Dr. Fritz Kahn

Linnutee

Eesti keelde **M. Reika**

Parandanud ja täiendanud
Tartu Ülikooli Tähetorni astronoom-observaator
E. Öpik.

Hind 125 marka

K/Ü „Loodus", Tartus
1923

B. Raikov • H. Riikoja:

Praktilised tööd anatoomias ja füsioloogias.

Hind 175 marka.

„... Sama kui teistegi loodusteadusliste ainete omandamine, ei või ka inimese anatoomia ja füsioloogiaga tutvumine põhjeneda ainult õpetaja klassi-ettekannete ja koduse õpiraamatu järele „õppimise“ peale. Ka nimetatud aine õpetamisel peab katse ja vaatlus esimesel kohal olema, kusjuures tähtis on, et vähemalt osagi tarvilistest katsetest õppijad ise võiksid teha. Et meie keskkoolides inimese kehaehitust ja selle tegevust kavatsetakse kaunis põhjalikult käsitada, on kohase praktikumi soetamine paratamata tarviduseks saanud ...“

Esimeses osas leiduvad üldised näpunäited töötajale ja üksikute elundkavade järele rühmitatud tööde kirjeldused, kuna tarvilised metoodilised näpunäited ja üldised praktiliste tööde korraldamisesse puutuvad juhatused teise osasse on koondatud.

Ei ole esialgselt mõnes õppeasutuses sel või teisel põhjusel võimalik sääraseid praktilisi töid korraldada, võib suuremat osa kirjeldatavatest töödest kui läbivõetavat kursust illustreerivaid demonstratsioone korraldada.“

Prof. G. Rägo:

Tasapinnalise analüütilise geomeetria põhijooned.

Elementaarne õpperaamat ja ülesanded.

143 lhk. 100 joon.

Hind 185 marka.

Sisust: Anal. geom. ülesanne. Koordinaatide mõiste. Funktsiooni mõiste. Funktsiooni graafiline kujutamine. Kõvera võrrand. Sirge. Mõned anal. geom. rakendused. Ring. Ellips. Hüperbool. Parabool. Koonuslõiked. Puutujad. Diameetrid. Koordinaatide teisendamine. Kõvera aste. Üldine teiseastmeliste kõverate uurimine.

Prof. K. Välsälä arvustusest „Kasvatus'es“ nr. 22, 3. aastakäik, 1921: „Raamat on määratud keskkoolidele ja iseõppimiseks ... Raamat sisaldab peale analüütilise geomeetria väga laia ja näitliku esituse funktsioonide graafilisest kujutamisest ja võrrandite graafilisest lahendamisest ...“

Audova-Univer:

Bioloogia õpiraamat.

Hind 100 marka.

Väljavõte järelsõnast: „... Käesolev õpiraamat läheb märgatavalt lahku tavalistest sellekohaseist õpiraamatuist: ta käsitleb ka anorgaanilist loodust ja selle arenemist ning kannab rohkem üldist ja ühtlustavat laadi kui harilikult. Autorite arvates on niisugune laiem (orgaanilise kui ka anorgaanilise looduse) ühtlustamine ülitarvilik loodusteadusliku ilmavaate sünnitamisel ja süvendamisel.“

Dr. Fritz Kahn

Linnutee

Eesti keelde **M. Reika**

Parandanud ja täiendanud
Tartu Ülikooli Tähetorni astronoom-observaator
E. Öpik.

K/Ü „Loodus“, Tartus
1923

Keelelise korrektuuri on teinud K/Ü „Looduse“ korrektor lektor J. V. Veski.

1960

K. Mattiesen'i trükk, Tartus.

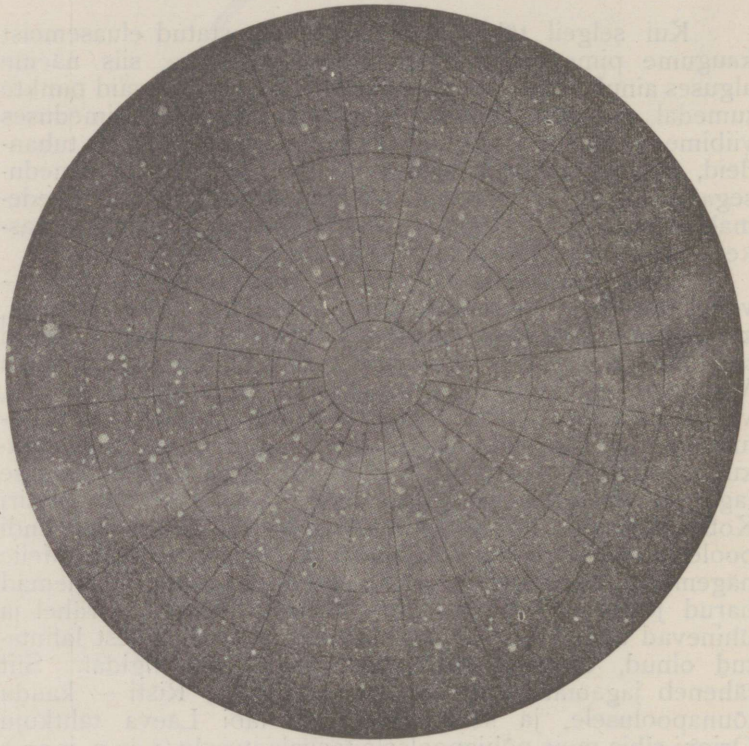
Kui selgeil tähisöil inimeste valgustatud eluasemeist kaugume pimedusse ja heidame pilgu taeva, siis näeme alguses ainult kõige heledamaid tähti kui sätendavaid punkte tumedal tagapõhjal. Mida kauemini me aga pimeduses viibime, seda enam tähti ilmub tumedusest, sadasid, tuhandeid, alguses üksikult, siis parvedena, ja kui silm pimedusega juba hästi on harjunud, siis kohtab ta kaugemal tähtedemaleva taga läikiva udujoa, mis hõbehalli paelana taevaskera vääneldes läbistab. See on Linnutee.

Silmapaistvamate tähtede — Siiriuse ja Prokyoni — vahel tõuseb ta horisondilt 10—12 kuuketta laiuse paelana, korrapäratu heleduse ja kujuga: käib läbi särava Orioni tähtkuju, Kastori ja Polluksi vahelt Kaksikuis, läbistab Veomehe tähtkuju kolmnurga ja Perseuse tähtkonna, võlvib silla Kassiopeia läänes üle seeniti, olles taevapoolusele kõige lähemal. Kassiopeialt jookseb ta Luige tähtkujus oleva heleda tähe Denebi juurde, kus ta kahte harusse jaguneb. Heledam ja laiem neist läheb otse üle Altairi Kotka tähtkujus, kitsam ja tuhmim — üle Lüüra horisondi poole, et meie laiuses atmosfääri tihendusse kaduda. Meile nägematus lõunapoolses taevas jätkub Linnutee. Mõlemad harud jooksevad lahus Ammumehe ja Skorpioni vahel ja ühinevad alles siis, kui nad $^1/_3$ kogu ringipikkusest lahutatud olnud, Centauri tähtkujus heleda Alfa ligidal. Siit läheneb jagamatu ring ilusama tähtkuju — Risti — kaudu lõunapoolusele, ja sealt tõuseb ta läbi Laeva tähtkuju Orioni sihis meie põhjapoolsele taevalaotusele (1. ja 2. joon.).

Kui võiksime tõusta maakera pinnalt nii kõrgele, et ükski maine horisont meie vaadet enam ei piira, siis näeksime Linnuteed katketu rõngana tõmmatud olevat üle kogu taevavõlvi, kui hõbevõru klaaskera ümber.

Linnutee pole sugugi korrapärane moodustus. Ühel kolmandikul oma käigu pikkusest, Luigest kuni Centaurini, on ta kui saart piirav jõgi kahe haruga. Tema laius vaheldub, kasvades kõige laiemaks Skorpioni tähtkujus ja muu-

tudes kõige ahtamaks lõunapoolses Lõuna-Risti kujus. Temast hargnevad kõrvalharud, kadudes aegapidi taeva pimedusse, või murduvad järsult, kui oleksid nad lõigatud. Linnutee heledus on vahelduv. Kohati on ta pilvetaoliselt kokku kuhjatud ja tähelepandavalt hele, seal kõrvas aga

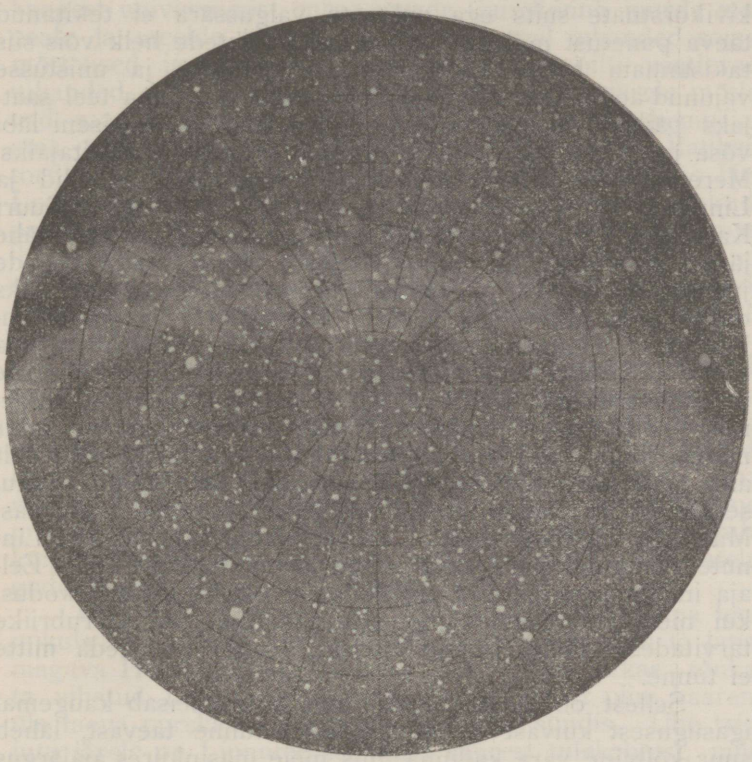


1. joon. Linnutee põhja-taevapoolel.

kahvatu, varjune, rebitud ja osadeks lõhutud, tumedatest paikadest ja käikudest läbistatud, milledest kaht suuremat — Lõuna-Ristis ja Luiges — Linnutee „söekottideks“ kutsutakse.

Meie, kes me heledalt valgustatud paikades elame ja reisides raudteel telegraafitraatide all edasi ruttame, näeme

Linnutee tähtpaela harva. Meil tuleb püüda teda otsida. Meil, kultuurilastel, kaob kaarlampide ja laternate kumal tähtede helk ja Linnutee hõbevöö ei kuulu meie igapäev vaadeldavate iluasjade hulka. Milleks on tarvis meil üles vaadata tähtede poole? Millal on meil tarvis taevast vaa-



2. joon Linnutee lõuna-taevapoolel.

delda seks, et otsida tee sihti, arvata aega või määrata aasta-aega? Meie minuteid loeb kellade sekundilöök, tornikellad ja vabrikusignaalid kuulutavad meile keskpäeva, nädalate ja kuude lugemisel on meil juhiks kalender. Telegraafipostid ja raudteeröopad näitavad meile teed läbi hästi korraldatud uulitsate ja üle tammide, merekaart ja kompass

juhatavad laeva laial merel. Milleks on meile tähed? Kas on nad meile enam kui looduse öine kaunistus? Kas pole see meile mitte sündmuseks mäel või merel kord tähistaevast tema varjamatus ilus näha? Kes meist tunneb Linnutee öise udupaela sihti?

Olid ajad, mil see oli teisiti. Linnu ei loorinud siis kivikorstnate suits ega uulitsate valgussära ei tekitanud taeva punetust majade katuste üle. Tähtede helk võis siis takistamata paista lahtistesse elumajadesse ja unistusse vajunud aedadesse. Rändajal oli päeva ajal tema teel saatjaks päikene ja ööse tähed. Ühelt teetähiselt teiseni läbi võsa ja orgude olid tähtkujud tema armsaiks teenäitajaiks. Meremeest ulgumerel juhatavad kodumaale Plejaadid ja Linnutee. Odysseus istub ööse tüüril ja silmitseb Suurt Karu (Suurt Vankrit), kolm Hommikumaa tarka tulevad tähe järele Petlemma, Kolumbus purjetab üle ilmamere tähtede juhatusel. Kuude ja aastate vältuse ainsaks määrajaks on tähtede seis. Kui Siiriuse kiir esimest korda rõõmujumalanna Hathori templi müüripilu vahelt sisse tungis ja püha altari oma pehme läikega valgustas, kuulutas Egiptuse preester päikese pööret, ja algas iga-aastane tants Denderas. Tõusid „Vihmatähed“ Attika rannas, pööras kalur merelt koju, karjane ajas oma karja Apenniini mägedelt alla ja Rooma keiser kogus Britannias oma telgid kokku, sest nad kõik teadsid, et sügis oma marudega oli lähenemas. Mineviku sugupõlvedele oli tähistaevas ilmakellaks ja Linnutee suureks osutiks tähtedega kaetud numbrilaual. Eelaja inimene tundis end taevatähtede hulgas samuti kodus, kui meie end sõiduplaane, tähtraamatut, arve ja rubriike tarvitades. Tema tundis taevast, nagu meie teda mitte ei tunne.

Sellest on kahju, sest inimesel, kes seisab kaugemal igasugusest kuivast teadmisest ja ei tunne taevast, läheb suur kõlbline vara kaduma, mis meie masinkiires ajajärgus oleks kahekordselt tarvilik ja kallis. Väike on vaev, kuid suur ja lõppematu on tasu seda tundma õppides. Mõni pilk õhtul oma toa aknast või aia jalgteelt, mõni väike seisak öisel käigul läbi pargi või heinamaa, ja varsti saab taevas loodusesõbrale tähekaardi või mõne täheraamatukese abil tuttavaks. Iga teadmist võib maitsta, kuid omapärane ja võrdlematu on mõnu, mida valmistab taevakehade tundmine. Sellele, kes tähtede kui vääramata sõprade poole

üles vaatab, loob nende igavene rahu ilmalaotuse suuruse ja lõpmatuse aimuse, näitab inimeste elamuste väiksust ja kaduvust, tõstab ta vaate kõrgemale igapäevase olemasolu väiklasist muredest ja juhib mõtted argipäevase elu askeldusist öise palvetusena loodusesse, looduse tundmisele, igavikumõttele. Kui ta siis oma mõtetega tagasi pöördub kaugest universumist enese juurde, inimkonna juurde maa peale ja meelde tuletab, et samal tunnil tuhanded samamõttelised igas maakera-vöös sama taevapilti vaatlevad, tuhanded oma vaatluses ilma olemasolu üle järele mõtlevad, saavutades rahu, jõudu ja kindlust, et sajad täheuurijad oma teleskoobid nii Kordiljeeride kõrgusil kui Vatikani tornidel, põhja jäistel kaljurahnudel samuti kui lõunas Hea Lootuse maaninas tumedal troopikaööl nende tähtpunktide poole juhivad, et kõik samast tundest on elustatud, samast ilust nõiutud — siis tasub ülendav tunne edasirühkiva inimsoo püüde ühtlusest, kõigi loodust uurivate ja loodust armastavate rahvaste ja inimeste vaimlisest vendusest ta öise mõttelennu tähtederiigis.

Juba varakult pidi küll Linnutee teiste taevanähtuste hulgast taevavaatlejate vaimu ja fantaasiat kütkestama.

Kas võib miski veel enam inimeste igatsust veedelda, mõtleja teaduhimu rohkem õhutada kui kiirgavate tähtede taga asetsev udutee, mis tõuseb uurimatu kauguse firmamendilt, võlvib pööritavas kauguses taeva ja — sealpool mägesid, mille taga asub õnn — saladusrikkalt kaob? Juba kõige vanemais rahvajuttudes hallist eelajast ja jumalatelugudes esineb Linnutee probleem.

Ühe kreeka muinasjutu järele tahtis Zeus oma lemmikule Herkulesele surematuse anda. Salaja pani ta lapse magava Heera rinnale imema. Kui Heera ärkas, tõukas ta vihatud imeja meelepahas eemale, nii et piim kaarena üle taeva purskas, millest siis Linnutee sündis. Ühe teise jutu järele on Linnutee tekkinud suurest tulekahjust, mille süüdlaseks on Phaeton. Phaeton, päikesejumala poeg, sai oma isalt loa päikesevankrit korra üle taeva juhtida. Juhtimises vilumatu, kaotas ta peadpööritavas kõrguses tasakaalu. Päikesehobused tormasid ohjeta üle laotuse ja süütasid taeva, mille tagajärjel kuivasid kõrved, süttisid vulkaanid ja põlesid mustaks neegrid. Selle tulekahju jäänusena, otsekui ilmapõlemise tuhana on jäänud Linnutee.

Rooma mütoloogias kõneleb Ovidius, Linnutee olevat

tee, mida mööda jumalad Olümbilt alla Zeusi kotta käivad. Selle tee ääres on surematute eluasemed. Araablasil on Linnutee Taeva Emaks, kes oma piimaga tähtlapsi toidab, või suureks taevajõeks, kuhu loomade tähtkujud tulevad jooma. Tunderikkalt ja kaunilt nimetavad mehhiklased Linnuteed Vikerkaare Õeks, luuleliselt ja mõtterikkalt nimetavad teised rahvad teda Surnute Teeks, mis viib üle maailma õndsusemaale.

Sääraseis rahvaste ettekujutusis sündis teadus. Hiinlasil ja indiaanlasil, egiptlasil ja kaldealasil oli astronoomia õitsel juba siis, kui Euroopas haridus alles täiesti puudus. Nende teadmised olid praktiliseks otstarbeks arendatud ja maamõõtmise, kalendriandmete ja varjutuste väljaarvutustega piiratud. Linnutee udukauguste jaoks puudus tähelepanu nii Pekingi astronoomidel kui ka niiluse-äärsetel Isise preestritel. Selleks, et üldpinnast nii vähe erinevat varjulist nähtust tähele panna, oli tarvis filosoofi, kellel ei oleks taevas mitte ainult abinõu kalendri väljaarvutamisteks, vaid kes näeks temas loodusemoodustust, ilmamõistatust, mille seletamiseks meil on tung. Seepärast leiame esimesi arvamisi Linnutee kohta Kreeka filosoofidelt. Kuidas see tihti juhtub, et lapselikus lihtsüdamlikkuses esimesed aimused tõelikkusele on lähedal, nõnda ka kreeka filosoofid, kes ilma eelteadmisteta, ainult mõistuse, selge mõtlemise ja ilutunde abil, tungist tõe järele kihutatud, lõid ilmakujutuse põhijooned, mis tervelt aastatuhande kestva uurimise mõjul inimsoo üldomanduseks on saanud. Nii võime kreeka filosoofe teaduse prohvetiteks nimetada. Pythagoras pani aluse algebrale, Euklides geomeetriale, Aristoteles loodustkirjeldavaile metoodidele, Demokritos lõi aatomiõpetuse, Aristarchos — meie päikesesüsteemi mehhaanika, ja hiljemini Epikuros ja Lucretius Carus tõid esile järkjärgulise arenemismõtte. Meie loodusteaduslise ilmavaate, mis alles 19. aastasajal õitsvusele puhkes, leiame juba kreeka filosoofidel üle 2000 a. varemini pungi paisutamas.

Nende meeste ringis tuleb ka Linnutee-probleem esimest korda teaduslise küsimusena arutusele. Pütaagorlased püüavad seda veel Phaetoni-müüdi abil seletada ja ütlevad Linnutee päikese endise teekonna jälje olevat. Aristoteles arvab ta võimsa meteoori olevat, tema järeltulija Theophrastos seletab teda meile taeva poolkerade liitejoonena, läbi mille

paistab kesktule valgus. Demokritos Abderast (460 a. e. Kr.), see vaimukas aatomiõpetuse looja, oli esimene surelik, kes samale otsusele tuli kui moodis teadus oma kindlate andmete varal, tõendades: Linnutee on lõpmatus kauguses üksteise lähedal asetsevate tähtede kogu.

Vaevalt suudame hinnata selle vana kreeklase vaimusuurust säärase ettekujutuse jaoks. Peame teadma, et see ettekujutus valmis inimese peas, kes oli kasvatatud vaimus, et laaned ja metsad on täis nümfe ja faune, et kõrgel üle Olümbi tuules ja tormis elutsevad ilmavalitsejad jumalad, et päikene on Phoibos Apollo tuline vanker, kelle järele hõljub teda armastaja kuujumalanna Luuna, ja et Delfi org on maailma naba. Demokritost austatakse Linnutee uurijate isana.

Samuti kui kreeka filosoofide väärtuslik prohvetitarkus, nii ei kajastu ka Demokritose Linnutee seletuse ennustus loodusteadusliselt arenematul keskajal. Kahe järgneva aastatuhande jooksul ei leia ainustki uurijat, keda puudutaks see küsimus. Ainult legendides ja usuteaduslisis maailma-kirjeldusis puudutatakse kohati Linnutee küsimust. Ta olla Attila hobuseraua jälg, — seletab üks kuningajutt. Kirikuõpetlased peavad teda taevapoolte õmbluseks, seega näevad Linnutees liimi, mis võlvi poolkerad kokku kliisterdab. Keegi ei elusta Demokritose suurt mõtet. Olid siis tuuled kreeka teaduse jäljeta laiale kannud? Oli siis keskaja vaimuelu niivõrt hävinud ja langenud, nagu aeg seda meile näib õpetavat? Võngub siis inimsoo vaimline arenemiskõver keskajal nii järsu tõusu ja sügava mõõna vahel? Ei sugugi! Samuti kui maakera elu arenemis-ajajärke on valitsenud üksteise järele üksikute loomade tõud, algades kriitelajaist ja lõpetades seni praegu planeeti valitseva inimesega, nii juhivad ka inimsoo vaimlist arenemist järgselt mitmesugused algmõisted. Aastasadade jooksul muutub vaimuelu siht ja viis, kuid mitte kõrgus. Seesama mõte, mis vanal ajal teaduse ja kunsti paremat vilja laskis küpseda, saab keskajal usulise, müstilis-fantastilise sihi, ta on teaduse jaoks viljatu. Inimene, kes Pythagorase ajal oma vaimuannetega tähelepanu äratas, juhiti loodusfilosoofide kooli, ja temast sai kas filosoof, matemaatik või looduseuurija. Paistis aga keskajal noormees teiste hulgast silma, siis viidi ta kloostrisse, kus teda usu mõtteringis kasvatati,

et teda kutseliselt kiriku teenistusse valmistada. Kogu keskaja intelligents on mõjustatud ühisest kiriklikust kasvatusest. Nii leiame kiriku teenistuses igasuguse vaimuga inimesi, algades vagadest, lõpetades uskmatutega: sõjakad paavstid ja ilmlikult mõtlejad kirikuvürstid, põllede peale jahti pidajad kardinaalid ja vabamõttelised mungad, kes olid enam teaduse kui usu preestrid. Kui palju tõsiseid Linnutee uurijaid võis nende hulgas olla! Kui mitmes tuhandes selgitatud vaimus oleks võinud Demokritose õpetus vastu kajada, — kuid nad pole millalgi oma arvamisi paberile kannud, pole seda tohtinudki. Kui tihti võisid teel olles sõbrad vaiksel ööl tähtede poole vaadata ja kõnelda udulindist endi peade kohal, või preestrid oma kirikutornis, mungad kloostri õues, või talmudistid gettotänaval Linnutee vaatlemisse süveneda, näha temas samuti kauget tähtede hulka, sattudes hardusse lõpmatuse ilmutuse ees. Ei ükski laul, ei ükski muinasjutt nimeta nende nime, mis kadunud ja unustatud.

2000 aastat pärast Demokritost, XVI aastasajal, esines Frauenburi doomkiriku ülem Kopernikus (1473—1543) oma kirjatööga tähtede liikumisest, milles ta vana ilmavaate, et maakera olevat kõige elu keskpunkt ja päike tiirlevat tema ümber, valeks tunnistab ja uue õpetuse esile toob, mille järele kõige keskpunkt on päike ja selle ümber liiguvad maakera ja planeedid. Selle ilmamõttega omandas Kopernikus surematu teenuse inimsoo arenemisloos, kuid tema ei pannud veel mitte alust moodsale koguilma õpetusele, nagu mõned küll mõtlevad. Kopernikus arvas, et päike on maailma seisev poolus, et tähed taevakuplile kinnitatult ühes sellega — ümber päikese keerlevad. Tema õpetus, küllalt sügavamõtteline ja ideerikas selleks, et täita suure ilmauurija elutööd, ulatub ainult meie planeetkonna piirideni. Tõusta üles laotusse koguilma Linnutee kaugustesse ei küündinud tema vaimulend. See jäi tema järglase ja tema õpetuse vaimustatud kuulutaja Giordano Bruno (sünd. 1548. a.) hooleks.

Giordano Bruno oli samuti kui Kopernikus kiriku teenistuses üles kasvatatud. Kui Kopernikuse kirjutatud raamat tema kätte juhtus, haaras ta uuest ilmaideest tuliselt kinni. Kiriku õpetusega vastolusse sattunud, pidi ta põgenema kloostrist ja sai uue ilmavaate prohvetiks, mida ta kuulutas oma reisidel läbi kogu Euroopa. Giordano Bruno

on tõsiselt prohvetlik ettekuulutaja, ennustaja. Veel enam kui kreeka filosoofide juures näeme siin imet, kus inimene ilma kindla teadmiseta, ainult tunde, mõistuse ja fantaasia abil ette aimab tulevate aastasadade teaduslikud tulemused. Jällegi tõendub, et fantaasiast kantav mõte tõe, suuruse, rütmi ja ühtluse tunnet oma luuletiibadel kaugemale võib kanda kui juurdlev mõistus. Ta tõuseb planeetidevallast kõrgemale tähtede riiki ja üle Linnutee piiride sinna lõpmatusse, kust ei pöördu iial tagasi inimese mõte. Giordano Bruno on universumi Kopernikus. Mis tähendus on viimasel päikesesüsteemi arendusloos, sama tähtsuse omab Giordano Bruno kinnistähtede, Linnutee ja koguilma suhtes. Kuna Kopernikus vana aja kristallsfääri temas hõljuvate kinnistähtedega maksvaks jätab, lõhub Giordano Bruno klaasise kesta, hävitab unistuse ebamäärasest tähtedeilmast, avab katseteks universumi, selle eetriga täidetud lõpmatuse, kuidas ta seda ise väljendab salmiridades:

„End köidikutest vabastada võin,
Ei võlvi ma kristalset karda,
Kui sinieetrilist aroomi lahutan
Ja üles tähisilma tõttan,
Maakera jättes sügavale alla
Ja püüded madalad.“

Esimese surelikuna, kelle mõttelend ulatub kaugemale päikesesüsteemi kitsast vallast, joobub Giordano Bruno lõplikult laotuse suurusest ja ilust. „Ainus on taevas,“ nii algab ta üht oma kuulsaist dialoogest, „mõõtmatu ruum, universum, kõike ümbritsev eeter, milles kõik liigub. Seal on lugematud tähed, ilmakerad, päikesed, planeedid ja lugematud teised.“ „On lugematu hulk päikesi ja lugematu hulk maid, mis kõik samal viisil oma päikese ümber keerlevad kui meie süsteemi seitse planeeti. Meie näeme ainult päikesi, sest et nad on suuremad ja heledamad kehad. Nende planeedid aga jäävad meile nägematuiks seepärast, et nad vähemad on ja ei helendu.“ Ta arutab seda küsimust veel edasi ja tuleb viimaks otsusele, et maailmad on elutatud. „Lugematud maailmad laotuses pole mitte halvemad ega vähem elutatavad kui meie maakera. Sest võimatu on selge mõistusega ette kujutada, et need maailmad, mis samasugused või vahest veel suurepärasemad on kui meie maakera, millele samuti kui meile mõni päikene

oma sigitavaid kiiri läkitab, on elutamatud ja ei kanna mitte sarnaseid ega koguni veel täielikumaid elanikke kui meie maa. Need lugematud maailmad avaruses on kõik samakujulised, kuuluvad samasse liiki, alluvad samadele jõududele ja seadustele.“

Oma nägijapilguga vaatab ta eelolevate aastasadade tulevikku ja kuulutab ette teadusele tema ülesandeid ja nende tagajärgi: „Kingi meile õpetus kõikesisaldavast maisest seadusest kõigis maailmus ja kõige kosmilise aine sarnasusest! Kaota teooriad maakerast kui ilmakesest! Hävita üleloomulikud jõud, mis pidid maailma juhtima, ja lõhu taevavõlvi poolkerad! Ava meile värav, kust võiksime näha mõõtmatut, ühtlast, ilma erandita kokkuseatud tähtedeilma, näita meile, et teised maailmad samuti eetrimeres ujuvad kui meie! Seleta meile, et kõikide maailmade liikumised on sisemiste jõudude avaldus, ja õpeta meid selle vaatepunkti valgusel kindlal sammul edasi astuma, loodust uurides ja tundma õppides.“ Täis lootust hüüab ta oma õpilasile tulevikusõna: „Olge kindlad, tuleb aeg, kus kõik näevad, mida mina praegu näen!“

Aeg tuli ilusam, kui tema seda aimata võis. Ei tungi meieni küll ainustki teadet kaugusest, ei kõla ka sfääriline muusika läbi ilmaruumi, nagu uskusid seda pütaagorlased. Vaikides tõuseb tähtedeparv, vaikides vajub ta igal järgneval ööl. Ainuke sõnatu käskjalg laskub taevast meie juurde — see on valgus. Kas toob aga see käskjalg oma säraval lainetusel teateid? Kas peidab ta oma taeva valguspunktikesis kõnet, nagu peitub see Morse'i telegrammi punktide varjul? Ja kas tuleb siis millalgi aeg, mil inimesed mõistavad seda taevakõnet?

See aeg tuli.

Vaevalt oli tuul paisanud laiale tuha tuleriidalt, kus Giordano Bruno oma ilmavaate pärast 16. veebruaril 1600. a. Roomas märtrisurma suri, kui Hollandist teade Itaaliasse jõudis, et mitme läätse kokkuseadmisel on võimalik valmistada instrument, mille läbi vaadates kauged asjad näivad lähedal. Galilei seadis kokku seesuguse riista: p i k k s i l m oli leitud. Nüüd algab astronoomia kuldne vana aeg. Galilei juhtis oma pikksilma toru taeva poole ja tegi imestamisväärilisi avastusi. Ta nägi, et kuu on samasugune kera kui maakera, mägede, orgude ja merelamedustega, et Juupitrit piiravad kuud, nagu meiegi pla-

neeti, et päikene on leekiv kera, mis hõõgub ja loidab kui tulekahju, ja et ta oma telje ümber keerleb samuti kui maakera, kuu, Juupiter ja Saturn. Päikesesüsteemi ühtlus oli tõestatud, ja kõigis mais kuulutati Kopernikuse õpetuse võitu endise ilmavaate üle.

