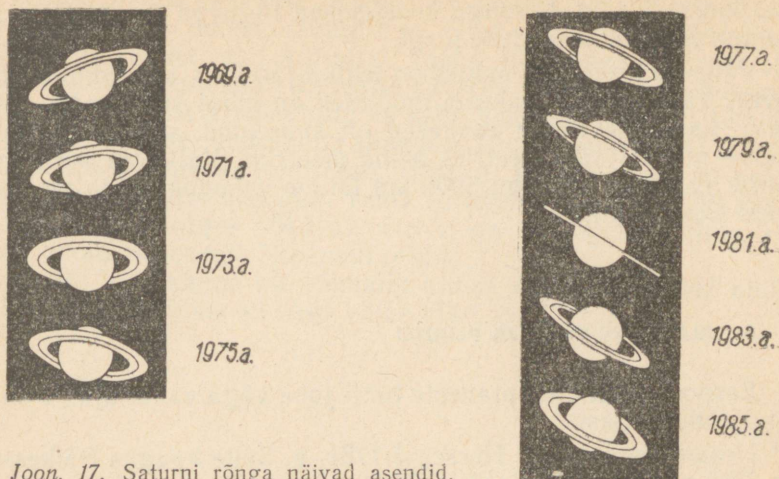
Jupiteril on üldse 12 kaaslast, nõrgemaid aga visuaalselt ei näe. Nelja heledamat võiks näha ka palja silmaga, kui ei segaks emaplaneedi hele kiirgus. Palja silmaga näeme tähti, mille heledus on kuni 6 tähesuurust, aga Jupiteri 4 kaaslaste heledused on järgmised: Io $5^m, 5$; Europa $5^m, 7$; Ganymedes $5^m, 1$ ja Callisto $6^m, 3$. Kaaslasted on nähtavad tavalises binoklis.

7. SATURN

Mõõtmete poolest on Saturn peale Jupiteri kõige suurem planeet Päikesesüsteemis. Mõlema planeedi füüsikaline ehitus on peaaegu ühesugune, aga mass on Saturnil tunduvalt väiksem — 95 Maa massi. Saturnil harva esinevate laikude nihkumise põhjal on määratud tema pöörlemisperiood ($10^4 14^m$ kuni $10^4 38^m$). Erinevad vööndid pöörlevad erisuguste nurkkiirustega nagu Jupiterilgi. Saturnil toimub aastaegade vaheldumine, sest pöörlemistelje ja orbiidi tasandi ristsirge vaheline nurk on 27° .

Juba hariliku koolipikksilmaga vaadeldes näeme ümber lapiku planeedi omapärast rõngast, mis paistab suurema või väiksema vaatenurga all, olenevalt planeedi asendist meie suhtes (joon. 17).

Rõngas koosneb tuhandetest väikestest kehadest, mis tiirlevad ümber Saturni tsentraalse keha. Saturni rõnga väliserva raadius on 2,3 planeedi raadiust ehk 137 500 km, paksus ainult



Joon. 17. Saturni rõnga näivad asendid.

1—2 km. Saturni rõnga mass on $\frac{1}{27\,000}$ Saturni massist, mis vastab umbes $\frac{1}{4}$ Kuu massile. Kui rõngas on servaga pööratud Maa poole, siis on seda isegi võimsates teleskoopides raske märgata (väikese paksuse tõttu).

Saturnil on 10 kaaslast, kõige suuremat — Titani ($D = 5000$ km) — näeb juba väikese pikksilmaga.

Vaatleja joonistagu üles rõnga kuju ja asend. Määrake Titani tiirlemisperiood, mille põhjal omakorda saab määrata kaaslaste kauguse.

Suuremas teleskoobis on näha, et rõngas jaguneb omakorda kolmeks kontsentriliseks rõngaks: 1) väliseks 2) keskmiseks, kõige heledamaks ja 3) sisemiseks, mis on planeedile kõige lähemal ja väga nõrk; vahetevahel nimetatakse seda ka krepprõngaks.

Akadeemik A. Belopolski, kes uuris Pulkovo observatooriumis fotografeeritud Saturni rõnga spektrogramme, tõestas, et kõik need 3 rõngast koosnevad meteorokehadest. On selgitatud, et rõnga välisserva pöörlemiskiirus on 15,5 km/s, siseserval

21,1 km/s, tähendab, rõnga koostisosad liiguvad ümber Saturni Kepleri kolmanda seaduse järgi.

Välis- ja siserõnga suhtes on tehtud järeldus, et neid moodustavate väikseimate osakeste mõõtmed on mõni kümnendik mikronit; keskmise rõnga osakesed on suuremad, nende läbimõõt ulatub mõnest sentimeetrist mõne meetrini. Välise ja keskmise rõnga vahel on peaaegu 5000 km laiune vahemik, mida nimetatakse Cassini piluks.

8. URAAN, NEPTUUN JA PLUUTO

Eespool käsitletud planeete tunti juba väga vanal ajal, 5 aastatuhandet tagasi.

Uraani avastas W. Herschel 1781. a. Selle kaugus Päikesest on 19,2 aü ja tiirlemisperiood 84 aastat. Maaga võrreldes on ta ruumalalt 50 ja massilt 15 korda suurem. Huvitav on Uraani pöörlemiselje asend: see paikneb peaaegu täpselt (8° kaldega) planeedi orbiidi tasandis. Seega tiirleb Uraan ümber Päikese, «lamades» kogu aeg peaaegu «külili». «Päev» ja «öö» võivad seetõttu kesta mitukümmend aastat. Uraani pöörlemisperiood on $10^4 50^m$. Tal on teada 5 kaaslast, kuid planeedi suure kauguse tõttu on nad väikeste instrumentidega vaatlemiseks liiga nõrgad. Uraani atmosfäär on eeldatavalt sama koostisega kui Jupiteri ja Saturni oma. Tema maksimaalne heledus ($5^m, 6$) on küllalt suur, et amatöör saaks seda binokli abil määrata. Jõukohane oleks ka Uraani liikumise jälgimine kas visuaalselt või fotograafiliselt, millest amatöörile juba mõnenädalase vaatlemise järel selgub, et tegu on planeediga, aga mitte kinnistähega.

