





Arminio .

Eunst.

24. XII. 1928.

Geol. lab. inv. 025-1946: 131.

O. A. 20 E. OPIK
208.

PÄIKE

UUEMATE
UURIMUSTE
VALGUSEL

EESTI KIRJANDUSE SELTSI
KIRJASTUS

E. SPK
EESTI KIRJANDUSE SELTSI
KOOLIKIRJANDUSE-TOIMKOND

NOORSOO KIRJAVARA NR. 148
POPULAAR-TEADUSLIK SEERIA

PAIKE

kuemate uurimuste valgusel

1937
EESTI KIRJANDUSE SELTSI KOOLIKIRJANDUSE-TOIMKOND
TALLINNA

A-6397 III

E. OPIK

PÄIKE

uuemate uurimuste valgusel

1928

EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS
TARTUS

E. OPIL

PÄIKE

uueimate uurimuste valgusel

Trükitud G. Roht'i trükikojas
Tartus, 1928. a.

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

124663

1928

ERSTI KRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS

TARTUS

Eessõna.

Selles väikeses raamatukeses püüdsime üldarusaadaval kujul jutustada tähtsamaid nüüdisaegsete uurimiste valgustatud fakte päikesest. Raamatu üldarusaadavust ja kujutuse võimalikku ühtlust silmas pidades tuli loobuda täieliku päikese monograafia kirjutamisest. Rääkimata juba sellest, et igasugused, lugejalt põhjalikumaid elteadmisi nõudvad matemaatilised arvutused ja arutusedki on välja jäetud, nii et meil jääb üle esineda palvega, et otsekohe ustaks paljut, millest allpool kõneleme, hoidusime ka puutumast erisuguseid, vahest väga imelikke teooriaid, mis päikesel vaadeldavate ilmingute seletuseks välja mõeldud. Võib ju iga teadusliku uuringu jaotada kahte ossa: 1) faktide vaatlus ja 2) teooria — faktide seletus. On teadaolevate faktide hulk puuduline — niisuguses seisukorras on kahjuks alles päikese-teadus —, siis võib neile mitu erisugust seletust anda, nii et on olemas mitu päikese teooriat. Arvates, et algajat ei pea eksitama üksteisele vasturääkivate arvamisiga, otsustasime piirduda vaid selle kirjeldamisega, mis ei kuulu vaidluste alla: faktide jutustamisega. Kõigi nende faktide ühiseks pildiks koondamiseks anname igale nähtusteliigile ühe seletuse, mida meie ühes suurema osa päikeseuurijaiga kõige tõenäosemaks peame.

Teiselt poolt, silmas pidades lugejat, kelle ainsaks ettevalmistuseks on huvi asja vastu ja elementaarne kirjaoskus, mahutasime raamatusse lühikesi, kõige üldisemaid teateid naaberteadusist — füüsikast, keemiast, geoloogiast ja astronoomiagi teisist harudest; selles tükis loodame võivat vabanduda suuremate teadmistega lugeja ees, kelle kätte, võib olla, juhtub see raamat.

Meie töö paljude puuduste, muu seas tema ebatäiuse ja teooriate suhtes erapoolikuse põhjusi seletanud, otsustame pakkuda lugeja tähelepanekule päikesel sündivate ilmingute pildi, missugusena see meile esineb senini toimetatud vaatluste kogu põhjal.

I PEATÜKK.

Üldine päikese kirjeldus.

Mingi taevakeha uurimisele asudes otsib astronoom temas kõige pealt arve ja suhteid. Ta mõõdab kõik, mis võimalik, puuduva täiendab matemaatiliste arvutusega, ja sel teel saadud arvude ja matemaatiliste valemite alusele ehitab ta juba teaduse kindla hoone.

Sellepärast on meilgi esimeseks küsimuseks: kui palju? Mitu kilomeetrit on siit päikeseni?

Päikese tõusu või loojangu ajal, kui päike on vaatepiiril, näeme selgesti ta olevat maakeral asuvate asjade taga, kaugemal kui kõige kaugemad ehitised, metsad, mäed, mis mõnikord näha sadade kilomeetrite taha. Vähe sellest: kui rännata maad mööda tuhanded kilomeetrid, suunduda vastu päikese tõusule, minna tema loojangu poole, ka põhja ja lõunasse, isegi kui käia ümber terve maakera, igalpool, niihästi meil kui Jaapanis, Aafrikas ja põhjanabal paistab päike täitsa ühesuguses suuruses, ei kuskil suurem ega väikesem; igapäevasest elust aga teame, et mingile asjale lähenedes näib ta suurenevat, temast kaugudes vähenevat. Kui nüüd tuhandete kilomeetritelised nihkumised päikese näivat suurust ei muuda, siis tähendab see, et need tuhanded kilomeetrid ei ole midagi, võrreldes päikese kaugusega, ja et päike on meist mõõtmata kaugemal kui kõige kaugemad maad maakeral.

Kuidas saab siis määrata kaugust päikeseni? Kui meil tarvis mõõta maa pinnal mingisugust pikkust, näiteks, kahe puu vahekaugust, tõmbame nende vahele sirgjoone, näit. pinguldame nööri, ja siis loeme, mitu korda teatud mõõduühik, näit. meeter, mahub sesse pikkusesse. Aga kuidas talitada asja nii kaugel olles, et selleni ei küüni, nagu päikeseni. Kui kõndida või sõita raudteel, näib, nagu liiguksid kõik asjad meile vastu, lähemad asjad kaugemaist kiiremini. Ligidased postid mööduvad vaguni akendest nii ruttu, et ei jõua neid vaadelda; kaugel majad, puud liuglevad pikka, kuna väga kaugete, vaatepiiril olevate asjade nihkumine ei puutu korraga silmaga — alles mõne aja pärast võib seda märgata.

Nii võib asjade näiva ehk nurknihkumise suuruse järele otsustada, kui kaugel on asjad meist, kusjuures asjad ise võivad olla meile kättesaamatud; ülalnimetatud nihkumine on astronoomias parallaksi nime all tuntud.

Parallaksi karvapealseks määramiseks tarvitatakse eriti täpsaid riistu, mille abil võib mõõta niisuguseid asjade nihkumisi, mis oma nurksuuruselt hulga väikesemad välja-sirutatud käe kaugusel oleva juukse jämedusest. Et aga väike näiv nihkumine on kaugeil asjul, siis võib nende nurki mõõtvate riistade abil määrata väga suuri kaugusi.

Taevakehad on meilt nii kaugel, et nende kauguse määramiseks ei ole küllalt isegi täpsaist instrumendest. Kui oma vaatlemiskohta väikese kauguse, näit. mõne kilomeetri võrra, muudame, ei märka me taevakeha seisus mingit muutust. Et näha kõige väikesematki nihkumist, peab vaatleja asetuma erisugusesse maanurkadesse. Maakera läbimõõt on 12 750 kilomeetrit; osutub, et kui nihkuda selle kauguse võrra, siis nihkub päike $17''{,}6$ ehk $\frac{1}{205}^{\circ}$, mis on meie valguseallika nähtavast läbimõödust 100 korda väikesem. Sellest arvutati, et päikese kaugus on maakera läbimõödust 11 720 korda suurem, mis annab 149 500 000 kilomeetrit. Peame meeles, et päikese kaugus on ümmarguselt 150 miljonit kilomeetrit. Niisugust kaugust on raske kujutella. Kui

ehitaksime raudtee päikeseni, ja seda teed mööda saadaksime kõige rutema kiirrongi päikese poole, siis jõuaks see päikese juurde alles 200 aasta pärast, meie harilik reisijaterong peaks aga peatumata liikuma 1000 aastat. Kui selle pika teekonna võtaksid ette väljarändajad naiste ja lastega, käiksid iga päev 30 kilomeetrit, siiski ei näeks nemad, ei nende lapsed ega lapselapsed tee lõppu, vaid 500 põlve peaksid vahelduma, enne kui nad saavutaksid oma eesmärgi.

Sellest on selge, et päikese mõõted (dimensioonid) peavad olema määratu suured, kui teda sel hiiglakaugusel ikkagi veel näeme. Päikese nurksuurust võib mõõta samade riistadega, millega parallaksigi. Täpsate mõõtmistega on saadud päikese nurga suurus umbes $\frac{1}{2}^\circ$, mis vastab tõelikule läbimõõdule — 1 390 000 km. See on maakera läbimõõdust 109 korda suurem. Kui asetaksime taevavõlvile päikese kõrvale oma maakera, võiksimme teda vaevalt näha: ta paistaks meile vaid väga väikese punktina, täpina.

Missugune on päikese tõeline kuju? Kui päikest vaadelda läbi tahmatud klaasi, paistab ta heleda, korrapärase ringina; võib esiti arvata, et ta on tasapinnaline. Kuid vaatlused ja mõned järelekaalumised osutavad kahtlemata, et ta on kera nagu maagi. Et maa on kera, selles on inimesed võinud veenduda peale mitmesuguste katsete ka nii-öelda käega katsudes: merimehed oma ümber-ilma-reisidel, ikka ühes suunas liikudes, jõudsid tagasi teekonna alguskohale vastakast küljest. Kuidas tõendada, et päikegi ei ole tasapinnaline ring, vaid kera? Teatavasti tiirleb meie maakera päikese ümber, õiendades täie pöörangu ühe aasta jooksul. Nii siis, kui me praegu päikest eestpoolt vaatleme, näeme teda kolme kuu pärast küljelt; oleks ta, näit., vaskraha taoline tasapinnaline keha, paistaks ta ainult servana, mitte ringina. Tõeliselt näeme aga päikest alati korrapärase ringina, mis võimalik vaid tingimusel, et ta on kera. Järelikult omab päike maaga ühesugust vormi: tal on päratu suure palli kuju, mille läbimõõt üle miljoni kilomeetri. Tema ümber ringi te-

gemiseks kuluks kiirsõitjal aurikul keskmiselt 18 aastat, kuna sama sõiduk käiks kord ümber maakera kahe kuu jooksul.

Päikese läbimõõt on maakera omast enam kui 100 korda suurem. Arusaadavalt on maa ja päikese ruumalade vahe veel suurem; oleks päike õõnes keha ja tahaksime tema täita (tihedalt, ilma vahedeta) maataoliste keradega, siis vajaksime neid seks otstarbeks üle miljoni, nimelt 1 300 000 tükki.