Linnutee uurimiste jaoks polnud aga kevade veel tulnud. Uuest ülesleidusest ei olnud seal mingit kasu. Koguni vastupidi: oldi piirita pettunud ja ei osatud end kuidagi vastaste laimamise eest kaitsta, sest läbi pikksilma paistsid kinnistähed veel väiksemad ja punktitaolisemad kui palja silmaga. Linnutee oli ja jäi läbitungimatuks uduks, mis pikksilma kitsal vaateväljal näis veel salapärasem, ebaloomulikum ja uurimiseks kättesaamatum. Ainult kaheldes julges Galilei Demokritose mõtet uuesti üles võtta ja oletada, et Linnutee on tihedalt koostuvate tähtede kogu, toetudes pikksilmas nähtavale tulevate, muidu mittenähtavate tähtede hulgale. Kopernikuse vastased triumfeerisid: „Teil on õigus,“ ütlesid nad, „maakera ja planeedid tiirlevad ümber päikese. Aga päikene on ilma kese, on „universumi süda“, ja sealpool Saturni piirab laotust kristalne taeva kest, mille külge taevased tuled — kinnistähed — on riputatud.

Linnutee nähtuse seletamiseks oli vaatlev ja arvutav astronoomia võimetu. Kuid inimese juurdlev mõte ei piirdu teaduse raamidega: mida ta näeb, seda püüab ta mõista, ja mis tema nägemise piirkonda enam ei ulatu, seda katsub ta ideede abil seletada. Nii on täpsa teaduse piir ühtlasi piiritähiseks filosoofiale: kus esimene lõpeb, algab viimane. Nõnda on 18. aastasajal Linnutee-probleem jällegi filosoofidel arutada. Samuti kui vanul Kreekamaa päevil, näeme siin jällegi, kuis julge ja vaimurikas mõte võib saavutada suuremaid ja sügavamaid tõdesid kui meie niivõrt kitsastesse raamidesse suletud teadus. Mis lugejat kõige enam võib kütkestada, on asjaolu, et kõige viljakamad mõtted, mis inimsugu iialgi Linnutee kohta on avaldanud, mitte doktorikübaraga ja akadeemilise aukraadiga teadlaste, vaid alamast kihist ja vähema eelharidusega teadusearmastajate algatused on, kelle ainsaiks juhtideks oli armastus kogu looduse ning tema uurimiste vastu ja püsiv tung tõeallikaile.

Üle ilmamere sõuab vaene laevapoiss, toapoisi poeg, kasvanud üles laeval, tuulte ja lainete möllus. Tormine kui ookean oli ta elu, üksindased ja rõõmutud kui veeväli

olid ta päevad. Aga öil, kui üle mere tõusid tähed, lamas ta laeva ninas ja silmitses veepinna kohal hiilgavaid tulesid, ja kui mereõhu selguses Linnutee lint oma udude, pilvede, järkude ja harude rikkalikkusest selgis, siis süvenes see lihtne meremees taeva imedesse. Kogu tema püüd koondus selleks, et selgitada selle ilmapaela saladust. Oma reisidel läbi ilmavööde nägi ta, et Linnutee on kinnine ring kogu taeva ümber. Hiljemini, kui tal kodumaal, Inglismaal, muretum elu võimaldus, kirjutas see endine laevapoiss ühe töö Linnuteest ja maailma ehitusest, pealkirjaga: „Uus maailma hüpotees“, 1740. a.

Selle meremehe — ta nimi oli Thomas Wright (l. rait) — tööle on rajatud kahe järgneva teadusemehe väited ilma koosseisust. Üks neist, ameti poolest rätsepasell, oli pärit Elsassist. Oma hoole ja annete tõttu sai ta Preisimaa kuninga Friedrich Suure armualuseks ja lõpuks teadusteakadeemia liikmeks. Tema nimi oli Heinrich Lambert. Lamberti populaarselt kirjutatud „Kosmoloogilised kirjad“ (1761. a.) võitsid oma tulise-entusiastliku stiiliga publikumi poolehoiu, mille tõttu nad ka mitmes tuhandes eksemplaris kõigisse maisse laiali kanti. — Teine neist pole iial oma väikese kodulinna Königsbergi piiridest kaugemale liikunud, kuid tema vaim ei tunne ühtki piiri: ta tõuseb taeva kõrgustesse, mille ehitust ja arenemist ta nii põhjapanevalt seletab, et meie alles praegugi sellele alusele toetume. See mees oli sadulsepa poeg — Immanuel Kant.

Need kolm meest, kõige pealt Kant oma suurimas täiuses, seadsid üles järgmise ilmakava: Meie, maakera elanikud, kuulume päikesesüsteemi. Selle süsteemi keskes seisab päikene ja tema ümber tiirlevad elliptilisil teil planeedid, mille hulka ka meie maakera kuulub. Vastandina hiilgavale päikesele on planeedid oma väikese kogu tõttu jahtunud ja ilma valguseta. Iga täht taevas on samasugune helendav päike kui päike meie süsteemis. Need päikesed on aga nii lõpmatus kauguses, et nad meile ainult punktidena paistavad ja ka pikksilmas väikesteks punktideks jäävad. Tõenäone on see oletus, et igaühel neist päikestest on oma planeetide pere, mida me aga lõpmatu kauguse pärast ei või näha. Samuti tõenäone on, et osa neist planeetidest on elutatavad, nagu meie maakera.

Juba Giordano Bruno rääkis tähtedest kui päikesesüsteemidest, nende nägematuist planeetidest ja nende peal eeldatavast elust. Kuid need 18. aastasaja kolm mõtlejat ei jää siia seisatama. Pikksilma abil ei tulnud mitte ainult hulk vähemaid tähti nähtavale, vaid ka vähemalt sada täheparve ja udulaiku. Palja silmaga vaadeldes on

3. joon. Täheparv ehk -sumb Centauri tähtkujus.

suuremad täheparved ainult tuhmid valguspunktid, nagu on kuulus täheparv Perseuse kujus, Perseuse tähtkuju ehk Küünlatähtede ja Kassiopeia ehk Loogatähtede W keskvahel. Läbi pikksilma näeme sadade, tuhandete tähtede kerakujulist kuhelikku, mis koonduvad kui briljandid diadeemis. Säärane taevadiadeem on üks ilusamaist nähtusist, mis taevas inimesele iial on avanud (3. joon.).

Peale nimetatud täheparvde leiti veel udutaolised moodustused, jaolt korrapäratud, segased, jaolt korrapärased kaare-, ringi- või läätsekujulised, mida siis udulaikudeks ehk udukogudeks hakati nimetama. Ka neist on suuremad paljale silmale nähtavad, nagu näit.

4. joon. Tähekaart, millel märgitud kõige tähtsamad tähtkujud ja üksikud tähed.

udukogu Andromeda tähtkujus ja kuulus udukogu Orioni tähtkujus, otse kolmetähelise Reha all.

Tähed ei ole mitte korrapäratult ruumi paisatud, ütlesid Wright, Lambert ja Kant, vaid täheparvedesse rühmitatud. Need täheparved moodustavad teise järgu süstee-

mid. Meie päike ühes öise taeva kõige heledamate tähtedega moodustab samasuguse täheparve, kui näeme seda kauguses Centauri ja Perseuse tähtkujudes. Taeva heledamad tähed näivad meile seepärast nii laiale paisatud olevat, et meie ise asetseme selle hulga keskel ja igast küljest naabertähtedega piiratud oleme (4. joon.). Võiksime aga mõnest teisest täheparvest, näiteks Centauri tähesummast, meie päikese poole vaadata, siis näeksime Centauri täheparve tähti enese ümber kõige heledamatena ja meie päikest kuskil kauge täheparve kahvatu punktina.

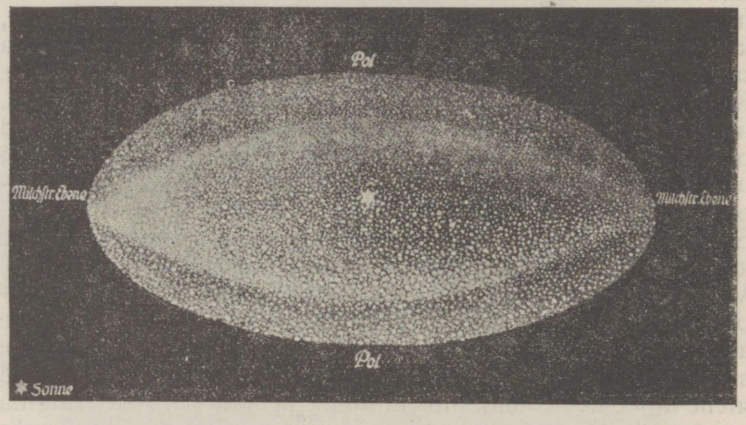
Ka täheparved pole juhtumisi ilmaruumi paisatud; nad on samasugusesse süsteemi ühendatud kui planeedid meie päikesesüsteemis. Asetatud ühisele tasapinnale, kõrvuti või järestikku, vastavalt päikesesüsteemi ekliptika tasapinnale, tiirlevad nad arvatavasti ümber ühise ilmakeske. Kuna täheparved üksustena sel tasapinnal edasi lähevad, liiguvad päikesed oma parve keske ümber, nagu kuud planeetide rännakul ümber päikese. Lambert arvas Orioni udu, Kant aga Siiriuse meie täheparve keskeks. Kõik täheparved üheskoos sünnitavad aga kolmanda järgu süsteemi. See süsteem on läätsekujuline. Täheparv, kuhu meie päike kuulub, on ühe säherduse määratu ilmaläätse keskpaigas. Vaatame meie selle täheparv-läätse lamedate külgede — pooluste sihis, siis näeme võrdlemisi vähe tähti; vaatame aga põigiti läbi kogu läätssüsteemi täheparve tasapinna sihis, siis on tähtede ja täheparvede hulk niivõrt tihe, et nad meile tihedalt koondatud tähtede ja täheparvede ringina paistavad, nii ilusana ja tihedana, et see koguhulk ainsaks ühtlaseks uduvööks — Linnuteeks — ümber taeva ühineb.

Nende meeste tõenduse järele on siis Linnutee nähtus, mille sünnitajaks on määratu suur tähtede süsteem, läätsekujuline ilmasaar, mille keskel meie päike tähena asub (5. joon.). Meie täheparve kuuluvad nähtavaist tähist heledamad; tuhmimad ja kõik need, mille valgust me ainult uduna näha võime, langevad teistesse täheparvedesse. Kõik ühtekokku sünnitavad aga Linnutee suure ühtlase ilmasüsteemi.

Kujutleme enesele, et me seisame ööse suure valgustatud laeva lael. Endi ees, kõrval, taga ja üle näeme oma laeva tulesid, mis riputatud mastidesse ja laeva-äärtele. Oleme igast ilmakaarest üksikute heledate, meile lähedate tuledega piiratud. Kauguses on aga kogu meri täidetud samuti valgustatud laevuga. Et aeg on öine, ei näe meie

laevu, vaid ainult tulesid. Lähemad neist paistavad tuledeparvina, kuna kaugemail laevul silm üksikuid tulesid ei suuda üksteisest eraldada ja me näeme ainult ebamäärast helki. Kaugemal meie vaate ulatust, merel igalt poolt laevadest ümbritsetud, näeme ringina horisonti piiravat, tuhmilt helkivat udulist valgust, mida sünnitab tulede vööt.

Meri on ilmaruum. Laev on täheparv, kuhu ka meie päike kuulub. Kõige ligem laevalatern on meie päike; meie täheparve teised tähed on kaugemad tuled. Mõõdetavas kauguses, kuid ikkagi tuhat kord kaugemal kui meie täheparve kaugemad tähed, näeme teisi, parvedesse koon-



5. joon. Läätsekujuline Linnutee-süsteem Wright'i, Kant'i ja Lambert'i järele.

dunud tähtede hulki. Suurem osa täheparvist on aga meist nii kaugel, et nende helk teiste neid ümbritsevate tähtede helgiga ühte valgub ja nende koguhelk meid vöödina — Linnuteena — ümbritseb.

On sealpool Linnuteed maailma lõpu raja? Ei. Linnutee-lääts on küll ettekujutlemata suur, kuid siiski kindlapiiriline. Ta on ilmasaar. Koguilm on aga lõpmatu, ja teised Linnutee-süsteemid täidavad teda. Neid kaugeid Linnuteid näeme aga läätsekujuliste udukogudena kauguses virvendavat. Andromeda udulaik on üks sarnaseist võõraist Linnutee-süsteemest, mis kaugel meie ilmasaarest ruumis hõljub. Lõpmatu, nagu avaruski, on seesuguste

Linnuteede arv. Ka nemad on jällegi süsteemideks korraldatud, 4-da, 5-da ja 6-da järgu süsteemideks, mis keerlevad üksteise sees ja ümber ratastena, olles igaüks rattaks suures liikuvas ilmamasinas, rattakeseks suures ilmakellas, mille salapärane käik inimsoole igaveseks mõistatuseks jääb . . .

Kas võib olla miski julgem kui nende kolme mehe hüpotees? Kopernikus tõukas maakera ta rahulikult troonilt ja sundis ta igavesti ringlema päikese ümber, need mehed nihutavad aga päikese ta asemelt ja tõukavad ta ilmaruumi keerlema, täheks tähtede hulka, valguspunktiks suurde liikumisvoolu Linnutees. Ilmaloova jõuga korraldavad nad tähtede karja tõeliseks ilmaks ja ehteks, ruumi ja mateeriat, jõudu ja ainet, massi ja liikumist koondades harmooniliseks üksuseks — maailma korraks.

Millega võisid nad oma julget ilmavaadet kinnitada? Võisid nad tõendada, et päike ainult täheke on ja mitte „universumi süda“, nagu Kopernikus seda arvas, et tähed on päikesed ja paistavad ainult oma kauguse tõttu punktidena?! Kas võisid nad tõendada, et planeedid nende päikeste ümber keerlevad ja et nad kõik parvedesse on koondatud, et päike ka ühte neist parvedest kuulub; või seda, et tähed ruumis liiguvad ja mitte *prima sphaera immobilis* — esimest liikumatut taevasfääri — ei sünnita? Et nad ühtlase üksuse sünnitavad, ühisest materjalist ja ühiseile seadusile alluvad? Et Linnutee tõepoolest tähtedest koos seisab ja pole mingisugune taevapoolte õmblus, ja et nähtavad udulaigud on kauged Linnutee-süsteemid? Oleks tarvis olnud kõike seda punkt-punktilt tõendada, kui nad oma filosoofilist tõetunnet teaduslise hüpoteesina maksma panna oleksid tahtnud. Ja mida võisid nad tõendada? Ei midagi.

Oli uuritud kuud, uuritud päikest, planeetide teed olid arvutatud, kindlaks määratud komeedid, — ainult tähtede ilm — Linnutee — jäi tundmatuks maaks, hargnematuks mõistatuseks. Kes suutis tungida neisse kaugustesse, kus päikesed punktidena paistavad ja pikksilmaski vähemagi ketta kuju ei omanda, kus koguni need punktid oma selguse kaotavad ja nende lugematu hulk ühiseks piimataoliseks kahvatuks helgiks ühineb, mis meid tuhmilt särava uduvöödina piirab; vaid neisse veel tuhat kord suuremaisse kaugustesse, kus säärased kogusüsteemid — teised Linnu-

teed — kahvatuiks pilvekesiks tumenevad, nii väikesiks, et meie silm neid kõige selgemail öil vaevalt märkab? Pidid siis igavesiks ajuks maksma jääma Schilleri sõnad:

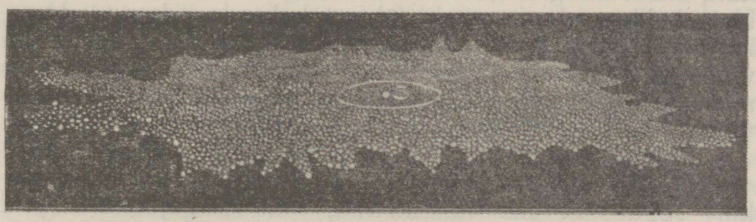
„Jää seisma! Asjata sa purjetad — sul lõpmatus on ees!“
„Jää seisma! Asjata sa purjetad — kes minu järel rändad, [mees!
Su kotka mõttelend, ta sule kaunistus, oh purjetaja,
On ainult fantaasia!
End lase alla
Ja heida lootuseta siia ankur välja.“

Kes julges tungida kaugustesse, kus fantaasiagi aralt ankru heidab? Kes?

Vaene muusikaõpetaja, kes juba 19-aastase noormehena a. 1759 Hannoveri grenaderide muusikakomandoga kodumaalt Inglismaale välja rändas, uuris oma tundide vaheaegadel optikaseadusi selleks, et omale ise kokku seada pikksilma, mille ostmiseks tal raha puudus. Öösiti uuris ta omavalmistatud pikksilmaga tähtede-ilma; Linnutee saladust paljastada sai tema elu ideaaliks. Oma vaimustust jagas ta oma venna ja õega, ja nad kolm olid väsimatud Linnuteed uurides. Kuid ükski pikksilm polnud selleks kohane: mida suuremad olid läätsed lihvitud, seda segasem sai pilt. Siis ehitas ta peegelteleskoobi, kus täht nõgusas peeglis peegeldub, mille fookuses kiired jälle koonduvad. Ikka suuremad ja suuremad peeglid seadis ta üles, ikka pikemaid torusid tarvitas ta. Nõnda tekkisid teleskoobid, mille suurus oli seni kuulmatu. 1781. aastal leidis ta oma hiiglainstrumendiga planeedi Uurani, mille tagajärjel ta kuulsus kuningani ulatus, kes ta siis õue-astronoomiks nimetas ja seega edaspidiste uurimiste jaoks talle muretu elu kindlustas. Oma uue instrumendiga, mille peegli läbimõõt oli 126 sm ja toru pikkus 12 m, rajas endine sõjaväe-muusikamees William Herschel aluse kinnistähtede ja Linnutee uurimistele; ta „lõhkus taeva piirid“, nagu kirjutatud ta hauakivil.

Herscheli hiiglateleskoobid olid esimesed riistad, mis Linnutee olemust tõeliselt selgitasid. Oma esimesest Linnutee vaatlemisest jutustab ta kuninglikule õue-seltskonnale 1784. a. juunikuus järgmist: „Kui ma oma pikksilma Linnutee ühe osa peale juhtisin, leidsin ma, et see valge udu väikesiks tähekesiks lahkus, mida minu endised pikk-

silmad mitte ei suutnud teha. Ühe tunni vältusel lasksin läbistuda Linnutee tähtedel pikksilma vaatevälja ja ma võisin mitte vähem kui 50 000 üksikut neist näha. Kuid oli tingimata kaks korda niipalju neid, mille kahvatu valguse tõttu ma ainult nende ebamäärast helki võisin näha.“ Tähtede üldist arvu, mis Herschel oma pikksilma abil näha võis, arvas ta vähemalt 30 miljoni peale. Tähtede lugematus, Linnutee tähine koosseis oli seega tõendatud. Ka Herschel tuli otsusele, et Linnutee-süsteem tegelikult on miljonitest tähtedest koosseisev ilmasaar. Suurem osa tähtedest on rühmitatud parvedeks, mis siis ise suure laiusega ja väikese paksusega



6. joon. Linnutee-süsteem Herschel'i järele.

läätsekujulisesse kihti on paigutatud. Nende täheparvede vahel hõljuvad aga udumassid väga mitmesuguses kujus. Kuna pikksilm mitmekesiseid üksiasju Linnutees, nagu harud, tombud, laigud ja voldid, mis muidu vaadeldes seletamatud, selgitas, arvas Herschel, et Linnutee korrapärane läätsekujuline ei või olla, vaid pigemini miski korrapäratu haruline täheplaat, mille piirjooni ta vaatlemise teel katsus määrata (6. joon.).

Päikese seisukoha selles süsteemis määras ta järgmiselt: Et Linnutee-pael igast küljest meile pea sama laiana näib, peame meie tingimata selle süsteemi keskel olema. Põhjapoolne osa on vähe laiem kui lõunapoolne — järelikult asetseme meie temale vähe lähemal, — nii siis mitte päris keskes. Pealegi ei ole päike mitte täitsa süsteemi keskmises tasapinnas, vaid vähe põhja pool täheparve üldist tasapinda.

Mida enam Herschel Linnutee imedesse süvenes, seda selgem oli äratundmine, et tema Linnutee-kujutus on puu-

dulik ja ei vasta nähtuste mitmekesisusele. Tema, kui vaatleja ja mõtleja, ei saanud teadmiste ega ka mingisuguste teravamõtteliste oletuste abil kõiki vasturääkivaid nähtusi kõrvaldada ja iga probleemi ainsasse ühtlasse ilmakujutusse mahutada. Hiljemail aastail rääkis ta ise oma endiste arvamiste vastu ja jõudis otsusele, et ei pikksilma ega ka mõtte võimuses pole rahuldavat ilmkonna pilti pakkuda, ja seepärast jättis ta järeltuleva soo hooleks maailmale, mis tema leidnud, õiged piirid määrata.

Herschel oli inimene, kes suurte pikksilmadega varustatuna Linnuteed sihikindlalt uuris ja meile tema loodusest, ehk küll mitte küllalt rahuldava, nagu ta seda ise tähendab, kuid siiski mingi kujutuse annab. Üksi see asjaolu ei anna Herschelile veel mitte seda tähtsat kohta moodsas teaduses, kus teda „tähtedeastronoomia isaks“ hüütakse. Herscheli võrdlematud teened on palju suuremad: tema õpetas meid kinnistähtede ja Linnutee vaatlemisel pikksilma tarvitama. Herschel õpetas meid nägema.

Inimese silm on fotograafiaparaadi sarnane. Tema osadeks on lääts, mis selleks välisilmast tulevaid valgusekiiri kogub, et siis vähendatud, kuid selgejoonelist pilti tundelisele tagaseinale — võrkkilele — heita. Lääts ja võrkkile on kaks kõige tähtsamat silma osa. Pikksilm on kunstlik lääts, mis selleks, et oma loomulise silma võimet suurendada, silma ette seatakse. Teleskoobi lääts on sada korda suurem, selgem ja valgusevõimulisem. Selle tõttu muudab ta ka inimese silma võimised sajakordseks. Kuna silm häil tingimusil kogu taevas ainult 6000 tähte võib näha, seega ühest kohast vaadeldes, ühel taevapoolel, ainult 3000, mis siis heleduse järele kuude järku, esimesest kuuendani, jagatakse, võib pikksilma abil mitu miljoni kuni 12., 13. ja 14. järgu suuruse tähti näha. Ühel kuuketta suurusel taevaosal luges Herschel 2400 tähte.

Ühes Linnutee määratu tähtede arvu tõendamisega võimaldab pikksilm ka tähtede p a i g u t u s e täpsaid uurimisi. Juba Herschel algas kuulsaid tähekatsumisi ehk -lugemisi, s. t. ta luges tähtede arvu pikksilma vaateväljal mistahtsel pikksilma asendil. Selle tööga ei ole seni veel lõpule jõutud, ja uues tähestatistikas etendavad tähtede lugemised — peaasjalikult fotograafia abil — silmapaistvat osa; esimesel kohal võiks nimetada sakslase v. Seeliger'i, hollandlase Kapteyn'i ja vene astronoomi Stratonov'i tööd.

Nende vaevarikaste uurimiste tagajärjed aga näitavad, et kõik meile nähtavad tähed, just nii kui tõeliselt Wright, Kant ja Lambert seda arvasid, lamedasse läätsekujulisse kettasse, Linnutee-süsteemi on korraldatud. Minnes Linnutee poolustelt tema ekvaatori poole, näeme seda arvurikkamalt, tihedamalt tähti asetuvat, mis annabki tunnistust ühisest suurest Linnutee tasapinnast.

Vahest tähtsam üldisest tähtede paigutuste määramisest on üksikute tähtede täppis kohamääramine teadusliste vaatluste abil pikksilmaga, mille varal meile tähtede kauguste määramine võimaldub. Pikksilma tarvitamise oskus saavutas sel alal varstigi suurimaid tagajärgi.

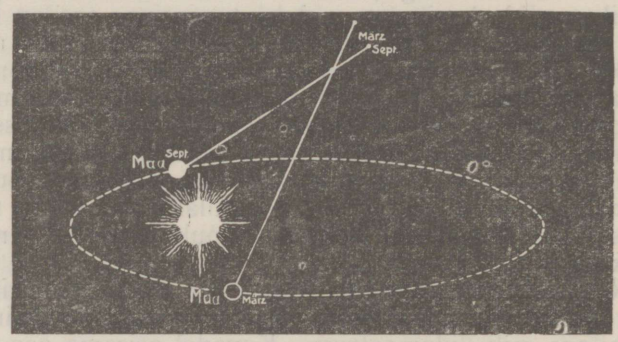
Kui sõidame rongis, siis libisevad meist mööda puud ja kirikutornid, kusjuures nad ka tagaseina, see on horisondi suhtes oma kohta muudavad. Mida kaugemal meist on mõni asi, seda vähem märgatav on see edasinihkumine. Seda asjade nihkumist tagaseina suhtes vaatluskoha muute tõttu kutsutakse parallaks'iks. Hoidke oma nimetissõrm selle raamatu ees ja vaadake teda vaheldamisi parema ja pahema silmaga. Siis muutub taguse, s. o. raamatu suhtes tema nähtav asend. Selle sõrme parallaksi abil võime tema kauguse silmast määrata, kui meil ainult teada on silmade vahe kaugus.

Nagu teame, ei seisa maakera mitte paigal, vaid tiirleb ringis ümber päikese. Selle maakera-teekonna läbimõõt võrdub 300 milj. kilomeetriga. Kevadel seisame 300 milj. kilom. sellest kohast kaugel, kus olime sügisel. Seepärast peavad ka tähed, kui vaadelda neid kevadel ja sügisel, taeva-tagaseina suhtes oma kohta muutma, nagu sõrm, mida kord parema, kord pahema silmaga vaatleme (7. joon.).

See kohamuutmine on niivõrt minimaalne, et ei Galilei ega ka Herschel, oma püüdest hoolimata, seda ei saanud kindlaks määrata. Alles aastal 1837 läks see kuulsal Königsbergi astronoomil Bessel'il korda ühe uue, stereoskoobi sarnase pikksilma — heliomeetri abil.

See Frauenhofer'i kokkuseatud heliomeeter on säärane mõnus riist, et temaga mõne keha poole millimeetri suurust kohamuutust 1 kilomeetri kauguselt täpipealt võib mõõta. Aastaid vältava püsiva vaatluse abil määras Bessel ühe väikese tähe parallaksi Luige tähtkujus, ja arvutades selle kauguse, leidis ta selle 80 bilj. kilom. olevat. See on 500 000-kordne päikese kaugus. Viimane on meist 150 milj.

kilom. kaugel. Kinnistähtede kujuteldamatu kaugus oli seega määratud. Tähtede kaugusi kujutella on inimese mõttel võimatu. Võime enesele ette kujutada meetrit ja kilomeetrit, aga mitte päikese või tähtede kaugust. Ka kõige julgem fantaasia kaotab universumi ruumi mõõtes pinna jalge alt. Meie oleme maalapsed ja oma maise asetuse tõttu — planeedi massiga seotud. Võime imestada, austada seda, mis kaugemal maist ilma, kuid mõista ei või me seda mitte. Astronoomilisi kaugusi kilomeetrites väljendada on sama mõttetu kui maapinda ruutmillimeetritega mõõta. Vead, mis sisaldaksid koguni miljoneid neid mõõtüksusi, oleksid ikkagi määramata



7. joon. Tähtede parallaksi sündimine maakera tiirlemise tagajärjel ümber päikese.

väikesed. Seepärast on astronoomiliseks kauguse normaalmõõduks valguseaasta. Valguselainetus, kiirte võnkumine maailma-eetris on kõige kiirem liikumine, mida üldse tuntakse. Valgus liigub sekundis 300 000 km edasi. Katsume käega pulssi ja loeme. Kahe pulsilöögi vahel teeb valgus kaheksa ringi ümber maakera. See teekonna pikkus on üks valgusesekund. Kaugust, mille läbirändamiseks valgus ühe aasta tarvitab — aastas on üle 30 milj. sekundi, s. t. 10 milj. korda 1 milj. km = 10 bilj. kilomeetrit —, kutsutakse valguseaastaks. Mõne tähe kaugus on siis 10 valguseaastat, kui valgusel selleks, et temalt meie juurde jõuda, kulub 10 aastat aega. Üks kilomeeter võrreldes valguseaastaga on sama väike, kui üks sekund

võrreldes 300 000 aastaga. Üksikute tähtede kaugused üksteisest on väga suured. Nad võrduvad mitmeile, tihtigi kümneile ja sadadele valguseaastaile. Koguni samas tähtkujus üksteise naabruses olevate tähtede vahel on haigutavad kaugused, millele ligi ei pääse meie ettekujutus. Päikesele kõige lähem täht on temast 4 valguseaastat kaugel, see tähendab, ta on 1/4 milj. korda kaugemal kui meie päike. Ainult järgmise pildi abil võime tähtedeilma mõõtudest kujutluse luua.