Planeet Neptuun avastati Uraani liikumise korrapäratuste põhjal. Arvati, et Uraani taga peab olema planeet, mis teda häirib. J. Adams Inglismaal ja U. Leverrier Prantsusmaal arvutasid oletatava planeedi asukoha ja 1846. aastal õnnestuski saksa astronoomil J. Gallel uus planeet avastada. Nime sai see merejumal Neptunuse järgi.

Spektri põhjal tehti kindlaks, et Neptuuni pöörlemisperiood on umbes 16 tundi. Eriti intensiivne on spektris metaani riba. Sealset madalat temperatuuri arvestades on ammoniaak arvatavasti tahkes olekus.

Neptuuni maksimaalne heledus on umbes kaks tähesuurust nõrgem Uraani omast, seetõttu on tema heleduse määramine väikese pikksilma abil küllaltki raske ülesanne. Neptuun on massilt 17,5 ja ruumalalt 42 korda suurem Maast. Tal on 2 kaaslast, suurem neist Triton, kuid ka selle heledus on ainult $13^m, 6$.

Kõige viimase, üheksanda planeedi Pluuto avastas C. Tombaugh Lowelli observatooriumis 1930. a. Pluuto mass on peaaegu võrdne Marsi massiga. Tema tiirlemisperiood on 248 aastat, keskmine kaugus 39,5 aü. Orbiit on nii ekstsentriline, et tuleb kohati sissepoole Neptuuni orbiiti.

Pluuto vaatlemine on võimalik ainult suure pikksilma abil, sest planeedi heledus on väga väike ($14^m, 7$).

IV. KOMPEEDID JA METEORID

1. KOMPEETIDEST

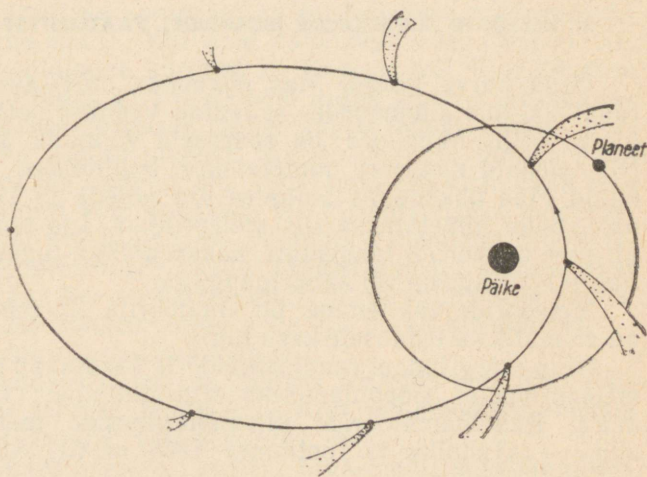
Omapärased taevakülalised on sabaga tähed ehk komeedid. Sageli ilmuvad nad täiesti ootamatult — algul nõrgad, märgatavad ainult teleskoobis, hiljem aga saavad heledamad neist nähtavaks ka palja silmaga. Eesti NSV-s vaadeldi viimati heledaid komeete Arend-Roland ja Mrkos 1957. aastal (esimest neist vt. tahvel III).

Nõrku, nn. teleskoopilisi komeete vaadeldakse käesoleval ajal igal aastal tavaliselt kümnekond. Üldse on vaadeldud 860 komeedi ilmumist. Neist on erinevaid komeete 580. Perioodiga üle 1000 aasta on vaadeldud 445 komeeti (orbiit paraboolne või hüperboolne), perioodiga 15 ja 1000 aasta vahel — 57 komeeti (suure ekstsentrilisusega elliptiline orbiit) ja vähem kui 15-aastase perioodiga — 78 komeeti (väikese ekstsentrilisusega elliptiline orbiit). Väga palju komeete on avastanud just asjaarmastajad astronoomid. Juba väikeses pikksilmas paistab kauge komeedi pea väikese udulaiguna. Kõige kergem on komeete avastada Päikese ümbruses, s. t. enne Päikese tõusu idataevas ja pärast Päikese loojumist läänetaevas.

Siinkohal tähelepanuks asjahuvilistele: kui olete taevas midagi huvitavat märganud, teatage nähtu asukoht (α ja δ või tähtkuju) viivitamatult Tõravere, Tallinna või Tartu tähetornile, kus siis jätkatakse leitud objekti jälgimist. Komeedile pannakse kuni kolme esimese avastaja nimi vastavalt avastusteadete saabumisele koordineerimiskeskusse, mille aadress on: Smithsonian Astrophysical Observatory, Cambridge, Mass. 02138 USA.

Komeedid on väikese massiga (10^{12} tonni või vähem) taeva-kehad, mis tiirlevad ümber Päikese piklikel orbiitidel. Nende tahke tuum koosneb mõnesaja meetri kuni mõnekilomeetrise läbimõõduga tükkidest. Peale tuuma sisaldavad nad veel tolma- ainet ja gaasi. Kui komeet asub Päikesest kaugel, siis on ta märgatav nõrga uduse laiguna. Kui aga komeet läheneb Päike- sele, siis ta kuumeneb ja hakkab eraldama gaase (samuti tolmu), mis Päikese valgusrõhu mõjul surutakse Päikesest eemale. Sellest kujunebki komeedi saba (joon. 18). Igal uuel lähenemisel Päikesele eraldub tuumast uus kogus gaasi ja tolmu, mis hajub planeetidevahelisse ruumi. Seega peab tuuma mass järjest vähenema, kuni lõpuks kogu tema lenduv aine muutub tolmuks või gaasiks. Komeetidest säilivad vaid asteroidide-taolised tükid (komeedi tuuma osad) ja meteoorne mater- jal, mis aga lõpuks langeb Päikesele või hajub planeetide atmosfäärides. Niisugune keha lakkab olemast komeet, sest tal puudub helendav gaasümbris — kooma ja saba.