Astronoomid ei ole osanud ainult määrata päikese kaugust, päikest ennast puutumata; nad kavaldasid määrata isegi päikese raskust, teda ennast kaalumata. See toimetati järgmiste arvamiste abil: igäiks on muidugi näinud magnetit, see on tükk terast, mis tõmbab oma külge teisi raud- ja terastükke. Kui, näit., magnet panna nõela lähedale, hakkab viimane kui iseenesest liikuma magneti poole, liikumine muutub ikka kiiremaks ja kiiremaks, kuni viimaks nõel hakkab magneti külge. Niisugune magneti tõmme mõjub vaid rauda ja terasesse. Kuid kõigil teiselgi kehil: kivel, puul, maakeral on säärane omadus üksteist tõmmata, ainult palju väikesemal määral. Meid ümbritsevate asjade vastastikust tõmmet meie ei märka sellepärast, et tõmbejõud on väikesis kehis väga, väga nõrk, ei riida keha paigastnihutamiseks. Aga mida suurem keha, seda tugevam on ta tõmme. Maa on ülisuur keha, ja et meie asume temaga täiesti kõrvustikku, otse tema pinna juures, sellepärast on ka ta tõmbejõud suur, tundub igal sammul. Võtke kivi kätte — teie tunnete tema raskust, ta rõhub käe peale; see on sellepärast, et maa tõmbab kivi alla, oma poole; lasete kivi käest, siis kukub ta, s. o. hakkab liikuma maa poole, just samuti, nagu nõel magneti poole. Teidki ei lase maa enesest palju kauguda, vaid hoiab oma tõmbejõuga; hüppate ülespoole, — maa peatab teid selle jõuga ja sunnib tagasi kukkuma. Ühe sõnaga, kuhu aga vaatame, kõikjal leiame raskustungi. Kõik kehad püsivad maa pinnal ainult tänu sellele tungile, mille puududes nad kõik oleksid ammugi ilmaruumi lennanud. Mitte ainult maal, vaid kindlasti kõigil kehil on see tõmbeomadus.

Tõmbavad ka kuu, päike, tähed. See kõigi kehade omadus üksteist külge tõmmata nimetub raskustungiks (gravitatsiooniks). Tõmbejõu tugevus kasvab keha massi¹ suurenedes ja nõrgeneb keha kauguse kasvades. Nii siis, kui on teada mingi taevakeha kaugus ja ta tõmbejõud meie kohta, võib arvutada tema massi.

Päikese külgetõmbejõud määrati tema tegevuse põhjal: see jõud hoiab maakera, paneb tema aasta jooksul tiirlema ümber päikese, ei lase teda lennata ilmaruumi. Külgetõmbejõu põhjal leiti juba päikese mass: see on maa massist 333 000 korda suurem. Nägime, et päikese ruumala ületab maa mahu enam kui miljon korda; koosneks päike niisugusest aineest kui maa, oleks ka ta mass nii mitu korda suurem kui mahtki; tõelikult on aga päike hoopis kergem: päikest moodustava aine tihedus on maa tihedusest 4 korda väikesem ja kõigest 1,4 korda veest raskem, maa on aga veest 5½ korda raskem.

Suure massi tagajärjel on raskustung päikese peal suurem kui maakeral, nimelt 28 korda jõulisem; poolteise-naelaline viht kaalub seal 1 puud, inimene aga — umbes 1½ tonni; järelikult, päikesepinnal ei saaks me mitte ainult kõndida, vaid isegi endi liigutamiseks ei oleks meil seal mingit võimalust: päikesel rõhuks meid puruks meie oma raskus.

¹) „Mass“ on aine hulk kehas. Maa pinnal võrreldakse kehade massi nende raskuse järele, kuna kaks keha, millel mass ühesugune, tõmbuvad maa poole ühesuuruse jõuga. Sellespärast on massi ja kaalu mõõtmisel üks ja sama nimetus; öeldakse, näit., et mingi hulk jahu võrdub 2 puudaga: see on, jahu mass, ühtlasi aga ka selle hulga kaal maa pinnal on 2 puuda — niisugust jõudu vajatakse selle jahu hulga tõstmiseks. Siirduksime sama jahuga kuu peale, jahu mass jääks seal muidugi endiseks — oleks ikka 2 puuda; sellest saaks seal toiduaineid just sama palju kui maagi peal. Kuid kaaluga oleks asi teisiti. Kuu on maakerast väikesem, sellespärast on tõmbejõud kuu pinnal ka nõrgem, nimelt 6 korda; kõik asjad oleksid seal 6 korda kergemad, ja meie 2 puuda jahu ei kaaluks seal enam 2 puuda, vaid kõigest 20 naela.

Mitte ainult suur raskus ei võta inimeselt võimalust päikesel olla: hirksam on seal valitsev kuumus. Katsuge vaadata päikese peale, te pöörduate kohe teisale — silmil on valus, aga lambi tulle või küdevasse ahju võib vaadata kaua, väsimatult. Päike annab meile nii heleda valguse sellepärast, et ta on väga kuum — tema peal on palavam kui kõige kuumemas ahjus maakeral. Tavalisesti mõõdetakse soojust termomeetriga, mis on jaotatud kraadideks; soojuse aste nimetatakse temperatuuriks. Kui lumi sulab, on ta temperatuur 0° , harilik tubane temperatuur on 17° (Celsiuse järele); 25-kraadiline soojus loetakse juba palavuseks; üle 60-kraadilist kuumust maakeral vabas õhus ei ole; vesi keeb 100-, raud sulab 1500-kraadilises kuumuses. Sulatusahjudes võib temperatuur küündida kuni 2000° . Päikese temperatuur on veel kõrgem: pinna lähedal on see 6000° , siseosades aga mõõtmata kõrgem. Mis peaks kehiga sündima niisuguses kuumuses, on raske kujutella. Maa peal on kehad kolmesuguses olekus: kõvas, vedelas ja gaasitaolises. Kõvad ja vedelad kehad on tavalisesti võrdlemisi rasked ja liikuvusvaesed, gaasid ja aurud aga kerged, liikuvad ja hästi läbipaistvad, õhk, näit., on nii läbipaistev, et me teda oma lähemas ümbruses ei näe, võime märgata teda ainult tuulepuhanguna või taevasinana. Katse näitab, et soendamisel võib muuta kõvu kehi vedelaiks, vedelaid — gaasitaoliseks. Paremaks näiteks on vesi. Võtame tüki jääd, see on kõva keha; soendamisel hakkab ta peatselt sulama ja muutub veeks — vedelkehaks; edasisoendamisel hakkab vesi keema ja kiiresti auruks — gaaskehaks — muutuma. Teised kehad ei sula ega aura nii kergesti; seatina, näit., sulab 326° , keeb 1500° . Siiski võib iga keha auruks muuta, selleks tarvis teda ainult vajalisel määral kuumutada. Nii osutub, et päikese pinna kuumuses ükski keha — vesi, kivid, raud — ei või vältida auramist; ei või olla seal kõvu ega vedelaid kehi, on vaid gaasitaolised. Rauaaurud hõljuvad vabalt ümber päikese, samuti kui maakera ümbritseb õhk; meil on õhk kas niiske või kuiv, seal aga raua-, söe- või vaseõhk jne.

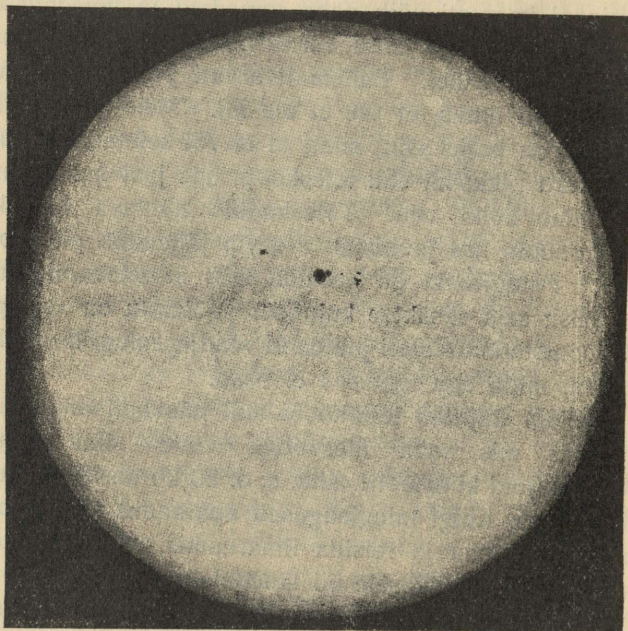
Ülal mainisime, et päike on võrdlemisi kerge keha, maast 4 korda hõredam. See seletub sellega, et päike on gaasitaoline, maa aga — kõva keha; gaaskehad erinevad kõvust eeskätt just oma vähese tihedusega.

Läbi tahmatud klaasi näib päike täitsa tasase kettana: palja silmaga ei näe me tema pinnal mingisuguseid laike ega ebatasasusi. Selle poolest erineb päike väga kuust, mille pinnal kergesti võib näha tumedaid ja heledaid ebakorrapäraste nähetega kohti, nii et paljud leiavad sarnasuse kuu ja inimnäo vahel. Ennemalt arvati päike päris puhas olevat. Ometi ilmus, et see ei ole nii. Meie silm on liiga nõrk, ilmas on palju asju, mida ta ei või seletada. Silmale abiks leiutati pikksilm ehk teleskoop, mis just kui lähendab ja suurendab kõiki asju. Teleskoobis nähtava taevakeha pildi astronoom kas joonistab ära või jäljendab päevapildiplaadile. Fotograafia on kasulik, sest et päevapilt annab alati reaalse asja eksaktse kujutise. Võimatu on asja päris täpselt joonistada — alati juhtuvad vead; pealegi tarvis hästi joonistada, mida aga igamees ei oska.

Joonis 1 kujutab teleskoobi abil päevapildistatud päikest. Seda, mis näha ülesvõttel, võiks silm seletada, ütlemise, 3 miljoni kilomeetri taha, s. o. 50 korda lähemale kui tõeline kaugus. Kuigi mingisugused aparaadid võimaldaksid inimestel jätta maa ja reisida ilmaruumis, suur kuumus ei laseks neid ometi päikesele nii lähedale.