Kujutleme, et meie suur ja ilus maakera on ainult üks väike hernetera, siis oleks ta kõrvitsasuurusest päikesest 100 meetrit kaugel. Oleks see päikesesüsteem Saksamaa pealinnas, Berliinis, kas võite arvata, kus oleks siis kõige lähem kinnistäht? Kaugemal eeslinnas või linnast väljas? Või koguni Leipzigis, Münchenis, või isegi Roomas, mis tervelt 1500 km Berliinist eemal? Ei, ta oleks enam kui 10 kord veelgi kaugemal, 25 000 km kaugusel, kuskil Kesk-Austraalias ehk seal lähedal Lõunameres, lõunapooluse lähedal. Kauguse poolest järgmine kinnistäht, mis poole maa võrra kaugemal esimesest, polekski enam maakera pinnal, vaid kuskil ilmaruumis lõunapooluse sihis! Meie, inimesed, oleksime olevused herneteral, mis peidetud Kesk-Euroopa pikas rohus. Lõunapooluse jäärahnudelt leiaksime kõrvitsa suuruse kivi ja temast mõned sammud kaugemal mõned herneterad. See on maailmaruumis meie lähem naaber — teine ilmasüsteem universumis! Kui meie üldse suudaksime seda kujutella, mäherdune lahutamatu üksindusetunne peaks meid siis küll valdama! Mäherdune tume õudsus ümbritseb meid pimeda, surnud ruumina! Mis on inimene laotuses? Kui maakera oleks hernetera toas, siis oleks ta liiga väike, et teda nimetadagi, ja ammugi mitte väärt, et ilma keskeks olla. Juba siis oleks kõrkuseks inimesele, kes sel herneteral parvedena elab, end maailma kuningaks, loometöö krooniks pidada. Suures linnas on hernetera ülesleitamatu, kaduv, ei miski, mille olemasolu ja mitte-olemasolu kogu linna koosseisus täppigi muudaks. Kuid kuskil lageda Euroopa rohus, võib-olla kuskil Alpide kuristikus, Siberi stepis, või Sahara lagendiku liivas, või jälle Atlandi ookeani lainetes üheks herneteraks olla ja seal peal elada, vähemalt 100 000 korda väiksem kui batsillus, — „kui vaatan kuud ja tähti taevas, mis on inimene, et sa tema peale mõtled, ja inimeselaps, et sa temast hoolid?“

Ülevalkirjeldatud otsekohesel teel on võimalik olnud seni ainult kõige lähemate tähtede kaugusi määrata, sest et neil on loomulikult ka kõige suuremad parallaksid. Nii on praegu vähemalt 400 lähima tähe otsekohene kaugus teada, kuna me teiste kohta ainult niipalju võime ütelda, et nad mitu korda kaugemal asetsevad, kui need naaberilmad, millega me üheskoos tähesalga sünnitame. Tuntud tähtedest on meist kaugel:

Alfa Centauri, kõige lähem kinnistäht	.	4,3	valg. a.
Siirius, Suure Peni tähtkujus	. . .	8,6	„ „
Prokyon, Väikese Peni „	. . .	9,5	„ „
Atair, Kotka „	. . .	14	„ „
Kastor, Kaksikute „	. . .	17	„ „
Regulus, Lõvi „	. . .	36	„ „
Veega, Lüüra „	. . .	39	„ „
Aldebaran, Sõnni „	. . .	40	„ „
Kapella, Veomehe „	. . .	40	„ „
Arktur, Karjuse „	. . .	45	„ „
Polluks, Kaksikute „	. . .	50	„ „
Põhjanael, Väikese Vankri „	. .	75	„ „
Beteigeuze, Orioni „	. . .	150	„ „
Rigel, Orioni „	. . .	üle 300	„ „

Vaatleme hiilgavat Polluks'it. Valguselained, mis nüüd meie silma riivavad, on juba 50 aasta eest sellest päikesest lahkunud. See täht ei asetse praegu enam sugugi seal kohal, kus meie teda näeme; ta oli seal 50 aastat varemini. Samuti pole ka Siirius ega Kapella tõeliselt omal praegu nähtaval kohal. Kui valguselained, mis praegu meie silma võrkkile erutavad, selle kauge ilma leekivast kaaosest lahkusid, polnud meie veel sündinudki, meie vanemad ei tunnud üksteist sel ajal veel mitte, ja kuna see kiir meie juurde ruttas, igas sekundis 300 000 km lennates, nii kogu 50 a. kestusel, kasvasime meie väikesest rakukesest, sündisime abitu ja mõistmatu olevusena, lamasime hällis, õppisime käima ja rääkima, lugema ja kirjutama, algades a, b, d-st ja ükskordühest, muinasjuttude ja röövlilugude kaudu kuni nende ridadeni, mis teateid annavad meid ümbritsevaist imedest. Mida kõik ei ole me selle aja jooksul näinud ja kuulnud, läbi elanud ja kannatanud! Mis kõik pole sündinud sel väikesel maakeral 50 aasta jooksul! Ja mis seal kaugel täheilmas? Võib-olla on ta vaheaja jooksul juba kustunud,

võib-olla kokku põrganud mõne tumeda ilmakehaga ja ilmaruumi laiale paisatud, on vahest 30 aasta eest hõõguvaks uduks auranud ja teda pole ehk mitte enam olemas. Meie näeme siis praegusel tunnil seda, mida tõepoolest enam sugugi ei ole, ja näeme seda veelgi homme ja kümme või kakskümmend aastat, ja kuni valguselained, mis praegu sellest ilmast hakkavad tulema, 50 a. pärast meie atmosfääri jõuavad, oleme meie juba ammu mullas, emakese-maa põues ja ükski nägemisnärv ei värise meie silmakoopas, ja ükski rakuke ei liigu meie peaajus, mõteldes maailma suuruse ja vägevuse üle. Lühike on iga, mis on inimesele otsimisiks ja tundmisiks antud, lühem kui aeg, mille vältusel valgus ühelt tähelt teiseni jõuab, — *carpe diem* — tarvita päeva ja tundi!

Linnutee kaugemad tähed, mille lainetav, ühtesulav valgus sellele vöödile piimase läike annab, on meist 10 000 valguseaastat kaugel. Kui me mõne seesuguse päikese planeedil oleksime ja sealt meie Maakera vaatleksime, siis näeksime elu, mis oli kolme, kuue, kaheksa või koguni kümnetuhande aasta eest. Mõne tähe elanikud, kui selle tähe kaugus oleks 3000 valguseaastat, näeksid alles tänapäev kreeklaste ja troojalaste võitlusi Ilioni väljal, näeksid hallpead Priamost vanemate ringis müüril, ilusat Helenat ta vürstlikul asemel lebavat, mõttesse vajunud Achillest telgis istuvat ja Hektorit langeva Patroklosega võitlevat. Kui sellest kaugusest meid tõesti mõtlejad olevused vaatleksid — ja kes võiks seda võimalust lihtsalt eitada? — siis näeksid nad Euroopat, mis soo ja põlise metsaga kaetud, neis elavate paganate ja barbaritega, heidaksid nalja meie üle, aimamata, et samul kohtadel, kus nemad jumalate altareid ja pühi tammi näevad, tõeliselt võlvitud kojad seisavad võimsate teleskoopide, elektrikellade, tabelite ja tähenimestikkudega ja et nende all inimesed istuvad, kes maailma saladusi uurivad kuni tuhandete valguseaastate kaugusteni. . .

Parallaksi arvutamiseks tarvisolevate tähtede seisukohtade määramisel märkas Bessel üksikute tähtede kõrvalekaldumisi, mis polnud seletatavad Maakera keerlemisega päikese ümber. Esiteks pani ta tähele heledate tähtede Siiriuse ja Prokyoni kõrvalekaldumist, mis teda n ä g e m a t u k a a s l a s e e e l d u s e l e v i i s. Siiriuse ümber pidi keerlema päike, mille tiirlemisaeg võrdub 50 aastaga ja mis

siis oma tõmbevõimuga Siiriuse kõrvalekaldumised esile kutsub. Kuid see Besseli eeldatud Siiriuse kaaslane jäi nägematuks ka tugevamatele pikksilmadele. 18 kuud pärast oma arvamise avaldamist suri Bessel. Tema uurimisi jätkas Peters, kes selle kaaslase täpsa seisukoha ilmaruumis määras.

Missugune hulljulge ettevõte! ½ miljoni kord kaugemal kui meie päike asuva keha liikumisteed, liikumise kiirust ja seisukohta täpsalt arvutada, ilma et seda keha ühegi inimese silm oleks näinud! Kas ei kõla see kui muinasjutt, et inimene ettekujutamatu kauguse pimeduses mitte iialgi nähtud ilmade kaaslasi oletab, nende suurust, kaugust, liikumisteed ja kiirust kindlaks määrab ja seda kas või vandega julgeb tõendada? Kes võis seda tähevaatlejate fantaasiat uskuda, pealegi kus järgnevatel aastatel keegi ka kõige paremate teleskoopide abil seda kaaslast leida ei võinud? Asi kujunes aga teisiti, kui kartsid seda kahtlejad. 20 aastat pärast Besseli surma katsus kuulus Ameerika läätsevalaja Clark oma kõige uuemat klaasi ja kui ta Siiriust vaatles, leidis tema just sel kohal, mis Peters selle aasta jaoks Siiriuse kaaslase tarvis oli arvutanud, väikesetähekese. Jäliti tema käigule, ja ta liikus tõesti 50 a. kes tusel ümber Siiriuse ja oli iga aasta just punktis, mis Bessel ja Peters tema jaoks enne ülesleidmist olid annud. Missugune ime on suurem? Kas see, et neis kaugusis on sel täiusel maailmu olemas, mis üksteisega seotud kui päike ja planeedid, või see, et nende hulgas mingil kustunud tumedal päikesekübemel keegi olevus elutseb, kelle peakoopas hall hüübemass nende maailmade teid määrab, ilma et ise nende suurust või kaugust suudaks ette kujutada, koguni ilma neid nägemata ka oma selgemais pikksilmis?

Tähti, mis mõne teise tähega tiirlemissüsteemi sünnitavad, kutsutakse paaristähtedeks ehk kaksiktähtedeks. Pea iga kolmas meile lähemal olevaist tähist on kaksiktäht, nõnda et meie nüüd vähemalt 15 000 kaksiktähte tunneme. Mõnda kaksiktähtedest, kus tähed üksteisest asetsevad kaugel eraldi, nagu tähtedepaar Aldebaranist paremal pool, võib palja silmaga näha. Suurem osa neist esineb aga ainult pikksilmas, ja paljusid neist pole võimalik ka selle abil tunnistada. Kaksiktähtede ringlemisajad kõiguvad üksikute päevade ja mitme tuhande aasta kestuse vahel, olenedes nende päikeste massist ja omavahelisest kaugusest. Samuti eri-

nevad meie planeetide tiirlemisajad üksteisest, kuna näit. Merkuri periood on 88 päeva, Neptuni oma — 165 aastat.

Tiirlemisajad üksikuis kaksiksüsteemides on:

Prokyon'il 40 a.	Alfa'l Centaur'is 87 a.
Siirius'el 50 a.	Kastor'il umbes 1000 a.

Peale kaksiktähtede on samasuguseid süsteeme, mis seisavad koos kolmest, neljast, kuuest, kaheksast, kümnest ja kahestkümnest päikesest. Üks seesugune süsteem on Lüüra tähekogus Veega läheduses. Harilik silm näeb seal ainult punktikest, hea silm märkab aga pikergust joont; on tarvis õige teravat nägemist, et seda kaheks iseseisvaks 5. järgu suurusega täheks lahutada. Kuid juba väike pikksilm lahutab kummagi neist tähtedest veel kaheks kehakeseks, nii et meie ette nelikpäikese-süsteem ilmub. Kõige heledam täht Plejaadide tähtkujus, Alkyon, on neljakordne, keskmine Suure Vankri aisatäht — viiekordne. Orioni udu, mis asetseb otse Reha all, sünnitab kuuekordse süsteemi, mida tema tähtede asendite tõttu „trapets'iks" kutsutakse.

Kaksiktähtede ja nende liikumise ülesleidmine oli suureks edusammuks Linnutee uurimises ja tundmises. Need üksteise ümber keerlevad päikesed on raskusetungi tegevuse tõenduseks teiste ilmade tähesüsteemes. Sama tung, mis meid planeedi pinnal hoiab, kuud maakera külge ja maakera päikese külge aheldab, valitseb seal Linnutee kauguste päikeste hulgas ja sunnib neid igavesti kestvale ringlennule teineteise ümber. Kaksiktähed tõendavad raskusetungi üksust ja üldsuse valitsust Linnutee tähtkonnas.

Kuid mitte ainult seda. Meie süsteemi planeedid liiguvad kindlate seaduste järele ümber päikese, mida nende ülesleidja järele Kepleri seadusiks kutsutakse. Need kolm Kepleri seadust ütlevad, et planeedid liiguvad ellipsit mööda, mille ühes fookuses on päike; et liikumine seda kiiremaks muutub, mida lähemale nad päikesele jõuavad, ja et nende tiirlemise vältused on kindlas vahekorras nende kaugustega päikeselt. Kui kaksiktähtede teid uuriti, leiti, et nad alluvad samuti Kepleri seadusile, kui meie süsteemi planeedid. Kepleri seaduste abil võime meie, nagu seda ka Siiriuse ja Prokyoni kaaslaste ülesleidjad tegid, iga kaksiktähe seisukohta igaks teatavaks ajaks ette kindlaks määrata. Selle ülesleidmise tõttu on jõu üksusega

ühtlasi ka seaduse üksus Linnutee-süsteemis tõendatud.

On olemas tumedaid tähekaaslasi. Seda tõendavad juba ülevalnimetatud Siiriuse ja Prokyoni süsteemid, kus kaaslased umbes 10 000—100 000 korda vähema valgusega on kui peapäike; nende kaaslaste kohta on isegi arvamine olemas, et nemad ainult kesktähe valgust peegeldavad, nagu maakera — päikese valgust. Ka tuntakse teisi sellesarnaseid näiteid.

Perseuse heledast tähejoonest paremal pool seisab üksik teise heledusejärgu täht — Algol. Selle tähe heledus muutub. Kaks päeva 20 tundi 48 min. 53 sek on ta hele, siis aga langeb tema heledus 4½ tunniga 2. heledusejärgust 4. heledusejärguni, järgneva 4½ tunni jooksul saab ta jälle oma endise heleduse. Seda laadi „Algol-tähti" tuntakse 100 ümber, ja iga aasta avastatakse uusi samatüübilisi. Algol-tähtede iseloomulikkus on just nende perioodi astronoomiline punktipealsus. Sama täpsusega, kui on võimalik päikesevarjutust 100 ja 1000 aasta peale ette määrata, võime ka Algol-tähtede tumenemisaega sekundi pealt ennustada. Seepärast ei ole mingit kahtlust, et meil on siin tegemist tumedatè kaaslaste päikesevarjutamisega. Kõik Algol-tähed on päikesed, mille ümber tumedad kaaslased ringlevad ja neid varjutavad. Algol-tähed tõendavad planeetide olemasolu Linnutee päikeste ümber.

Arusaadav, et võime ainult suuri ja päikestele lähedal seisvaid planeete märgata, sest ainult seesugused võivad tähelepandavat varjutust sünnitada. Planeet maakerale vastava suuruse ja päikesekaugusega suhtuks päikese suurusesse kui see trükitud kirjatäht kogu leheküljega, mis 30 meetrit vaatleja silmast eemal. Säärane kogude vahekord ei tingiks kuigi palju valguse muutust, et seda võimalik oleks kaugemalt tunda. Pealegi võime jälgida ainult niisuguseile planeedele, mille liikumistee tasapind ühtib meie vaatesihiga. Nende suuruse ja päikesele läheduse tõttu on mõnel Algoli tüüpi planeedil veel oma valgus alles. Näiteks, Algoli „tume" kaaslane on veel 20 korda heledam kui meie päike ja tume näib ta olevat ainult hiilgava kesktähe kõrval; viimane ise on 250 korda meie päikesest heledam. Kui on aga olemas suured päikesele lähedad planeedid, mis Kepleri seaduse järele ümber kesktähe tiir-

levad, siis on kindlasti ka jahtunud, päikesest kaugel olevaid planeete, nagu me seda oma päikesesüsteemis näeme ja mille hulka ka meie maakera kuulub. Ümber nende planeetide hõljuvad kindlasti ka kuud, nagu ümber maakera, Marsi ja Saturni. Algol-tähtede tundmine viib meid Linnutee uurimise teel jällegi astme võrra kaugemale. Vaatame üles meie peade kohal säravaid tähti ja neid parvedesse kokkukuhjunuid, milledest valgub meile alla Linnutee pehme kuma — iga üksik neist on päike, mida ümbritsevad kaaslased, maailmad planeetidest ja kuudest, mida samad jõud ja samad seadused juhivad. Selle tähtedega külvatud laotuse vaade viib meid üleloomulise jõu ja suuruse tunnustamisele, kuid ühtlasi sulab vaatleja vaimusilma ees meie suur ja harmooniline päikesesüsteem kõige oma valguse, värvi, kehade ja elu küllusega väikeseks punktikeseks laotuses, üheks ainsaks kiireks Linnutee suures säravas päikesepärjas.

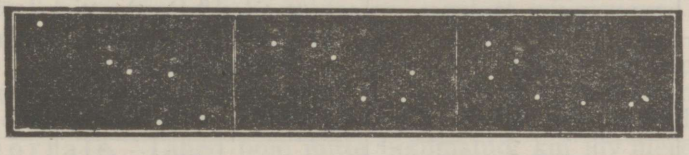
Kõigi huulile tõuseb küsimus: kas on need maailmad elutatavad nagu meie oma? Me ei tea seda mitte. Kuis võiksime meie sellest kaugusest, kus terved maailmad ainult punktidena paistavad, mõnda elumärki loota? Kuid on midagi, mis on kõrgem kui mõistust piiravad teadmised, mis saavutatud instrumentide ja arvuridade abil, — see on mõistuse peal põhjenev äratundmine. Sama mõistus, mis Demokritost ja Giordano Bruno't, Wright'i, Kant'i ja Lambert'i juhtis ja nende vaimusilmale laotust selles valguses näitas, milles see teistele alles aastasadasid hiljemini instrumentide abil avanes, seesama mõistus võimaldab meile ka ühes Giordano Brunoga vandel tõendada, et on olemas lugematu hulk maailmu, mille peal on elu. Arvata, et ainult maakera, see tume nägematu päikese tolmukübemeke, see ei mitte miski Linnutee-süsteemis, ainuüksi elu kannab, kuna sajad miljonid teised päikesesüsteemid, Linnutee miljardid teised planeedid, mis samast ainest ja samas suuruses kui meie maailm üles ehitatud, samust jõududest ja samust seadusist juhitud, samus arenemistingimusis, et need kõik on surnud ja õudsed, mõtteta ja sihita ringlevad maailmad — ainult selleks, et meie ööd kaunistada, — arvata seda oleks julgus, mida kõrkuseks peab nimetama. Hallitusseen, mis meenõus pimedas kasvab ja end ainsaks elavaks olevuseks ilmas peab, pole meeldivam inimesest, kes end universumi ainsaks elanikuks kuulutab. Mis on meil kasu teadusest,

mis avitavad meid arvud kümnete nullidega, teleskoobid, vinnad ja kangid, kõik teadmised laotusest, kui me midagi ei õpi!? Kopernikus ja Kepler, Newton ja Herschel oleksid asjata elanud, kui meie nüüd selles kõige tähtsamas küsimuses, elutuvuseküsimuses tagasi läheme Ptolemäose juurde ja kogu maailma laseme ümber maakera keerelda. Hoidugem tegudes vägevad ja mõtetes väikesed olemast. Julge kui pikksilm ja kindel kui astronoomide arvutused olgu meie vaim ja allugu imedele, mida teadus avab, sest kui päike on täheke samasuguste tähtede leegionis, meie süsteem — üks maailmadest lugematute naaberilmade hulgas, maakera — planeet miljoni samasuguste planeetide hulgas, siis oleme ka meie üheks rahvaks rahvaste kosmilises ühiskonnas, kasvuks suure elutüve küljes, mis koguilma päikese-aias väädib.

Kui Linnutee tõesti on suur tähesüsteem, kus raskusetung valitseb, siis peavad selle süsteemi kõik osad vastastikku külge tõmbuma — ja liikuma. Siis ei või ka tähed — kinnistähed olla, mis taevalaotuse külge oleksid kinnitatud kui pirnlambid lakke, vaid peavad olema päikesed, mis hõljuvad ruumis nagu meiegi päike, alludes raskusetungile; nad käivad oma teid, kui selle ainsa tõsise suure päikestesüsteemi planeedid, mille tähtede hulk meid Linnutee-vöötena öösiti ümbritseb.

Kui 1718. a. kuulus komeetide arvutaja Halley omaaegset tähekaarti vana aja tähekaardiga võrdles, märkas ta, et täht Aldebaran $^1/_5$, Arktuur $1^1/_2$ ja Siirius koguni 2 täiskuu-laiust oma endisest seisukohast 2000 aasta vältusel edasi olid nihkunud. Mitmed teised uurijad tõendavad pärastpoole sama arvamist tähtede nihkumisest. Tähed pole kellegi „kinninaelutatud liikumatu maleva“, vaid alatine liikumine elustab neid. Muidugi ei ole sellele tähtede liikumisele kerge jälgida. Inimese seitsmekümne-aastast lühikest iga ei jätku selleks, et tähe kohaltnihet märgata, samuti kui ei või laeva liikumist horisondi suhtes näha 70 sek. vältusel, ehk küll laev täiel kiirusel edasi tormab. Tõuseks Aristoteles hauast ja vaatleks taevast, ta jääks ikkagi oma taeva liikumatuse valeõpetuse uskujaks. Orioni, Plejaadide ja Suure Vankri tähtkujud paistaksid temale samasugustena, kui 20 aastasaja eest. Kui ta neid aga veel 20 aastasada hiljemini võiks vaadelda, siis peaks vana aja suur uurija samale otsusele tulema, kui meie oma

instrumentide abil: kõik tähed liiguvad. Suur Vanker võis 50 000 aasta eest sama vähe vankri kujuline olla, kui ta seda 50 000 aastat hiljemini on, sest — tema tähed liiguvad isesihilistes rühmades (8. joon.). Siirius liigub aga 1500 aasta jooksul tervelt täiskuu-laiuse osa edasi ja teeks 1 milj. aasta jooksul ringi tervel taevavõlvil. Kõige paremat pilti kinnistähtede liikumisest annab täht 1830 Groombridge'i kataloogis, mis 1800. ja 1900. aasta vahel $^1/_4$ täiskuu-laiusest oma naabruses oleva tähepaari suhtes on edasi nihkunud. Kui selle tähe ümbrust hakati tähele panema, leiti, et ka mõlemad naabruses olevad 21 258 ja 21 185 tähed nihkuvad. Uuriti sihti, kust need kolm kiiresti liikuvat tähte tulevad, ja leiti suureks üllatuseks, et nad samast punktist isesihiliselt laiale jooksevad, nagu suure lõhkeva granaadi killud. Kas pole nad viimaks mõne lõhkenud päikese-maailma killud?



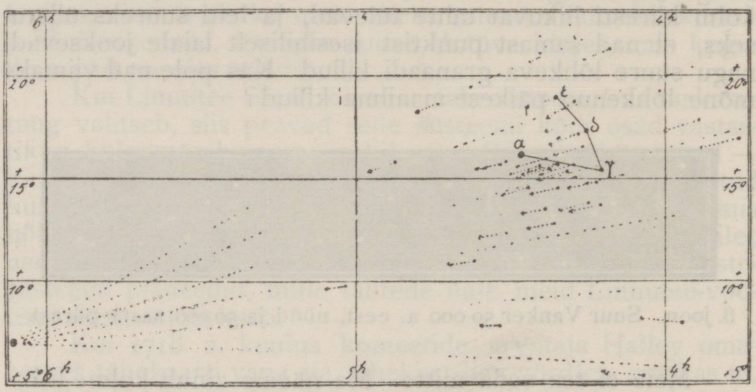
8. joon. Suur Vanker 50 000 a. eest, nüüd ja 50 000 aasta pärast.

Meie ei tea seda mitte. Me näeme ainult kolme liikuvat ilmakeha, millel tõenäoselt ühine algpõhjus. See nähtus ergutas uurijaid ka teiste tähesalkade, Plejaadide, Hüaadide ja Bereniike Juuste, edasinihkumist järgima. Kuis oldi üllatatud, kui ka neil suuril tähesalgul leiti tõepoolest ühine liikumisalus! Suure Vankri 5 keskmist peatähte ei kuulu mitte ainult nähtavasse, vaid tõelisse „Vankri-peresse". Nende otsesihiline kaugus meist on 6 miljonit päikesekaugust ehk 100 valguseaastat. Ka nende omavaheline kaugus on nende ühtekuulumise peale vaatamata määratu. Kõige välimine neist tähtedest, nelinurga parempoolne alumise nurga täht Merak on keskmisest aisatähest Mizar'ist neli korda kaugemal kui Siirius meilt, missuguse kauguse mõõtmiseks valgus 30 aastat tarvitaks.

Nende kokkukõlas olev kaugus, suurus, värv, temperatuur, aineline koosseis ja liikumine tõendab nende kahtlematut ühtekuuluvust. Nad liiguvad kõik ühiselt samasuguse

kiirusega Ammumehe tähtkuju sihis iga aasta 600 milj. kilom. edasi tõtates. Uuemate andmete järele kuulub sellesse „Vankri-peresse“ veel mitukümmend tähte mitmes taeva nurgas — nende seas ka Siirius ja Põhja-Diadeemi heledam täht; nii asub siis meie päikesesüsteem selle täheparve sees ja pääseb alles mõne miljoni aasta jooksul sealt välja.

Kergem, kui selle laialivalgunud tähepere juures on tuntud tähtkuju Plejaadide ehk Üue Sõela, Sõime ehk Vana Sõela ja Hüaadide tihedalt kokkusurutud päikeste perrekuuluvust mõista. 150-nest Sõela heledamast tähest on



9. joon. Hüaadide liikumine rühmas. Noole pikkus näitab edasiliikumist, milleks kulub 50 000 aastat.

45-el peale ühise kauguse, suuruse, temperatuuri ja ainekoosseisu ühine edasiliikumine, mille osanikkudeks ka harilikule silmale nähtavad tähed: Elektra, Atlas ja Alkyonesüsteem on. Enam märgatav on naabruses oleva Sõnni tähtkujus Hüaadide-salga liikumine peatähe Aldebaran'i ümber. Nende kaugus meilt on vähemalt 120 valguseaastat. Kui märgime nende tähtede liikumise sihi, siis näeme, et nad Veomehe tähtkujus ühte punkti kokku jooksevad (9. joon.) Kas ruttavad siis kõik need tähed paratamatule hukatusele vastu, põrgates ühel päeval kõik kokku ja valgustades taevalaotust määratu tulekahjuna? Ei. Need tähed kauguvad meist paralleelseil teil kui raudteeröobikud, kui

need kauguses näivad ühinevat, ehk küll tõeliselt üksteisest aga samasse kaugusse jäävad. Nõnda näivad ka Hüaadid oma teekonnal taevakaugusse kokku jooksvat, kuna nad tõepoolest kõrvuti liiguvad. Igas sekundis kauguvad nad meist 40 km võrra, meie nähes ikka enam ja enam kokku koondudes, kui kaugeneva veduri punased tuled. 50 miljoni aasta pärast oleks praegune laialt asetatud tähtparv ainult pisikeseks koguks koondunud, mida pikksilmaga kui 10 järgu tähte veel võiks näha, ikka enam ja enam kaugeneva linnuparve sarnane, mis lõpuks kauguse siniõhus täpina kaob.

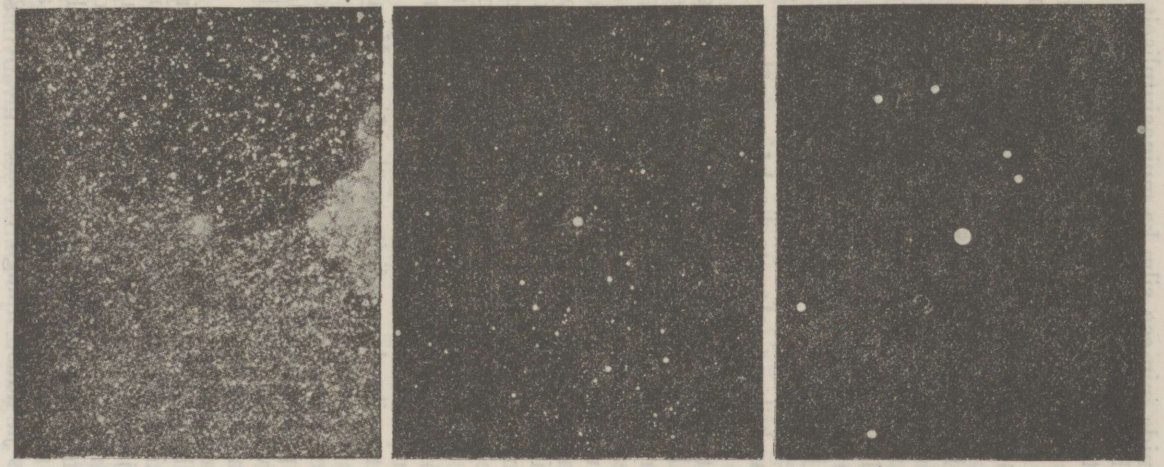
Mitte kaugel Hüaadidest asetseb tähtkogu, mida kutsutakse Präseepe'ks ehk Sõimeks. 10-nel selle salga tähel on liikumissiht, kiirus, füüsiline koosseis, temperatuur ja suurus Hüaadi tähtedega niivõrt ühine, et vaevalt võib kahtlust tekkida lähema suguluse üle nende tähtedega. Kuid meie teadmiste puudulikkuse tõttu ei saa me praegu veel mitte nende kahe tähtsalga sugulust mingisuguse tõenäose oletuse abil tõestada.

Tähtede salgaline edasiliikumine avab meile uue põhimõtte Linnutee mehhaanikas: Linnutee-süsteem ja tema päikeste liikumised alluvad kindlale korrale. Tähed pole mitte liikumatud, kui liiv mererannas, tõmbetung ei kõiguta neid mitte juhuslikult laial pinnal. Nad on korraldatud paaridesse ja peredesse, nad liiguvad salkadena ja rongidena, rändlindudena tõtates läbi avaruse. Selles salgalises liikumises tunneme päikesijuhtivate jõudude ja ilmavalitsevate seaduste tegutsust, ja meid valdab aimus „kosmos'est", ilma ehtest, universumi ilmakorraldusest. Kuid selle teadmise ja tundmise piirid on määratud. Kõik need tähed, mille salgalist liikumist meil võimalik on olnud jälgida, kuuluvad väikesesse parve, mille keskesse meie päike on asetatud ja mis Linnutee suure ringiga võrreldes häviv-väike. Kõik, mis me heledamate tähtede liikumisest teame, kuulub ikka ja alati siia mõnetuhandelisse tähtedeperesse ja ei mitte Linnutee miljonihulgalisse päikestevoolu. Et üldist tähtede liikumist Linnutee-süsteemis põhjendada, peaksime järgima, kuidas kõik need lugematud hulgad väikesi valguskübemekesi, mille arvu Herschel ühe täiskuu-ketta suurusel pinnal tuhandete peale arvas, oma kohta muudavad, ja iga neist vaevalt helkiva punktikese koha ruumis täpsalt määrama. See on töö, mil pole mingit

lõppu! Missugune inimesehool võiks neid hulki määrata? Sellele hiiglatööle peaks siis terve astronoomide maleva oma elutöö ohverdama. Terved batareid teleskoope tuleks Linnuteele sihtida. Ja ka siis oleks inimese mõistusel võimatu tegutseda eksimatult ses valgushelgi tihedaltkoondunud leegionis. Kes võiks lugeda piisku, mis langevad pilvist, kes arvata räitsakaid, mis heljuvad lumesajus? Inimene oleks ilmtingimata pidanud loobuma selle tahtmise täideminekust, kui tal poleks korda läinud peale pikksilma, mis talle need imed avas, teist abinõu leida, mis talle need imed alal hoidis. See oli — päevapildistus.

Päevapildi-aparaati võime inimsoo kolmandaks silmaks nimetada. Ta on tõepoolest silm. Meie silmamuna aset täidab siin tume kast, millel on lääts nagu inimese silmalgi ja valgustundeline plaat meie tagasilma närvikile asemel. Just samuti kui inimese silm, seab see kolmas silm end kaugete ja lähedate asjade järele. Kuid mõnes suhtes on ta veel kasulikum kui loomulik silm. Inimese silm võimaldab ainult momendi muljet. Ta kavastab ainult silmapilgu pildi igast punktist. Mõne punkti teraval silmitsemisel väsib silm juba varsti ja võimaldub siis veel ainult segaseid pilte. Päevapildi silm annab kestvaid ülesvõtteid. Tema võib vaadelda 10 minutit või ka 10 tundi. Mida kauemini ta on avatud, seda rohkem näeb ta. Temal on tarvis ainult 5 tuhandikku sekundit selleks, et näha 20 heledamat esimese järgu suurusega tähte. Ta vaatab 10 tuhandikku sekundit ja näeb 50 teise järgu tähte; ta vaatab 30 tuhandikku sekundit ja näeb 200 kolmanda järgu tähte. Ta avab end ainult $^1/_{10}$ sekundiks ja märgib 600 neljanda suuruse tähte oma kunstlikule võrkkoele. $^2/_{10}$ sekundi järele annab ta 1200 viienda järgu tähe kavastuse, ja $^5/_{10}$ sek. jooksul märgib ta 4000 kuuenda järgu suuruse tähte. Siin oleme hariliku inimese nägemise piirini jõudnud. Kuid päevapildi silm tarvitab ainult 1 sekundi, et näha 7-da järgu, 3 sek. — 8-da, 8 sek. — 9-da, 20 sek. — 10-da ja 30 sek., et näha 11-da järgu suurusega tähti, mis meist juba 1000 valguseaastat kaugel. 2 minutiga näeb ta kõik 12-da, 5 min. järel 13-da järgu päikesi, 13 minutiga märgib ta 134 miljonit 15. järgu ja 80 minutiga 400 milj. 16. järgu suuruse tähte.