Et komeedid tõepoolest suhteliselt lühikese ajaga lõpetavad oma elutee meteorkehade pilvena, selle kohta leidub palju tõen- deid. Näiteks lugu Biela komeediga, mis avastati 1772. a. Selle komeedi tee möödus õige lähedalt orbiidi punktist, kus Maa



Joon. 18. Komeedi saba tekkimine.

asetes novembri lõpul. Biela komeedi järjekordsel lähenemisel 1846. a. täheldasid astronoomid esmakordselt, et komeedi tuum lagunes kaheks. Kummalgi tuumal oli oma kooma ja saba ning tuumadevaheline kaugus ulatus 250 000 km-ni. 1852. aastaks olid tuumad eraldunud 2,5 miljoni kilomeetrini. 1859. ja seejärel 1866. aastal oodati uut lähenemist, kuid komeete ei ilmunud. Küll aga oli 1866. aasta 27. novembril tähelepanuväärne tähesadu, mis kordus täpselt 13 aasta pärast (s. o. siis, kui komeet pidi uuesti ilmuma). Komeedid olid lagunened meteorkehade pilvedeks.

Ka 1965. a. oktoobris jälgiti tuuma jagunemist Ikeya-Seki komeedi puhul, mis möödus Päikesest ainult poole miljoni kilomeetri kauguselt.

On teada palju meteorivoole, mille tekkimine seletub kindla komeedi kas täieliku või osalise lagunemisega. Näiteks eetaakvariidid ja orioniidid (tabel 3) on seotud Halley komeediga, perseiidid Swift-Tuttle'i komeediga, leoniidid Temple'i komeediga jne.

Tähesadu annab tunnistust komeedi hävimise paratamatusest. Komeedi eksisteerimine lõpeb selle lagunemisega meteorideks*.

2. HELEDATE METEORIDE [BOLIIDIDE] VAATLUSTEST

Usna harva tungib Maa õhkkonda mõni suurem kivi- või raudtükk, mis kuumenedes saavutab Veenuse heleduse või isegi ületab selle. Mõnikord on sääraseid võimalik päevalgi näha. Nii heledaid meteore nimetatakse boliidideks. Vahel ei jõua boliid Maa õhkkonnas lennates ära põleda ja langeb maapinnale. Seda nimetatakse siis meteoriidiks. Iga boliidiga, millele järgneb meteoriidi langemine, kaasneb väga tugev heli, mis sarnaneb kõuemürina või kahuripauguga.

Meteoride vaatlemine on amatöörile jõukohane ja sellega on võimalik ka teadusele kasu tuua.

Olgu märgitud, et raadioamatöörid kasutavad meteore (eriti meteorivoole) sidepidamiseks ultralühilainel (vt. K. Kallamaa, Raadioamatööride ultralühilaineside meteoride kaasabil. — «Tehnika ja Tootmine» 1963, nr. 5). Nimelt tekitavad

* Mõnesugune osa meteore tekib ka asteroidide vöös.

meteoorid lennul läbi õhkkonna enda ümber hulgaliselt laetud osakesi — ioone, s. t. meteooride järel tekib laetud osakeste jälg ehk pilv. Sellineioonipilv on võimeline ultralühilaine signaale peegeldama. Kahjuks püsib pilv lühikest aega ja raadioside selle abil nõuab suurt vilumust.

Boliidi lend on sündmus, mida pole võimalik ette näha. Seda jälgivad ainult juhuslikud pealtvaatajad. Seetõttu on astronoomidele väga vajalik, et boliidi lendu vaatleks võimalikult palju inimesi, kes sellest siis teataksid. Mida täpsemad on boliidi lennu kirjeldused ja mida rohkem neid on, seda väärtuslikumaid andmeid võib saada vaatluste töötlemisest. Näiteks kui boliidi lennutee algus- ja lõpp-punktid taevas on määratud paljudes erinevates kohtades, siis saab välja arvutada tema liikumistee õhkkonnas.

Mida tuleks siis boliidi vaatlemisel üles märkida?

1) Aasta, kuupäev ja kellaaeg. Viimane on soovitatav märkida võimalikult täpselt. Kui seda teha ei saa, siis võib piirduda ka ligikaudse aja määramisega.

2) Vaatluskoht. Linn, rajoon, külanõukogu, küla ja kaugus kilomeetrites mõnest lähemast linnast või rajoonikeskusest.

3) Boliidi näiv tee. Tuleks määrata boliidi lennujoone suund ja kõrgus. Seda saaks teha täpsemalt, kui oleks kasutada mõni vahend suuna (näiteks kompass) ja nurkkõrguse määramiseks (näiteks tavaline mall). Kui neid vahendeid käepärast ei ole, võib hinnata lennujoone kõrgust ka Päikese või Kuu kõrguse abil, näiteks märkides, et boliidi lend algas lõuna-kagu suunas kahekordsel Päikese kõrgusel, lõppes kagu umbes Päikese kõrgusel. Kui boliid lendab pimedal ajal ja vaatleja tunneb heledamaid tähti või tähtkujusid, siis võib lennuteed kirjeldada tähtede suhtes. Samuti võib kasutada tee kirjeldamiseks maapealseid objekte siis, kui hiljem on võimalik rakendada mõõtmisvahendeid. Seejuures tuleb asuda täpselt samale kohale, kust boliidi nähti. Väga hea on värske mulje järgi valmistada joonis, mis sageli suudab rohkem edasi anda kui pikad kirjeldused.