Ülesvõttel puutuvad silma kaks asjaolu. Esiteks on näha, et päikese pind ei ole üleni ühesuguse heledusega: keskel on ta heledam, ääriil tumeneb pikkamööda. Selle põhjus on järgmine. Nagu juba kõnelesime, on päike õhusarnane gaaskeha ja läbipaistev kui õhki. See läbipaistev gaas on kangesti kuum, sellepärast helendubki. Oma läbipaistvuse pärast saadab päike valgust niihästi oma pinnalt kui süvikust, nii et päikese terve väljaspoolne kiht näib helenduvat. See ei ole sugugi kõva keha helendumise sarnane. Kui kuumutada mõnd kõva keha, näit., sütt, rauatükki, siis hakkab helenduma vaid pind, kuna sisemine valgus meieni

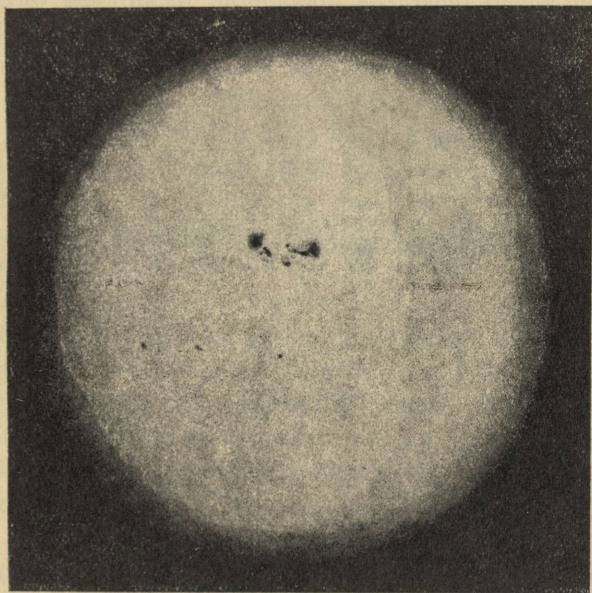
ei pääse, samuti ei saa me kõva keha sisse vaadata. Päikese keskk kohta vaadates aga tungib meie pilk otse ta sisse, ja ka valgus tuleb meile süvakihest; vaatame aga päikese äärele, siis liugleb pilk päikese pinda mööda, näeme vaid tema pealmisi kihte. Midagi sarnast paneb tähele järvel lootsikuga: otse alla vette vaadates näeb ta süvakihte või järve põhja;



Joonis 1.

kaugetele vaadates aga vee pinda. Nii näeme päikeseketta keskel sügaval-asuvaid, ääre lähedal aga — pealmisi kihte; mida sügavamale päikesesse, seda kuumem, mida kuumem keha, seda enam ta helendub. Järelikult, päikese süvakihid, omades kõrgemat temperatuuri, peavad kiirgama heledamini kui väliskiht; kuna meie süvakihte aga päikese ketta kesk-kohal näeme, siis on arusaadav, miks päikese keskus näib äärist heledam.

Teiseks puutub silma tumedaid plekke keskkoha läheduses — üks suurem ja salk väikesi plekke — täpikesi. Need ongi päikese laigud. Käesolev ülesvõte on tehtud 19. mail 1910. a. Päikest mõnel teisel ajal vaadates saame teissuguse nähte; näiteks võiks võrrelda käesolevat ülesvõtet 9. veebr. 1917. a. valmistatud ülesvõttega (joonis 2).

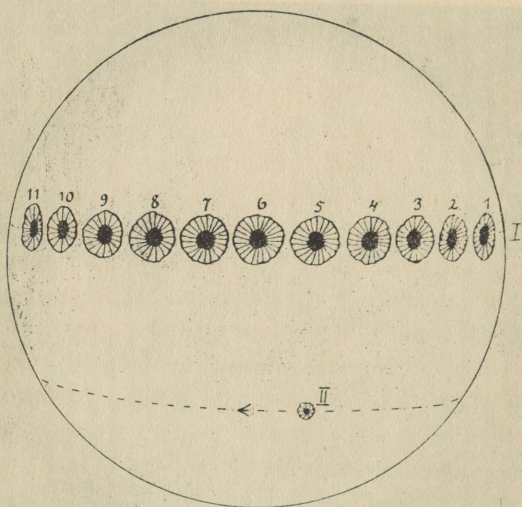


Joonis 2.

Välisnähte muutuvuse põhjused on järgmised. Esiteks ei püsi laigud paigal; kui võtta üks laik vaatlemisesemeks, seirata teda päevast päeva, siis osutub tema pikaldane nihkumine päikeseketast mööda idast läände. Kuidas see sünnib, kujutab joonis 3. Oletame, et vaatleja nägi esimesel päeval laiku paremat kätt ääre juures (seal on number 1); see näib kitsas, piklik. Järgmisel päeval vaatab ta jälle ja näeb, et laik on äärest eemaldunud ja asub number 2 juures, ühtlasi

on ta nüüd vähem piklik. Laigu seis järgnevail, 3., 4. jne. päevil on märgitud vastavate numbritega.

Laigu lähenemisega keskkohale käib kaasas tema näiv ümmardumine; täielikult jõuab ta keskk kohta umbes 6. päeval; selle järel läheb ta pahemale, ja kaugudes muutub taas kitsaks; 12.—13. päeval ühtib ta päikese pahema servaga ja kaob. Kahenädalase ootuse järel võime jälle näha



Joonis 3.

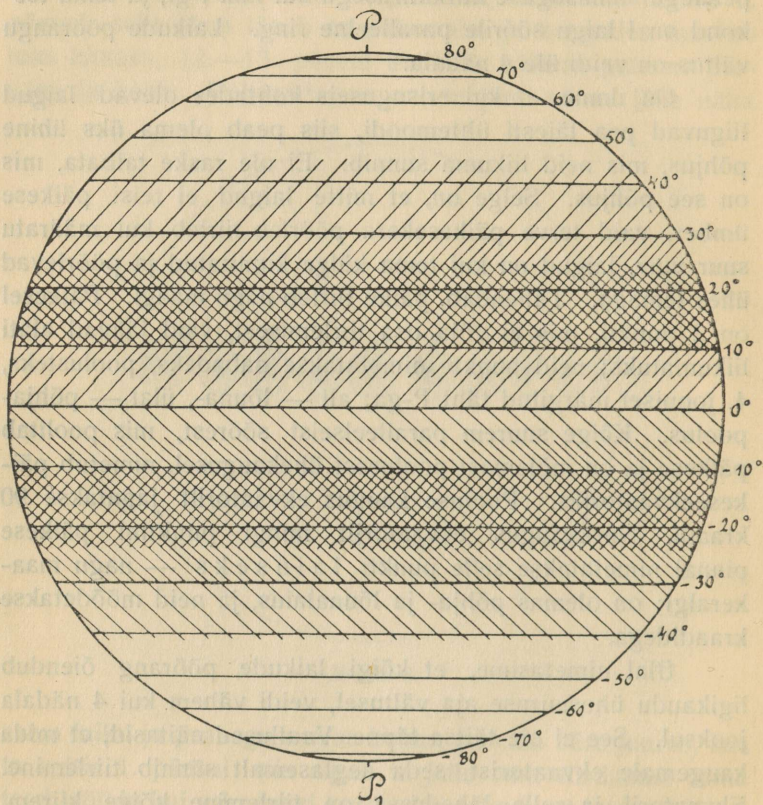
sama laiku ja peaaegu samas kohas, parema ääre juures, kus ta seisis 1. päeval; siis algab ta jälle oma siirdumist sama teed mööda kui esimenegi kord. Nii selgub, et laigud käivad ümber päikese. Joonega ühendades need kohad, kust laik läbi läks, näeme, et ta liikus peaaegu ringi (sõõri) mööda. Sel viisil võib seirata mitu laigu tiiru ümber päikese; tõsi, alati ei õnnestu laigu uuestiilmumist ära oodata. Sest päikese laigud on lühiealised: mõne aja oletsenud, kaovad nad; seevastu võib mõnes teises kohas päikese pinnal täitsa ootamata ilmuda uus laik. See laikude kindlusetus ongi päikese välisnähte muutuvuse teine põhjus.

Ükskõik, missugust laiku päikesekettal jälgida, kõigi nihkumine on ülalkirjeldatu sarnane. Näit. laik II, mis on all (joonis 3), päikese pinnal hoopis teises kohas, liigub peaaegu samasuguse nurkkiirusega kui laik I-gi, ja tema teekond on I laigu sõõrile paralleelne ring. Laikude pöörangu vältus on veidi üle 4 nädala.

On ilmne, et kui erisuguseis kohtades olevad laigud liiguvad pea täiesti ühtemoodi, siis peab olema üks ühine põhjus, mis neid liikuma sunnib. Ei ole raske taibata, mis on see põhjus. Selge on, et mitte laigud ei reisi päikese ümber, vaid terve päikesekera pöörleb-tiirleb kui määratu suur vurr, laigud on kui tema külge kinnitatud ja pöörlevad ühes temaga. Tähendab, päike tiirleb nagu maagi. Päikesel on 2 punkti, mis ei võta osa tiirlemisest, vaid jäävad alati liikumatuks; neid punkte nimetatakse nabadeks, poolusteks, 4. joonisel märgitud täht P-ga; all — lõuna-, ülal — põhja-poolus. Kõige suurem paralleelseist sõõrest, mis poolitab päikese ja on mõlemast poolusest ühekaugusel, nimetub päikeseekvaatoriks. Pooluse kaugus ekvaatorilt jagatakse 90 kraadi. Nurkkaugus ekvaatorilt mingi punktini päikese pinnal nimetatakse selle punkti laiuses — nagu maa-keralgi; on olemas põhja- ja lõunalaius, ja neid mõõdetakse kraadidega.

Ülal nimetasime, et kõigi laikude pöörang õiendub ligikaudu ühesuuruse aja vältusel, veidi vähem kui 4 nädala jooksul. See ei ole täitsa täpne. Vaatlused näitasid, et mida kaugemale ekvaatorist, seda aeglasemalt sünnib tiirlemine. Ekvaatoril ja selle läheduses on tiirlemine kõige kiirem, sealsete laikude täissõõri vältus on 25 päeva; 30-kraadilisel kaugusel ekvaatorist on tiirlemisaeg juba $26\frac{1}{3}$ päeva; poolusele lähemal pikeneb veelgi tiirlemise vältus. Tähendab, päike pöörleb mitte tervikuna, vaid võõde kaupa: ekvaatorivöö kiiresti, poolusile lähemal olevad osad aeglasemalt. See näitab, et päike ei või olla kõva keha, kuna viimane peaks tiirlema vaid tervikuna, korraga. Meie võrdlesime päikese ringimist vurriga; nüüd näeme, et see võrdlus on ebatäpne.

Pigemini võib teda võrrelda kausis pöörleva vedelikuga, mis mõlaga liikuma aetud, kus võib märgata liikumise kiiruse vahet äärte lähedal ja keskel. Nagu juba nimetasime, võib



Joonis 4. Kriipsustik kujutab laikude jaotust päikese pinnal.

päike oma suures kuumuses säilida ainult gaaskehana; tema pöörlemise iseäraldused kinnitavad selle oletuse täiesti.