Pealegi on päevapildi-aparaat väga tundlik harilikule silmale nägematuks jäävate ultraviolettide kiirte vastu ja seepärast näeb pimekamber — camera obscura — tuhan-



10. joonise kolm pilti selgitavad päevapildistus-silma nägemisvõimu. Harilik inimese silm näeb seal kohas ainult üht tähte — Deneb'it. Pikksilmaga võib märgata veel ülemal pildil kujutatud tähtedepiirkonda, päevapildi-plaat näeb nelja tunni jooksul need tähed, mis keskmisel pildil, 13 tunni jooksul aga need tähed, mis alumisel pildil kujutatud.

deid tähtedest, mida inimese silm ka muinasjutuliselt suurte teleskoopide abil iialgi näha ei saaks (10. joonis).

Päevapildistus-silm näeb nõnda siis harilikust enam. Aga ta näeb ka veata. Ta ei eksi millalgi, nagu inimese nägemisaparaat. Kui astronoom tähe seisukohta määrab, peab ta nägemisest saadud pilti võrkkilelt suure aju nägemissentri, sealt lihaste ärritussentri, ja sealt selgrooüdi närviteid kaudu käelihastesse juhtima, mille abil ta siis tähepildi niitide peale seab, mis pikksilma vaateväljas on. Kui palju on võimalusi sellel pikal edasijuhtimis-teel vääratada? Päevapildistus-silm ei tunne mingisugust edasiandmist. Tema võrkkilel ühineb nägemine, vastuvõtmine ja joonistamine. Mis ta näeb, on juba vastu võetud, ja mis vastu võetud, on juba pildiks tähendatud. Kuju pildistub sinna, kus ta tõeliselt on. Iga punktikene, olgu ta ka kõige vähem, seisab oma kohal ja ei karvaväärtki kõrval.

Päevapildistus-silm töötab rutemini. Ühe tunniga valmistab ta taevakaardi, milleks astronoomidel terve aasta kuluks. Kuna inimese silm ainult üht kohta korraga võib näha, inimese peaaju ainult üht seisukohta korraga määrata, inimese käsi ainult üht tähte korraga joonistada, näeb päevapildi silm ühtaegu 1000 tähte ja märgib kõik 1000 mõne sekundiga plaadile. Iga broomhõbeda-terakene plaadi želatiinkorras on omaette silm, peaaju ja käsi, on inimene, kes meie asemel näeb, mõtleb ja märgib, ja ainus kollane läbipaistmatu plaat sisaldab eneses kogu valvekoha tööjõu. Päevapildistus on oma automaatsete tehniliste võimetega toonud taeva-uurimistesse masinatempo.

Päevapildistus-silmal on piiritu mäluvõim. Kuna pildi kajastus inimese närvikilelt kaob, niipea kui lao kate langeb ja sellest algades ikka enam ja enam kustub, nii et pilt, mis mitte kohe pole üles märgitud, minutite järel alatiseks kaob, hoiab päevapildi-plaat momendi mulje jäädavalt alles. Mis ta ööse näinud, selle avaldab ta päeval, ja mis päevapildistus-silm troopikavööl märganud, sellest jutustab ta varjamata aasta hiljemini Londonis või Pariisis. Senini pidi astronoom öösiti ja külma käes pikksilma juures istuma, ühe tähe teise järele üles otsima, jaotama, mõõtma, arvutama ja üles märkima. Mõnel teisel õhtul pidi ta sedasama punktipealselt kordama selleks, et andmeid kontrollida, ja kui leidus viga, tuli kolmandal õhtul kogu töö uuesti algada. Ja nüüd? Pilvis ja uduse ilmaga tehakse päevavalgel täh-

tede päevapildistuse ettevalmistused. Öö ootel kontrollitakse pikksilma ülesseadet. Üks väikene vajutus kangile ja päevapildistus-silm avab end, vaatab tummalt pimedusse, mis inimese vaatele tühjusena paistab, vajub tummalt jälle kinni ja — tuhat tähte on nähtud ning üles märgitud.

Ainult päevapildistusele võlgneme tänu soovi täidemineku eest, mis enam kui 100 aasta eest Herschel'ile ja alles 50 aastat tagasi Argelander'ile muinasjutulise unenäona paistis, mis aga Linnutee uurimisel suure tähtsuse omab: valmistada taevakaart, kuhu kõik tähed, ka kõige tumedamad, täpsalt on märgitud. Aastal 1887 oli Pariisis rahvusvaheline astronoomide kongress, kus otsustati päevapildiline taevakaart valmistada. Ülesanne, kogu taevast ühetaoliste instrumentidega päevapildistada, jagati järgmiste tähetornide vahel: Greenwich, Oxford, Helsingi, Potsdam, Pariis, San Fernando, Tacubaya, Perth, Kapilinn, Sidney, Melbourne, Santiago, Hyderabad, Kordoba ja La Plata. Igal tähetornil oli üks taevavöö päevapildistada ja nimelt kahes seerias. Ta peab 1200 ülesvõtet 5 min., ja 1200 ülesvõtet 50 min. valgustuskestusega valmistama. Lühikeseajalised ülesvõtted, mis 400 000 tähte kuni 11-da suuruseni sisaldavad, ühendatakse ühte kataloogi; pikaajalised ülesvõtted, millele üle 3 milj. tähe märgitud, on valmistatava taeva-atlase jaoks määratud. Iga plaat mahutab 10 313-ku osa taevast. Et iga plaadi äär teise plaadi keskpaigaga kokku langeb, on iga täht kahele eritabelile märgitud, selles ettetulevad plaadivead märgatavad ja parandatavad. Üldse valmistatakse 40 000 ülesvõtet, mis Pariisi kogutakse ja isesuguste mõõtmisriistadega läbi mõõdetakse.

Just nüüd, meie päevil, läheneb see hiiglatöö oma lõpule. See ei ole ühe mehe töö, mitte ühe rahva tegu, mitte ühe ilmajao sünnitus, — see on kogu inimkonna töö, mis lõpule viiakse. Riigid ehitavad sillad üle oma piiride, rahvad ulatavad üksteisele käe, vastasjalgsed tervitavad üksteist. Pariisi katuste üle, Shotimaa pinnal ja Hispaania lõunarannal, Hea Lootuse maaninas, Lõuna-Ameerika kõrges mäe-ahelikus, India kindluste müüridel, Lõunamere ääres 5-da ilmajao rannas — igal pool kerkivad taeva poole pikksilma-torud, avavad end pimekambri vaikivad silmad ja nende pilk seob klaasisele võrkkilele igaveseks tähtede pildid nii, kuis seda 20. aastasaja veerul inimsugu näeb. Juba see vaim, mis selle rahvusvahelise rahutöö peal hingab, on ülendav ja juba

selle tõttu on ta vaeva vääriline. Inimesed, kes pole iialgi üksteist näinud, ei kunagi üksteisest kuulnud, üksteise keelt ei mõista, ühinevad ühiseks tööks, kandes ühist mõtet, pühendades kogu oma tööjõu selle saavutuseks, nähes oma eluideaali töös, mis iialgi nende nime ei kanna, kes selle teostanud, mis end iial ei „tasu“. Päevapildiline taevakaart on tuleviku töö. Astronoomid, kes praegu taevast päevapildistavad, toimetavad samuti ennastsalgavalt kui vanarauk, kes istutas puu, et lapsed ja lastelapsed selle varju ja vilja võiksid maitsta. Nad ise ei või oma töö vilja lõigata. Aga seeme, mis nemad külvavad, annab lastelastele hea lõikuse. 50 aasta pärast korratakse taevakaardi päevapildistust, ja siis on võimalik viimsegi tähe, ka kõige vähema, vähimatki edasiliikumist täpsalt kindlaks määrata. Poolesaja aasta pärast ilmuvas rahvusvahelise taevakaardi uues väljaandes on võimalik mitte ainult tuhande, vaid juba 100 000 tähe edasiliikumist määrata ja, lühikese aja tõttu vast küll ainult üldist, kuid siiski määravat pilku heita Linnutee tähtede liikumisse.

Kõige suurepärasuse peale vaatamata annab massiline päevapildistuse metood meile siiski ühekülgse pildi tähtede liikumisest ilmaruumis. Seal näeme külgsihilist edasiliikumist, see on pildi tasapinna sihilist; kuid vaatesihilisest liikumisest ei jää sinna mingit märki. Harilik mõistus ei näe ainustki teed, kuis oleks võimalik tähtede lähenemist ja kaugenemist vaatesihis märkida. Iga üksik täht on punktike, mis aastatuhandete jooksul ei muutu, ja ta peaks vähemalt $^1/_{10}$-diku, $^1/_4$-diku või koguni $^1/_2$-le oma määratust kaugusest meile lähenema või meist kaugenema, peab järelikult mitmetuhande aasta jooksul fantastiliselt suuri kaugusi läbistama, enne kui me tema heleduse juurdekasvu või kahanemist märkaksime. Ja kuigi me mõne imelise aparaadi abil selle liikumise sihti võiksime määrata, kas suudaksime aga millalgi selle liikumise kiirust määrata? Kas ei peaks me pigemini uskuma, et Jules Vernes'i unenäod kuusõidust ja reisist maakera keskesse tõeliseks muutuvad, kui et me ütelda teaksime, et Siirius läheneb meile igas sekundis 7 km võrra ja et Aldebaran sellevastu kaugeneb maakerast igas sekundis 50 km? Kas ei pea selleks muinasjutud tõeliseks muutuma?

Need unenäod on tõestunud. Kuid vaevalt hoolib suur ilm neist imedest — ta ei teagi nende olemasolu. „Haritlasel“ on suur häbi mõnda Vana-Rooma keisrit mitte teada,

mõne ristisõja aastaarvu mitte mäletada, uuemat ajakirjandust mitte lugeda. Aga tõelistest teadmistest, tõelistest imedest läheb maailm mööda, sest — tõelised imed on vaiksed ja tagasihoidlikud.

Pikksilm on inimsoo kunstlikult valmistatud lääts, päevapildi-aparaadi plaat aga inimsoo kunstlik võrkkile. See ei ole muud midagi kui meie harilik nägemise lisand. Nad ei ava meile midagi uut, ennetundmatut, vaid ainult süvendavad meie nägemise peaomadusi: läätse abil valgusekiiri koguda ja pilti kujutada, võrkkile abil seda pilti alal hoida. Kuid astronoomide kolmas riist rikastab meie nägemisvõimalusi, ta kingib meile uue orgaani — kuuenda meele. Ta avab meile ühe täiesti uue ilma, midagi neljanda dimensiooni sarnast. See uus ilmavaatlemise orgaan on p r i s m a.

Igaüks tunneb prismat ehk tahksammast. Hulgana ripuvad nad vanade kroonlühtrite küljes, kus nad meile lapseeas oma kirjude värvidega küllalt headmeelt valmistasid. Iga lihvitud peegliäär on prisma, iga lihvitud kalliskivi on mitmekordne prisma.

Prisma on otse vastand läätsele. Lääts on ümmarik, sile ja kumer. Prisma on tasane, nurgeline ja tal on kandid ning tipud. Lääts kogub valguse ühte punkti, prisma laotab ta lindiks. See prisma omadus — valgust paelaks harutada — puudub organismidel. Kui leiduks inimesi, kel pikksilma läätsed silma ja päevapildi-plaadid võrkkile asemel, siis näeksid nad maailma just samasugusena kui meie. Kui oleks aga inimesi, kel läätse asemel prisma, siis paistaks maailm neile hoopis teissugusena! Kui hoopis teisiti uuriksid nemad seda maailma ja otsustaksid teisiti tema üle!

Et meie pole harjunud läätse asemel prismaga vaatlema, siis on prisma omadused meile võõrad ja — ilma eelteadmisteta valgusest — meile koguni arusaamatud. Valgus on maailma-eetri lainetus. Maailma-eeter on väga peen aine, millel on see eriomadus, et ta kogu maailma täidab, algades üksikute aatomite vahedest kuni tähtedevaheliste ruumideni. Oma peenuse tõttu — ta olevat 15 trilj. korda õhust kergem — liiguvad selle eetri lained ettekujutamata kiirusega edasi — 300 000 km sekundis. Kuid mitte kõik valguselained pole ühepikkused. Samuti kui suurem aurulaev kõrgemaid laineid sünnitab kui väike, suurtükikuul suuremat õhulainetust kui püstolikuul, nõnda sünnitavad ka hõljuvad moleekulid ja aatomid oma suuruse järele mitmesuguse pik-

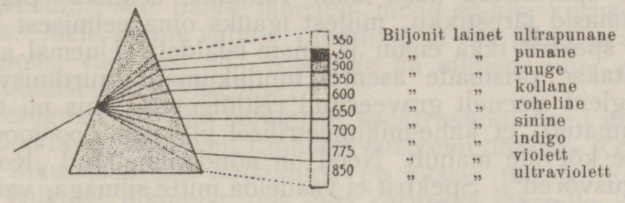
kusega eetrilaineid. Röntgeni aparaat saadab eetrilaineid, mille pikkus on ainult üks kümnemiljondik mm, mis siis oma väiksuse tõttu suuremast osast ainetest läbi tungivad.

Traadita telegraafi aparaat saadab laineid, mille pikkus 5 km ja mis üle kogu maakera laiali lagunevad. Et aga kõik eetrilained, nende lainepikkuse peale vaatamata, ikka sekundis 300 000 km edasi liiguvad, ei hõlju pikad lained sekundis mitte nii tihedalt kui lühikesed, samuti kui pikkade säärtega inimene jookstes vähem sammusid tarvitab kui teine, kiirelt jooksja lühikeste säärtega. Igas sekundis sünnib ainult 60 000 telegraafilainetust, aga mitu triljonit Röntgeni kiirte lainet. Meil on võimalik ainult üht osa eetrilainetest tähele panna, nimelt neid, mis teevad 100 kuni 1000 biljonit võnku sekundis. Esimene osa neist ilmub soojusena, teine — valgusena värvides:

punane	eetrilaine,	pikkus	700	miljondikku	mm	450	bilj. võnku
ruuge	„	„	600	„	„	500	„ „
kollane	„	„	550	„	„	550	„ „
roheline	„	„	500	„	„	600	„ „
sinine	„	„	475	„	„	650	„ „
indigo	„	„	425	„	„	700	„ „
violett	„	„	400	„	„	775	„ „

Neid eetrilaineid sünnitavad valgust-andvate kehade hõljuvad aatomid ja moleekulid. Hõõguva tähe hõljuvad aatomid puudutavad ilmaeetrit, nagu veskirattad või laevakruvi vett laineteks lööb. Need lained liiguvad edasi ilmaruumi eetris, jõuavad meie atmosfääri ja saavad meile tähe valgusena nähtavaks. Aatomi liikumise kiirusest, lainete arvust ja pikkusest oleneb helendava keha värv. Näiteks, kui liiguks ainult n a a t r i u m i aatom segamata rütmis üksi, siis sünnitaks ta eetrilainetust teataval arvul ja suuruses, nimelt 550 bilj. võnku igas sekundis, — sellest näeme kollast värvi. K a a l i u m i aatomi eetrilaine on punane, i n d i u m i aatomi oma — sinine jne. Hõljuvad aga mitmesuguste ainete aatomid mitmesuguses rütmis üksteisest läbi, siis jooksevad need eetrilained üksteisest üle ja läbi nõnda, et ei sünni mingit kindlat rütmi, ei mingit puhast värvi, vaid mitmesuguste värvide segu: v a l g e. Valge värv on segatud värv, ja tema vahekord üksikute värvidega on kui mitmehäälelise müra oma üksikute helidega. Tähtedest hoovab segatud valgust. Kohtavad eetrilained mõnda prismat, siis juhib see nad kõrvale, sest prismaklaas on eetrilainetele

sedasama, mis tamm veelainetele või liivaküngas teekäijale. Kuid prisma ei murra eetrilaineid ühtlaselt: pikemad murduvad neist vähem kui lühemad. Kui kitsas tähevalguse kimp prismale langeb, siis lahutab seda viimane üksikuteks lainete järkudeks nende lainete pikkuse kohaselt, murdes punaseid — kõige pikemaid — vähem, kõige lühemaid — violette kõige enam teelt kõrvale kallutades, ja nii lahutab ta valge valguse kimbu, millesse kõik kiired ühinenud, lindiks, kus siis üksikud lainetejärgud, seitse värvi nende lainete pikkuse järele, üksteise kõrval esinevad. Seesugust värvidelinti, kus punane, ruuge, kollane, roheline, sinine, indigo ja violett üksteise kõrvale asetatud, hüütakse spektriks.



11. joon. Valgusekiirte murdumine ja lagunemine prismast läbi minnes.

Selle spektriga, mis igale inimesele vikerkaarena tuntud, võime ühendada skaala (mõõdupuu), millele märgitud eetrilainete arv üksikuis spektri punktides (11. joon). Punasele äärele oleks siis kirjutatud arv 450 (bilj.), ruuge kohale 500; rohelise ja sinise piirile 600 ja violeti lõpule 800. Me teame siis, et jaotusejoonele, kuhu kirjutatud 800, igas sekundis 800 biljonit eetrilainet tuleb, mis meis violeti värvitunde esile kutsub, jaotusejoonel 500 — 500 biljonit lainet, mis ruuge värvina esinevad.

Kui nüüd mõni valguseallikas meile suure kiirusega läheneb, siis jõuab sekundis meile loomulikult enam eetrilaineid, kaugeneb ta meilt, siis kahaneb lainete arv sekundis. Seisab täht ruumis paigal, siis langeb, kui me prisma abil ta valguse spektris lahutame, 600 biljonit lainet igas sekundis 600-dale jaotusejoonele. See on rohelise ja sinise piir. Läheneb see täht meile aga kindla kiirusega, siis

jõuab 600 bilj. asemel 650 biljonit eetrilainet sekundis meieni, ja see osa spektrit muutub siniseks. Kaugeneb aga see täht, siis tuleks vahest ainult 550 biljonit eetrilainet sekundis meieni ja see koht spektris on roheline. Just samuti muutuvad spektri teised osad. Valguseallika lähenemisel muutub punane ruugeks, kollane — roheliseks, sinine — indigoks ja selle järele violetiks. Nõnda nihkub valguseallika lähenemisega spektri kogu pael violeti otsa poole; valguseallika kaugenemisega nihkub ta aga edasi punase sihis. Selle edasinihkumise järele, mis tegelikult küll ainult mikroskoobi abil nähtav, võib ka kõige kaugemate tähtede liikumist vaatesihis $^1/_2$ km peenuseni sekundis määrata.

Selle nähtavalt lihtsa metoodi käsitamine on tegelikult väga keeruline. Prisma asetatakse aparaati, mida spektroskoobiks kutsutakse. Siis pannakse see pikksilma. Et ahtakest spektririba hästi laiali venitada, seatakse pikk rida prismasid järestikku, millest igaüks oma eelmisest laialdatud spektrit ikka enam ja enam laialdab. Uuemal ajal tarvitatakse prismade asemel tundlikumaid murdmisvõresid, peegleid peenelt graveeritud ristlõigetega, mis nii tihedalt tõmmatud, et kahe-millimeetrilisel pikkusel 600 joont üksteise kõrvale mahub. Need on nõndanimetatud „Rowlandi nõgusvõred“. Spektrit ei vaadelda mitte silmaga, vaid teda fotograafitakse. Fotograafilist spektroskoopi nimetatakse spektrograafiks. Päevapilti vaadatakse selleks eriti seatud mikroskoobiga. Päevapildistuse teel ei saa meie mitte ainult selget pilti, vaid et broomhõbe violetitaguste kiirte vastu tundlik, märgib ta ka need üles. Kuid samuti nägematute pikalaineliste punaeelsete kiirte jaoks, mis eespool spektri punast osa, pole harilik plaat mitte tundlik. Need kiired sünnitavad aga, jäädes nägematuks, siiski soojust.

Seda soojust mõõdetakse ameeriklase Langley elektrisoojamõõtja aparaadiga, mida kutsutakse b o l o m e e t r i k s. See aparaat märgib temperatuurivahesid 10 miljondiku kraadi peenuseni Celsiuse järele. Tähendab, kui harilik termomeeter ühe kraadi võrra ilma vahejagudeta tõuseb, võib b o l o m e e t e r selle vahe sees 10 miljonis isesuguses punktis peatada. Ja koguni 100 miljondikkude osade muutuse tagajärjel võngub bolomeetri näitaja. Bolomeetri abil on „pimedas valguse vallas“ avastusi tehtud, mille peenus on kättesaamatu nägemisel ja päevapildistusel nähtavas spektri osas. Bolomeetri abil leiti spektri nägemata osa

eespool punast 20 korda pikem olevat kui nähtav. — Spektroskoobi abil võime meile lähenevate ja meilt kaugenevate tähtede kiirust punktipealt välja arvutada. Tähtede kohta, mis meilt 100 valguseaastat ja veelgi kaugemal, tekib viga, mis vähem kui 1 km. Mõelgem: me näeme kõrgel taevavõlvil pisikest punktikest, mis koguni suurtes pikksilmades sarnasena esineb. Inimese ettekujutuses on punktikesed lampidena taevavõlvile kinnitatud. Me ei tea, et nad 100 valguseaastat meilt kaugel, et neid ümbritsevad planeedid, nagu meiegi päikest, mitte midagi ei tea meie, — kuid juhime oma pikksilma samale punktile, seame tema okulaari külge prismaaparaadi ja kinnitame toru alumisse otsa päevapildi-aparaadi. Avame valgusepilu, suleme vähe aja pärast ta jälle, läheme kinnise kastikesega pimedasse ruumi, kastame kollaka klaasplaadi vedelikku, asetame ta mikroskoobi alla ja ütleme: see päike läheneb meile 23-km kiirusega sekundis. Meie oleme valmis vanduma, et see mitte 30 ega 20 km pole, vaid just 23. Kas pole ka inimene ime, mis suurte looduseimede vääriline?

Seesuguste tähtede liikumiste spektroskoobilised uurimised tõendavad hiilgavalt Linnutee-süsteemi ühtlust. Kõigi tähtede liikumiskiiruse kõikumine on kitsais piires. Fantastilist päikeste liikumist, mis oma kiirusega läheneks valguseliikumisele, leidub sama vähe kui paigalseisu. Suuremaid kiirusi kui 10-kordset keskmisest leidub vaevalt. Harilikult liiguvad tähed sama kiirusega kui meie planeedisüsteemi maailmad. Maakera liikumise kiirus ümber päikese, mis 30 km sekundis ehk 100 000 km tunnis, on just Linnutee-tähtede liikumise keskarvuks. Enam tuntud tähed neist liiguvad järgmise kiirusega:

Kaugenevad:		Lähenevad:	
Pollux	3 km sekundis	Kastor	1 km sekundis
Bellatrix	9 „ „	Deneb	2 „ „
Rigel	17 „ „	Algol ehk Meduusa silm	4 „ „
Beteigeuze	17 „ „	Arktur	5 „ „
Reha tähed:		Vankritähed	6 „ „
vasem	18 „ „	Prokyon	6,5 „ „
parem	23 „ „	Siirius ehk Orjatäht	7,5 „ „
Kapella ehk Jõulutäht	24 „ „	Regulus	9 „ „

Kaugenevad:		Lähenevad:	
Hüaadid ehk Vihmatähed	40 km sekundis	Veega	13 km sekundis
Aldebaran	51 „ „	Põhjanael	13 „ „
		Mizar	31 „ „
		Atair	38 „ „

On õudne mõelda, et säherdune määratu päike, kui on seda Siirius, iga tunniga meile 25 000 km võrra läheneb. Vaimus näeme seda tulist ilmakera ikka enam ja enam kasvavat, ketta kuju omandavat ja meie öid päevheledalt valgustavat, oma soojusega meid üle ujutavat ja lõpuks kogu meie tähistaevast katvat, meie planeedisüsteemi kõikuma panevat; ja ühel päeval killustub meie maakera selle määratu massi vastu ja tulises kättetasumis-himus variseb meie olemasolu suurepärasus! Liialdus! Ainult inimene oma loomupärase kartlikkusega võib enesele säärast pettepilti ette kujutada. Isegi lähedalolev Siirius tarvitab peaaegu ühe miljoni aastaid seks, et meie praegusse asukohta ilmaruumis jõuda. Kuid kui kõik keerleb ja liigub, kas võib siis päikene paigal püsida? Ei, päike on täht tähtede hulgas ja hõljub seal kogu oma saatjate planeetidega kui teisedki tähed.

„Päikselt kõlab vanal viisil
Ta vennassfääridele võidulaul,
Ning oma ettekirjutatud reisil
Ta lõpu teeb kord piksemürinal“.

Päike liigub läbi ilmaruumi 20-km kiirusega sekundis; ja kui Siirius 1 milj. aasta pärast meie praeguse asukohani on jõudnud, on päikene 600 bilj. km, see on 60 valguseaastat oma praegusest asukohast kaugel. Meie päikesesüsteem lendab läbi ilmaruumi! Kuna meie maakeral keerleme ümber maakera telje, 24 tunni kestusel libisedes läbi valgustatud ja varjus oleva külje (päev ja öö) ja kuna meie ühes maakeraga 30-km kiirusel sekundis suurt kaart mööda ümber päikese tiirleme ja läbi aastaaegade: kevade, suve, sügise ja talve veereme, lendab kogu meie süsteem kogu oma sisuga läbi ilmaruumi.

Me seisame laevalael päikesepaistel ja mängime vurriga; see vurr kujutab maakera. Ta keerleb kiirelt ümber oma telje, — tema pinna iga punkt on igas keerus kord valgustatud, kord varjus. See on päeva ja öö mäng. Kuid vurr pole mitte paigal oma alusel, ta teeb laevalael aegla-

selt suuri rõngaid. Need rõngad on maakera aastane teekond ümber päikese. Kuid peale selle liigub veel laev ulgumerel edasi. Laev on päikesesüsteem, ulgumeri — ilmaruum. Nagu see laev, ei liigu ka päikesesüsteem ilmaruumis ilma kindla sihita. Sama täheparv, mille keskel ta ise asub, on tema raskuse keskpunktiks, ja selle täheparve ümber keerleb ta, üheskoos kõigi teiste heledamate taevatähtedega, mis samasse täheparve kuuluvad. Päike liigub sihti mööda, mille võime tõmmata Siiriuselt Veegani. Mäherdune kummaline tunne peaks küll mõtlejat inimest valdama, kes vaatleb heledat tähte Veegat. Sinna on sihitud meie päikese tee. Iga sekundiga, mil meie teda vaatleme, läheneme talle 20 km võrra. Ja enne kui me võime käesoleva lehekülje läbi lugeda, oleme talle juba 1000 km võrra lähenenud, — ja kui me täna õhtu pärast tema vaatlemist puhkama heidame, homme oma päevatalitusi toimetame ja õhtul teda uuesti vaatleme, siis oleme meie talle tervelt 2 milj. km lähemal. Päev-päevalt 2 milj. km, kuid sealjuures ilmub ta kuju meile aastatuhanded muutumatuna, kui polekski liikumist laotuses! 2 milj. km päevas! Need on pendliviiped suurel ilmakellal, millel päevad on sekunditeks, aastad — minutiteks, aastasajad — tundideks ja aastatuhanded — päeviks. Kas ei tunnud juba Piibli laulik selle ilmaliikumise rütmi, kui ta sõnas: „ja tuhat aastat on tema ees kui üks päev“? Vanade astronoomide arvamine, et tähed juhuslikult liiguvad, on, kui vaadelda imestamisvääriliist harmooniat ilmaliikumisis, otse arusaamatu. Kuis võiks sedavõrt väljakujunenud süsteemis, kui on seda Linnutee, korratus ja anarhia valitseda? Uuemad uurimised tõendavad tähtede liikumises sarnasust koguni elusate kehade vere-ringjooksuga, mis siis koguilma harmooniasse uue akkordi juurde lisab. Suurem osa vaadeldud tähti liigub kindlas tähevoolus, kahel „malevateel,“ mis vastusihiliselt üksteise kõrvale asendatud kui kaks teineteisele vastutulevat rongi, või veel õigemini — nähtavasti ringikujuliselt teineteisest mööda veeredes, kui mõni moodis karusell, mille sisemine ring kaares vasemale, välimine aga paremale liigub. Ühe tähevoolu sihiks on Orioni tähtkujus olev täht Beteigeuze. Ses sihis liiguvad Hüaadid ehk Vihmatähed. Teine, vastassihiline vool, kuhu ka meie päike kuulub, ruttab Kotka tähtkuju poole. Sinna liiguvad Suure Vankri tähed, nn. Suure Vankri pere. Mõlemad voolud on Linnutee tasa-

pinnal. Lähemal uurimisel leiti, et 1924-jast tähest 1023 ühte voolu ja 574 teise voolu kuulusid, kuna 217 tähe kuuluvust ei saadud kindlaks määrata; ainult 110 tähte, nii siis umbes 5%, kalduvad voolust kõrvale.

Pole võimalik kindlaks teha, kas need malevateed üldisse Linnutee suurte tähtede rongi kuuluvad või kujutavad nad ainult meie päikese täheparve üksikute tähtede liikumisteid. Kõige tõenäosem on viimane juhus. Meie päike tiirleb ühes oma naabruses olevate tähtedega sel teel oma täheparves ümber ühise raskuskeske ja kuna need päikesed oma üksteisest möödajooksvail teil ses määratud täheparves nähtavasti tõusvail ja langevail spiraalidel liiguvad, ruttab kogu keerlev tähtede-rühm kaugemat teed mööda läbi suure ja üldise Linnuteesüsteemi. Kuidas see ka ei ole, kuid igatahes näitab vastassihilise malevatee leidus, et tähtede liikumised milgi tingimusel pole korrapäratud ja et Linnutee nähtavasti sellele lihtsale ühtlasele liikumismehhaanikale ei allu, mis valitseb planeetide süsteemis, kus kõik tähed ühises sihis ja ühisel tasapinnal liiguvad. Tähtede voolude avastus tõendab tähtede liikumise ühtlust ja korrapärasust Linnutee-süsteemis.

Kui tähtis ja põhjapanev voolude leidus ka ei oleks, siiski näitab ta meile ainult korraldatud päikesevoolude olemasolu, ei selgita meile aga nende loomust ega ka tähtede liikumisteed Linnutee piirides. Tulevased sood, kes praeguste astronoomide alustatud tööd jätkavad, määravad alles teed, mida mööda päikesed süsteemis keerlevad.

Tung, mis neid tähti korraldatud vooludesse asetab, võib olla kas lõhkemistung, mis päikesi kui lõhkenud raketi südameid virvendades ilmaruumist läbi paiskab, või mõni raskusetung, mis massidest hoovab. Vanemad astronoomid, Lambert'i ja Kant'iga eesotsas, otsisid hiigla-keskpäikest, mis kogu süsteemi keskes asetseks ja mille ümber tähed tiirleksid, kui planeedid ümber päikese. Lambert arvas selle Orioni udu, Kant — Siiriuse olevat, Mädler — hiljemini Plejaadide peatähe Alkyoni sentraaltähe juures, ja see ettekujutus võimsast kogupäikesest täitis teda ja tema kaasaeglasi nii sügavasti, et see mõte luuletajaiski vastu kajab.