4) Boliidi lennu kestus sekundites.

5) Boliidi heledus ja suurus. Selleks võrrelda teda Kuu, Päikese või heleda tähega. Näiteks: $\frac{1}{3}$ Kuu läbimõõdust; heledus võrdne Kuu heledusega; silmipimestav jne.

6) Boliidi kuju. Umar, pirni-, tilga- või sigarikujuline, ovaalne jne. Kas esines plahvatusi ja sädemeid?

7) Värvus. Punakas, sinakas jne.

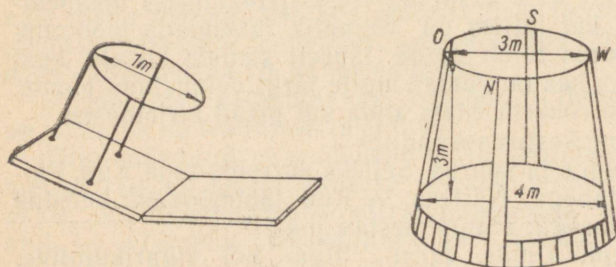
- 8) Boliidi jälg. Kui kaua oli nähtav ja millise kuju omandas?
 9) Helinähtused. Kas oli kuulda mingit heli, millist ja mis ajal?
 10) Oma nimi ja täpne aadress.

Kui vaatleja ei suuda kõigile küsimustele vastata, siis märkige need, milles olete kindel, ja saatke aadressil: Tallinn 16, Tähetorn.

3. METEORIDE LOENDAMINE

Kui boliidi vaatlemine toimub ükskõik millise muu tegevuse vahel, juhuslikult, siis meteoride loendamiseks peab varuma aega ja sobiva koha. Meteoride loendamine on lihtne, aga juba siin õpitakse palju. Vaatlusteks vajalikud vahendid on kell, taskulamp, pliiats, vaatluspäevik. Vaatluskoht asetsegu kuskil kunstliku valgustuse eest varjatud kohas (näiteks sobib selleks hästi mõni vaikne koht aias).

Vaadeldava taevaala eraldamiseks on soovitatav teha ümmargune raam — traatrõngas, mis kinnitatakse neljale teibale. Kui on neli vaatlejat, siis võiks rõnga läbimõõt olla 3—4 m ja kõrgus 3 m. Vaatlejad lamavad peaga tsentri poole. Nii saavutame vaatevälja ligikaudu 50° . Teibad asetsegu ilmakaarte suunas, et oleks hõlpsam määrata meteoori lennu-suunda. Kui meteoori märgatakse, teatatakse sellest viien-dale — sekretärile, kes asetseb rõnga kõrval. Vaatleja ise silmi taevalt ära ei pööra, vaid märgib lõõtsa moodi volditud pabe-rile muud andmed selle meteoori kohta (heledus, lennu-



Joon. 19. Raam ühele ja neljale meteoride vaatlejale.

suund jne.). Raami aluse võib teha laudadest, millele asetatakse veel matid.

Ühe vaatleja korral on rõnga läbimõõt ja kõrgus väiksemad, näiteks 1 m. Rõnga võib ka kaldu asetada (joon. 19).

Vaatluslehele kantakse meteoroid ilmumise järjekorras.

- 1) Järjenumber.
- 2) Ilmumisaeg minutilise täpsusega.
- 3) Heledus tähesuurustes.

Sekretär saab heledused pärast vaatlusi vaatlejatelt.

4) Märkuste all tuuakse teatmeid eriliste ilmingute kohta, näiteks meteoroidi iseloomulik värvus, saba, purunemine tükki-deks jne.; samuti ka muutusi pilvisuses, kuuvalguse, hämariku või juhusliku valguse segav mõju.

Vaatluspäevikusse tuleb andmed kanda järgmiselt.

Vaatluskoht: Tallinna Tähetorn.

Vaatlusaeg: 13. nov. 1966.

Vaatleja(d): Ü. Kestlane (K), J. Kalli (Ka), V. Varik (V), T. Aas (A), T. Lausmaa (L).

Sekretär: T. Kärner.

Vaatlusvahemik: algus 00h05m;
lõpp 02h55m.

Jrk. nr.	Ilmumisaeg Moskva aja j.	Vaatlejad					Kuuluvus voolu	Märkused
		K	Ka	V	A	L		
1	00h15m,5	2	—	2	—	2	V	
2	17,5	4	4	5	—	—	S	
3	19,5	2	2	2	2	—	S	
4	21	3,5	—	4	2	1	V	
5	25	—	—	—	—	2	S	

Keerulisemate vaatluste korral võib vaatleja meteoroidi lennu-suuna raami suhtes ise ära märkida. Kui algus ja lõpp on ringi sees, siis + +; kui algus väljaspool, lõpp aga ringis, siis - +; kui vastupidi, siis + -; kui algus ja lõpp väljaspool ringi, siis - -. Märkida kaugus seniidist (z) ja suund, milleks kasuta-

takse numbroid: 12 — N (põhi), 3 — W (lääs), 6 — S (lõuna), 9 — E (ida).

Täielikum vaatlusprogramm võiks olla järgmine:

Jrk. nr.	Aeg	Suund	+-	z	Voolu- meteeor või sporaadiline	Vaatlejad				Märku- sed
						A	B	C	D	
12	22h34m	12	++	4	S	2	?	3	3	Jättis jälje
13	37	7	-+	20	S	?	4	5	5	
14	38	3	-+	18	V	1	1	0	0	
15	42	11	++	13	S	5	5	?	?	

Vaatlused on tehtud Kingissepas 16. oktoobril 1959. a. Vaatlejate lahtrisse märgitakse volditud paberilt hiljem meteoori heledus. Kui heledust ei saanud määrata, siis «?».