Kuigi päikese tiirlemine avaldus laikude vaatlemise läbi, ometi ei saa seda ainult laikude järele täiel määral uurida, sest laigud ei ole mitte üle terve päikese pinna, nad asetsevad vaid valitud kohtades; nimelt nähakse suuremat osa laiike

kahes vöös mõlemal pool ekvaatorit, 5° ja 30° põhja- ja lõunalaiuse vahel. Ekvaatorile enesele ilmuvad laigud üsna harva, polaaraladel — 45° kuni pooluseini — puuduvad nad täiesti¹⁾. 4. joonise kriipsustik kujutab näitlikult laikude jaotust päikese pinnal: tihedam kriipsund kusagil vöös tähendab, et seal rohkem nähakse laiike, ja ümberpöördult.

Vaatame nüüd, milliseid iseäraldusi on veel päikese laikudel. Joonisel 5 näete suure laigu ülesvõtte, mille valmistas Vene astronoom Hanski Pulkovos 16. juulil 1905. a.; see ülesvõtte on suuremas mõõtes kui joonisel 1 ja 2. Siin näete päikese pinna 100 000 kilomeetri kauguselt vaadatuna, s. o. tõelikust kaugusest ligi 1500 korda lähemal. Nii võib selle ülesvõtte põhjal saada palju parema kujutelma päikese laikude üldisest nähtest. Kirjeldatava laigu läbimõõt oli umbes 30 000 kilomeetrit ehk 2½ korda suurem maakera omast. Siiski ei ole see laik veel kõige suuremate hulgast: päikesega võrreldes on ta suurus tühine; oma suuruselt võrdub ta 1. joonise kõige suurema laiguga, on aga 2. joonise laikudest märksa väikesem. Niisuguse suuruse laigud on päikese pinnal tavaline ilming; aga harva on nähtud ka laiike, mis oma mõõdete poolest ületasid selle 5—7 korda, nende läbimõõt ulatus sadade tuhandete kilomeetriteni; niisuguseid suuri laiike on hõlpus näha lihtsilmaga läbi tahmatud klaasi. Juba vanal ajal, pikksilmade puududes, nägid inimesed üli-suuri laiike; vanus Hiina kroonikais, mille iga enam kui 1500 aastat, mitu korda mainitakse päikese peal nähtud laiike. Neid nähti Euroopas ka keskajal, kuid sellal ei suudetud seda uskuda: päikest peeti täiesti puhtaks, laiike — päikese ja meie vahel asetsevaiks tumedaiks kehiks. Niisuguse eksiarvamise valitsemisest seletubki asjaolu, et päikese laikude olemasolus võidi veenduda alles 300 aastat tagasi, kui pikksilm leiutati ja esmakordselt taevakehile juhiti. Ent paljud

¹⁾ Viimasel ajal (1916. a.) nähti väikesi laiike 70° laiusel; need nõrgad laigud leiti Lõuna-Aafrikas, Hea Lootuse neemikul tehtud ülesvõttelt. See on haruldane erand; ja erand vaid kinnitab reeglit.

ei uskunud veel kaua sedagi, Rooma kirik kuulutas ketseriks kõik, kes julgesid tõsitada, et päikesel on laigud. Kuid pöördume tagasi oma laigu juurde.

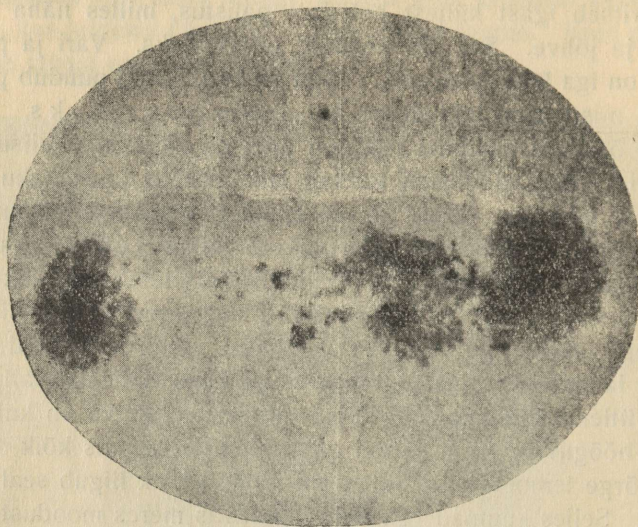


Joonis 5.

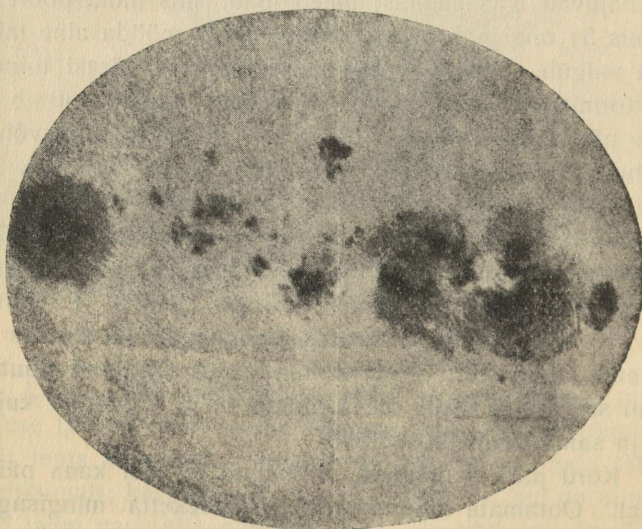
Laiku, mille pilti näete joonis 5, võib üldiselt pidada päikese laikude esindajaks; suurem hulk laiike on oma ehituselt tema sarnased. Sellepärast silmitseme teda tähelepanelikumalt: keskel on täitsa tume koht, — see on niinimetatud laigu vari; siin poolitab teda hele riba, mis tavalisesti puudub teisel laigel. Temast kõneleme allpool. Laigu varju

ümbritseb igast küljest heledam palistus, milles näha hulk jugi ja jõhve. See äär nimetub poolvarjuks. Vari ja poolvari on iga laigu peaosad. Väga väikesil laigel puudub poolvari; niisugused laigukesed kutsutakse p o o r i d e k s. Joonisel 5 suurest laigust paremal pool on näha mitu niisugust poori. Oma välimuselt tuletab laik meelde suurt auku ehk avaust päikeses. Kuid ei või muidugi otsustada välisnähte järele, ja astronoomele jäi päikese laikude olemus kauaks teadmata. Selle kohta oli palju üksteisele vastu rääkivaid arvamisi, ja alles viimasel ajal on õnnestunud seda küsimust vähegi lahendada. Kuidas õpetlased viimaks jõudsid päikese laikude saladuseni, sellest kuuleme lähemalt allpool. Siin ütleme lühidalt vaid kõige tähtsama. Päike on kui päratu hõõguv ookean, kus ei ole midagi kõva, kus kõik ained on kõrge temperatuuri pärast auru näol; kõik liigub seal alata. Selles kuumade gaaside mässavas meres moodustuvad mõnikord hiiglasuured pöörised: need ongi päikese laigud. Laigus kerkivad päikese rüpe süvikuist gaasid pinnale, kus nad hajuvad igas suunas; need joad, mis näha poolvarjus (joonis 5) ongi nähtavasti voolud, mida mööda aine laigust välja valgub. Laikude pööriselise loomuse pärast toimivad seal tormilised liikumised ja muutused: sageli muutub laik mõne päeva, isegi mõne tunni kestes nii, et teda on võimatu ära tunda. Vaadake, näit. heledat riba, mis läheb üle meie laigu; kolme nädala eest ei olnud seda riba. Joonis 6 kujutab seda laiku 25. VI 1905. a.; see on kahest suurest laigust parempoolne; siin on varju tumedus ühtlane. Järgmisel päeval ilmus pahemas ülemises nurgas (joonis 7) tulimõhk, mis 27. VI (joonis 8) sirutus kaugemale ja tõmbus pea üle terve laigu. Siin 2 päevkonna kestes sündinud muutused on nii suured, et raske oleks pidada 6. ja 8. joonise kujutisi ühe ja sama laigu ülesvõtteks.

Kord juba mainisime, et laigud ei püsi kaua päikese pinnal. Ootamata ilmuvad nad päikeseketta mingisuguses osas, siis olelnud mõni aeg, mille jooksul võivad ilmutada kõige kummalisemaid ülalkirjeldatu sarnaseid muutusi, kao-

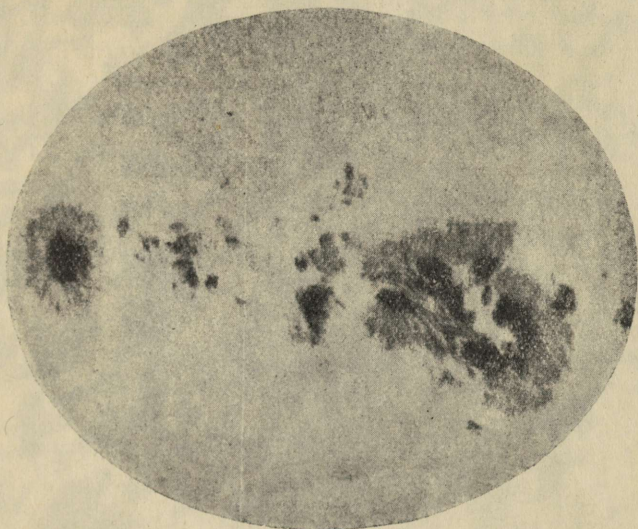


Joonis 6. 25. VI 1905.



Joonis 7. 26. VI 1905.

vad jäljeta. Niisugune laikude ajutine karakter on arusaadav; selles päikeseks nimetatud kallasteta ja põhjata ookeanis ei ole midagi püsivat, muutumatut: seal puudub igasugune kõva aine, mis oleks toeks või millest võiks ehitada midagi kindlat. Tavalisest ei ületa laigu eluiga 1—2 kuud, kuigi on olnud laike kuni 1½-aastase kestusega. Väikesed laigud kaovad vahel juba mõne päeva pärast.



Joonis 8. 27. VI 1905.

Lähme siiski veel kord tagasi joonis 5 juurde ja vaatame laiku ümbritsevat päikese pinda: see on sõmerlik; üksteisest tumedate vahedega eraldatud väikesed terakesed katavad terve päikese pinna kui võrguga. Need terakesed nimetuvad graanulaiks, nende moodustatud võrk — granulatsiooniks. 1. ja 2. joonisel ei ole märgata granulatsiooni, kuna ülesvõtted on tehtud väikeses mõõtes, ja graanulad, olles ka pisikesed, ühtivad; neid võib näha vaid kangemal suurendusel, nagu joonisel 5. 9. joonis kujutab 25. juun. 1905. a. Hanski tehtud eritist, kangesti suurend-

datud päikese pinna osa ülesvõtet. Selle keskkohal on näha poor — väike poolvarjuta laik, ümberringi — granulatsiooni segane võrk. Nii osutub, et isegi laiike arvesse võtmata ei ole päikese pind kaugeltki nii ühtlane, kui arvata võiks.