Käesaja astronoomia ei poolda enam seda keskpäikese mõtet. Päike, mis oma tõmbevõimu tõttu säärase hulga tähti enese ümber köidab, ei pea mitte ainult oma fantasti-

lise suurusega tõelikkuse piiridest üle ulatuma, vaid peab ka vastollu sattuma füüsika ja keemia seadustega. Tänapäev teatakse, et süsteemil võib raskuse-keskpunkt olla, ilma et tema keskes mõni mass asuks. Linnutee-süsteemil ei ole keskpäikest. Linnutee on vastukaaluks monarhilisele päikesesüsteemile, mille ülivõimsa valitsejana päike keskpunktis esineb; see on vabariigiline tähtedesüsteem, kus kõik tähed vastastikku külge tõmbuvad ja tasakaalus hoiduvad. Kui me aga selle meile tuntud tähtede liikumise ideaalset keset otsime, siis leiame selle arvatavasti ühe paiga Luige tähtkujus, mis otse Easton'i väljaarvutatud Linnutee-keskpunktiga ühtib.

Kuid astronoomide klaasine nõiakepp, prisma, õpetab meile rohkem kui ainult tähtedeliikumiste üksust. Ta tõendab meile seda kõige suuremat ja põhjapanevamat üksust Linnutee-süsteemis: aine ja tema arenemise üksust.

Valgus on ilmaeetri võnkumine, nagu hääl on õhu võnkumine. Neid eetrilaineid tekitavad algainete aatomid, nagu õhulaineid — värisevad keeled. Nagu on mitmesuguseid keeli, on ka mitmekesiseid aatomeid, mida me üksikuteks elementideks eraldame. Raud, kuld, vesinik, lämmastik, naatrium, kaltsium, titaan — need kõik on elemendid ehk algained. Nii kui iga isesugune kandlekeel omapärase õhuvärisemise ja omasuguse heli esile kutsub, sünnitab ka iga isesugune aatom oma värisemisega kindlate omadustega valguselaine. Ikka ja alati saadab a-keel 435 õhulainet, sünnitades a-tooni, c-keel 530 lainet, mida me c-toonina vastu võtame. Naatriumi aatomid saadavad ikka 505 bilj. eetrilainet, mis meile kollase värvi annavad, ja kaltsium 750 bilj. lainet, mis on nähtavad violettvärvina.

Kui me mõnes toas lahtise klaveri ees a-keele helisema paneme, siis paneb selle 435 võngu rütm värisema need klaveri keeled, mis sekundis 435 korda võnkuda võivad, järelikult a-keeled. Klaveri a-keele värisemisest võime, ilma helisevat keelt nägemata ja kuulmata, otsusele jõuda, et sääl ümbruses mõni a-keel õhulained värisema on pannud. Just samasugune lugu on prismas eetrilainetega. Kui helendav algaine on naatrium ja meie juhime eetrilained läbi prisma, siis tekib spektrumi klaviatuurile 505-da jaotusjoone kohale kollane joon, mille sünnitajaks on ainult naatrium. Kui siis mõnes spektris sellele kohale

ilmub kollane joon, võime absoluutse kindlusega tõendada, et valgusekiired on naatriumi saadetud. Ilmuvad aga samuti kindlal kohal kaks punast joont, siis teame, et seal algaine kaalium helendub, sest et ükski teine aine-aatom ei sünnita seda valguse kaksiktooni. Iga element annab spektris kindlad, muutumatud heledad jooned, mille värvi, seisukoha, arvu ja jaotuse järele me neid sünnitavat ainet määrame. Hõõgab hapnik, siis ilmuvad punases kaks joont 392 ja 433 (bilj. eetrilaine) juures, helendub vesinik, siis tekivad kolm joont: kollases 454 juures, sinirohelises 613 juures ja lillas 694 juures. Spektri vaatlus annab meile seega võimaluse järgida valguses helenduvate vastavate ainete keemilisi omadusi. Seda metoodi, helenduvate ainete keemiliste omaduste määramist spektri abil, nimetatakse spektraalanalüüsiks. Tegelikult on aga spektraalanalüüsis vahetegemine äärmiselt raske. Nimetatud peajoontega kõrvuti ilmuvad veel kõrvaljooned, mis siis spektri pildi lõpmata segaseks muudavad. Nende joonte arv tõuseb aatomiraskusega, järelikult aatomi suurusega, teda sünnitavate elektroonide hulgaga. Joonte arv on kergetel elementidel: naatriumil 8, klooril 11, süsinikul 13, kaaliumil 27, lämmastikul 89; rasketel elementidel: hõbedal — 372, raual — 1517, tooriumil — 2070, uuranil — 5270 joont. Üldse on tänini 50 000 spektrijoont kindlaks määratud. Kuid raskusi tasub metoodi võimalik peenus. Spektroskoobiliste katsete täpsus ulatub kaugelt üle igasuguste teiste kogemuste, samuti iga inimlise ettekujutusvõimu. Spektroskoobi abil võime naatriumi grammi 3-miljardilise osa $\left(\frac{1}{3\,000\,000\,000}\ \mathrm{gr}\right)$ olemasolu määrata. Kus aga iganes mõni valgusepunktike meile helendub, jõuline küllalt seks, et teda lindiks võib lahutada, ja et jooned, mis tema värvides helenduvad, on nähtavad, annab see valgusetelegramm meile kohe teateid aineist, mis tähtedekaugusis võõrail päikesil hõõguvad. Leegitähtedega, mis iialgi ei valeta, kõneleb meiega universum. Ja mis teatab ta meile? Lühike ja kokkuvõtlik kui telegramm on tähe spekter. Lindina hargneb ta ja Morse'i tähestikuna on jooned seal lindil. Ja nagu telegrammiriba joontes ja punktides kannab edasi niihästi lahingute teateid kui armastustervitusi, rõõmusõnumeid ja leinateateid, nii jutustab ka valgusetelegramm arusaajatele koguilma ajalugu.

Üle 10 000 tähe spektrilise analüüsi uurimised tõen-

davad, et kõigil tähtedel hõõguvad samad ained nagu meie päikeselgi ja millest ka meie maakera koos seisab. Kuigi seni võimalik pole olnud kõiki neid tuhandeid spektrijooni viimseni mõista, sellegi pärast tõendab juba nüüd spektraalanalüüs Linnutee ainelist ühtlust väga suurel määral. Koguilma spektroskoobiline uurimisviis on inimese vaimu kõige suuremaist võitudest, kalliskiviks Linnutee ühtluse tõenduste ahelas.

Kuid need lühikesed valgusekiirteteated varjavad veelgi sügavamaid saladusi.

Kui me mõnes ruumis kümmet isesugust vabalt üksteise kõrval olevat keelt helistame, siis heliseb neist igaüks omapäraselt, ja kõrvalruumis värisevad lahtise klaveri 10 vastavat keelt kaasa, mille järele me kohe kõrvaltoa keeli võime määrata, ilma neid nägemata ja kuulmata. Kui 10 isesugust aineaatomit vabalt liiguvad, ilmuvad spektrisse 10 isesugust joonesüsteemi, mille järele me neid 10-ne helenduva aine omadusi võime hinnata. Keeled võivad ainult siis vabalt väriseda, kui neil küllalt ruumi on tarvitada, aatomid ainult siis vabalt hõljuda, kui nende ümbrus on küllalt vaba. See on olukord, mida me „gaasiliseks“ nimetame. On need 10 keelt aga ühte kimpu köidetud, siis ei saa nad mitte vabalt liikuda, on üksteisele tüliks ees, ja nad ei sünnita liikudes mitte 10 puhast tooni, vaid tekitavad lärmi, kus igasugused võimalikud lainetused seguvad. Ses lärmis on kõik toonid, samuti ka kõik õhulainetused segamini paisatud ja vastukajaks ei helise mitte ainult klaveri 10 keelt, vaid kõik keeled. Nii ei saa me keelte omadusi mitte määrata, ei või ütelda, missugused 10 keelt helisesid, küll aga seda, et nad tihedalt on kokku köidetud. Ei helendu 10 elementi mitte vabas gaasilises, vaid kindlas, vedelas või ka tihedas gaasilises olekus, siis on aatomid nii kokku litsutud, et nad vabalt ei saa hõljuda, üksteisele takistuseks ees on ja sedaviisi igasuguseid võimalikke eetrilainetusi sünnitavad. Järelikult ei ilmu spektri värviklaviatuurile mitte 10 joontesüsteemi, vaid kõik jooned, kõik värvid tihedalt üksteise kõrval, sünnitades laiu värvi-paelu. Vikerkaar ja spekter kroonlühtrite prisma-tagustel on säärased värvilindid. Spektri loomu põhjal võime helenduva aine oleku üle otsustada. Ilmub pidev lintspekter, nagu on seda vikerkaar, siis on helenduv aine kas tihe gaas või kindlas või vedelas olekus;

ilmuvad aga spektris üksikud selged jooned, siis on helenduv aine hõredas gaasilises olekus.

Laseme heliseda kõrvalruumis kümnel isesugusel keelel, millest üks on a-keel. Avatud klaveril helisevad 10 vastavat keelt, ja nende järele teame, missugused keeled enne helisesid. Nüüd aga lahutame ruumid teineteisest helikindlalt ja jätame ainult vaheseina väikese avause, mille läbi helilained võivad tungida. Sesse avausse kinnitame a-keele. Kui nüüd helistame endist kümmet keelt, tungivad helid läbi avause, a-keele omad välja arvatud, sest tema helilainete hulk ja tihedus vastab a-keele võnkudele, mis avauses asetseb, ja paneb selle viimase helisema, kulutades seks kogu enese jõu. Kuni klaverini ei ulatu nad enam mitte. Seal jääb a-keel helituks. Seome nüüd kõik 10 keelt kimpu ja laseme neil võnkuda, siis sünnib müra ja k õ i k klaveri keeled kajavad, ainult a-keel vaikib, sest a-keel, mis avausse kinnitatud, kasutab kõik a-heli lained oma liikumiseks. Klaveri a-keele vaikimisest teame, et on olemas mõni a-keel klaveri ja heliallika v a h e l.

Teeme sama eksperimendi valguselainete ja spektriga. Seina-avausse paigutame a-keele asemel naatriumi-auruga täidetud anuma. Juhime nüüd valgusekimbu, mille sünnitajaks on mitmesugused helenduvad elemendid vedelas olekus, läbi selle avause, lahutame prisma abil kiired ja vaatleme spektrit. Kõik valguselained tungivad läbi naatriumi-auru ja kogu spekter helendub värvipaelana. Ainult naatriumilained puuduvad. Naatriumi-aurust läbi tungides on nad naatriumi-aatomid liikuma pannud, sealjuures oma jõu kaotanud ja puuduvad nüüd spektris. 505. jaotuse juures, kus nad harilikult ilmuvad, on nüüd tume vahemik, värvilises paelas must joon. Tumedad jooned spektris on tunnuseks, et selle spektri valgus on läbistunud gaaside segu, mis neid elemente sisaldavad, mille värvid värvipaelas puuduvad.

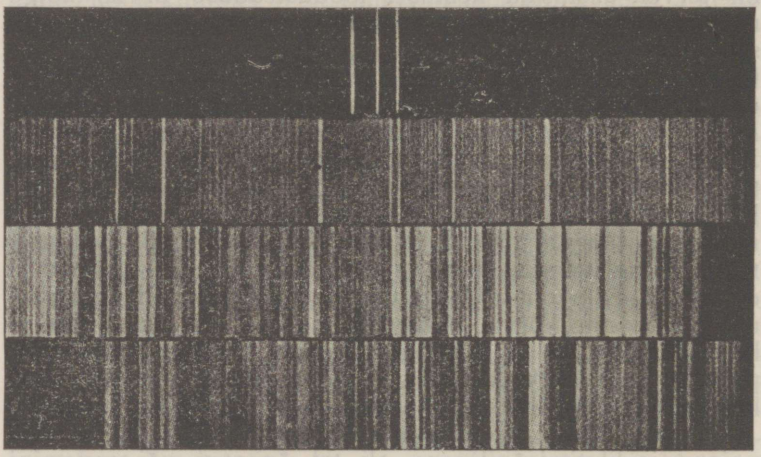
Kujutame enesele ette, et maakera oma praeguses olekus helenduks ja meie laseksime kuskil ilmaruumis tema kiiri prismal lahutada. Valguselained peaksid tungima siis läbi õhu, milles on lämmastik ja hapnik. Kõigi maiste elementide kiired tungivad läbi atmosfääri; ainult lämmastiku ja hapniku kiired kaotavad oma jõu, pannes hõljuma õhus leiduvaid lämmastiku- ja hapniku-aatomeid. Lämmastiku- ja hapnikujoonte puudumine spektris tõendaks meile, et maakera seisab koos kindlast helenduvast tuumast ja et teda ümbritseb lämmastiku ja hapniku atmosfäär.

Tähtede spektrid on värvilindid, kus mitte ainult üks ega ka 10, vaid on sadasid ja tuhandeid tumedaid jooni, igasuguseis jaotusis ja igasuguses intensiivsuses (tumeduses). Need hulgajoonelised värviribad annavad tunnistust, et päikesel ja tähtedel on tulivedel või tihegaasiline tuum, mida auruatmosfäär gaaskestana ümbritseb. Viimases leiduvad elemendid määravad tumedad pilud spektris.

See tähespektri seletus, mis näib meile praegu nii lihtne, oli tervelt aastasaja kestusel loodusteaduse üheks kõige raskemaks probleemiks. Asetume esimeste vaatlejate seisukohale. Teisel pool prismat, mis tähevalgust murrab, ilmub värvilint, mis tuhande tumeda joonega läbistatud, mis kord tihedalt koos, kord harva, üksikult ja salgana. Mis peaksid tähendama need jooned? Mõelge, et saadame Marsi elanikele punktidest ja joontest kokkuseatud Morse'i telegrammi. Kuidas võiksid nad seda saladust mõista? Keeletu pael, ainult punktidest ja joontest koosseisev. On meiega teissugune lugu? Tähed läkitavad meile valgusetelegramme, värvilisi linte ja värvides jooned — jooned ja ei midagi peale joonte! Egiptuse hieroglüüfe lugeda on lapsemäng ülesande kõrval — lugeda spektrit. 30 kirjamärki on hieroglüüfide keeles, igaüks isesugune; 30 tuhat märki on päikeste keelel, üks samasugune joon kui teinegi. Et seda koguilma hiigla-alfabeeti seletada, pidi geenius sündima.

See geenius oli Joseph Fraunhofer. Klaassepa pojana ja lihvimisõpilasena oli tal õnnetus või ennemini küll õnn ühe kukkuva peegli läbi rasket viga saada. 18 tukati valuraha eest, mis Baieri kuningas talle laskis anda, ostis ta omale raamatuid ja instrumente, ja temast sai üks kõige suuremaist optikuist ja teravamõttelisist looduseuurijaist, kes ülepea kunagi on elanud. Tema leidis mineva aastasaja algul päikese spektris tumedad jooned, mida tema nime järele kutsutakse Fraunhoferi joonteks. Enne kui ta neid seletada suutis, suri ta juba 39 aasta vanaduses — teaduse määratu suureks kahjuks. Tema enneaegse surma tõttu püsis taevateadus kogu poole aastasaja selles sihis edenemata. Tervelt 50 aastat kulus, kuni mehed temale väärilise geniaalsusega spektrit uurisid ja tumedate joonte olemasolu tunnistasid. Need mehed olid Kirchhof ja Bunsen, kelle spektraalanalüütilised seadused aluseks on selle koguilma keemilist ühtlust tõendavale teadusele. Kui lihtsate abinõudega, kuid siiski kui suurejoone-

liste tagajärgedega on see spektraalanalüüs! Uks ainus klaasprisma näitab meile kõige kaugemal olevate päikeste ainet, tema olekut ja temperatuuri, tema sisu ja kesta (11. joon.)! Klaasikild saab oskavalt ümberkäija inimese käes kalliskiviks, mis kogu maailma briljantide sära tumestab. Mis kasu on inimsool Aafrika kaevandustest toodud kalliskividest? Nad on kivistunud pisarad, ja kuld, mis neid ümbritseb, on tardunud veri. Suuri sõdu on nende pärast



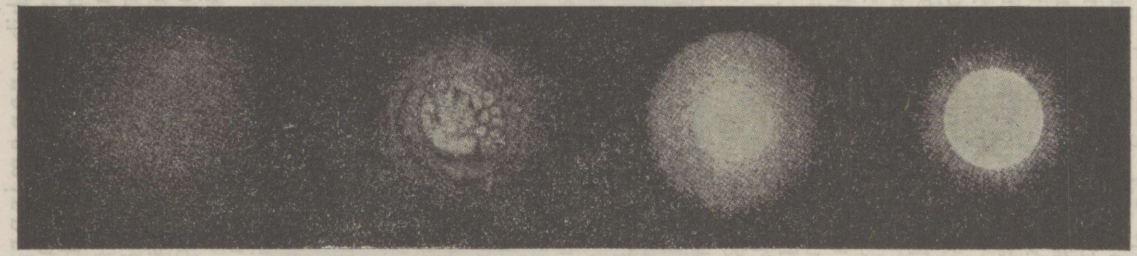
11. joon. a) udulaigu spekter; b) I järku kuuluva tähe (Deneb Luiges) spekter; c) II järku kuuluva tähe (päikese) spekter; d) III järku kuuluva (punase tähe) spekter.

peetud, terved rahvad nende tõttu Ameerikasse välja kihutatud, ja päev-päevalt hävitavad inimesed selle sära pärast, millest kõik näib rippuvat ja mida kõik püüavad kätte saada, oma elu ja maja õnne. Aga lihtne klaasist tahksammas sai uuriva vaimu käes taevaväravate võtmeks, ja laskis meil taeva suurust ja ilu veelgi kaunimalt aimata, kui minevik seda oma julgemateski lootustes võis kunagi oodata.

Spektraalanalüütiliste uurimiste lõppu kroonib aga koguilma arenemisprintsiibi leidus. Linnuteesüsteemis ei valitse mitte ainult need välised liikumisseadused, millest me seni oleme rääkinud (planeetide tiirlemised, kaaslaste teed, tähtede liikumine), ka seal valitseb ja

juhib arenemisprintsiip samas mõttes, kui seda näitas Darwin maise ilma jaoks. Tähed sünnivad, arenevad, ilmutavad jõudu ja hiilgust, vananevad ja surevad, just samuti kui inimene, loom ja taim. Üks ja seesama on printsiip, mis juhib päikesi taevas ja ussikest liiva sees, mille võimul rohi kasvab ja lilled õitsevad ja maailma ruumis komeedid helenduvad, mis lihvib kivi maa peal ja kinnitab tähte taeva, see on — arenemine.

Tähtede aineks on udu. Läbistades pikksilmaga Linnutee-süsteemi leiame hulga kerakujulisi udukogusid. Tuhanded neist on tuntud, kuid neid on sajad tuhandeid. Pikksilmas näivad need udud tuhmi kettana, nagu planeedid, mispärast neid siis ka on hakatud planeedilisiks ududeks hüüdma, ehk neil küll planeetidega ega meie planeedisüsteemiga mitte midagi ühist pole. Nad on gaaskerad, millest vähemad meie planeedisüsteemi vist küll kuni Neptuni ringteeni täidaksid, kuna suuremad neist tuhat ja sadatuhat korda laialisemad peaksid olema (12. joon. a). Need gaaskerad hõljuvad Linnutee tähtede vahel juhuslikul kaugusel meist ja liiguvad Linnutee tasapinnal 5- kuni 50-km kiirusega sekundis. Nende keras-udukogude spekter tõendab, et meil seal tegemist on hiilgava, alles gaasilises olekus püsiva mateeriaga. Seal ilmuvad 3 heledat joont tumedal tagusel, üks sinisel, mis vastab vesinikgaasile, ja kaks rohelisel, mis seni on määramata (11. joon. a). Tundmata elementi, mis neid jooni sünnitab, nimetati Nebuuliumiks. Mõnedes gaas-ududes leidub ka heeliumi ehk „päikesegaasi“ jooni, mis teatavasti raadiumi arenemise lõpp-produkt on ja peale vesiniku kõige kergema gaasina esineb. Nähtavasti on seesuguste kosmiliste gaaskerade aine alles algastmel, nagu me seda keemiliselt arenenud maakeral enam ei leia; vahest leiame seal elemente nende eelastmel, vahest koguni ühises algvormis — ürgelemendina, millest teised elemendid pikkamisi ja järk-järgult on arenenud. Sest saadik, kui raadiumi uurimised elementide muutuvust katseliselt tõendasid, saab enam ja enam tõenäoseks arvamine, et kõik elemendid on ühest ühisest algelemendist arenenud. Kui kõik areneb, kas võib siis mateeria ise, millest ilm koos seisab, arenematuks jääda? Kas ei ole kivide, taimede ja loomade arenemine tegelikult ei miski muu kui mateeria, elektroonide, aatomite ja moleekulite muutumine? Ka elemendid, mida oleme harjunud kõigi



a
Planetaarne udu

b
Tihenenud udu

c
Udutäht

d
Siiriustäht

e
Päikesetäht

f
Punane täht

g
Muutlik täht

h
Kustunud täht

12. joon. Tähtede arenemislugu.

olevuste põhiainena vaatlema, on juba kõrgel ilmaarenemise astmel, mateeriakogumisel, milleni nimetatud gaasudud veel pole jõudnud. Loodetavasti arenevad sellest ürgmateeriast üksteise järele üksikud elemendid. Esimesena erinevad vististi kergeaatomilised: vesinik ja lämmastik, mis ka meie maakeral kõige laiema ulatusega ja põhjapanevad elemendid on, kuna teised seadusile alluvas reas üksteise järel tekivad, samuti kui loomailma arenemisloos korraldatud järg: algloomad, roomajad, kalad, kahepaiksed ja imetajad.

Gaas-udu laialipaisatud aatomid tõmbuvad vastamisi, lähenevad üksteisele, mille tõttu kogu udukera tiheneb, aatomid satuvad seeläbi ikka kiiremasse võnkumisse — tekib soojus (12. joon. b). Mateeria sentrisse tihenemise tõttu tekib helenduv tuum, mille ümber udu määratu gaaskestana asub, — udu on täheks saanud. Koondudes on see tähtketas punktisuuruseks muutunud ja ainult spektroskoobi spektraal-jooned kõnelevad selle noore tähe uduloomusest. Neid noori hõredagaasilisi tähekesi kutsutakse udutähtedeks (12. joon. c).

Säärasest udust ei seisa mitte ainult üksikud tähed koos, vaid ka mateeria küllalisel koondusel terved täheparved. Nagu auruga täidetud toas külmade seinte külge piisad kogunevad, saavad ka udukera suitsust ilmaruumis jahtudes päikesed. Seesugust pilti rühmalisest tähtede sündimisest udukogust pakub meile põhjapoolse taevakaare kõige ilusam tähtkuju — Plejaadid ehk Uus Sõel. See rühm on, nagu päevapildistus on avalikuks teinud, määratust udust läbistatud ja ümbritsetud; päikesest päikeseni kannavad udusillad üle kogu süsteemi ja kaugel kuju piiridest, eemal märkame veel kaootilise udu jälgi (13. joon.).

Sel arenemisastmel, kus tähed udust sünnivad, saavutavad nad oma suurima paistuse; nende temperatuur kasvab vahet pidamata kuni 20 000 kraadini. Nende kaugeis atmosfäärides helendub peale vesiniku kõige pealt heelium nii suurel määral, et neid tuliseid tähti ka heeliumtähtedeks kutsutakse. Jahtub seesuguse tähe atmosfäär, siis jääb tema valgus nõrgemaks kui sisemise tuuma oma, gaasikestas neelub osa kiirtest ja spektraalribasse ilmuvad tumedad Fraunhoferi jooned, alguses vähesed ja nõrgad, ja peaasjalikult ainult vesiniku omad (11. joon. b). Silmale näib ta valgus kiirgav-valge. Siirius, Veega Lüüra tähtkujus, Deneb Luiges, Atair Kotkas ja Regulus Lõukoeras, Pro-

küon Väikeses Penis — kuuluvad Potsdami astronoomi — nüüd juba surnud — Vogel'i ettepaneku järele I-sse spektraalklassi sünnitavasse rühma ehk liiki, mida nende heleda esindaja järele — Siiriustähiks kutsutakse (12. joon. d). Pea kõik need arvamatud väikesed tähed, mis Linnutee uduhelgi sünnitavad, on esimese spektraalklassi tähed; nad ilmuvad aga rikkalikult üksnes selle tagajärjel, et neist kaugusist ainult nende kiirgav valgus meieni jõuab tungida, mitte aga enam jahtunud tähtede nõrgem helk. Nende Siiriustähtede temperatuur valgeläike ajal ei ole mitte alla 12 000 kraadi.

13. joon. Uus Sõel ehk Plejaadid.

Tähtede kasvav tihedus ja sellest tingitud soojusesünnitus ei jõua siiski ära hoida tähtede jahtumist, mille tekitajaks on ilmaruumi jahedus. Päikesed jahtuvad vahet pidamata (12. joon. e). Kui esimese klassi valge tähe temperatuur poole võrra, s. o. 60 00 kr. peale on langenud, tekivad helenduvas atmosfääris uued elemendid. Vesiniku kõrvale, mis ikkagi veel ülekaalus on, ilmub kaltsium, mille ühendused lubja näol tuntud ja tuhandete mustade spektraaljoonte kaudu oma olemasolu teadustavad: raud, nikkel, koobalt, titaan, mangaan, kroom, süsinik, magneesium, naatrium, siliitsium, alumiinium, strontsium, baarium, vask, tsink, hõbe, elavhõbe, tina, kaalium ja teised metallid. Nende, mitte enam valgete, vaid kahvatukollaka jumega tähtede

spekter sarnaneb meie päikese spektriga sedavõrt, et neid 2 spektraalklassi asetatakse ja päikesetähtedeks hüütakse (11. joon. c). Kuna valgeläikelised I klassi kuuluvad tähed Linnutee kauges ringis koondunud näivad, seisavad kollakad enam jahtunud tähed oma enamikus meile lähemal. Arktur, Aldebaran, kesktäht Perseuses ehk Küünla-tähtkujus, Polluks — on kõik päikesetähed. Veomehe tähtkujus sarnastub Kapella ehk Jõulutähe spekter peenustes oma 20 000 tumeda joonega täielikult meie sentraaltähe spektriga, nii et Kapellat meie päikese vennastäheks tuleb pidada ja mingit kahtlust pole nende tähtede lähemas suguluses. Võib-olla on meie päikesesüsteem samast udumateeriast samul tingimusil arenenud kui Kapella, mida meie vennas-maailmana ilmaruumis austada võime, ehk küll tema vastassihiline liikumine teda meist 40 valguseaastat eemale on viinud.

Nagu raud, mis tulest võetuna hõõguv-valge, siis kollaseks ja siis ikka punasemaks muutub, kuni ta enam ei hõõgugi, ja nagu päike horisondile lähenedes ikka kahvatumaks, kollakamaks, punakamaks muutub ja hõõguv-punase päikesekerana vaatepiiri puudutab, nii hõõguvad ka päikesed ilma lõpmatuses oma eluteel. Punane on tähe vanadusevärv. Seesuguseid jahtunud päikesi saab palja silmaga õige vähe näha: nende nõrga helgi tõttu paistuvad nad ainult ligemaist ilmaruumi osadest (12. joon. f). Sellevastu on mitmed tuntud punakad tähed — nagu Aldebaran, Beteigeuze, kollakas Arktur — alles oma kõige varema nooruse eas: nad esinevad hiigla-gaaskeradena, mis võib-olla hiljuti udust sündinud ja veel kuumaks pole jõudnud minna.

Tähelepanemis-väärt on asjaolu, et punaste tähtede gaasikestas mitte ainult üksikuid elemente, vaid koguni nende elementide ühendusi leitakse, nende hulgas süsiniku ühendusi, millest edaspidisel arenemisel meie maakeral elu, meile tuntud kosmilise olemasolu kõrgem kuju on tekkinud.

Ka meiegi päike näitab vananemisjälgi, kurde ja kortse oma hiilgaval palgel, — need on päikeselaigud. Päikeselaigud ehk -plekid on tumedad, seni seletamata loomuga kohad päikese pinnal, kus me spektri järele päikese mateeriat jahtumas näeme. Punaste tähtede spekter on nii sarnane päikeselaikude spektriga, et neid päikeselaikude tähtedeks võiksime nimetada.

Vogeli kolmeklassilise tähespektrite jaotuse asemel on nüüd üldisel tarvitusel järgmine jaotus, mis Ameerikas Harvardi Observatooriumi poolt välja töötatud ja üksikutele arenemisastmetele paremini vastab. Iga spektriklass tähendatakse suurte tähtede abil ära, nimelt:

Klass ehk tüüp	Keskmine pinna-temperatuur	Värv ja tunnismärgid	Näited
P	—	Planetaarsed ehk keras-udud. Spektris vesiniku ja nebuuliumi heledad jooned. Spektri värvilint väga nõrga tagaseinana nähtav.	Lyra ring-udu.
O	15 000°	Udutähed, kujutavad ülemineku ududest harilikkude tähtede poole. Heledad heeliumi ja vesiniku jooned katkestamata värvilindi peal, ilmuvad ka tumedad jooned.	ζ Laeva-tähtkujus.
AB	15 000°	Sinikasvalged heelium- ehk Orioni tähed. Spektris on peaasjalikult heeliumi ja vesiniku tumedad jooned nähtavad.	Riigel, Rehatähed.
A	10 000°	Valged vesinik- ehk Siiriustähed. Vesiniku jooned haruldaselt laiad ja intensiivsed (tumedad).	Siirius, Veega.
F	7000°	Kollakasvalged tähed. Ilmub palju metalljooni. Kõige silmapaistvamad on kaks kaltsiumijoont.	Prokuon.
G	5500°	Kollakad päikesetähed. Spekter sarnaneb meie päikese omaga. Metalljoonte rohkus kasvab, vesinikujooned lähevad nõrgemaks; samasihiline spektri muutus võib ka järgmistes spektriklassides järgneda.	Päikene, Kapella.
K	4000°	Punakaskollakad tähed.	Arktur.
M	3000°	Punakad tähed. Vastavad Vogeli III klassile.	Beteigeuze.
N	—	Väheldased punakad tähed, iseäralise spektriga, kus süsinikujooned silma paistavad.	19-nes täht Kalade tähtkujus.

Punaseid kustuvaid tähti on palju rohkem ilmaruumis kui helenduvaid. Sellepärast peab uskuma, et tähe hiilgav ajajärk ainult lühema osana tema arenemises esineb, vastavalt inimese noorusele. Kui meile 100 milj. hiilgavat tähte vastu särab, siis võivad küll miljardid tumedaid päikesi laotust täita, mis seni nägematud inimeste pilkudele, uurimatud teadusele, kuni astronoomide hool ka need arvude ja valemite abil pimedusest lahutab, nagu Adams ja Leverrier ennetundmatu Neptuni, nagu Bessel ja Peters nägematud Siiriuse ja Proküoni kaaslased, nagu Vogel ja Scheiner Algoli kolmik-maailma, ilma et ükski inimese silm seda oleks näinud — nende suuruse, arvu, kaalu ja arvutanud nende liikumisteed.