Täpsemate statistiliste vaatluste jaoks on soovitatav rakendada E. Öpiku poolt väljatöötatud kaksikloendamise meetodit. Vaatlusi toimetavad kaks või rohkem vaatlejat, kes täiesti iseseisvalt sama taevapiirkonda jälgivad. Vaatlejate kaugus tuleks valida nii, et ühe vaatleja sõnad teisi ei segaks (s. o. vähemalt 100—200 m). See võimaldab määrata täpsemalt meteooride tõenäolist arvu. Kõigi vaatlusaja jooksul nähtavate meteooride tabamine on ühel isikul võimatu — teatav osa jääb ikka tähele panemata. Näiteks viienda tähesuuruse meteooridest suudab ka vilunud vaatleja tabada vähem kui 10%.

4. RADIANDI MÄÄRAMINE

Kes on aga suuteline tegema natuke raskemaid vaatlusi, kandku meteooride näivad teed tähekaardile. Kui neid trajektoore meteooride liikumise vastassuunas sirgjooneliselt pikendada, näivad nad voolumeteooride puhul (mitte aga juhuslike ehk sporaadiliste meteooride korral) lõikuvat enam-vähem ühes punktis, mida nimetatakse vastava voolu radiandiks. Tähtkuju järgi, kus asub radiant, antakse meteoorivoolule nimi (näiteks leoniidid — Lõvi tähtkujus) (tabel 3). Vaatluste abil

määratud meteorivoolu radiant võimaldab viimast identifitseerida tuntud vooludega, millest saab teha järeldusi voolu ulatuse ja esinemisaja muutuste kohta.

5. PRAKTILISI NÄPUNÄITEID

Amatöör korraldab vaatlusi enamasti lahtise taeva all. Mõnikord on võimalik vaatluskohana kasutada lahtisi rõdusid, aiamajakest, pööningut jne. Soojal aastaajal on võimalik korraldada vaatlusi ka elutoa avatud aknal, tingimusel, et vaadeldav taevaosa oleks varjamatult näha. Lagedal maastikul vaadeldes võib tuule kaitseks kasutada presentii.

Vaatlusteks on vajalikud:

1) kell (parem muidugi kronomeeter), millele enne ja pärast vaatlusi määrata parandus raadiosignaali abil; Moskva raadio annab igal täistunnil 6 signaali, kus viimane märgib täistundi;

2) vaatluspäevik vaatluste protokollimiseks;

3) vaadeldava taevaosa taevakaart;

4) pliiaats, mis on soovitatav siduda paelaga kaela, et pimedas oleks seda kergem leida;

5) taskulamp, mis asetatagu nõnda, et selle valgus langeks ainult vaatluspäevikule (või taevakaardile), mitte aga vaatleja silma;

6) väike laud ja tool, kui ei kasutata eespool kirjeldatud alusega raami. Tool on soovitatav varustada primitiivse peatoega, kuna seniidilähedaste vaatluste puhul kaelalihased väsivad, mis muidugi mõjub halvasti vaatleja erksusele.

LISA.

1. Planeetide vaatlemiseks vajalik varustus

(koolile või astronoomiaringile)

1. Refraktor objektiivi läbimõõduga 6 kuni 15 cm või Maksutovi kooliteleskoop.
2. 3—5 binoklit suurendustega 6 kuni 15 korda.
3. Täpne kell või kronomeeter.
4. Taevakaart, mis võiks olla ka pööratav. (Pööratava taevakaardi võib valmistada ise astronoomia õpiku lõpus toodud juhendi abil.)
5. Taevaatlas (näiteks A. A. Михайлов «Звездный атлас»).

(järg lk. 56)

Andmeid planeetide kohta

Planeet	Keskmine kaugus Päikesest		Kaugus Maast		Sideriiline tiirlemisperiood aastat	Sünoodiline tiirlemisperiood päeva	Keskmine ööpäevane liikumine		Keskmine kiirus orbiidil km/s	Ekstsentrilisus ¹	Kalle ² ekliptika suhtes	
	—	—	min.	maks.			o	'			o	'
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Merkuur	0,3871	57,91	0,517	1,483	0,2408	115,88	4	5 32,4	47,90	0,2056	7	0 14
Veenus	0,7233	108,21	0,255	1,745	0,6152	583,92	1	36 7,7	35,05	0,0068	3	23 39
Maa	1,0000	149,60	—	—	1,0000	—	59	8,2	29,80	0,0167	—	—
Mars	1,5237	227,9	0,365	2,683	1,8808	779,94	31	26,5	24,14	0,0934	1	51 0
Jupiter	5,203	778,4	3,93	6,47	11,8618	398,88	4	59,1	13,06	0,0484	1	18 18
Saturn	9,539	1427	8,00	11,10	29,4566	378,09	2	0,5	9,65	0,0557	2	29 23
Uraan	19,18	2869	17,3	21,1	84,010	369,66	42,2	—	6,80	0,0472	0	46 23
Neptuun	30,06	4497	28,8	31,4	164,79	367,49	21,5	—	5,43	0,0086	1	46 24
Pluuto	39,5	5910	28,7	50,3	248,4	366,74	14,3	—	4,74	0,249	17	8 34

¹ Periheeli ja afeeli kauguste vahe, jagatud orbiidi pikema telje pikkusega.

² Kalle on planeedi orbiidi tasandi ja ekliptika (Maa ja Kuu süsteemi liikumistasandi) vaheline nurk.