Joonis 9. Granulatsioon.

Üksikute terakeste, graanulate, suurus on mitmesugune — 200—2000-kilomeetrilise läbimõõduga, nende tavaline mõõt on aga 700 km, s. o. umbes Peterburi ja Moskva vahe-maa. Päikese kohta on see kaugus väga väike (tuletage meelde päikese suurst!). Graanulad ei püsi paigal, vaid liiguvad vahetpidamata: ühed sünnivad, teised kaovad, kus-

juures vaheldus õiendub nii kiiresti, et kui teha 2 ülesvõtet, mille vahe vaid 10 minutit, siis ei ole viimasel pildil pea ühtegi endist graanulat. Kuna päikese laigud kestavad kuude kaupa, ei ületa graanulate iga mõnda minutitki. Graanulaid võib võrrelda, näit., lainetega mere pinnal. Vahe on ainult selles, et graanulad on suured lained, neid mõõdetakse sadade kilomeetritega ja nad liiguvad haruldase kiirusega, mitu kilomeetrit sekundis. Tahtmata tulevad meelde Vene teadusmehe-iseõppuri ja luuletaja Lomonossov'i sõnad päikesest: „Seal liiguvad tulilained — ja kaldaid ei leia nad ees.”

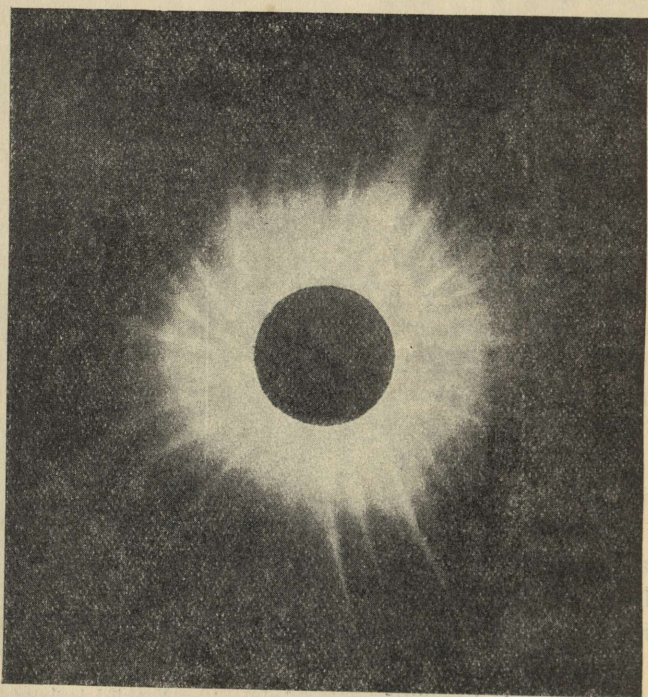
Peale laikude ja graanulate võib teleskoobi läbi vaadates päikese pinnal näha veel faakleid (tunglaid); need on kiirgavad, heledate ribade ja niitide kujulised loited (joonis 10). Kõige sagedamini asetsevad nad laikude naabruses, aga ka üksikult. Faakleid leidub üle kõige päikese pinna, niihästi ekvaatoril kui pooluste lähedal; ometi ilmub nendegi suurim hulk päikese laikude väljavalitud vöödes. Ilmseti ujuvad faaklid pilvede kombel päikese harilikust pinnast veidi kõrgemal; nende aine — kuum gaas — vististi laskub alla, vastandades laigele, kus vool käib peaasjalikult päikese seest väljapoole.

Mingi tume ring katab mõnikord päikese — sünnib päikesevarjutus. Nähtuse põhjusest mitte teadlikud inimesed



Joonis 10. Faaklid ja laigud.

kartsid ennemalt, et päike võiks igavesti kaduda, jättes maa pakasele, süngusele. Hiinlased, näit., arvasid musta mao tahtvat neelata päikese, ja et teda hirmutada, selleks tegid nad kanget mürglit — löid trummi jne., ja päikese uuestiilmumise seletasid võiduga mao üle.



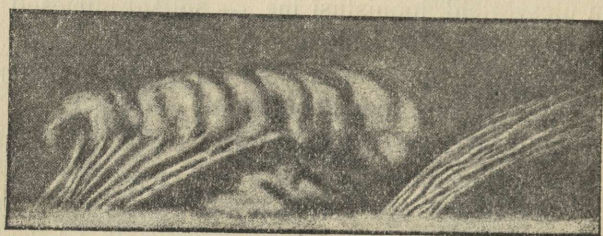
Joonis 11. Päikese kroon 1905. a.

Nüüd teame varjutuste tõeliku põhjuse. Tume ring on kuu, mis mõnikord asub meie ja päikese vahele ja katab selle samuti kui võib päikest katta käelabaga. Suurem osa inimesi meil ei karda varjutusi, — igamees varustub tahmatud klaasiga ja seirab haruldast nähtust. Paljud lugejad vististi mäletavad veel 1912. a. aprilli- ja 1914. a. augustikuu varjutusi. Kõige sagedamini kattub päike mitte tervena —

see on osaline varjutus. Osaline varjutus pakub uurimiseks vaid vähese huvi. Sellevastu võib aga täielise varjutuse ajal, kus kuu varjab kogu päikese, näha palju asju, mida päisi-päeval ei lähe korda näha, ja sellepärast täielised varjutused aitavad palju kaasa päikese uurimises. Nende vaatlemiseks võtavad ette astronoomid ekspeditsioone ja sõidavad oma riistuga kaugeile maile, kus varjutus näha. 1914. a., näit., oli meil, samuti Lääne- ja Lõuna-Venemaal näha täieline päikesevarjutus, kuhu siis tõttas hulk astronome igast ilmakaarest — Inglis-, Prantsus-, Saksamaalt ja Ameerikast. Täieline varjutus kestis siis kõigest umbes 2 minutit, — ja selle 2 minuti pärast, mis võimaldasid vaba vaatlemise, et teha ülesvõtteid, joonistusi jne. — sõitsid inimesed tuhanded kilomeetrid: nii tähtsaks loetakse see nähtus. 29. juunil 1927. a. oli Norras ja Rootsis näha varjutus veel lühema vältusega, nimelt ainult 30—40 sekundit. Jällegi käisid paljud astronoomilised ekspeditsioonid seda varjutust vaatlemas, nendest üks ekspeditsioon Eestist.

Mida nähakse siis varjutuse ajal? Kui kuu lõplikult varjab päikese, läheb pimedaks, nagu videvikul kohe pärast päikese loojangut; sel silmapilgul võib päikese ümber märgata õrna hõbepaistust; see on päikese kroon. Joonis 11 (Hanski' ülesvõtte järele) kujutab krooni nähet 1905. a. varjutuse ajal Hispaanias. Siin koosneb kroon hulgast väikesist kiirist, mis hajuvad igasse külge. Peale krooni on varjutuse ajal näha protuberantsid ehk päikese pursked. Igaüks on muidugi kuulnud vulkaanidest ehk tuldpurskavatest mägedest maakeral: see on mägi, millel keskel avaus; avaus viib, nagu määratu kaev, maa süvikusse; aegajalt tungivad sealt välja gaasid ja aurud, viskuvad kivid ja tuhk, kuna nõlvakuil voolab laiali sula mass — laava; niisugune purse võib ümberkaudu mitme kilomeetri ulatusel hävitada kõik. Mitu korda on hukkunud linnad kümnete tuhandete elanikkudega. Ka päikese pinnal võivad ilmuda pursked, kuid hoopis suuremad maisist. Ühte niisugust purset kujutab joonis 12. See joonis on tehtud teleskoobi läbi vaatlemise järele; lihtsilmaga ei või nii

palju näha. All — punane riba, mis mõnikord tuletab meelde põldu, kus korratult kasvavad punased taimekesed, või tuli-merd teravate leekkeeliga ¹⁾). See riba on k r o m o s f ä ä r, mis tähendab kreeka keeli „värviline kiht”, millise nimetuse ta sai oma roosakaspunase värvuse pärast. Nagu vaatlused on näidanud, ümbritseb kromosfäär tihedalt päikest igast küljest, samuti kui õhk maad. Maakera ümbritsev õhk ühes pilvede ja aurudega nimetub m a a a t m o s f ä ä r i k s; nii on kromosfäär päikese atmosfäär. Päikese atmosfäärist alamal olev, valgust ja soojust kiirgav hele pind nimetatakse f o t o s f ä ä r i k s, mis tähendab „helenduv kiht”.



Joonis 12.

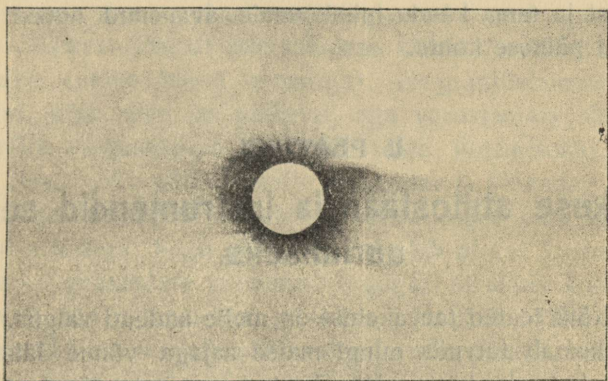
Kromosfääri kohal kerkivad mitu punakat tulpa — need ongi protuberantsid. Kuum gaas on siin mingi tundmatu jõu tegevusel määratule kõrgusele paisatud. Protuberantside kõrgus ulatub mõnesaja tuhande kilomeetrini. Satuks maakera niisugusesse tulevoolu, silmapilkselt hukkuks leegis kõik tema pinnal olev, mered ja ookeanid keeksid ära kui kuumale kivile sattunud veetilk.

Kõikjal, kromosfäärist kaugemal ümbritseb päikest n. n. k r o o n. Vastandina protuberantsidele, kus möllavad tormilised pursked, on kroon, nähtavasti rahulik moodustis: ta on kui päikese atmosfääri (kromosfääri) jätk; vististi koosneb ta päikeselt lahti tõmbunud ja ruumi lennanud tolmust.

¹⁾ Võrdle joonis 31.

Krooni kiired on kui selle ühes suunas väljapaisatud tolmu voolud.