Aastatuhanded, aastamiljonid liiguvad need kustunud päikesed ilmaruumi eetris oma kaaslaste — jahtunud planeetide ja kustunud komeetidega. Kõik elu on neil surnud, kultuur, mis neil maadel õitsis, on öösse ja jäässe varisenud. Kogu süsteem on suur surnuaed. Kui laev, mis tühjade kajutite, roostetanud masinate ja kõdunenud surnukehadega ulgumerel purjetab, nii rändab ka säherdune väljasurnud päikesesüsteem õudse tondilaevana koguilma eetrimerel. Igavikud võiksid maailmade vahelisis ruumes hädaohuta liikuda, sest ilmakehad on nii ettevaatlikult paigutatud, kui võtaksime pihutäie herneid, paiskaksime nad üle kogu Atlandi ookeani ja laseksime neil seal hõljuda. Kuigi päikesed sihikindlalt läbisegamini liiguvad ja kuigi veel 100 kord enam kustunud päikesi oleks, siiski juhtuks üks kokkupõrge 1 000 000 × 1 000 000 aasta kestusel. Kuid kas ei ole laotuses tuhat aastat kui üks päev? Kas on lõpmatuses aastasadasid ja aastamiljoneid? Lõplikult tuleb ka igal kustunud süsteemil aeg lõplikuks loojaminekuks ja — uuestisündimiseks. Surnud päikese-maailm kütkeb mõne teise päikese tõmbetungile, mõlemad taevakehad kalduvad oma endisest teest kõrvale, lähenevad teineteisele kasvava kiirusega, kuni nad 1000-kilomeetrilise kiirusega pööraselt kokku põrkavad; või jälle kustunud süsteem juhtub oma rännakul mõnda laialisse udupilve, millega ilmaruum täidetud; või jälle sööstab kosmilisse tolmurahesse, meteooripilve tähekarja, mis meie atmosfääri tungib, õhu hõõrumisest helenduma lööb ja laguneb; nii lööb lõkkele kustunud päikesekera ses katastroofis ja aurab ära määratu meteoorina. 21. veebruaril 1901. aastal võisime nautida

säärase päikeseloomise etendust. Linnutee-tasapinnas Perseuse tähtkujus lõi lõkkele 30-neks tunniks seni nägematu täht niisuguse heledusega, et ainult Siiriuse sära temast üle oli. Spektroskoop näitas, et see valgus oli sündinud kahe massi kokkupõrkest, millest ühel normaalne kiirus oli 20 km sekundis, teine aga peaaegu 50 korda kiiremini esimese poole tormas. Nende liikumised olid vastassihilised. Katastroofikoha kaugus oli meilt vähemalt 200 valguseaastat, nii et kokkupõrge tegelikult 1700. aasta paigu pidi olema. Selle tähe ümber võis näha spiraalikujulist udukogu, mis enne nägemata ja nüüd uuesti tekkinud särast valgustatuks sai; ka muutus aastate jooksul see uus täht ise gaaskeraks. Ilmaruumi surnud päikene, mis kord udust tekkinud, hiilganud ja kustunud, pööras tagasi tähe olemasolu algkujusse, kõige mateeria ürgkujusse — uttu. Võimalik, et selle katastroofi põhjuseks oli udu, mis ülesvõttel näha.

Ringjooks on lõpetatud. Udust päikene, päikesest udu — see on täheelu ringjooks. Mullast oled sa võetud, mullaks pead sa jälle saama! — hüütakse inimeselapsele hauda järele; udust oled sa, uduks pead sa jälle saama! — võime tähtedele nende leekivail surmaöil vastu hõigata.

Kuid päikesed ei rända mitte ainult üksi oma parve piirides, vaid terved täherühmad, terved täheparved liiguvad, nagu Hüaadid, Suure Vankri pere, Perseuse täheparv; nii siis ei hukku mitte ainult üksikud päikesed, vaid terved täheparved. Seega peab ilmapõlemine ülijõulise suuruse ja traagikaga esinema. Kuna me üksiktähtede hävimist ja uuestisündimist juba mitutuhat korda oleme näinud ja nüüd päevapildistuse ja spektroskoobilise metoodi abil iga aasta vaatleme, on säärane etendus, mis nähtaval kaugusel vahest triljoni aasta vältusel üksainus kord ette võib tulla, inimesesilmile nägematu. Kuid meie näeme üht suurt udu, mis võimalikul viisil mõne täheparve hukkumisest tekkinud ja mille metsikus kaaoses uute ilmasüsteemide päikeste sünd areneb: Orioni udu (14. joon.).

See suurim taevaudu, mida ka harjumatu silm Reha kolme tähe all näha võib, arvatakse meist 500 valguseaastat kaugel olevat. Kuigi me 30 aasta kestusel taeva päevapildistuse abil seal muutusi ei või näidata, on seal ikkagi liikumine ja lainetus kui raju tekitatud marupilves. Mäherduse hulga fantastilisi mõtteid nõiub meis esile selle udu

vaatlemine! Mõttekujutused otsatud, ääretud, peatusteta ja tõendusteta. Seepärast lepime ainult sellega, mis ilmutab meile päevapildistus tõsiasjana sellest algilmast. Välisäärtes ulatub udu pikkades kaartes ja ohjades kümme kord kaugemale kui joonis näitab, kaob kaugusesse, kuna keskes juba uued päikesed, uued maailmad sünnivad — tuhast tõuseb üles jälle nooreks saanud laotuse Phönix.

Ja meie? Meie päike ei paista mitte enam hõõguvvalgena, — päikeselaigud, vanadusekortsud tähepalgel sega-

14. joon Orionisadu päevapildistus.

vad tema pinna helendumist, — välimised planeedid, emapäikese endised lemmiklapsed, on jahtunud ja surnud, on surnud kaljukerad, milledel koguni õhk jäätanud. Võib veel miljonid ja miljonid aastaid kesta, kuid kord paistab ka meie päikene hiilgav-punasena ja siis — on elu maakeral juba ammu tardunud; tõttame meiegi läbi ruumi, surnulaev laotuse laial ookeanil, ikka sinnapoole kaugusesse, kus hiilgab Luige tähtkuju. Üks vanajutt kõneleb, et Linnutee näitavat teed pääsukesile, kes taevasele Luigele jälgivad. See rahva legend saab tõeks teaduse

seletusis. Kas ei lenda meie kui linnukari, meie, planeedid ja kuud, kogutud läikivasulelise eestvedaja, meie emakese päikese ümber, lendame ja lendame, kuni meie kohta luuletaja sõna tõeks läheb:

„Kord kiirelt lennult tema kiirgav sõjavägi
End laseb alla nagu väsind pääsukeste kari.“

Selle tähe tulesurmaga ei lõpe mitte üksi tähe arenemislugu, vaid ka meie teadmised Linnutee päikestest lähenevad oma loomulikule lõpule. Meie oleme Linnutee koosseisust, tema üksikuist osadest pea kõigis üksikasjus kindlusetu, põhijoontes aga kindlasti tabava pildi omandanud. Mida Demokritosest algades kõik silmapaistvamad ilmauurijad oletanud, on nüüd teaduslikult tõestatud: Linnutee on määratu suur tähesüsteem. Tema vöötaoline kuju oleneb meie asukoha paigutusest selle ilmasaare keskes. Kõik tähed, mis me taevas näeme, kuuluvad siia süsteemi. Heledamad neist on meile võrdlemisi lähemal ja sünnitavad koos meie päikesega täheparve, mille sarnaseid näeme Centauri, Herkulese, Tuukani tähtkujus ja mitmes teises kohas. Süsteemiks koondatud tähti arvatakse kokku 1000 miljonit helenduvat tähte olevat ja vahest veel suurem arv mittehelenduvaid. Tähtede kaugused üksteisest on ettekujutamatu suured: valgus tarvitab aastaid, et neid sillastada. Sellest hoolimata moodustab Linnutee-süsteem ainsa piiratud ühtluse. Kõik tema tähed hoiduvad raskustungi tõttu koos. Iga täht on päikene, massi ja tingimuste poolest meie päikese sarnane. Kõik päikesed seisavad koos samust elementidest, kõik on sündinud samuti udukerast gaasilise mateeria jahtumisel ja tihenemisel. Nad paistavad alguses valge, siis kollaka ja kustuvad lõppeks punaka leegiga. Paljud neist, võib-olla ka kõik, on ümbritsetud planeetidega, mis, täitsa meie planeetide sarnaselt, Kepleri seadustele alluvad ja ellipsit mööda oma peatähe ümber liiguvad ja, meie mõistuse arvamiste ja oletuste järele, teatavas jahtumis-ajajärgus elamistingimusis ja eluga on kaetud. Kõik need päikesesüsteemid liiguvad keskmiselt 30 kilomeetri kiirusega sekundis oma täheparves ja see omakorda — Linnutee-süsteemis. See liikumine ei ole mitte korrapäratu, vaid kuulub ühest küljest kindlaisse salkadesse, teisest küljest — vooludesse. Oma päikesesõidul juhtuvad tähed varem või hiljem mõne naabruses oleva tähe tõmbepiiri,

põrkavad kokku ja auravad uuesti uduks, millega ilmamateeria ringjooks uuesti algab.

Linnutee-süsteemi olemasolus, tema jõus, aines, seadustes, vormis ja arenemiskäigu ühtluses ei või enam mingisugust kahtlust olla. Linnutee-süsteem on olemas. Kuid nüüd alles ärkavad suured küsimused tema kuju, suuruse ja kogu ühtlussüsteemi mehhaanika üle oma sisulises raskuses.

Esimesed, enam filosofeerijad kui uurijad Linnutee vaatlejad pidasid teda lihtsaks läätsekujuliseks rühmituseks, kus tähed ühtlaselt paigutatud. Nende arvates ei ole Linnutee mitte — kuis meile näib — tähtedest ring meie ümber, vaid ainult nii nähtav, sest et meie, kes me läätsekeses oleme, läätse-tasapinna sihis suuremast ühtlaselt asetatud tähtede hulgast peame läbi vaatama kui läätse külgede sihis.

Kuid tähtede ühtlase jaotuse arvamisest taganes juba Herschel oma tähekaartide abil. Ta leidis, et tähed Linnuteesüsteemis on palju tihedamini koos kui kaugemal seda pinda; seega ei ole Linnutee mingisugune optiline nähtus süsteemi läätsekuju tõttu, vaid tõsipilt, tõeline t ä h t e d e t a s a p i n d. Arvamisest, et suurim osa Linnutee päikesist ühisele pea-tasapinnale on kogutud, pole ükski hilisem vaatleja loobunud. Juba Kant tutvub temaga ja võrdleb oma sügavamõttelises arutuses teda tasapinnaga, mida mööda planeedid päikesesüsteemis liiguvad. Et seletada lõhet, mis Linnutee-vöö ühel kolmandikul tema kogupikkusest kahte harusse lahutab, oletavad Herschel ja Kant mitte ainult üht, vaid kaht pea-tasapinda süsteemil, mis teineteise vastu vähe kalluti nõjatatud ja teineteist lõikavad, sarnaselt planeetide teede tasapindadega, ja mille lahkumine teineteisest meile lõhena paistab. Kuid Linnutee lähem vaatlemine pikksilma abil ja kõige pealt päevapildi-plaat on meile nii suure hulga üksikasju ja niipalju jälgi tema peenemast struktuurist päevakorrale toonud, et need hüpoteesid tõeliste nähtuste seletusiks ei ulatu. Juba mitmesugused ääreharud, mis Linnuteest hargnevad ja siis järsult tumeduses lõpevad või jälle aeg-ajalt universumi kaugustesse kaovad, räägivad süsteemi läätsekuju oletuste vastu, ka siis, kui see süsteem kahest teineteist lõikavast pea-tasapinnast räägib. Üks neist külgharudest algab peaharust Kassiopeia tähtkuju juures ja kaob Hüaadide ja Plejaadide vahel. Teine haru algab lagunemiskohal Alfa Centauri

juures ja kaob Hundi tähtkujus. Kolmas järsult erinev haru on lõunapoolse Laeva tähtkuju juures. Kuid ka varustamata silm märkab, et Linnutee valgus pole ühtlane, et ta järjelikult koos seisab mitteühtlaselt jaotatud tähtedest ja et tähed parvedena, pilvedena ja harudena on asetatud. Mitte üksikute tähtede müriaadidest, vaid sajatuhandeist täheparvist, millest iga üksik sadatuhat või enam tähte ühendab, koostub kogu süsteem. Nagu pilved meie üle üksikuis sagarais ja salkades liiguvad, nagu sõjavägi mitte üksikuist sõdureist koos ei seisa, vaid rügementidest ja pataljonidest, nii hõljuvad ka päikesed Linnuteel rühmades ja parvedes. Tähelepandavam ja kergesti leitavam on kuulus valgusepilv Luige tähtkujus. Teda vaadeldes valdab meid tunne, et need Linnutee osad meile tunduvalt lähemal on kui teised. Sääraste valgusepilvede ja tähekuhjatusiga kõrvuti märkame aga jällegi, nagu kord nimetatud, tähelepanemisväärt tähe- ja uduvaeseid kohti, pilusid, lõhesid, vahesid, kanaleid ja aukusid. Suurim Linnutee avaus on kohe kõrvuti valgusepilvega Luiges; Oehl nimetas teda tumedaks ilmapilveks, kuna hilisemad uurijad teda praegu tarvitusel oleva nimega „põhja söekott“ nimetasid. Suur „lõuna söekott“ on Risti tähtkujus. Tuntud Linnutee-uurija Easton, kes 10 aastat oma elust 1882—1892 Linnutee uurimisele pühendas, esitab ühes erilises kataloogis 164 heledat ja tumedat laiku Linnutee vöös. Sellest annavad Wolf'i, Barnardi ja Gill'i suurepärased ülesvõtted näitlikuma kujutuse.

Mäherdune jõud särab meile neist piltidest! Kas võib Leonardo „Õhtu-söömaaeg“, Raffaeli „Madonna“ või Böcklini „Surnute saar“ meie peale enam mõjuda kui need tumedad pinnad, piiratud punktide ja punktikestega? Iga punkt on üks maailm! Meie ise, meie suur ja lai maakera ja kogu meie päikeseilm kuni 4000 milj. km kaugel oleva Neptuniga ei ole muud midagi kui väike helendav punkt! Kas on mõtet, mis oleks võimsam ja kõrgem, kuid — mis meid sügavama alandlikkuseni võiks viia, kui säherdune Linnutee pilt? Kas ei saa neis päevapiltides noore Schilleri nägemus tõeks, kes taevast vaadeldes vaimustatult hümni loob laotuse suurusest:

„Sa lenda kuni lõpmatuse riiki,
Ma võtan kiirte lennu, juhin julgelt tüüri,
Me üle taevas,

Udu maas
Maailma süsteemid, kui oja lained nad
Mis päiksel järele voolavad."

Kas ei omanda Goethe sõnad: „Inimese vaim, kui sarnane oled sa veega, inimese saatus, kui sarnane oled sa tuulega" selle taevailmutuse palge ees otse kosmilise mõtte? Kas ei liigu need päikesed seal laotuses kui liiv tuule käes? Kas ei manitse meid iga väike punktikene, et mitte ainult üksiku inimese elu, vaid kogu meie inimsoo, kogu maailma eluiga, kogu meie päikeseilm on ainult laine suurel ilma ookeanil, tõuseb lainena algudu kaosest, et lühikese rütmi järele veereda päikeste suurde voolu. Tunda end Linnutee ringis kogu meie võimistega, teadmistega ja tahtmistega, kogu meie tuliselt omandatud kultuuri ja kultuuriloogа ainult tolmuterana ühe säärase helendava punktikese läheduses, ja siit sellelt päikesepõrmult — maalt — seesugust laotuse pilti tabada, seltsib alandlikkusega uhkus, tänu meid hingestavale vaimule ja moraalsele ideele, mis meid käsib uuritavaid asju uurida ja mitteuuritavaid austada. Ka Kant, Linnutee-uurijate suur esivõitleja, arvab ainult seda vääriliseks taeva võimule, kui ta oma kuulsas lauses ütleb: „Kaks asja täidavad hinge ikka jälle uue ja kasvava imetlusega ja aukartusega, mida sagedamini ja kauemini järelemõtlemine sellega tegevuses on: „tähistaevas minu üle ja moraalne seadus minu sees". Et Linnutee kõiki üksikasju ainsasse hüpoteesi mahutada, seletas Proktor, ta olevat tähtede ringsüsteem, sarnane uduringiga Lüüras. Embkumb, kas on ta lihtne ring, mille üks kolmandik meie lähedalt mööda hõljub, millega seletub esiteks valgusepilv Luiges, teiseks — läbipaistvuse tõttu ilmuvad nähtavad lõhed ja kolmandaks — ringi katkesuse tõttu Luige pilve kõrval olev Söekott põhjenduse leiab. Või jällegi, mis talle enesele tõenäosem paistis — Linnutee on kaksikrõngassüsteem, vähe spiraalse kujuga, mis seisab koos seesmisest vähemast rõngast, mille hulgas ka meie päikene asetseb ning kuhu Linnutee heledamad osad kuuluvad, ja kaugemast suuremast rõngast, mis vastab vöö tuhmimatele osadele. Rõngaste asetuse, korrapäratuse, katkesuse ja sõlmede tõttu seletuvadki Linnutee üksikasjad. (15. joon.)

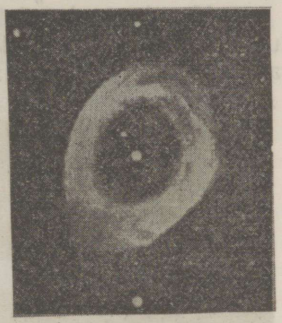
Proktori Linnutee-hüpoteesid on küll suur edusamm võrreldes Kant-Herscheli arvamisega, sest et nad püüavad vähemalt peanähtusi seletada. Jättes tähele panemata

selle, et ta mitmeski punktis sügavamat kriitikat ei kannata, on tema peatugi, nimelt — teiste sarnaste rõngaskujuliste süsteemide oletus — vananenud. Spektraalanalüüsi tõenduse järele on kõik rõngasudud tõelised gaasudud, suhteliselt mitte väga kaugel, vaid asuvad kahtlemata Linnutee piirides ja seega mitte kauged uduselt näivad süsteemid. Sellevastu võib ühe teise uurija, Easton'i katset, Linnuteed spiraaludukogudega võrrelda, enam õnnestunuks lugeda. Kui juba mõne udukogu kohta ütelda võime, ta on väga kauge, uduna paistev Linnutee-süsteem, siis peaks olema tõendatav või vähemalt tõenäone asjaolu, et ta ei ole meie Linnutee osa, vaid kaugel sellest, vabas ilmaruumis. Kuigi meil tänini pole õnnestunud ühegi udukogu kaugust kindlasti määrata, siiski võime nendest ühe osa Linnutee-süsteemi kuuluvust kinnitada. Planetaarsed udud, mille gaaskerast tihenemise läbi päikesed tekivad ja mis siis õieti ainult päikeste ja päikeseparvede varajane loomus, on peaaegu kõik Linnutee kitsasse vöösse nii tihedalt kogutud, et nende Linnuteesse kuuluvuses ei saa kahelda. Samuti kiinduvad nendega suguluses olevad rõngasudud Linnuteesse, nagu see, mis Lüüragi tähtkujus (16. joon.). Tähtparved, mis neist keras- ja rõngasududest tekkinud ja mille kaugust praegu täpsalt ei saa määrata, on Linnutee tasapinnale nii tihedalt kokku su-

15. joon. Linnutee-süsteem Proktori järele a ja b.

rutud, et nad aheliku sünnitavad, mis üheskoos Linnuteega taevast piirab. Joonistaksime tähekaardi, jättes tähtimata Linnutee, siis näeksime, et kõik tuntud täheparved ühise täheparvede vöö sünnitavad, mis otse Linnutee sihile vastab ja mida siis täheparvede Linnuteeks võiks hüüda. Ka suured helendavad ja tumedad gaasudud, nagu Orioni udukogu, kuuluvad meie Linnutee-süsteemi.

Neist kahtlemata süstemaatiliselt paigutatud ja Linnuteesse kuuluvaist tõelistest gaasududest tuleb järjekindlalt eraldada udulaigud, mida ei sünnita helendavad gaasid, vaid üksikud ilmakehad. Pikksilm ei lahuta neid, ja seepärast pole neid varem eraldatud ega tehta seda kahjuks nüüdki. Kuna tõelised gaasudud neil helendavat algmateeriat — nende suhtelise läheduse tõttu — selge, heledajoonelise spektriga tõendavad, annavad näivad udukogud päikese ja tähtede spektri sarnase, tumedate joontega põimitud nõrga lintspektri. See on tõenduseks, et nad meie Linnuteest tuhat korda kaugemal olevad määratud tähesüsteemid, ilmasaared — Linnuteed on, mis nii kaugel, et nende sära tuhmiks udupaisteks kustub, mida ei ükski silm, ei ükski pikksilm, vaid ainult spektroskoop ja päevapildi-plaat päikeseilmaks tunnistavad. Kes meist pole näinud kaugel horisondil mäe-ahelikku atmosfääri tihedusest paistvat, tõeliste mägede ja orgudega, mäetippude ja jääliustikkudega — nii kaugel, et ta ainult pilvena näib, mis taevavõlvile kinnitatud? Nagu lähedad pilved, nii ümbritsevad meid tähtede läheduses helendavaist gaasidest udukogud. Kuid pilvevarjuna paistvate mägestikkudena kumavad meile lõpmatust kaugusest — sealtpoolt meie Linnnutee-süsteemi — võõrad tähesüsteemid, nähtavad pilved, kuid tõelised päikesesüsteemid — Linnuteed.



16. joon. Rõngasudu Lüüras.

Need Linnutee-süsteemid on ilma erandita spiraalikujulised, mis ka süsteemi asendi järele enam või vähem silma paistab. Veroonika Juustes leidis Wolf udu, mida astronoomid tema kuju järele „Heeringauduks“ nimetavad

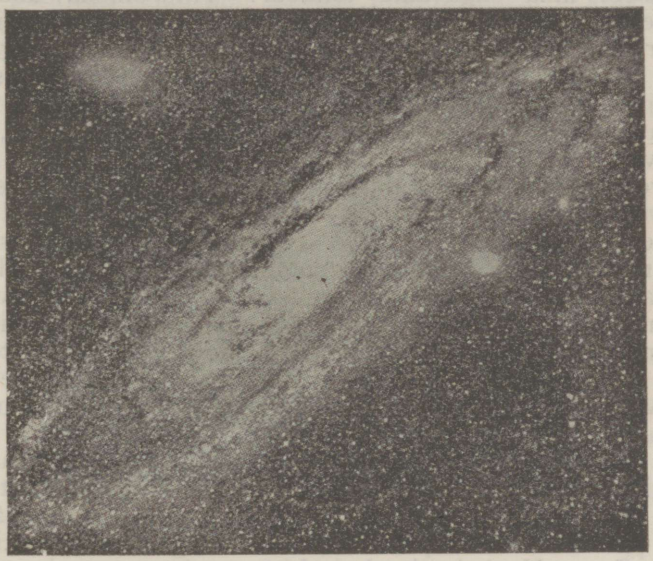
(17. joon.). Kuid see „Heeringaudu“ on ilmasüsteem lugematu hulga päikestega, on üks Linnutee, vaadeldud serviti. Kui mingisugune jõud meid võiks kanda laotuse kaugustesse, kus hõljub see Heeringaudu, ja meid tema keskele asetaks, siis laieneks see pilveke meie ümber Linnuteevööks, mis meie taevast ümbritseks; — meie Linnutee meie taga tumeneks ja tumeneks, kuni ta kaugustesse kaoks, muutudes uduseks „Heeringajooneks“.

„Heeringaudu“ lähedalt leidis Wolf udu, mida taeva ilusamate nähtuste hulka võib arvata. Ta erineb „heeringast“ oma selgesti nähtava tuumaga, tuletades meelde rõngaga ümbritsetud Saturni. See udu pole aga miski lähedalolev planeet oma noores saamiseas, — ka tema on ilmasüsteem päikesi, nagu on seda meie Linnutee, mis oma suure kauguse — Wolf arvab selle 500 tuhat valguseaastat olevat — tõttu meile nõrga uduna paistab. Juba selles lamedas udus võib, peaasjalikult pealmises osas, selgesti näha spiraale, milles päikesed süsteemi keske ümber keerlevad.

17. joon. Heeringaudu päevapildistus.

Tõuseme aga seesuguse päikeseilma pinnalt kõrgemale, siis avaneb ta meile suure Andromeda udu arenenud kauniduses, mida selgeil öil ka varustamatu silm Andromeda tähtkuju ülemises osas nõrgalt paistva laiguna märkab (18. joon.). Pole ainustki teist juhtumist, kus lääts, prisma ja päevapildi-plaat ühiselt nii tagajärjerikkalt oleksid töötanud ja selge mõistusega astronoomi juhtimisel paremaid võitusid taevauurimisel annud kui selle udukogu uurimisel. Ühtki taevakeha sealpool meie planeedisüsteemi pole nii suure tähelepanu, hoole ja püsivusega vaadeldud kui seda udu. Astronoom Bohlin on teda juba üksi üle 40.000 korra vaadelnud. Ja ei ühestki teisest samalaadilisest nähtusest ei tea me kaugeltki niipalju, kui And-

romeda udust. Ka siin ei kuma meile mitte, nagu see alguses vahest näib, gaasid oma kaootilises leegis, vaid päikesed. Andromeda udu on kauge tähesüsteem, ja pea kõiges meie Linnutee sarnane: asendis, arenemisloos ja kujus. Nagu meiegi Linnutees, nii on ka seal segamini tõelised päikesed ja segane udumateeria. Need päikesed, mida me üksikult küll ei näe, mida me aga spektraalana-



18 joon. Andromeda udu päevapildistus.

lüüsi abil nende koguvalguse loomu järele võime uurida, on kui meie Linnutee-süsteemi päikesed hõõgvedelast või kindelgaasilisest tuumast ja helendavast gaasatmosfäärist. Andromeda udu päikestel hiilgavad samad ained: vesinik, heelium, raud, süsinik, titaan, — samus tingimusis kui meiegi Linnutees. Maailm on üks, ainus ja kokkukõlaline.

Nagu meie Linnutee-süsteemis, sünnitavad Andromeda süsteemi spektri peaasjalikult kollaka hiilgega II-se spektraalklassi kuuluvad tähed. Otse nähtav on selle ilma spiraalloomus. Keskel olevast suuremast tähesagarast lähevad päikeste jooned kolmes suures spiraalkaares sentri

ümber. Üksikuid spiraale lahutab tähelage vahe. Spiraalide käändekohtadel näivad päikesed tihemalt kokku surutud kui pikikülgedel. Selle süsteemi kauguse arvab Wolf 32 tuhat, Scheiner koguni 500 tuhat valguseaastat olevat. Tema liikumine ruumis lähendab teda meile igas sekundis 300 km võrra.

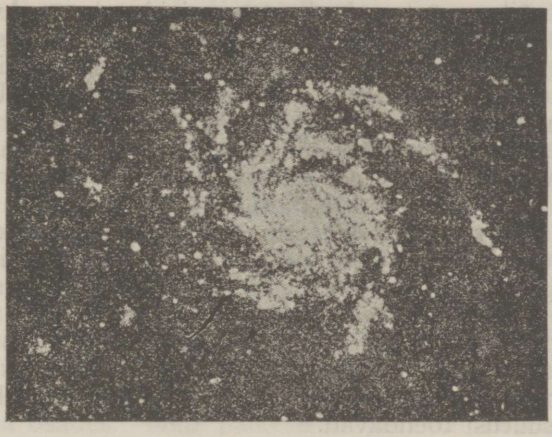
Kes võiks nüüd veel vaadelda taevas seda pilvist udutäpikest ilma sügavama tundeta? Andromeda udu on meie Linnutee sarnane ilmasüsteem! 1000 miljonit päikest keerlevad temas nagu meiegi Linnutees, läkitades igaüks end ümbritsevale planeetide perele ja kuudele valgust ja soojust, planeetidele, milledel elavad olevused, kui meie maakeral, või on elanud, nagu Neptunil ja Uuranil, või saavad elama, kui nähtavasti Jupitril ja Veenusel! Miks ei või selle süsteemi päikesist valgustatud planeetidel elada olevused samal vaimlisel ja kehalisel arenemisastmel kui meie Maakeral, ehk naiivsed olevused vaadelda öösse ja muinasjutte ning legende korrutada nende peade kohal hiilgavast ilust, ehk miks ei peaks seal olevused tegevuses olema, kes instrumentidega, pikksilma-läätsedega ja prisma-aparaatidega universumi uurivad ja meie Linnutee-süsteemi kui pilvekest laotusel märkavad, — meie suurt taevasttäitvat päikesist pärga, meie ilmaümbritsevat Linnuteesära — väikese pilvena pimedal ööl!

Andromeda udu on ainuke kuju, millest me peaaegu kindlasti võime ütelda, et ta on kauge Linnutee-süsteem. Kui me seal mitte üht Linnutee-ilma enese ees ei näeks, siis peaks küll kõik petlik olema. Kaugelt vähem kindel näib Suure Vankri spiraaludu Linnutee-loomus, mis samuti päikestest ja ududest koos seisab ja kahtlemata samasugust pilti pakub kui mõni Linnutee-süsteem pinnavaates (19. joon.).

Vastandiks vaevalt helkiva Andromeda udule, mille laiade spiraalide kõik osad ühtlaselt tuhmid, on see udu nii rikas üksikasjust, järskudest kontrastidest, valgussõlmist ja tumedaist kohtadest, üleminekuist ja kõrvalekaldumisist, udujugadest ja pilvesildadest, et me tundest ei saa lahkuda — ja ainult tunne ongi siin mõõduandev —, et see kuju meile võrdlemata lähemal on kui Andromeda udu, hõljub meie Linnutee mõju-piirkonnas ja ei ole mitte ilmasüsteem, vaid ainult üks tähtududest, mille udukaosest päikesed tiheda parvena välja tungivad. Olgu ta ainult 370, või, nagu Wolf arvas, 370 tuhat valguseaastat meist

kaugel, olgu ta meie Linnutee tõsine vennassüsteem või ka ainult täheparv temas — meile näitaks ta ikkagi, et kosmoses ka vähemaid üksiksüsteemisid on suure terviku loomutruu peegelpildina.

Rida spiraaludude nähtusi, algades Heeringaudust, mis meie sihis serviti, või Andromeda udust, mis meie sihis kallakile on asetatud, kuni Suures Vankris meie poole lapiti pöördud sama liiki tähtede moodustuseni — kõik see seletub kergesti Linnutee nähtusega.



19. joon. Suure Vankri spiraaludu päevapildistus.