Andmeid planeetide kohta

Tabel 1 (järg)

Planeet	Ekvaatoriine läbimõõt		Lapi- kus	Ruum- ala	Mass	Tihedus	Raskus- kiirendus ekvaatoril	Pao- kiirus	Pöörlemis- periood ekvaatoril	Heledus- keskmi- sel vas- tas- seisul ²	Kaas- laste arv
	$D_{\oplus}=1$	km									
Merkuur	0,38	4 840		0,055	0,054	0,96	360	4,2	58,65 päeva ¹	-0,2	
Veenus	0,95	12 100		0,86	0,815	0,95	850	10,3	243 päeva	-4,08	
Maa	1,00	12 756	1 : 298	1,00	1,000	1,00	982	11,2	23h56m ⁴ s	-3,80	1
Mars	0,53	6 800	1 : 190	0,150	0,108	0,72	376	5,0	24 37 23	-1,94	2
Jupiter	11,20	142 800	1 : 16	1317	317,9	0,24	2600	61	9 50 5	-2,4	12
Saturn	9,47	120 800	1 : 10	762	95,1	0,12	1120	37	10 14	+0,8	10+
Uraan	3,75	47 600	1 : 18	50	14,5	0,28	940	22	10 50	+5,8	5
Neptiin	3,50	44 600	1 : 40	42	17,5	0,41	1500	25	15,8	+7,6	2
Pluuto	0,45	5 800		0,09	0,06	0,7	(300)	(4)	6,4 päeva	+14,7	
Kuu	0,27	3 476			0,012	0,6			27,3 päeva		rõngas

¹ Paokiiirus on kiirus, mis on vajalik selleks, et jäädavalt lahkuda planeedi külgetõmbejõu mõjuir-
konnast.

² Veenuse ja Merkuuri puhul heledus suurima elongatsiooni ajal, Maa puhul Päikeselt vaadatuna,
Saturni puhul rõnga minimaalse nähtavuse ajal.

Andmed heledamate tähtede kohta

Tabel 2

Täht *	α 1950	δ 1950	Näiv heledus m	Paral- laks p	Absol. heledus M	Kaugus pc-tes	Kaugus va-tes	Tähe läbimõõt $D_{\odot} = 1$
Päike			-26,9		+4,7	$5 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	1
α Cen	14h36m	-60°6	+0,3	0",758	+4,7	1,3	4,3	1
Sirius (Siirius)	α CMa 6 43	-16,6	-1,6	0,375	+1,3	2,7	9	2
Procyon (Prooküon)	α CMi 7 37	+5,4	+0,5	0,288	+2,8	3,5	11	2
Altair	α Aql 19 48	+8,7	+0,8	0,198	+2,4	5,0	16	2
Fomalhaut	α PsA 22 55	-29,9	+1,2	0,144	+2,1	7,0	23	1
Vega (Veega)	α Lyr 18 35	+38,7	0,0	0,123	+0,5	8,1	26	3
Pollux (Polluks)	β Gem 7 42	+28,1	+1,2	0,093	+1,0	10,7	35	10
Arcturus (Arktuurus)	α Boo 14 13	+19,4	+0,1	0,090	0,0	11,1	36	30
Denebola	β Leo 11 46	+14,9	+2,1	0,076	+1,5	13,2	43	2
Castor (Kastor)	α Gem 7 31	+32,0	+1,6	0,074	+0,9	13,5	44	2
Capella (Kapella)	α Aur 5 13	+46,0	+0,1	0,073	-0,6	13,6	45	20
Aldebaran	α Tau 4 33	+16,4	+0,8	0,048	-0,7	20,8	68	40
Merek	β UMa 10 59	+56,6	+2,4	0,046	+0,7	21,7	70	2
Gemna	α CrB 15 33	+26,9	+2,2	0,043	+0,4	23,3	76	2
Mizar (Miitsar)	ζ UMa 13 22	+55,2	+2,0	0,040	+0,1	25,0	88	2
Regulus (Reegulus)	α Leo 10 6	+12,2	+1,4	0,039	-0,8	25,6	84	3

Tabel 2 (järg)

Täht*	α 1950	β 1950	Näiv heledus m	Paral- laks p	Absol. heledus M	Kaugus pc-tes	Kaugus va-tes	Tähe läbimõõt $D_{\odot} = 1$
Dubhe	11 0	+62,0	+1,8	0,036	-0,4	27,7	90	15
Algol	3 5	+40,8	+2,2	0,028	-0,6	35,7	116	3
Alferatz (Alferats)	0 6	+28,8	+2,0	0,025	-1,0	40,0	130	3
Phekda	11 51	+54,0	+2,4	0,020	-1,1	50,0	163	3
Spica (Spiika)	13 23	-10,9	+1,0	0,019	-3,3	52,1	170	3
Canopus (Kanoopus)	6 23	-52,7	-0,7	0,018	-5	55,5	180	20
Antares	16 26	-26,3	+1,0	0,015	-3,1	66,7	220	300
Benetnaš	13 46	+49,6	+1,9	0,013	-2,6	76,9	250	3
Bellatrix (Bellatriks)	5 22	+6,3	+1,6	0,013	-3,0	77	250	3
Betelgeuse	5 52	+7,4	+0,7	0,012	-5,5	80	270	350
Aliot	12 52	+56,2	+1,8	0,008	+0,7	125	400	2
Polaris (Põhjanael)	1 49	+89,0	+2,0	0,008	-3,5	125	400	50
Rigel (Riigel)	5 12	-8,2	+0,1	0,006	-6,4	170	540	40
Deneb (Deeneb)	20 40	+45,1	+1,3	0,003	-6,2	330	1100	70
Kuu täiskuu ajal			-12,7					
esimese veerandi ajal			-10,1					

*Tähed taevas on jaotatud rühmadeks, nn. tähtkujudeks. Tähed on tähtkujus tähistatud kreeka ja ladina tähtedega (nõrgemad märgitakse arvudega). Tähtkjuju lühendatud tähis antakse kolme tähega. Näiteks α Suures Vankris: α UMa (α Ursae Majoris), Orioni tähtkjuju kõige heledam täht on β Ori (β Orionis). Heledatele tähtedele on antud ka eraldi nimed, näiteks β Ori — Rigel, α CMa — Sirius, α Aur — Capella.