Senini on korda läinud päikese krooni vaid varjutuste ajal vaadelda. On muidugi selge, et kroon ümbritseb päikest samuti ka tavalisel ajal, kui ei ole varjutust, ja päike paistab täie jõuga; oma nõrga valguse pärast ei ole krooni vaid näha: päikese heleduses kaob ta täitsa. Varjutused juhtuvad



Joonis 13. Päikese kroon 1900. a.

aga harva, umbes kord või kaks aastas, alati isemaakohtades ja igakord on krooni nähe erisugune; joonis 13 on, näit., krooni ülesvõtte 1900. a. (Sel joonisel on ta tume, kujutades ülesvõtte negatiivi.) Võrreldes esimese kujundiga on vahe suur: 1905. a. krooni kiired hajuvad päikesest enam või vähem ühtlaselt igasse kaarde, aga 1900. a. kroon on pikuti välja veninud päikeseekvaatori suunas, ja pooluste lähedal oli näha vaid väikesi kiiri. Nii on kroon, nagu kõik muugi päikese peal, alalisile muutusile alluv; kahju ainult, et neid muutusi ei ole võimalik seirata, kuna päikese valgus teeb krooni harilikul ajal nägematuks.

Kõik selles peatükis antud teated nähtuste üle päikese peal, nimelt — laigest, granulatsioonist, protuberantsidest, kroonist — on saavutatud päikese välisnähte uurimisest teles-

koobi abil kas fotograafimisel või otsesel vaatlemisel. Sealjuures ei ole võimalik kõike korraga näha: kroon, protuberantsid, kromosfäär on nähtavad ainult varjutuste ajal, harilikult aga, päeval, ei saa neid vaadelda, takistajaks on päikese helendus. Siiski, umbes 50 aastat tagasi leiti abinõu protuberantse ja kromosfääri vaadelda mis tahes ajal päeva jooksul, päikese paistes; sellele aitas kaasa iseäralik riist — spektroskoop. Järgmises peatükis jutustame sellest instrumendist ja tema kaudu inimkonnale avanenud uutest teadmistest päikese kohta.

II PEATÜKK.

Päikese atmosfäär ja instrumendid selle uurimiseks.

Kõik teated taevakehist on meile andnud valgus. Tahes lähemalt tutvuda mingi maise asjaga võime läheneda sellele, katsuda, kätte võtta, kaaluda, maitsta, lõpuks võime kuulda hääli, mis asi sünnitab. Taevakehiga on lugu teisiti: nad on meilt liiga kaugel, ei ole ka ühtegi nende juurde viivat teed. Ei ainuski hääl tule neilt meile ega lähe meilt neile, sest et hääl laotub vaid kehi mööda nagu on: õhk, vesi, kivi jne.; meie ja taevakehade vahel ei ole midagi, isegi õhk puudub — on vaid tühi ruum. Õhk ehk atmosfäär ümbritseb maad õhukese kihina. Mida kaugemal maa pinnalt, seda hõredam on õhk; sellepärast on kõigil mägedel ja õhulaevas sõidul raske hingata, sest seal on juba vähe õhku; 5½-kilomeetrilisel kõrgusel on õhu tihedus 2 korda vähem kui maa pinnal; 30-km kõrgusel jääb teda kõigest $\frac{1}{100}$, kuna 500 km ja kõrgemal õhku üldse ei ole. See ongi põhjuseks, miks meie ei kuule seda, mis sünnib ilmaruumis; taevakehad — tähed, päike, kuu — jäävad meile igavesti vaikseks ja tummaks. Päikese peal toimivad määratu suured pursked ja hirmsad plahvatused, millega võrreldes maised tormid ja

pursked ei ole midagi; kõik peab olema seal täis kujutlematut müra ja raginat. Aga meile on ta siiski vaikne — ei ükski hää! jõua meieni, ja meil jääb üle teda ainult v a a d a t a — vaadelda ja tähele panna. Nii on valgusekiir ainus sõnumetooja, kes teatab meile sellest, mis sünnib kaugeil taevakehil, ja taevakehade ehitust uuriva astronoomi kõik töö koondub püüdesse meie juurde hõljuva valguse teateid võimalikult paremini lugeda. Valgus teatab meile palju — võib öelda: kõik — vaja ainult oskust teate lugemiseks; see aga ei ole kerge. Päikest lihtsalt läbi tahmase klaasi vaadates ei näe me laike (mõne harva erandiga), ei granulatsiooni ega faakleid; kõik need on päikesel, aga varustamata silm on liiga nõrk valgusekiires peidetud teate lugemiseks; kuid tarvis ainult võtta päikest meile suurendav ja lähendav teleskoop — ja imestavale silmale avanevad laigud oma varjude ja poolvarjudega; kogu päikese pind näib olevat kaetud sõmerate — graanulate peenima võrguga, üksikuis kohtades paistavad kui helenduvad pilved — faaklid. Tänu meie instrumendile sai varjatu nähtavaks, ja mitu päikese saladust püüdsime kinni valgusekiirelt. Mõnikord juhuslikult avalduvad saladused. Nii näitab ennast muidu tavalisest teleskoobigi eest varjatud kroon päikesevarjutuse ajal. Kuid niisugused ilmingud, nagu päikesevarjutused, on haruldased, ja selge on, et päikese uurija ei või loota õnnelikkude juhuste peale, kui ta tõesti tahab tungida suurt valguseallikat ümbritsevasse saladusisse: ta peaks kaua ootama, ja võimalik, et tuhandete aastate kestes tehtaks otseste vaatluste abil see, mis nüüd saavutatakse ühe aastaga; vist suurim hulk saladusi jääks sealjuures avastamata igavesti. Sellepärast on vaatlujate püüdmine eriti juhitud uute riistade ehk instrumentide leiutamisele, mis võimaldaksid üles lugeda ja seletada valgusekiires varjatut. Valgusest ja tema uurimisel tarvinevaist instrumentidest räägime nüüdsama.

Valgus liigub ülisuure kiirusega, nii ruttu, et väikesed vahekaugused läbib võib öelda silmapilkselt. Kui kusagil kaugel suurtükki lastakse, näeme tuld samal silma-

pilgul, paugu mürin aga jääb hiljemaks; see oleneb sellest, et hääl kandub ühest kohast teise võrdlemisi aeglaselt: ta läheb umbes 3 sekundi jooksul ühe kilomeetri, valgus aga selle ajaga — miljon kilomeetrit. Ilmsesti on niisugusele kiirusele kõik maapealsed kaugused tühised, ja kõik maised sündmused näeme just nende sünni-silmapilgul. Ilmas ei ole suuremat kiirust kui valguse kiirus. Kuigi valgus on ainus sõnumite tooja taevakehilt, on ta ometi kõige kiirem teataja ja toob alati kõige värskemad uudised. Päikeselt meile jõudmiseks vajab ta kõigest 8 minutit, s. t., me näeme päikest alati niisugusena, kui ta oli 8 minuti eest.

Esimene instrument, mida tarvitasid taevauurijad valgusekiires varjatud saladuste väljameelitamiseks, oli teleskoop ehk pikksilm, mille tähendus fotograafia tarvitamisega käsikäes viimasel ajal suuresti kasvanud. Mainisime juba lihtsa vaatluse ja fotograafia võrdlevaid tulusid: päevapildiplaat püüab ühe silmapilguga kinni kõik, mis antud momendil on päikese peal; päikese pinnal on miljonid mitmesuguseid esemeid (objekte); mitte ainult nende ärajoonistamiseks ei ole mingit võimalust, vaid isegi silm ei jõua neid korraga endasse ahmida; ülesvõtte teostab selle aga ilma igasuguste raskusteta. Maksab ainult vaadata joonis 9 seda keerulist granulatsioonivõrku; kõike seda ära joonistada on võimatu juba sellepärast, et ta muutub kiiresti: kuni ühe laigukese joonistamise lõpetad, on teised juba jõudnud muuta oma nähteid. Samuti laik joonis 5. Vilunud kunstniku käsi võiks küll midagi selletaolist joonistada, kuid väikesed kriipsud ja üksikasjad ei vastaks täiesti päikesel olevaile, vead juhtuksid ka mõõteis, kuna inimkäsi ei suuda kunagi täiesti täpselt joonistada.

Sellest, mis oleme ainuüksi teleskoobi läbi päikesest teada saanud, kõnelesime juba I peatükis, sedakorda sellest rohkem ei pajata. Nüüd pöördume valgusekiire enam varjatud omadusile ja instrumentidele, mis nende omaduste abil võimaldavad rikastada meie teadmisi päikesest.

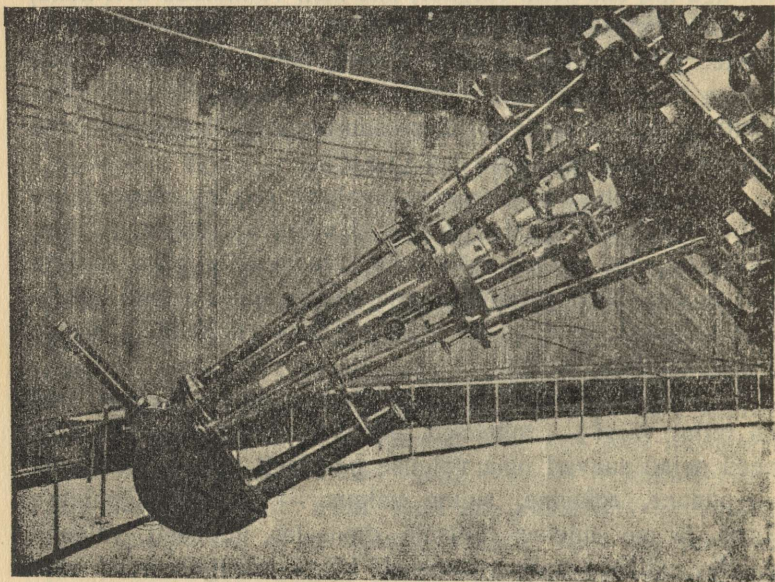
Päikese kiired langevad maa peale ja valgustavad selle pinnal olevaid asju, tehes nad silmale nähtavaks. Katsume süveneda sõnade mõistesse, „meie näeme asja” — näit. kivi. See tähendab, et kivilt tulevad valgusekiired satuvad meie silma. Kust tuleb see valgus? Ei ole raske veenduda, et kivi ise seda ei heida; ja tõepoolest, pimedas, näit., öösel, ei ole kivi nähtav, kuigi oma loomuselt sama, mis päevalgi. On aga nii, siis peab valguse, mis meil võimaldab kivi näha, omistama mõnele kõrvalisele allikale. See valguseallikas on päike; tema kiired, langedes kivile, heituvad temalt tagasi igasse külge ehk nagu öeldakse: neid peegeldab kivi; järelikult on päeval kivilt või üldse suuremalt jaolt asjadelt tulev valgus sama päikese valgus.