Eastoni hüpoteesi järele on Linnutee ühe suure ilmasüsteemi otsekohene kujutus. Meie elame kaugelt paistva, Andromeda udu sarnase spiraalsüsteemi keskel. Tema täpsat kuju seletab Easton järgmiselt: Kesktuumast, mis meilt vaadates asub Luige tähtkuju sihis ja mida meie Luige valguspilvena näeme, lähevad välja tähtharud kolme laia peaspiraalina. Esimene, meile kõige lähem haru, teeb meie ümber ringi ja läheb siis — meile lähedatele tähtkujudele nähtavalt projektides — Luigest üle Kotka kuju, üle kogu lõunataeva, tulles uuesti nähtavale Siiriuse lähedal. Teine peaharu on meilt vaadates esimese taga, on meist kaugemal ja seepärast ka nõrgema valgusega. Kuna ta alguses esimesest harust hästi kõrvale kaldub, pärastpoole aga varsti temaga jälle ühineb,

tekibki Luige valguspilve lähedal põhjapoolne „söekott“, kus me siis mõlema haru vahelt mustavasse ruumi vaatame. Pärast tema uuesti jagunemist esimesest harust teeb ta ringi ümber kogu süsteemi ja sünnitab peaasjalikult lõunapoolse Linnutee-vöö. Kolmas, lühike, kuid jõuline peaharu läheb vastupidises sihis põhja, Perseuse tähtkuju sihil, kus ta siis järsult murdub ja lõpeb. Esimese ja kolmanda haru vahele jääb Linnutee-ringi vahe, mida me Veomehe ja Perseuse vahel märkame. Need kolm spiraali pole mitte otse ühel tasapinnal, vaid kalduvad — sarnaselt planeetide tasapindadega päikesesüsteemis — süsteemi ideaalsest ekvaatorist vähe kõrvale. Ja kuna siin Andromeda-süsteemi sarnaselt üksikute harude vahele tähevabad jäljed jäävad, siis näeme kahe peaspiraali vahel paistvat tumedat ilmaruumi. Ühel kolmandikul oma teest on Linnutee tumeda prao läbi kahte voolu jaotatud. See tihti kõne all olnud Linnutee-pragu on otse vastav Andromeda spiraal-käänuste vahel olevaile pragudele.

Nende spiraalide tõsist suurust võib ainult arvamisi hinnata. Arvatavasti on Linnutee laius, nagu Andromeda udulgi, vähemalt pool tema pikkusest, ja võrdlemisi väikese kõrgusega, nii et me Kanti ja Herschel'i tõendatud süsteemi läätsekuju juurde võime jääda. Äärmiste tähtede kauguse järele arvatakse pikitelg 15.000—500.000 valguseaastat, ristitelg 5000—20.000 valguseaastat — arvud, mis iseenesest väga lahkuminevad, mis aga inimese mõistusele kättesaamatuid suurusi tõendavad.

Suurema kindlusega võime endi päikese asukohta selles spiraalsüsteemis määrata. Et Linnutee-vöö meile, jättes kõrvale üksikasju, pea igast küljest ühelaiusena ja üheheledusena paistab, peame järjelikult selle süsteemi keskmises osas asuma. Oleks päikene otse Linnutee ekvaatori tasapinnal, siis peaks viimane taeva kahte täiesti ühesuurusesse ossa jaotama, ta peaks — tehnilise väljendusviisi järele — taeval suure ringi kujutama. See pole aga mitte nõnda. Linnutee jagab taeva kahte ossa, mis suhtuvad kui 7:8. Et põhjapoolne osa vähe suurem on, siis on meie päikene süsteemi kesktasapinnast põhja pool. Ta ei hõlju aga mitte täitsa eraldatult kaugel üldisest tasapinnast, vaid ühe kumera, vähe lamedavõitu parve keskel, kuhu ka pea kõik meile nähtava taeva heledamad tähed kuuluvad, ja mille kesk-tasapind Linnutee-tasapinna vastu on 20° võrra kallakil. Selle parve keskpunktiks, kuhu tähed tihedamalt

on koondunud, on Norma tähtkuju lõunataevas, mitte kaugel Alfa Centaur'ist. Sellest tähesagarast, kus peaasjalikult päikesetüübilised II spektraalklassi tähed, oleme meie keskest Perseus'e sihis eemal. Meie päikene moodustab siin kuue heleda tähe: Kapella, Beteigeuze, Veega, Atairi, Suure Vankri, Theta ja kuulsa kaksiktähe 61-ga Luige tähtkujus, mille kauguse Bessel kinnistähist esimesena ära määras, tihedama salga, Plejaadide sarnase, mis oma ühise salgalise liikumise tõttu ka väliselt on iseloomustatud. Võibolla kuuluvad siia seitsmikku, mille leidust me teenusrikkale kinnistähe-uurijale Kobolt'ile võlgneme, veel järgmised 3 tähte: Antares—Skorpionis, Aldebaran ja Etha—Kassiopeias. Selle salga kõige kaugemad tähed Beteigeuze ja Antares on teineteisest 150 v.-a. kaugusel, seega 5 korda kaugemal kui Suure Vankri äärmised tähed Merak ja Mizar. Ringis ümber suure täheparve, millest see seitsmik on ainult väike salk, on tähelage vöö, nagu täheparve ümber Centauris. See suur parv pole aga mitte üldisist Linnuteespiraallookeist eraldatud, — pigemini näib ta kahe vähema tähevoolu kaudu, milledest üks otse Luiges oleva sõlmpunkti, teine Veomehe tähtkuju sihis liiguvad, Linnutee keskega ühenduses olevat. Seepärast paistavad neis mõlemas sihis keskmise suurusega tähed, mis meile lähemal on kui tõelised Linnutee tähed ja meist kaugemal kui meie oma täheparve tähed, — tihedamalt ja arvukamalt kui teistes taeva osades. Meie päikese-tähtparv on vähemalt 1300 valguseaastat Luige valguspilvest — Linnutee-süsteemi valgussõlmest kaugel.

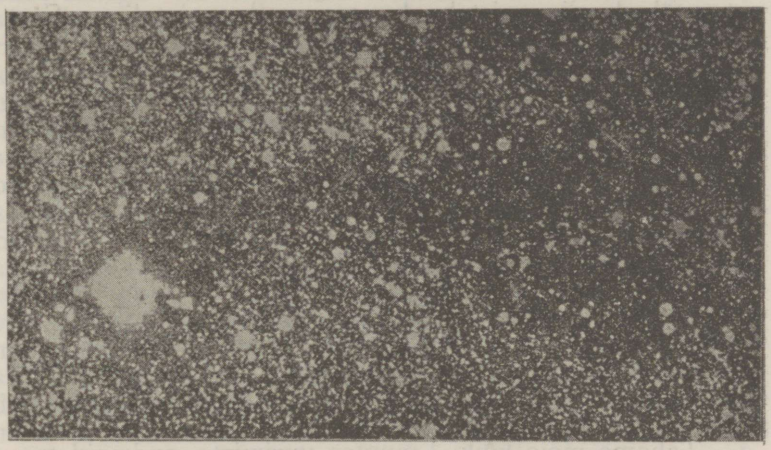
See suurejooneline hüpotees õpetab meid Linnuteesüsteemi põhikuju ja meie asendit temas tundma. Vähem kindlad on aga meie teadmised selle tähtsaare algusest, arenemiskäigust ja liikumismehhanismist. Et Linnutee pole surnud olevus ega tardunud hiilgav loodusepilt, vaid liikuv ilmaorganism, see ei vaja vist enam mingit tõendust. Kui meile igasugused nähtused, nagu tähtede liikumised, uute tähtede süttimised, aurava udu lagunemine ja rikkalikud üleminekud tuliseist udutähtedest kuni poolkustunud päikesekehadeni, seda selgesti ei oleks tõendanud, siis näitaksid meile sedasama võõrad ilmaudud oma igasuguseil liikumis- ja arenemisastmeil, samuti ka Linnutee lähem vaatlus. Taeva spiraalsüsteemid on sädelevad ilmaraketid ja iga säde on päikene! Meie ei näe seda liikumist mitte, ei näe

seda sädelemist ja leekimist, käänlemist ja õõtsumist, meie, põrmust sündinud inimlapsed. Sest kui selle ilmaraketi üks ainus ringkäänus astronoomide arvutuse järele 20 milj. aastat vältab, kuna need päikeserattad — nagu me teame — meist nii kaugel on, et kogu Linnutee-hiilgus ainsaks udutäpiks kahvatub, kuis võiksid inimesed, kelle eluiga ainult 70 aastat, kas või ainult poolt või neljandikku, ka ainult sajandikku, kümnetuhandikku sellest keerlemisest märgata? Meie seisame nende ilmade ees kui inimene, kellele lühike valgusesäde pimedal ööl ainult silmapilguks sajarattalist masinat näitab. Masin liigub, kuid välgusekund on liiga lühike, et ainult üht rattaliikumist, mõne vinna või kangi käiku silmata — liikuv masin seisab tema silmi ees. Kas võime loota, et sel inimesel selle sekundi murdosaga võrduva aja jooksul arusaamine masina mehhanismist tekib?

Tardunud ja tummana seisab Linnutee liikumatult kogu oma osadega meie ees. Kuid koguni tema tardumuses toob iga pilveke, iga tema punktike teadet suurest „πάντα ῥεῖ“, sellest: „kõik liigub“ ilma tähevoolus. Kuhu me pikksilma iganes juhime, igal pool näeme Linnutee-süsteemi rahuliku vooluga kõrvuti võimsa katastroofilise liikumise jälgi. Igal pool ilmutab pikksilm meile uduvoole, pilveronge, ilmatormist sasitud jooni, päikestevoolust läbistatud kanaleid; kord ristlevad üksteisest läbi harud, kord jagunevad teed. Siin loidab udu kui ilmatungal, seal purskuvad laiale päikesed kui granaadikillud. Tulised kerad rajavad omale tulist teed läbi kosmilise rahvaparve, hävitades kõike, mis teel, tõrjudes kõrvale seda, mis nende päikestelendu takistab. Nagu suurtükikuul pilvekildudest läbi omale teed lõhub, nõnda rajab ka nõndanimetatud K o - k o n'i-udu, mida näeme Luige tähtkujus, omale teed läbi Linnutee ilmapilvist, jättes tee jäljena kaugele oma taha tumedat juga (20. joon.). Mitu triljonit penikoormat on küll see ilmagranaat tähevoolus edasi liikunud, missugused aegade lõpmatused on teda tema teel kohanud? Kui palju ilmamüriaade võib ta omal teel kokku surunud, lõhkunud ja hävitanud olla?

Maokandjas näeme meie tungaldena leekivaist ilmadest pärga uduvalges öös suitsevat. Kas põlevad siin meile mõne naabruses oleva Plejaadide salga sarnase tähtpere surmatunglad, manitsedes meid k õ i k i d e asjade kaduvusele selles ilmas, ka tähtede surmale?

Luige kujust, ses taevakohas, kus Linnutee oma arvatava läheduse tõttu suurima osa imedest ilmutanud, leidis Wolf päevapildistuse teel udu, millest ka kõige parema teleskoobiga mingit jälge näha ei olnud, sest et ta ultraviolett-kiiri läkitab. Wolf nimetas seda udu tema sarnasuse tõttu Ameerika mannermaaga — Ameerika-uduks. Me näeme seda udupilve ainult tasapinnaliselt. Peame teda aga ruumalalise kehana, vurri, võib-olla ka lehtri kujuliselt kujutama. Arvatavasti tormab see udulehter meeletus tiirlemises, terav ots eespool, läbi ilmaruumi, kiskudes kaasa



20. joon. Kokoni-udu Luige tähtkujus.

oma tulisesse tiirlemisse kõik kehad, millele ta läheneb, mille tõttu teda ka tähevaene, õudne taevavöö ümbritseb. Kus on fantaasia, mis seletaks tõe, mis varjab see liikuv udu, kus on vaim, kes võiks väljendada selle ilmatragöödia, mille lõpuakti leekidekirja me näeme?

Kui usutavalt ka need nähtused Linnutee liikumise kasuks ei kõnele, sama vähe seletavad nad meile selle liikumise loomust ja seadusi. Ainult üht võime me udurongide, sildade ja kanalite sihi põhjal tõendada. Linnutee üldine pöörlemissiht on ühtlane. Süsteemi üldliikumise ühtlus selgub ta spiraalkujust, mis võib ainult korrapärase pöörlemise tagajärjel tekkida. On otsus-

tamata, kas see spiraal kahe ise liikuva süsteemi kokkupõrkest, nagu me Orioni gaasudust peame arvama, või jälle on ta — mis küll tõenäosem — lihtsalt süsteemi pöörlemise loomulik tagajärg. Et igas keerlevas süsteemis sisemised osad kiiremini liiguvad kui välimised, siis jäävad viimased aegamööda teistest taha, mille läbi süsteem ikka enam ja enam spiraali kuju omandab.

Ka meie päikese süsteem on tõeliselt spiraalsüsteem, kuid ta õige kuju pole ainult seepärast nähtav, et ta vähestest kehadest koos seisab. Kui planeete ühendaksid udumassid või nad oleksid niisuguses rohkuses kui Linnutee tähed, siis paistaks ka see meile spiraalina. Sest kuna kõige kaugem planeet Neptun ainult ühe ringi ümber päikese teeb, on Uuran 2, Saturn 6, Jupiter 15, Maakera 200 ja Merkur peaaegu 1000 tiiru teinud. Mida vanem on spiraalsüsteem, seda suurem on tema osade tiirude hulk ja seda keerulisemaks ta muutub, mida ka arvatavasti vanem Andromeda udu oma 5 peakeeruga, võrreldes kolmeharulise Linnutee-süsteemiga tõendab. Kuna iga sarnase spiraalsüsteemi päikesed raskusetungi ja uduaine vastupidamise tõttu keskkoha poole tungivad, samuti kui meie planeedid võib-olla miljardide aastate jooksul päikesele spiraalkeerudes ikka lähemale ja lähemale rühivad, peab vastavalt kasvavale vanadusele iga Linnutee-süsteemi kese tihenema. Vanemal Andromeda udul näib tõepoolest tihedam senter olevat kui meie Linnuteel, millel suurim osa päikesist on alles välimises ringis.

Tahame meie kõiki Linnutee uurimiste andmeid teoreetiliste arutustega kokkukõlasse seada, siis peame mõne hüpoteesi piirides looma loodusepildi Linnutee-süsteemi arenemisest ja ringlemisest, mis on iseseisev oma välimises suuruses ja sisemises rikkuses ja koondab meie mitmekesiseid teadmisi koguilmast ainsasse valemisse. Ühe seesuguse hüpoteesi on kokku seadnud Adolf Drescher. Seda hüpoteesi ei saa veel teaduse abinõudega tõendada, ka ei ole mõned üksikud faktid temaga kokkukõlas, aga tema vaimurikas arenemiskäigu ja kõige mateeria ringkäigu mõtte käsitamine on seda väärt, et meie selle ideaalse kroonina oma Linnutee-vaatluste lõppu asetame (21. joon.).

Selle hüpoteesi järele liiguvad kõik päikesed parvedesse koondatult Linnutee spiraalsüsteemis, algades välimistest ringidest — sentri poole. Nad algavad oma spi-

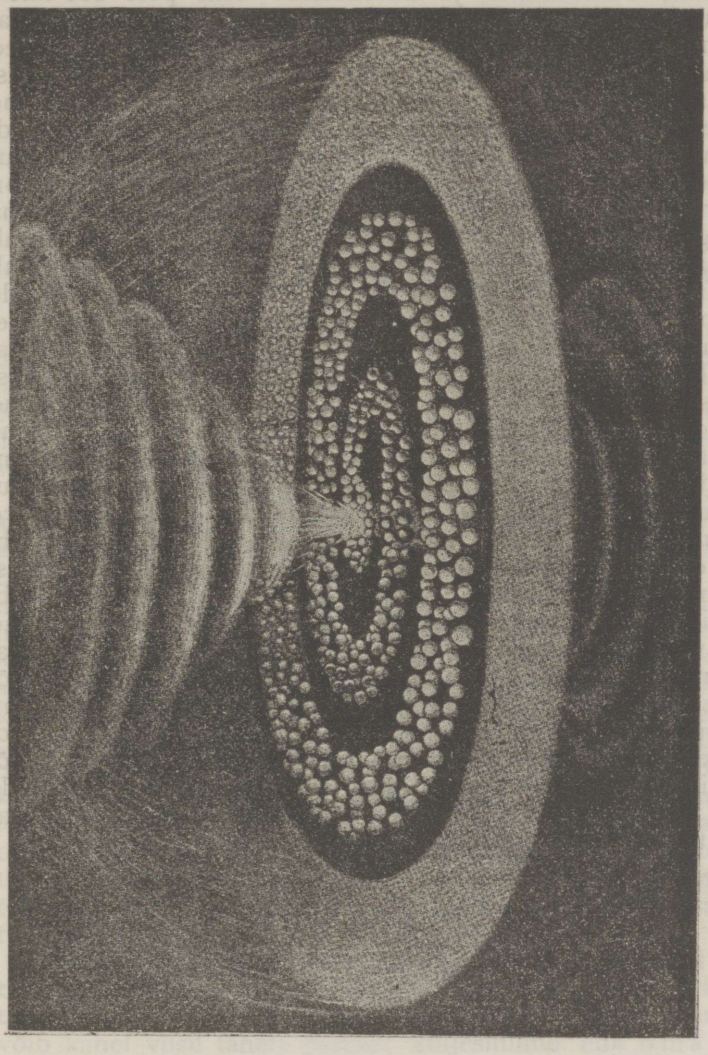
raalkäiku uduna — keralise gaasimassina, mida me planetaarse udu näol Linnutees näha võime. Seni kui nad välimisel spiraalil oma ringi lõpetavad, jahtuvad nad, tihenevad ja saavad päikesiks või päikeseparvedeks, olles alguses udutähed, siis tulised valgeltleekivad I klassi Siirius-tähed, nagu me neid igal pool Linnutee kaugemais osades planetaarse uduga kõrvuti salkades leiame. Spiraalrändamisel sentri poole jätkub jahtumine ja tihenemisprotsess. Päikestest erinevad planeedid, tekivad päikestesüsteemid, milledele mateeria kõrgemaks arenemiseks kõik tingimused ja ühes sellega elu tekkimise võimalus on antud. Jõudes sisemistesse keerdudesse — ringlemisaega välimisel spiraalrõngal arvatakse 100 milj., sisemisel rõngal 20 milj. aastat,— kaotavad päikesed juba poole oma soojusest ja paistavad nüüd kollaka valgusega kui meiegi päike. Suurem osa meie naabruses olevaist tähtedest, mis, samuti kui meie, süsteemi sisemistel keerdudel, mitte väga kaugel keskest, liiguvad, on teise spektraalklassi — päikesetüübilised tähed, mille soojus 6000 kraadini langenud. Sellevastu on heledad Siirius-tähed välimisil keerdudel ja nende heleda leegi tõttu arvatakse neil 16.000 kraadi kuumust olevat. Mida enam päikesed süsteemi keskele lähenevad, seda kitsamaks jäävad spiraalid, seda vähemaks ruum, nii et nad ikka lähemale üksteisele tulevad. Tihenemise läbi väheneb soojus, kiireneb jahtumine ja päikeste temperatuur langeb tuhandete kraadide võrra. Päikeselaigud kasvavad ikka suuremaks ja suuremaks, kollane valgus muutub punaseks hõõgumiseks, sademed katavad tema pinda ja tumestavad korrapäratult tema sära. Üks päikene teise järele kustub. Kinnisemail spiraalel lähenevad kustunud päikesed ja kaksikpäikesed surnud ilmakehadena Linnutee sõlmpunktile, ikka tihedamalt kokku kogunedes — kuni nad sentri keskes ettekujutamatu kiirusega üksteise vastu põrkavad.[1]) Kokkupõrkel vabaneb määratu energia, mis seni kogukeha liikumises rakendatud oli ja kehade kõige väiksemate osade — aatomite — liikumises muutub see soojuseks. Kokkupõrganud tähed löövad lõkkele kui „uued tähed“. Nende mateeria aurab ja tõuseb leekivais uduspiraales süsteemi

---

1) See väide ei käi vaatluse-andmetega kokku; teatavasti tekib suurem osa uusi tähti Linnutee välispidiseis osis.

keskest üles, laiub igal sihil, osalt tagasi Linnuteesse, sünnitades seal udusid, tulikerasid ja kanaleid, osalt Linnutee tasapinnast kõrgemale, üles süsteemi pooluste poole lennates. Siin lagunevad need gaasid peagi, samuti nagu kaob sigari suits. Mida kaugemale nad rändavad ilmaruumis, seda enam jahtuvad nad, tihenevad veeuduna, mis ka nägematult maast tõuseb, aga jahedamais kõrgusis nähtavaiks pilviks muutub, kogunevad päikeste gaasid pilvina Linnutee pooluste ümber, kõrgel üle tähtspiraali — uduks, mis Linnutee pooluste telje ja peaasjalikult pooluste eneste ümber udujugade ja udupesadena asetatud. Mida kõrgemale need udud tõusevad, seda enam kaob nende elav liikumine. Tihenedes enam, alluvad nad vastassihilise kogusüsteemi raskusjõu tõmbetungile. Spiraalteed, mida mööda nad tubakasuitsu taoliste kurdudena ikka kõrgemale ja kõrgemale tõusevad, lamenevad, kuni nad tagasi pöörduvad Linnutee tasapinnale. Spiraali piirel rühib udu suurtes kaartes pooluste kõrgustelt alla ekvaatori tasapinnale, kus ta, kestva tihenemise ja kosmilise mateeria alalise juurdevoolu tõttu, gaaskeradena oma uut ringkäiku udukuulist päikekerani algab.

See Linnutee hüpotees, mille järele meie suure tähtspiraali ühe sisemise kustuva päikese kaaslasena asume päikese läheduses, millel saatusest määratud mõne oma vennaspäikesega kord spiraali keskes kokku põrgata ja hävineda, — on oma aja, ruumi ja sisu poolest kõige sisaldavam, mis inimene loodusteaduslisel alusel võib ette kujutada. Kuid mingisugune tume kartus meie väikese elu pärast ei tohi meie südant rõhuda. Miljonid ja veel miljonid aastad kaovad enne kui meie sinna lõpu ja surma punkti jõuame, et seal tuha ja auruna laiali paiskuda. Ammu enne seda on igasugune elu maakera pinnalt kadunud. Isegi jahtunud päikesel on vaheajal elu olnud, õitsenud ja jällegi kustunud, sest kogu elukestus ürglimast kuni inimeseni ja temale järgneva lõppolevuseni, kes kogu tehnika ja kultuuri saavutuste peale vaatamata ikkagi planeedi jäässe külmab ja kristallunud õhu jäävaiba all ilmaruumi külmast kivineb, — on päikese rännaku voolus kui kevad ja sügis Maakeral. Ja kuigi see lõppkatastroof tuleb, kas ei sure meie siis mitte selleks, et jälle uuesti elada? Kas ei leegitse mitte kõik, mis tardunud, kustunud ja surnud, kõdunenud ja tundetu — uuele ringlemisele, uuele olemas-



21. joon. Mateeria arenemis- ja ringkäik Adolf Drescher'i järele.

olemisele, uuele elule? Kas ei ole see lõpp siis mitte lunastus, ülestõusmine ja uuestisünd? Kas pole see mitte suurejooneline, jõuline ja õiglane, nagu sellest ükski ilmakohus õiglasem, suurem ja jõulisem ei saa olla? Päikesed sünnivad uuesti, planeedid ärkavad, kuud saavad nooreks. Ja see, mis leekiva uuestisünnina ilmaruumi aurab, oleme meie — see on mateeria, mis meis elanud, armastanud, kannatanud ja mõnulenud. Mis sel katastroofilisel ööl kaugetele tähtilmadele „uue tähena“ vastu leegitseb, see on kord Goethe, Darwini, Plato ja Homerosena meie maailma valgustanud, ja mis sealt auruna eraldudes tõuseb, saab seemneivakeseks uutele ilmadele, uuele elule, uuele kultuurile. Vahest viib meid see uuestisünd läbi udupilvede ja päikeseleekide ilusamasse olemasolemisse avaraimate arenemisvõimaluste ja kõrgema äratundmise võimalustega, mille läbi me võime tungida sügavamale Linnutee saladustesse, kui võimaldab meile seda inimese mõistuse loodud teadus. Ka oma teadmiste suurimas uhkuses ei tohi tõsine ilmauurija unustada, et ka siis, kui me Linnutee-süsteemi võiksime läätse, päevapildi-plaadi ja prisma abil palju suurema ulatusega uurida, kui instrumendid veel tuhat kord suuremate võimistega meie teenistuses oleksid, nii et tähtede olemasolu udukaaosest päikesekatastroofideni takistamata näha võiksime, — siiski avaneb selle teaduse läbi meile ainult ilmasündmuste kuju ja mehhaanika. Kuid universumi sisemist loomust, nende päikeseilmade ja ilmaspiraalide mõtet, nende algust ja olemasolu otstarvet ei või ükski astronoomiline uurimine ega ka mingisugune muu mõistusline äratundmine seletada, nimetagu ta end filosoofiaks, teaduseks või usuks. Olles terviku osaks, ei või meie iial mõista tervikut, olles ilma produktiks, ei suuda me kunagi seletada ilma; ei iial saa meie, kes näime olevat mõtlev olemine, seletada selle olemise loomust.

Täiendused.

Uued tähesüsteemi-uurimiste saavutused.

Dr. Fritz Kahni raamat on kokku seatud andmete põhjal, mis vastavad astronoomia seisukorrale 10—20 aastat tagasi. Sest ajast on tähtede ja Linnutee uurimine suuri edusamme teinud, mis uut valgust heidavad üksikute küsimuste peale ja täiendavad meie teadmisi tähtede arenemisest ja ilma ehitusest.

Üks tähtsam abinõu, mis täheilma tundmaõppimiseks kaasa on aidanud, on kaudne kauguste määramine. Otsekohene kauguse mõõtmise viis on eespool juba kirjeldatud: täpsate nurgamõõtmis-riistade abil või fotograafilisel teel määratakse kindlaks aastane parallaks ehk näiv nihe, mis oleneb maakera liikumisest päikese ümber. Seda otsekohest ehk trigonomeetrilist kauguse mõõtmist võib ainult lähemate tähtede kohta tarvitada, mis mitte rohkem kui 300—400 valguseaastat meist eemal on; kaugematel taevakehadel on parallaks nii väike, et seda meil käepärast olevate riistade abil ei saa mõõta. Näis, nagu oleks sellega ka meie uurimistele piir seatud; kuid inimese geenius leidis kaudse tee, et selle seina taha pääseda, mida ta otsekoheselt ei suutnud vallata: statistilistele andmetele ja tähtedefüüsika tundmaõppimisele toetudes mõõdab meie teooria vaimusilm kaugusi, mida mööda valgusekiir sajad tuhanded ja isegi miljonid aastad peab rändama.

Esimesena andis häid tagajärgi nõndanimetatud statistiline kauguste määramine. Meie teame juba, et kõik tähed ruumis suure kiirusega liiguvad ja et seda liikumist võib kahel viisil tähele panna: küljesihiline ehk omaliikumine määratakse otsekoheste või fotograafiliste mõõtmiste abil, ja vaatesihilist liikumist näitab meile spekt-

roskoop. Kümnete tuhandete tähtede omaliikumine ja tuhandete vaatesihiline ehk radiaalkiirus on praegusel ajal teada; esimene liikumine esineb nurgamõõdus (näit., nurgasekundites saja aasta jooksul), viimane — absoluutses mõõdus, näit. kilomeetrites sekundis. Teaksime meie küljesihilist liikumist ka kilomeetrites, siis võiksime omaliikumise põhjal kaugust veel täpsamalt välja arvutada, kui seda aastane parallaks võimaldab. Seesugust juhust pakuvad meile „liikuvad“ täheparved, nagu Plejaadid, Hüaadid, Suure Vankri pere ja teised: nende parvede liikumissihi ja radiaalkiiruse abil võib küljesihilist liikumist ja sellega ka kaugust kergesti arvutada. Ühe suurepärase parve on Kapteyn leiutanud ja uurinud. Selles tähtede „peres“ leidub palja silmaga nähtavaid tähti üle 400, mis Orioni tähekogust peale mööda lõunapoolset Linnuteed 200 kraadi pikkuses laiali on paisatud; see täheparv näib katvat üle poole Linnutee vööst. Kõik nimetatud tähed sarnanevad omavahel oma füüsiliste omaduste poolest: kõik nad on nõndanimetatud heelium- ehk B-tüübilised tähed, mis kõige heledama ja hõõguvama arenemise astmesse kuuluvad (vaata spektriklasside tabel — lhk. 60). Sellesse täheparve kuuluvad heledamad Orioni tähekogu tähed, nagu Riigel, kolm Reha tähte ja palju teisi. Iseäranis tähelepanemisväärt on aga see, et ka kuulus Orioni udu selle süsteemi osana esineb; tema on meist 580 valguseaastat kaugel, kuna terve täheparve keskpaiga kaugus 400 valguseaastani ulatub. Nähtavasti näeme Orioni udus selle ürgmateeria jäänuseid, millest terve täheparv on tekkinud ja millest veel tulevikuski uued päikesed peavad sündima. Kui meie päikesesüsteemi liikumine maha arvata, siis selgub, et terve see määratu süsteem ruumis pea liikumata asetseb — liikumata meid ümbritsevate Linnutee tähtede keskpaiga suhtes. Tõuseb küsimus: kas ei ole see Orioni süsteem, mis oma määratu udumassiga ja massiivsete heelium-tähtedega üldisest liikumisest osa ei taha võtta, mitte meie tähesüsteemi geomeetriline ja füüsiline keskpunkt? Teatavasti käivad suured tähevoolud kahes sihis joont mööda, mis meid Orioni tähekujuga ühendab; kui seal meie tähesüsteemi tsentrum oleks, siis moodustaksid tähevoolud suurejoonelise pendlitaolise liikumise: tähed kalduksid keskpaigast kordamisi ühele või teisele poole; kesktõmbe-tung sunnib neid keskpaika tagasi langema, kust nad suure kiiruse tõttu jälle

mööda ja teisele poole pääsevad; sääraste võnkumiste periood kestaks mitu miljonit aastat. Kas see tähtede liikumise seletus, mis inglane Turner ette pani, õige on, ei saa veel kindlaks teha; aga ta lähendab meid tähesüsteemi arusaamisele.

Tähe absoluutseks heleduseks nimetame suhet selle tähe ja meie päikese heleduse vahel; kui mõne tähe kaugus ja näiv heledus tuntud, on kerge tema absoluutset heledust välja arvutada; ka ümberpöördult — absoluutne heledus võimaldab kauguse arvutamist. Kui peale selle temperatuur antud, võib tähe läbimõõdu kindlaks määrata. Nii selgus, et ülevalnimetatud Orioni täheparves tähed keskmiselt 60 korda heledamad on kui meie päike, suuruse poolest aga päikesega võrduvad; kuid seal leidub päris hiiglasi; näiteks Riigel, mis on üks heledamatest tähtedest meie taevas, on harilikkude Orioni tähtede kõrval veel hiilgavam, kui viimased meie päikesega võrreldult: tema absoluutne heledus võrdub 24000-ga ja läbimõõt on meie päikese omast 19 korda suurem. Oleks Riigel meie päikese asemel, siis ei ilmuks ta meile mitte lahke eluallikana, vaid kõikehävitava tulena: ta kuumutaks meie maakera pinda kuni 3000°, muudaks ta hõõguvaks mereks, kus vee asemel laava ja õhu asemel raua-aurust tuuled puhuksid. Ka kolm Reha tähte on meie päikesest 400—12000 korda heledamad.

Kuid parvliikumist tähtede vahel saab harva jälgida; harilikult on uurijal tegemist korrapäratute liikumistega, kus iga üksiku tähe kaugust ja suurust ei saa kindlaks määrata, kus aga võib arvutada mõne teatava täherühma keskmise kauguse; see ongi statistiline metood.

Seda metoodi võib kaht viisi tarvitada:

1) Võib määrata sekulaarset [1]) parallaksi ehk tähtede nihkumist, mis päikese liikumisest ilmaruumis Lüüra tähekogu poole suunatud; kui teatavas taevaosas mõne suure hulga tähtede omaliikumist lähemalt tähele panna, siis selgub, et korrapäratute liikumiste peale vaatamata suurem hulk liikumisi päikese liikumisele vastu on sihitud: nii tuleb uulitsal meile rohkem inimesi vastu kui ümberpöördult. Keskmine vastuliikumine määrab sekulaarse parallaksi, ja kui päikese kiirus ruumis teada on — see

1) sekulaarne tähendab „aastasajane“, kaua-aegne.

võrdub 20 km sekundis —, siis võib ka nende tähtede keskmise kauguse välja arvutada.