Tähtsamad meteorivoolud

Vool	Vältus päevades	Maksimumi kuu- päev	Keskmise sagedus tunnis	Radiant		Seos komeediga
				α	δ	
Kvadrantiidid	2	3. jaanuar	30	15h24m	+52°	1861 I
Lüriidid	2	21. aprill	10	18 20	+35	Halley
Eeta-akvariidid	7	5. mai	12	22 24	0	
Delta-akvariidid	13	28. juuli	20	22 40	-14	
Persiidid	19	12. august	50	3 0	+57	Swift-Tuttle-Simons 1862 III
Drakoniidid	2	9. oktoober		17 48	+55	Giacobini-Zinner 1933 III
Orioniidid	11	20. oktoober	8	6 20	+15	Halley
Tauriidid	30	7. november	6	3 40	+15	Encke
Leoniidid	9	15. november	8	10 4	+22	1866 I
Geminiidid	5	12. detsember	50	7 28	+33	
Ursiidid	2	22. detsember	12	15 32	+83	

Tähesuuruste ja valguse intensiivsuste vaheline seos

Tabel 4

$$\left(\frac{I_1}{I_2} = 2,512^{m_2 - m_1} \right).$$

Δm^*	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0,	1,000	1,096	1,202	1,318	1,445	1,585	1,738	1,905	2,090	2,291
1,	2,512	2,754	3,020	3,311	3,631	3,981	4,365	4,787	5,248	5,754
2,	6,310	6,918	7,586	8,318	9,120	10,000	10,96	12,02	13,18	14,45
3,	15,85	17,38	19,05	20,90	22,91	25,12	27,54	30,20	33,11	36,31
4,	39,81	43,65	47,87	52,48	57,54	63,10	69,18	75,86	83,18	91,20
5,	100,0	109,6	120,2	131,8	144,5	158,5	173,8	190,5	209,0	229,1

* $\Delta m = m_2 - m_1$

II. Astronoomia õpetamiseks vajalik varustus

(lisaks lk. 49 all)

6. Telluurium.
7. Päikesekell, mille võib paigutada kooli vaatlusväljakule.
8. Gnoomon või mõni muu riist kõrguse mõõtmiseks.
9. Plakatid, näiteks brošüüris toodud jooniste eeskujul.
10. Vaatlusplatvorm või -paviljon (5×5 m).

SOOVITATAV KIRJANDUS

1. Astronoomia. Toimetanud J. Einasto. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1959.
2. Hallimäe, R. Astronoomilisi vaatlusi. Noor-Eesti, Tartu 1936.
3. Kipper, A. Maailmaruum ja tähed. Eesti Kirjanduse Selts, Tartu 1936.
4. Mihhailov, A. A. Päikese- ja kuuvarjutused. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1953.
5. Paršin, J. Kuu. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1961.
6. Perelman, J. I. Huvitav astronoomia. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1958.
7. Polak, I. F. Astronoomia kõigile. RK «Teaduslik Kirjandus», Tartu 1948.
8. Sternfeld, A. Tehiskaaslased. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1961.
9. Zigel, F. Komeetid. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1955.
10. Villmann, Ch. Kosmilised lennud. Eesti Riiklik Kirjastus, Tallinn 1958.
11. Бронштэн В. А. Инструкция для наблюдения планет. Издательство Академии наук СССР, Москва 1961.
12. Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. Госиздат, Москва 1957.