Kõik kehad, mis iseenesest valgust ei anna, nimetatakse mitte-isehelenduvaks kehiks; on aga asju, millel on oma valgus, näit., tuli: teda võib näha öösi ja päeva, öösi isegi paremini, kuna siis ei tumesta teda kõrvaline valgus. Need on isehelenduvad kehad. Nende hulka kuulub päikegi.

Pöördume mitte-isehelenduvaile kehile. Teame, nad on mitut värvi — rohelised, punased, valged jne.; et kõik need asjad saavad oma valguse päikeselt, siis peavad kõik — punane, roheline, sinine valgus — sisalduma päikese kiiris, ja me tuleme tähtsale otsusele: ühtlaselt valgena paistev päikese valgus koosneb kõige erisugusemaid värvest; kõik need värvid on vaid üksteisega segatud ja üheskoos annavad valge värvi mulje. Siin avaneb meile üks valgusekiire saladus, vaja teda osata kasutada.

Tähendab, valge valgus ei ole liht-, vaid on liitvalgus: ta sisaldab üksikuid värve. Ent mil kombel eraldada kõik need värvid, või — teiste sõnadega — lahutada valge valgus tema osisteks? Läbipaistvaid kehi — veetilka, klaasitükki jne. — läbistades eritub valge valgus oma algvärveks. Igaüks on näinud vikerkaart ja vististi tähele pannud, et ta ilmub päikese paistes vihma ajal; tema sünnib selle läbi, et päikese kiired vihmapiisku läbistades lagunevad oma alg-

värveks, niinimetatud „seitsmeks vikerkaarevärviks”, mis asetsevad kindlas järjekorras: punane, oranž (punakollane), kollane, roheline, helesinine, sinine, violetne. Samasugused vikerkaare värvid saame, kui valgus läbib valgustatud saalis lambikatte klaastahud. Et soovi korral mistahes valgust tema osisteks lahutada, selleks mõeldi välja spektroskoop — riist, mida kord mainisime eelmise peatüki lõpul.



Joonis 14.

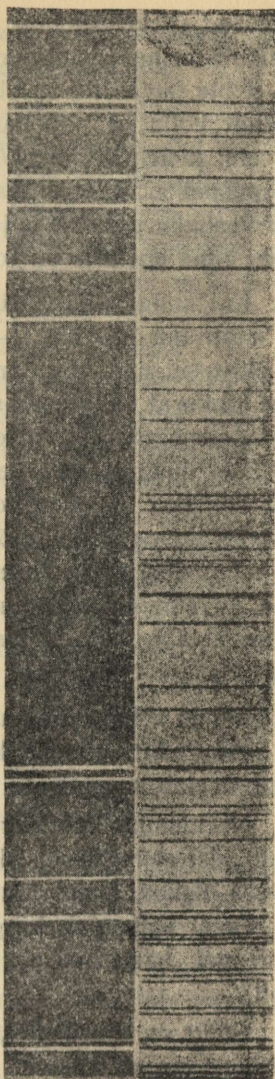
Selle riista peasa moodustavad kolmetahulised klaasprismad, mille läbi lastakse valgusekiir. Praegusel ajal täpsete mõõtmiste saavutamiseks spekter harilikult fotograafitakse; fotograafimiseks tarvitav spektroskoop nimetub spektrograafiks. 14. joonis kujutab teleskoobi külge kinnitatud spektroskoopi; selle abil võib uurida taevakehade spektreid.

Mõnel lugejal võib siin arusaamatus tekkida: kuidas on võimalik spektrit fotograafida? Fotograafia ei anna ju

edasi värve, aga spekter on värviline vööt? Asi seisab selles, et peahuvi ei paku mitte spektri värvid, vaid tumedad jooned, mis võivad lõigata läbi taevakeha spektri (näit. joonis 15); fotograafia avaldab nad kergesti. Nende tumedate joonte tähtsusest kõneleme siinsamas.

Spektroskoobi abil on võimalik iga valgust eritella, teiste sõnuga, võib saada iga valgusealika spektri. Spekter võib olla väga mitmesugune, olenedes sellest, millises olekus on keha. Kui võtta mingi valge hõõguseni kuumutatud kõva või vedel keha, näit. rauatükk, süsi, elektrilamp või sulatatud plaatinat, saame neist värvilise paela taolise spektri, milles üksikud kordkorralt üksteisele järgnevad „vikerkaare värvid” ilma tumedate joonteta; see on pidev spekter. Kõik hõõguvad (isehelenduvad) kõvad ja vedelad kehad omavad pideva spektri.

Teissugune lugu on aurude ja gaasidega. Kui võtta mõni tera harilikku keedusoola ja visata piirituselambi leeki, siis muutub see kollaseks. Keedusool sisaldab iseäralist ainet — metall naatriumi. Leegi kuumuses muutub see metall auruks samuti kui vesi keemisel, ja naatriumi aurud kiirgavad isesugust kollast valgust. Mis sünnib, kui need kiired



Joonis 15.

läbistavad spektroskoobi? Ilmub ainult kitsas kollane joon. Järelikult on naatriumi-aurude valguse koosseis väga lihtne: seal ei ole punaseid, rohelisi jne. kiiri, on vaid ühe ja sama varjundi kollased. Niisugune spekter nimetatakse katkeli-seks ehk joonspektriiks; kõigil hõrendatud gaasel ja aurudel on joonspekter, vahe on vaid joonte värvis ja arvus; nii võib näha vesiniku spektris 3 joont: punase, rohelis-helesinise ja sinise; raua spektris on jooni mitu tuhat.

Kui mingi allika, näit. elektrilambi valge valgus lasta läbi naatriumi gaaside, — selleks võib asetada elektrilambi ette piirituselambi, kuhu on riputatud soola — näeme tumeda joone jooksvat üle pideva spektri just samas kohas, kus enne naatriumispektris oli hele joon. See seletub järgmiselt. Oma teel mingisuguste kehadega kohates nõrgeneb valgus, nagu öeldakse — *n e e l d u b*, kusjuures erisugused kehad neelavad erisuguselt: mõned kehad ei lase sugugi valgust läbi, nagu süsi, raud; teised lasevad, kuid vähe, nii tahmatud klaas — siin on kange neeldumine; lõpuks, on kehi, mis neelavad väga vähe ja lasevad läbi pea kõik valguse, näit. puhas klaas või õhk; need on läbipaistvad kehad.

Mõnel kehal on omadus teatud värvi kiiri neelata, teisi läbi lasta; näit. punane klaas laseb kergesti läbi punased kiired, neelab aga teised.

Neeldumise kohta on maksvad järgmised reeglid: keha neelab just samavärvilisi kiiri, milliseid ta ise heidab samasuguses olekus, temperatuuris, rõhumisel ja teisel tingimusil. See reegel väljendab kiirgamise ja neelamise suhte; vaja see reegel hästi meeles pidada, edaspidi tarvitame teda sageli.

Nüüd on arusaadav, et piirituselambi leegis olevad naatriumi aurud võtavad elektrilambi kiirilt just need kollased kiired, mis nad ise heidavad; selle tagajärjel jääb tühi koht pideva spektri kollaseis kiiris: see ongi tume joon. Tõsi, naatriumi aurud heidavad isegi valgust; et aga piirituselambi leek hõõgub nõrgemalt kui elektrilamp, siis on

aurude heidetud valguski liiga nõrk ja ei või asendada elektri-
lambi valguse seda osa, mis aurud ise neelasid.

Gaaside jaoks võib ülaltoodud seadust järgmiselt täiendada. 1) Sageli ei ole temperatuuride vahel suurt tähendust, nii et külmem gaas tavalisesti neelab samad kiired, mis ta hõõguvas olekus heidab. Juhtub aga ka, et hõõguv gaas hakkab heitma teisi kiiri kui külm; siis öeldakse, gaasi spekter muutuvat temperatuuriga. See muutus on seda suurem, mida kõrgem temperatuur. 2) Rõhu väikese olles tekitab rõhumise muutuski vaid väikesi muutusi. 3) Eriti tähtsat osa etendab gaasi helendamapanemisviis; üks viis — gaasi kuumutamine; sel juhul hõõgutatud gaasi kiirteheitmine nimetatakse temperatuuri helenduseks. Peale selle võib gaasi elektriga — elektrisädeme, -joaga jne. helendada panna. Kuigi mõlemal juhuseil saavutatakse sageli ühevärvilised kiired, üldse on aga kiirteheitmine erisugune; paljude ainete kohta ulatub vahe nii kaugemale, et saadavad spektrid võib lugeda erisuguste kehade omaks. Näiteks võib nimetada vesinikku; üldiselt tuntud kolme nähtava joonega vesinikuspektri võib saada laboratooriumides ainult elektri mõjul; lihtsalt hõõgutatud vesinik aga annab hoopis teissugused jooned. Muidugi uuritakse suure hoolega kõiki mainitud gaaside helendumise iseärasusi; nende uurimiste tulemusi võib kasutada taevakehade tundmaõppimisel.

Spekter, mille heledal tagaseinal ilmub tumedam joon, nimetatakse neelamisspektriks; isehelenduvate kehade ainult heledaist joonist koosnevad spektrid nimetuvad kiirgamisspektreiks. Mingi gaasi või auru neelamisspektri tumedad jooned langevad täpselt ühte seisuga (või värvi) poolest üldse samus tingimuses oleva gaasi heledate joontega; kuid, nagu ülal öeldud, väike vahe temperatuuris või rõhumises ei etenda sageli iseäranis suurt osa.

See kõik on õige sel korral, kui gaas on hõre. On aga gaas tihe (hästi kokku surutud), ja kui gaasi helenduv kiht on väga paks, annab gaaski pideva spektri.

Kõigest öeldust järgneb, et spektri nähte järele võib otsustada, missugune aine nimelt helendub ja millised on tema füüsilised tingimused. Seesugune otsustamine põhjeneb järgmisil seadusil:

1) Kõvad ja vedelad kehad, ehk tihedad gaasid suurel hulgal annavad pideva spektri.

2) Hõõguvaid, kuid hõredail gaasidel ja aurudel on joonspekter; pealegi on igal gaasil erisugused, ainult temale omased jooned, nii et joonte nähte ja seisu järele tuntakse helenduva gaasi ainelist koosseisu.

3) Heledast spektrist läbikäivad tumedad jooned näitavad, et valgusekiire teel asetsevad helenduvast kehast külmemad gaasid; tumedate joontegi seisu järele võib määrata, missuguseid gaase valgus läbibistab.