2) Määratakse mõne tähtede rühma keskmine omaliikumise suurus; radiaalkiiruste põhjal arvutatakse tõenäosuse-teooria abil keskmine küljesihiline kiirus; mõlemad arvud annavad jälle käsitatud tähtede keskmise kauguse.

Tähtede kohaltnihked omaliikumiste kujul kasvavad vahet pidamata, ja sellepärast suureneb statistilise metoodi täpsus aja jooksul; praegu võib sel viisil kaugusi kuni 3000 valguseaastani määrata — see on 10 kord kaugem kui otsekoheselt —, aga saja aasta pärast kasvab täpsus veel kolmekordseks. Trigonomeetrilisi parallakse võiks täpsamaks teha ainult paremate vaatlemis-abinõude ülesleidmise tagajärjel, millest aga praegusel ajal vaevalt suurt edu võiks loota; statistilises metoodis töötab sellevastu aeg ise meie kasuks. Suure rahvusvahelise ettevõtte — fotograafilise taevakaardi — pea-ülesanne on võimalikult rohkem omaliikumisi määrata, ja selle suure töö tagajärgi tuleb veel mitukümmend aastat oodata. Aga juba sellegi materjali põhjal, mis seni kogutud, suutis Kapteyn meie Linnuteesüsteemi koosseisu ja kuju üldjoontes järgida. Kõige pealt määras ta trigonomeetriliste ja statistiliste kauguste abil tähtede absoluutse heleduse ja arvu vaheüksuses. Resultaadid olid järgmised:

Absoluutne heledus			Tähtede arv kuubis, mille servad võrduvad 326 valguseaastaga
$\frac{1}{10000}$	kuni	$\frac{1}{1600}$	670
$\frac{1}{1600}$	„	$\frac{1}{250}$	3 500
$\frac{1}{250}$	„	$\frac{1}{40}$	9 400
$\frac{1}{40}$	„	$\frac{1}{6}$	14 000
$\frac{1}{6}$	„	1	11 300
1	„	6	5 000
6	„	40	1 180
40	„	250	155
250	„	1 600	11
1 600	„	10 000	0,4
10 000	„	60 000	0,01
			Kokku 45 216

Need arvud käivad selle Linnutee-osa kohta, mis meid ümbritseb. Sellest tabelist võib näha, et Linnutee päikeste valgusejõud vaheldub määratu suurtes piirides: on päikesi olemas, mis 10 000 korda nõrgemad, ja teisi, mis 60 000 korda heledamad kui meie päike! Sealjuures tuleb iga 45 000 tähe kohta umbes 39 000 niisugust, mis meie päikesest nõrgemad, ja 6000, mis heledamad; tähendab, meie päike on oma helgi poolest keskmisest tasapinnast kõrgem. Kõige rohkem on olemas päikesi, mis 6—40 korda vähema valgusega on kui meie oma; tähti, millede absoluutne heledus alla $\frac{1}{10000}$ on, ei ole veel uurimiste piirkonda võetud, kuid suure tõenäosusega võib oletada, et nende arv kuigi suur ei ole: võib-olla kasvataksid nad tabeli koguarvu 200—300 võrra.

Heledaid tähti on võrdlemisi vähe; kuid palja silmaga nähtavate tähtede hulgast kuulub suurem osa heledamate liiki; põhjuseks on see, et nõrku tähti võib näha ainult siis, kui nad meie kõige lähemas naabruses asetsevad; heledad tähed paistavad kaugelt. Nii võib ka seletada, et 6000-nde palja silmaga nähtava tähe hulgas mitu Riigeli sarnast hiiglast leidub, kuna neid iga 4 miljoni kohta ainult üks tuleb; terves Linnutees on sellesarnaseid üldse võib-olla saja ümber, aga neid näeme meie vist kõiki: isegi 10 000 valguseaasta kaugusest paistaks veel Riigel meile 6. suurusejärgu tähena.

Selgus, et päikesest eemal seisvates kaugemates Linnutee-osades tähed seda harvemini on paigutatud, mida kaugemal nad on päikesest; see asjaolu tõendab, et meie Linnutee-süsteemi keskpunktile võrdlemisi lähedal seisame. Kuid mitmesuguse heledusega tähtede s u h t e l i s e d arvud jäävad samasugusteks kui ülevaltoodud tabelis. Viimane tõsiasi lubas Linnutee uurimisel veel kaugemale minna kui omaliikumiste varal saadud parallaksid: fotograafilisi tähtede lugemisi ja ülevalnimetatud suhtelisi arvusid tarvitades määras Kapteyn ära tähtede p a i g u t u s e t i h e d u s e ruumis kuni kaugemate Linnutee piirideni; tema leidis järgmised arvud (vaata tabel lhk. 88):

Sellest tabelist näeme, et Linnutee ei ole mitte mõni järsult piiratud süsteem, vaid et tähtede arv temas keskpaigast väljapoole vähehaaval kahaneb, ekvaatori sihis aegamööda, pooluse sihis rutemini. Kui selle süsteemi piirideks mõne pinna arvaksime, kus tähtede paigutuse tihedus mõni

Keskmine paigutuse tihedus ehk tähtede suhteline arv vaheüksuse kohta:

Kaugus valguseaastais		0	810	1300	2050	3260	5200	8100	13000	20500	32600
Paigutuse tihedus	Linnutee ekvaatori (võö) sihis	1000	1000	790	580	360	210	110	50	21	8
	Linnutee pooluse sihis	1000	410	200	72	20	4	1	0	0	0

teatav arv — näit. 10 — oleks, siis näeksime, et tal on läätsetaoline kuju, nagu see juba enne ette oli nähtud; selle läätsekuju läbimõõt on 60 000 ja paksus 8000 valguseaastat; väljaspoolses kihis on tähed 100 korda hõredamini paigutatud kui keskkohas.

Statistiline ehk hulgaline tähekauguste määramine tõi suure pöörde meie vaadetes ka tähtede arenemise kohta. Kui esimesed uurijad spektroskoopi tähtede klassidesse jaotamiseks tarvitasid, oli üldine arvamine, et mida punakam on täht, mida madalam tema temperatuur, seda vanem on ta, ja ümberpöördult; kuid see lihtne ja pealiskaudselt nii kergesti seletatav väide ei olnud õige. Mehhaaniliste seaduste põhjal näitasid Ritter ja Lane, et kui gaaskera ruumis soojust vahet pidamata välja kiirgab, siis on selle „jahtumise“ pea-tagajärg, et kera kokku tõmbub ja tihedamaks muutub; kuid temperatuur peab sealjuures t õ u s m a, sest kokkupressitud gaas sünnitab soojust (seda võib igaüks jalgratta pumba juures tähele panna). Temperatuuri tõus peatub alles siis, kui täht niivõrt tihedaks on muutunud, et ta „gaasiseadustele enam ei allu“ — kui tema edaspidine tihenemine suure rõhu peale vaatamata ainult visalt edeneb. Seda mehhaanilist ideed kasutas esimesena inglane Lockyer, pärastpoole Hertzsprung (sakslane) ja Russel (ameeriklane), et tähtede arenemiskäiku seletada. Lockyer tarvitas sealjuures peaasjalikult spektroskoobilist materjali, viimased kaks uurijat aga tähestatistika andmeid. Selgus nimelt, et punakad ja kollakad tähed jagunevad kahte liiki: ühed on oma valguse poolest harilikult nõrgemad kui meie päike ja vastavad endise „jahtumise“ teooriale, aga teiste absoluutne heledus ulatub 40-st kuni mitme tuhandeni, —

need on niisama heledad kui „noored“ B-tähed; seesugune haruldane heledus, madala pinnatemperatuuri peale vaatamata, oleneb nende päikeste hiiglasuurusest; näit. Orioni tähekogu kuulsa punaka tähe Beteigeuze läbimõõt võrdub 190 miljoni kilomeetriga — see on rohkem kui kaugus meist päikeseni. Nende suuruse tõttu nimetati viimaseid tähti hiiglasteks, kuna esimest liiki tähed, mis oma läbimõõdu poolest meie päikesega sarnanevad, kääbuste nime said. Vahe hiigla- ja kääbustähtede vahel oleneb peaasjalikult aine tihedusest: hiiglased on hõredad gaaskerad, millede tihedus sagedasti meie õhu sarnane ehk veel väiksem; kääbuste tihedus on suur — $^1/_2$ kuni 2 korda suurem vee tihedusest. Huvitav on, et selle suure vahe peale vaatamata, mis läbimõõtudes valitseb, on mõlemat liiki tähtede massid pea võrdsed — hiiglastel on keskmiselt võib-olla ainult 2 korda suuremad massid.

Tähtede arenemist kujutatakse enesele nüüd järgmiselt ette: kui uduaine gaaskeraks hakkab kokku tõmbuma, tõuseb tema temperatuur tihenemisega; kõige pealt tekib punane hiiglatäht, siis muutub ta kollakaks, valgeks; teataval arenemisastmel omandab täht oma maksimaalse, suurima temperatuuri ja sellega lõpeb hiiglatähe iga; ainult visalt tihenedes hakkab ta jahtuma ja teeb nüüd juba kääbustähena needsamad spektri- ja soojuseastmed läbi, ainult vastupidises sihis: valge, kollakas, punakas. Nii on siis tähe arenemiskäigus kaks haru: tõusev ja langev. Meie päike kuulub viimasesse liiki: ta on oma noorus-ea juba läbi elanud.

Tähtede keskmine absoluutne heledus üksikuil arenemisastmetel on:

Spektriklass	M	K	G	F	A	B
	hiiglased					
Tõusev haru	23	29	58	40	40	63
Langev haru	0,005	0,16	0,8	2,3	20	63
	kääbused					

Nooled näitavad arenemis-sihti.

Nii on siis suur helgivahe hiigla- ja kääbustähtede vahel ainult klassides F—M. A- ja iseäranis B-tähtede heledus on keskmiselt ühesugune, nii et seal tõusva ja langeva haru vahet võiks ainult spektrilisel teel otsustada.

Ülemaltoodud arvud käivad harilikkude tähtede kohta ja kujutavad mõne keskmise suurusega tähe arenemiskäiku; hiiglatäht, mis G-staadiumis 58 korda meie päikesest heledam, võib oma elu lõpul kustuva M-tähena esineda, mille valgus 200 korda meie päikesest nõrgem.

Kuid tähtede seas on ülihiiglasi olemas: punakas Beteigeuze on harilikust M-hiiglasest 220 korda ja B-tüübiline Riigel on keskmisest B-tähest 400 korda heledam. Need hiiglased hiiglaste seas on erandid üldises hulgas, ja nendel on vist oma arenemiskäik, millest meie omale veel mingisugust kujutlust ei suuda teha.

Tähtede arenemisteooria on viimasel ajal märksa edenenud kuulsa inglise täheuurija Eddingtoni tööde läbi. Viimane pääsis selle vägeva loodusuurimise abinõu varal, mida matemaatiliseks analüüsiks nimetatakse, tähtede sisemusse ja nägi vaimlise silmaga seda, mis võib-olla meie kehalisele nägemisele igaveseks ajaks varjatuks jääb. Eddington näitas, et tähe sisemuses suurt osa peab etendama kiirte rõhumine: see tung, mida harilikkude valgusekiirte juures ainult kõige tundlikumate riistade abil tähele võib panna, kasvab tähe sisemuses kõrge temperatuuri tõttu niivõrt, et valgusekiired selle määratu suure ilmakeha raskuse suurema osa üleval hoiavad. Kõige suurema tähtsuse omandab kiirte rõhk hiiglatähtedes, kus kuni 95% raskusetungist kiirterõhuga tasakaalus on; sellevastu on päikesetaolistel kääbustel selle teguri tähtsus võrdlemisi väike.

Eddington arvutab oma teooria põhjal maksimaalset pinnatemperatuuri, mida täht võib omandada; selgub, et see temperatuur oleneb massist: mida suurem mass, seda kõrgemat soojust ta võimaldab. Seda võib järgmisest tabelist selgesti näha:

Mass (päikese mass = 1)	Maksimaalne võimalik pinnatemperatuur	Vastav spektriklass
4.0	15 000°	O, B
2.5	14 000	B
1.2	10 000	A
0.8	8 000	F
0.5	6 000	G
0.3	4 500	K
0.14	3 000	M

Need arvud heidavad uut valgust meie arenemisteooria peale: täht võib kõiki arenemisastmeid läbi teha, ainult kui tema mass on mitte alla $2^1/_2$ korda päikese omast. Vähema massiga tähed ei jõua kõige kõrgema tipuni; näit. meie päike ei võinud iialgi temperatuuri omandada, mis kõrgem kui 9000^0 (praegune temp. 6000^0) ja mis vastab A-spektrile. Täht, mille mass $^1/_2$ päikese massist, käiks ainult järgmised astmed läbi: M, K, G (hiiglasena); G, K, M (kääbusena). Tähed, mille mass on alla $^1/_{10}$ päikese massist, ei või üldse nähtavaks saada, sest nende temperatuur on liiga madal; ja tõepoolest ei tunta sääraseid väikesemassilisi tähti. Teiselt poolt, kui tähe mass liiga suur on, tekib tema sisemuses nii kõrge temperatuur ja kiirterõhk, et täht viimase tungi mõjul laiali paisub; massiivne keha võib ainult uduna püsida, ja sealjuures võib ta kergesti üksikuiks osadeks langeda. Nii saab oma loomuliku seletuse see asjaolu, et tähtede masside suurus on piiratud: ei ole tähti, millede mass päikese omast 40 korda suurem; ja väga harva leidub niisuguseid, mis päikesest rohkem kui 5 korda massiivsemad oleksid; see nähtus seisis senini seletamata saladusena uurija silma ees. Planetaarsed udud on vist niisugused massiivsed ilmakehad, mis oma suure sisemise energia tõttu täheks ei saa tiheneda; nad ootavad võib-olla mõnd väljaspoolset tõuget, mis nad üksikuiks osadeks jaotaks, et siis harilikku arenemiskäiku algada. Ka on võimalik, et need udud, kui nad jagudeks ei erine, mõne omapärase arenemiskäigu läbi teevad: nad muutuvad tihenedes O-tähtedeks ja viimased, kaotades võib-olla osa oma massist, B-tähtedeks. Nii näib võimalik olevat tähtede elujooksu mitmekesisus: seal ei valitse vist mitte ühine eeskuju. —

Märkus: Eespool olid arvud toodud ainult tähtede pinna- ehk nõndanimetatud effektiivse temperatuuri kohta; sisemine temperatuur võib mõne tähe keskpunktis mitme miljoni kraadini tõusta. —

Põhjalikum tähefüüsika tundmaõppimine andis meile ootamata uue kaugustemõõtmise abinõu. Ameeriklane Adams ja sakslane Kohlschütter, kes töötasid üheskoos kuulsas Päikeseobservatooriumis Kalifornias, leidsid, et samatüübiliste kollakate ja punakate hiigla- ja kääbustähtede spektrid ei ole mitte ühesugused: teatavad jooned, näiteks vesiniku omad, on hiiglastes silmapaistvamad, teised jooned

jälle kääbustes; vahe oleneb absoluutsest heledusest, ja nii sai võimalikuks lihtsa spektri ülesvõtte põhjal määrata, mitu korda mõni täht heledam või tumedam on kui meie päike. Aga kui absoluutne heledus tuntud, siis võib, lihtsate füüsika seaduste põhjal, selle tähe kaugust kergesti määrata: peame ainult tema näivat helki teadma, ja see on fotomeetri abil kergesti mõõdetav.

Teatavasti tekivad spektri tumedad jooned tähtede atmosfäärides, ja spektri iseärasused on ainult väljaspoolsed tunnismärgid nendes atmosfäärides valitsevate tingimuste kohta. Nii on ka hiiglaste ja kääbuste spektrite vahe seletatav sellega, et esimesi laialdasem, aga hõredam, viimaseid — madalam, kuid tihedam atmosfäär ümbritseb.

Uus kauguste määramise metood on oma lihtsuse ja suure tähtsuse poolest üks nendest üllatustest, mis spektroskoop seni meile on valmistanud ja edaspidi veel kahtlemata valmistab; see imeriist, see teaduse „filosoofidekivi“ tõotab päris universaalseks uurimis-abinõuks muutuda: ta määrab kaugete tähtede keemilist koosseisu, temperatuuri, suurust, liikumise kiirust, lahutab nägemata süsteeme ja lõpuks — määrab otsekoheselt nende kaugust. Sealjuures on spektrilise kaugusemääramise täpsus kaugete ja lähedate tähtede kohta ühesugune; on tarvilik ainult, et tähe helk tema spektri fotograafimist võimaldaks. Päikeseobservatooriumi suurte peeglite abil on võimalik sel viisil kuni 10. suuruse tähtede kaugust määrata, mis vastab kaugustele kuni 2000 valguseaastani. See ei ole küll rohkem kui statistilise metoodi abil, kuid peame silmas, et viimane annab ainult mõne täherühma keskmise kauguse, kuna uus metood iga üksiku tähe kauguse määrab. Praegu on sel viisil juba ligi 500 tähe kaugus leitud. Esiotsa võib seda metoodi ainult F-, G-, K- ja M-tähtede kohta tarvitada, mis aga ka kõige tähtsam: nendes klassides on absoluutse helgi vahe suur, kuna klassides A ja B meie suurt viga ei tee, kui oletame keskmist heledust — sest nende klasside tähed on enam-vähem ühetaolised (vaata abs. heleduste tabel lhk. 89).

Peale ülemalkirjeldatud metoodide on üksikuil juhustel võimalik mõne tähe iseäralise omaduse põhjal tema kaugust ja absoluutset heledust määrata. Üks kõige tähtsamatest sellesarnaseist juhustest on ühe teatava muutlikkude tähtede klassi, n. n. Tsefeiidide kauguse määramine.

Teatavasti nimetatakse muutlikkudeks niisuguseid tähti, millede helk mõne aja, harilikult kindla perioodi jooksul, muutub; ühe rühma seda liiki tähti oleme eespool juba tundma õppinud: need on varjutus- ehk Algol-tüübilised tähed. Kuid varjutustega saab ainult üht väikest osa muutlikkudest tähtedest seletada; suurema osa valgusemuutumise põhjus on tundmatu; nii on lugu ka Tsefeiidide-gа: arvatavasti oleneb nende helgi muutlikkus tähe, selle määratu suure gaaskera, võnkumistest, kuid see väide ei ole veel üldist tunnustamist leidnud. Saladuse peale vaatamata, mis neid ilmakehasid ümbritseb, kuuluvad nad ometi võib-olla kõige paremini tuntavate tähtede liiki: sest iga üksiku sellesarnase tähe kohta võime tema kaugust määrata, ilma et muud vaatluseabinõu peale inimesesilma (palja silmana ehk pikksilmaga varustatult) tarvitusele oleksime võtnud; sest meil on selleks tarvis ainult nende tähtede helgivõnkumise vältus ehk periood ära määrata.

Tsefeiidide helgi muutumine sünnib järgmisel viisil: järsu tõusu järele kahaneb helk pikkamisi, siis järgneb jälle tõus; keskmine ajavahemik kahe helgimaksimumi (kõige suurema helgi) vahel ongi helgimuutumise periood; Tsefeiidide periood on pea niisamasugune jääv suurus, kui Algol'ite oma. Pandi tähele, et teatava perioodi suurusele vastab üks ja seesama absoluutne heledus, ja nimelt — mida suurem heledus, seda pikem on periood; järgmised arvud kujutavad seda nähtust:

Periood (päevades)	1 või vähem	4	8	16	40	100
Abs. heledus	137	530	1300	3500	13 000	50 000

Nii on siis need muutlikud tähed hiiglased, millede läbimõõt 10—100 korda suurem võib olla kui meie päikese oma.

Olenevus perioodi ja heleduse vahel on nii täppis, et kui esimene on teada, võib teist arvutada; absoluutne heledus jälle annab kauguse.

Tsefeiidisid tarvitas ameeriklane Shapley (loe schepli) kerasparvede kauguste arvutamiseks. Täheparved jagunevad nimelt kahte liiki: 1) „lahtised“ parved, nagu kuulsad kaksikparved Perseuses, asetsevad Linnutee-süsteemis ja esinevad sõlmpunktidena viimase tähepilvedes; tähtede

arv nendes ulatub harilikult paarikümnest kuni paari tuhande täheni; 2) kerasparved (3. joon., lhk. 15), mis meist kaugemal on kui Linnutee tähed ja ise suuri süsteeme moodustavad.

Kerasparvede kaugus on nii suur, et nendes lühikese aja jooksul omaliikumisi tähele ei saa panna, aastaparallaksist rääkimata. Kuid fotograafiliste ülesvõtete kaudu oli võimalik nende süsteemide üksikute tähtede helki uurida. Selgus, et mitmes kerasparves Tsefeiiditaolisi muutlikke tähti hulgana leidub, ja see asjaolu võimaldas nende süsteemide kauguse arvutamist. Viimase ülesande lahendamiseks tarvitas Shapley peale Tsefeiidide veel kaht iseseisvat metoodi: selgus, et 1) 25-e kõige heledama kerasparve-tähe keskmine absoluutne heledus võrdub 400 ja 2) et kõikide täheparvede läbimõõt on pea ühesugune, — ligi 450 valguseaastat. Need andmed lubasid ka niisuguste süsteemide kaugust määrata, milledes muutlikke tähti seni ei ole leitud. Nii tarvitati kolme üksteist vastamisi kontrollivat metoodi, ja nende resultaadid olid heas kokkukõlas.

Selgus, et kerasparvede kaugused võrduvad paarikümnest kuni paarisaja tuhande valguseaastani. Centauruse kerasparv (3. joon., lhk. 15) on meile kõige lähedam sellesarnane süsteem, ja tema kaugus on 20 000 valguseaastat. Üldse tuntakse 69 kerasparve, ja vaevalt on meie Linnutee-süsteemi läheduses niisuguseid moodustusi veel rohkem kui 5—10 olemas. Tähelepanemisväärt on, et kõik need täheparved on oma läbimõõdu, tähtede arvu ja arvatavasti ka massi poolest pea võrdsed; ühes kerasparves arvatakse paarisajast tuhandest kuni üle miljoni üksiku tähe olevat, mille summaarne (üldine) heledus võrdub 275 000 päikesega. Nendest tähtedest saab ligemates parvedes ainult mitukümmend tuhat heledamat tähte suurte peeglite abil fotograafida.

Kõikide kerasparvede ühetaoline ehitus paneb mõtlema: siin peab mingisugune üldine seadus teotsema; kas sünnib nende süsteemide tekkimine kuskil kaugetes laotuse ruumides ühesuguse eeskuju järele, nõnda-ütelda „vabriku viisi“, või on olemas mingisugused sisemised jõud, mis nende suurust piiravad? See saladusline ühtlus sarnaneb selle tõsiasjaga, mis meie üksikute tähtede masside kohta tähele panime — ka seal on teatav ülempiir olemas; kuid kerasparved näivad oma massi poolest veel ühtlasemad olevat kui üksikud tähed.

Nende süsteemide paigutus ruumis tõendab, et nad oma suurte kauguste peale vaatamata veel ühendatud on Linnutee-süsteemiga ja kuuluvad vist osadena viimasesse. Nimelt on kerasparved Linnutee tasapinna suhtes sümmeetriliselt (ühetaoliselt) paigutatud ja selle tasapinnale paralleelselt laiemale paisatud kui perpendikulaarses sihis. Kuid sealjuures erineb hoopis kerasparvede paigutus Linnuteetähtede omast: kuna viimased läätsetaolisse kujusse on koondatud, mille läbimõõt mitte suurem pole kui 60 000 valguseaastat, moodustavad kerasparved omapärase pikerguse kurgitaolise süsteemi, mille pikkus 150 000, laius ja kõrgus 50 000 valguseaastaga võrdub; meie päike on selle süsteemi ühte otsa paigutatud, ja süsteemi pikem läbimõõt on Ammumehe tähekogu poole sihitud; sellepärast näivad kõik kerasparved ühele taevapoolele kogutud olevat — iseäranis Ammumehe, Mao ja Maokandja tähekogudesse; teises taeva-poolkaares puuduvad kerasparved täiesti. Aga kerasparvede paigutus toob meile veel iseäralikuma nähtuse: need moodustused puuduvad Linnutee-vöös eneses täiesti; alla 4000 valguse-aasta Linnutee kesk-tasapinnast ei leidu mitte ainustki kerasparve, kuna nad kaugemale põhja ja lõuna poole hulgana on koondatud, ja kõige suurem on nende arv umbes 12 000 valguseaastat nimetatud tasapinnast eemal; tekib mulje, nagu lõikaks Linnutee-tasapind selle kurgitaolise süsteemi pikuti pooleks. Kui arvesse võtta, et spektriliste andmete põhjal terve see süsteem umbes 100-kilomeetrilise kiirusega meie poole liigub ja et sealjuures üksikud kerasparved Linnutee-tasapinnale lähenevad, jõuame otsusele, et kerasparvede puudumine Linnutee-vöös seletatav on nende lagunemisega viimase piirides: muidu oleks mõni kerasparv ammugi juba Linnuteesse sattudes seal meile nähtav olnud. Kerasparv oma võrdlemisi vähema külgetõmbetungiga ei jaksa oma liikmeid kinni pidada; Linnutee suurema tungi ja üksikute tähtede üksteisele lähenemise tõttu lagunevad parvetähed mööda Linnuteed laiali, kasvatades sel viisil viimase täherikkust. Võib-olla ongi meie Linnutee seesuguste kerasparvede lagunemisest tekkinud, ja järelejäänud parved esinevad allikana, kust meie Läätsesüsteemisse uusi liikmeid sisse voolab. Siis võiks lahtiste täheparvede ja tähepilvede peale, mis Linnutee-süsteemi moodustavad, vaadata kui endiste kerasparvede jäänuste peale.

Kerasparvede lähenemise kiirust silmas pidades peaks terve nende kogu 300 miljoni aasta jooksul meist mööda minema ja sealjuures sulaks suurem hulk nendest Linnutee tähtedekoguga ühte. Selle ajapikkuse peale vaatamata ei tähenda tema Linnutee-süsteemis rohkem kui üks päev meie elus; ja vaevalt võiks oletada, et nii lühikesel ajal põhjalik muutus meid ümbritsevas ilmaruumis võiks sündida: vist saab tulevane uurija siis sarnaseid kerasparvi vaatlema, kui meiegi nüüd; ainult need tulevased kerasparved peituvad praegu kuskil lõpmatus ruumis ja on meile veel nägematud. Võib-olla moodustab see kerasparvede kogu mingisuguse voolu, mille kauguseulatust meie ei aima ja mis Linnuteesse voolab kui jõgi merre.

Kuna kerasparvede ühendus Linnuteega kahtlust ei ärata, näivad spiraaludud, mis spektroskoobi tõendusel ka üksikutest päikestest koostuvad, iseseisvad süsteemid olevat, võib-olla meie Linnutee taolised. Nende kaugust ei ole jõutud seni veel täpsalt määrata: peapõhjuseks on, et neis ei saa üksikuid tähti kõige suuremate pikksilmade abil näha ega fotograafida. Kuid ühe spiraaludu kaugus on praegusel ajal õige rahuldavalt hinnatud: see on suur Andromeda udukogu (18. joon.). Mitmeist iseseisvaist kaudseist kaugusemääramisist selgub, et see moodustus on meist 2—3 miljonit valguseaastat eemal. Tema läbimõõt võrduks 30—50 tuhande valguseaastaga ja mass teeks umbes 9 miljardit päikesemassi välja. Nii on meil siin tõepoolest tegemist süsteemiga, mis Linnuteega ühevääritusline. Selles udukogus märgib fotograafiaplaat tihti uusi tähti — ühe kuu jooksul keskmiselt umbes ühe. Need uued tähed sarnanevad nähtavasti meie Linnutee sellenimeliste ilmutustega; nende näiv helk, keskmiselt 17—18 tähesuurust, vastab Linnutee uute tähtede keskmisele suurusele (kui kaugus arvesse võtta). Kuid nad ilmuvad sagedamini — meie Linnutees juhtub üks katastroof ainult 1—2 aasta jooksul; sagedad katastroofid Andromeda udukogus on seletatavad vist selle moodustuse suurema tähehulgaga.

1885. aastal nähti selle udukogu keskpunkti lähedal uut tähte, mille helk kuni 7. suuruseni tõusis, nii et tema 900 miljonit korda meie päikesest heledam pidi olema; nähtavasti ei juhtunud siin mitte harilik katastroof, vaid midagi iseäralikku. Võib-olla saime meie siin kahe päikese otsekohese kokkupõrkamise pealtvaatajateks, kuna

taevakatastroofid, mida meie uute tähtede kujul vaatleme, harilikult vähemate jõudude mõjul tekivad.

Spektroskoop tegi avalikuks spiraaludude haruldase liikumiskiiruse: selle keskmine suurus on 500 kilomeetrit sekundis ja vastab kaugenemisele; spiraaludude süsteem näib suure kiirusega umbes Linnutee põhjapooluse sihis liikuvat, ehk, ümberpöördult, võib enesele ette kujutada, et Linnutee süsteem vastupidises sihis liigub spiraaludude üldsüsteemi suhtes. Suur liikumise kiirus on üheks mõjuvamaks tõenduseks selle kohta, et spiraaludud meie süsteemile ei allu: üldse on nende moodustustel kõige suuremad kiirused, mida taevakehade juures kunagi on tähele pandud; nad ulatuvad kuni 1800 kilomeetrini sekundis. Ka on spiraalududes keerlemisliikumist leitud: viimane sünnib spiraalharude ööne sihis, kiirustega paarikümnest kuni 300 km sekundis. Ka on spektroskoobi abil liikumist spiraalharusid mööda uuritud: see sünnib keskpunktist väljapoole.

Spiraaludud on kõige suuremal arvul Linnutee pooluste lähedale koondunud; sealjuures on neid põhja-poolkaares 2—3 korda rohkem kui lõunapoolses. Arvatavasti moodustavad spiraaludud, mille arvu 1 miljoni peale hinnatakse, määratu suure süsteemi, mis pikergune ja mille pikem läbimõõt umbes Linnutee poolustele on sihitud. Selle süsteemi üheks lähemaks liikmeks on Andromeda udukogu, ja võib-olla kuulub sellesse ka meie Linnutee. Kuid viimast väidet ei saa kategooriliselt oletada; on mõned üksikasjad, milledest näib, nagu ei oleks meie Linnutee teiste spiraaludude sarnane; meie oma süsteemi kohta on kõige raskem otsustada, sest meie asume tema keskel ja ei või temast üldvaadet saada; meie tunneme tema üksikuid liikmeid paremini, kuid kuidas ta väljastpoolt välja näeb, kas ta on spiraalne või mitte, seda me kindlasti ei tea; kergem on seda kauge Andromeda süsteemi kohta tõendada kui Linnutee kohta. Et selle küsimuse peale vastata, tuleb võib-olla paarkümmend aastat intensiivset astronoomide tööd ära oodata, kuna Andromeda udu kohta vastus paari tunni jooksul fotograafiaplaadi peal saadav on.

E. Öpik.