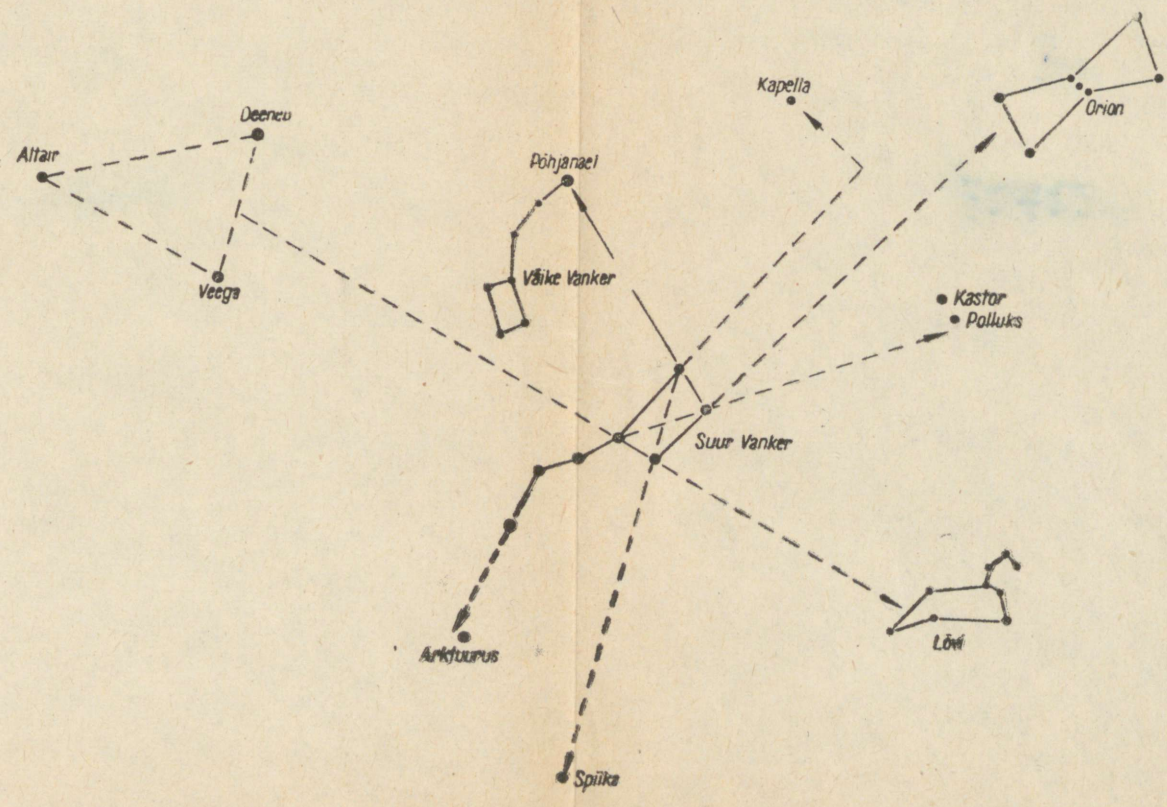
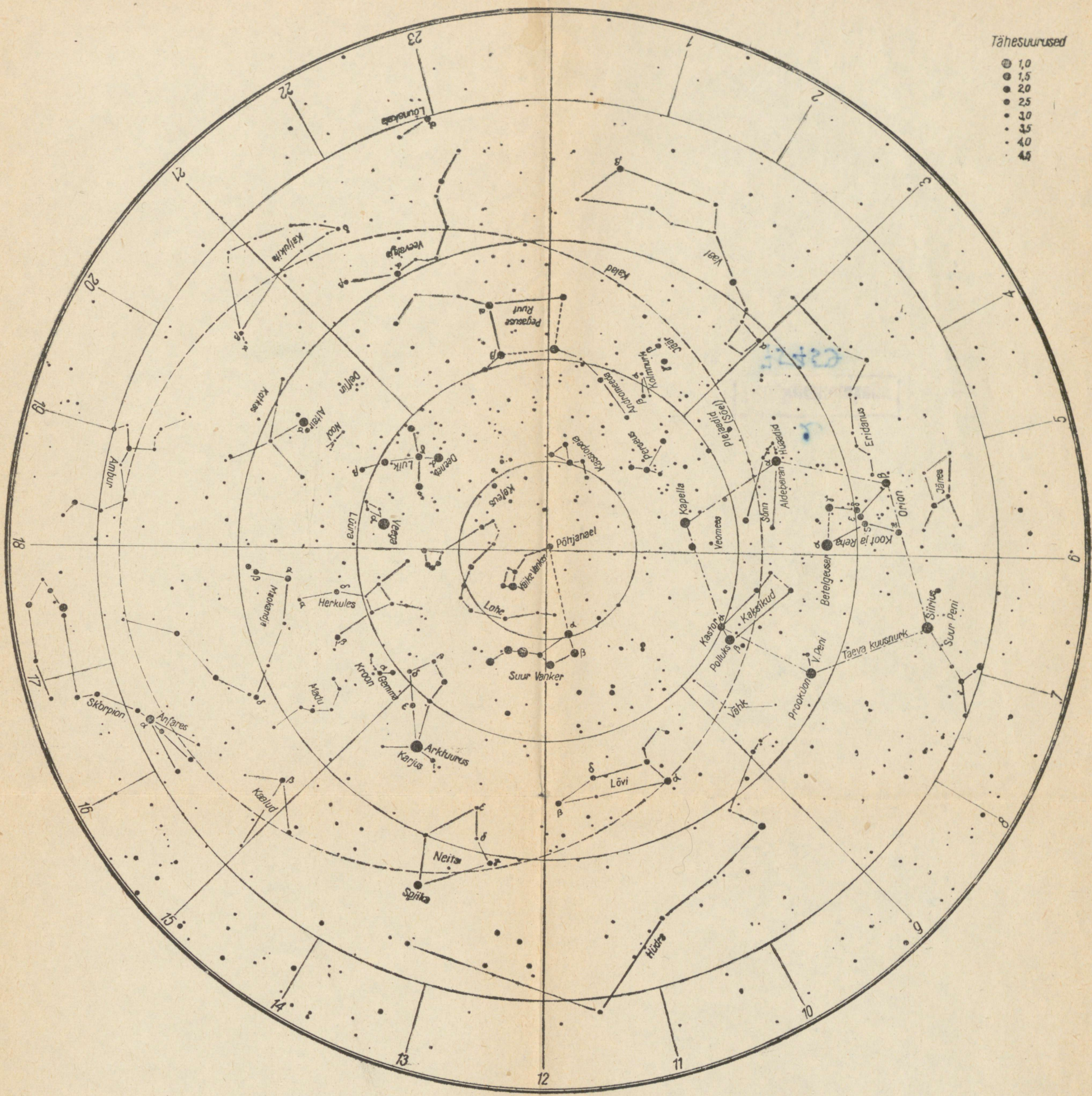
Хуго Раудсаар. НАБЛЮДАЕМ ПЛАНЕТЫ. На эстонском языке. Художественное оформление Д. Пааламяэ. Издательство «Валгус». Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja H. Heinoja. Kunstiline toimetaja H. Keigo. Tehniline toimetaja E. Ainla. Korrektorid H. Kull ja S. Tünn. Laduda antud 10. IV 1969. Trükkida antud 25. IX 1969. Kohila Paberivabriku trükipaber nr. 2. 60×84/16. Trükipoognaid 3,5+3 lisa. Tingtrükipoognaid 3,69. Arvestuspoognaid 3,25. Trükiarv 4000. MB-09178. Tellimuse nr. 2373. Hans Heidemanni nim. Trükkikoda, Tartu, Olikooli 17/19. III. Hind 10 kcp.

kolleksemalar

Tähesuurused

- 1,0
- 1,5
- 2,0
- 2,5
- 3,0
- 3,5
- 4,0
- 4,5



10 kop.

A
30209
45 459

10 RAAMATUKOGU
1 0300 00418383 8