4) Lõpuks juhtub, et läbi spektri käib mitte tumedaid, vaid heledaid jooni. See tähendab, et valgus läbibistab gaasi, mis helenduvast kehast tulisem.

Spektrite tundmaõppimisel on väga tähtis joonte seisu täpne määramine; selleks tarvitatakse keerulisi võtteid, mida me siin ei kirjelda; kõige lihtsam viis — spektri juurde panakse jaotustega joonlaud ja määratakse, missugusel jaotusel asub spektri joon.

Nüüd võime seletada mitmesuguste päikese spektrit läbibistavate tumedate joonte tähenduse (joonis 15). Teame nüüd eneste ja helenduva keha — päikese — vahel asetsevat mingisuguseid külmemaid gaase. Mis gaasid need on? Esiteks teame, et päikese kiired enne meie silma jõudmist peavad läbibistama maa atmosfääri — õhu, aga õhus on mitmesuguseid gaase: hapnik, lämmastik, veeaur; need on päikese spektri tumedate joonte üks allikaist. Ainult vähesed meile tuntud gaasest on maa atmosfääris ja nende moodustatavaid jooni — *m a i s i* jooni — on hõlpus eraldada päikese spektri teisist joonist; nimelt maised jooned on seda väljapaistvamad, mida madalamale laskub päike, sest ta viltused kiired käivad siis pikema tee meie atmosfääris. Selle tunnuse järele määratigi, millised jooned on maist algupära;

osutus, et neid on võrdlemisi vähe. Päikese spektri joonte rõhuv enamik sünnib maa piirest väljaspool olevate gaaside neelamisest. Pealegi on pea kõik need jooned maa atmosfääris puuduvate ainete omad. Päikese spekter, näit., omab mõni tuhat rauaaurude joont; maa peal on raud kõvas olekus, ja tema auruksmuutmine vajab mõnetuhandekraadilist kuumust; ilmsesti ei tule rauaure otsida maa pealt, vaid kusa-gilt palavamast kohast, — nähtavasti päikese pealt. Tule-tame meelde, mis kõnelesime päikese ehitusest I peatükis. Päikese südamiku moodustab hõõguv gaasitaoline, üsna tihe — $1\frac{1}{2}$ korda veest tihedam — aine, mida ümbritseb kergem atmosfäär. Südamiku gaasid on nii tihedad ja nende paksus nii suur, et nad helenduvad kui kõva keha, s. o. an-navad valge valguse pideva spektriga; selle südamiku väli-mised kihid, mis meile nähtava valguse annavadki — kuna sügavamaist kihest valgus meieni ei jõua — nimetatakse *f o t o s f ä ä r i k s*. Fotosfääri ümbritseb päikese atmosfäär, mida läbistavad päikese kiired, enne meile saabumist. Seal-samas, päikese atmosfääris ongi gaasid ja aurud, — spektri tumedate joonte ilmumise põhjus. Päikese atmosfäär on külmem kui fotosfäär, millega seletub, et jooned on tumedad. Siiski valitseb seal palavus, mis raua ja teiste meile tuntud kehade auruksmuutmiseks küllalt kõrge. Et saada mingi-sugune kujutelm päikese atmosfääris valitsevaist tingimust, tähendame, et fotosfääri temperatuur võrdub $6\frac{1}{2}$ tuhande kraadiga, päikese atmosfääri temperatuur aga on umbes 5 tuhat kraadi, s. o. esimesest $1\frac{1}{2}$ tuhande kraadi võrra ma-dalam.

Nii jõudsime päikese spektri kummalise nähte põh-juseni, — tumedaid jooni tekitavad päikese atmosfääri aurud. Niisugusel puhul võib teada saada, millised gaasid ja aurud seal on: tarvis vaid mõõta joonte seis ja seda võrrelda meile tuntud ainete hõõguvate aurude joontega; kui jooned ühtivad, siis on teatud ainet päikesegi peal olemas. Järeli-kult võime spektroskoobi abil päikese atmosfääri koosseisu määrata.

Et igapäevases elus määrata, mis ainega meil tegemist, näit., et suhkrut soolast eraldada, peame ta tavalisest võtma kätte, kompama, maitsma jne. Päikeseni me ei küüni, kauge tagant ei kõnele tema välisnähe aga ta koosseisust mitte midagi. Kuid meie juhime temale oma imettegeva riista — spektroskoobi — ja selle prismad lahutavad valgusekiire, nagu kirurg lõikab keha — ilmutades kõik sees peidetu; siis avaldab meile valgusekiir oma läkitaja suurimad saladused. Saame teada — nagu oleksime ise seal käinud — mis aimest on ehitatud määratu valguseallikas, mille olemus alati inimesi huvitanud.

Keemia õpetab, et oma koosseisult kõik kehad liigituvad 1) lihtkehiks ehk elementeks, näit.: raud, süsinik, hapnik jne., ja 2) liitkehiks, mis on elementide ühendid, nagu vesi (vesiniku ja hapniku ühend), suhkur (vesinik, süsinik ja hapnik) j. t.

Suurem hulk meid ümbritsevaist aineist on liitained, s. o. neid võib sel või teisel teel lahutada osisteks. Ainult võrdlemisi väike hulk ei anna keemiliselt lahutada, mispärast neid loetakse lihtkehiks ehk elementeks.

Väga suurel kuumutamisel laguvad kõik liitkehad lõpuks oma osisteks — jagunevad neid moodustavaiks elementeks. Võib õige kindlasti tõsitada, et päikesel valitsevas kõrges temperatuuris peavad laguma pea kõik liitkehad; nii on päikese peal peaaegu ainult lihtkehad — elemendid — aga liitkehi kahtlemata väga vähe. See lihtsustab meie ülesande päikese koosseisu määrata; on teada väga palju liitkehi — mõnisada tuhat, elemente aga — umbes 90; sellest mõnekümnest lihtkehast moodustub mitmesuguste ühtumite teel arvutu hulk liitkehi. Nii kõneldes päikese koosseisust tuleb meil silmas pidada peasjalikult ainult võrdlemisi väikest hulka elemente.

Vaatame esiteks, milline on meie maa koosseis. Kõige tähtsamad maa peal ettetulevad elemendid on: 1) raud; arvatavasti on kõik maa südamik rauast, ja väga võimalik, et seda elementi on maakeral kõige rohkem. See arvamine

valitseb osalt sellepärast, et kõige maakera kaal on lähedane sellele raskusele, mis ta omaks olles seest rauaga täidetud, aga ümbritsetud kergema, mitmesuguseist kivist koosneva koorega; kahjuks ei saa selles otsekohe veenduda — võimatu on tungida maakera süvikusse. 2) Hapnik: see on meile kõige tähtsam õhu osis; hingamisel on ta meile tarvilik, ta imbub kopsudesse, need annavad ta edasi verele, kus ta meie elu alal hoiab. Ilma selle gaasita ei või me mõnda minutitki elada — sureme lämmastusse. Hapnik toetab põlemistki: igamees teab, et ilma õhu ligipääsuta ei toimu põlemine; kuigi õhus on teisigi osiseid, ometi sünnib põlemine ja hingamine ainult hapniku kulul. 3) Räni — maa koore tähtsamaid osiseid; tulekivi on räni ja hapniku ühend. 4) Alumiinium — praegu kõigile tuntud kerge metall; savi peaosis. 5) Vesinik — väga kerge ja põlev gaas, hapnikuga ühinedes annab vee. 6) Kaltsium — metall, pae tähtis osis. 7) Süsinik — kivi- või puusöe näol; kõigi taimede ja loomade tingimatu tarvilik osis. Puhas süsinik on teemant. 8) Lämmastik — õhu teine osis; teda on õhus märksa rohkem kui hapnikku, kuid ta ei toeta põlemist ega hingamist, on aga kõigi elusate olevuste tarviline osis. Neljast elemendist — süsinikust, hapnikust, vesinikust ja lämmastikust — on ehitatud kõik loomad ja inimene, samuti meie toit. Loendatud 8 elementi on kõige tähtsamad, kuna peasjalikult neist koosneb maakera ja kõik mis ta peal: ookeanid, õhk, taimed, loomad, inimene. Teised elemendid omavad vähemat tähtsust või neid on hulga poolest vähem; siiski paljud neist huvitavad meid väga. Loendame siin mõned neist: 9) naatrium — keedusoola peaelement; tema spektrist rääkisime juba; 10) vask; 11) tsink; 12) hõbe; 13) kuld; 14) inglistina; 15) seatina; 16) elavhõbe.

Kuidas määrata, kas on ühtegi neist elemendest päikese peal? Nagu kõnelesime, tarvitseb selleks päikese spektri joonte seisu võrrelda nende elementide jooniga.

Võrdlemise hõlbustuseks talitatakse sageli nii, et spektroskoobis saadakse ühtlasi päikese ja selle elemendi spekter,

mille päikesel asumist tahetakse tõendada. Seda illustreerib joonis 15; ülemine spekter on rauaaurude spekter, alumine — päikese spektri väike osa. Näeme, et iga raua heleda joone vastu asetseb tume joon; see aga tõendab raua olemasolu päikesel. Nagu fotograafial, ei ole siingi värve näha, milline asjaolu aga meid ei sega: me vajame ainult heledaid ja tumedaid jooni.

Päikese spektris on kümned tuhanded tumedad jooned, mida võib fotograafida paremate instrumentide abil; raua jooni üksi juba on mõni tuhat. Päikese spektri joonte küllusest annab nõrga aimu joonis 15, sest siin esineb õige väike osa tervest spektrist.

Uurimused tõendavad, et suurem hulk maakeral tuntud elemente on ka päikesel. Ülalloendatud esimesed 8 elementi on nähtavasti kõik; ei ole veel täiesti kindlaks tehtud lämmastiku olemasolu. Teiste mainitud lihtkehade joonist puuduvad päikese spektris ainult kulla jooned, kuna elavhõbeda olemasolu on kahtlane. Nii on päike peajoonis ehitatud samust aineist kui maagi. Kas ei ole imesteldav, et kaks keha — päike ja maakera, — mis teineteisest 150 miljoni kilomeetri kaugusel ja nii erisugused oma väliselt nähtelt ja suuruselt, tõelikult aga peaaegu ühesugused olemuselt; nad on kui ühest materjalist ehitatud; vahe on vaid välisnähtes: maa — tume, päike — kiirgav ja helenduv, maa — kõva, aga päike — gaaskeha; see oleneb temperatuuri vahest: maa on külm, päike — kangesti kuum. Kui hõõgutataks maa päikese temperatuurini, omandaks temagi päikese omadused — muutuks pisikeseks päikeseks. Nägime, et spektroskoop ometi ei ilmutanud päikesel mõnda elementi; kas see tähendab, et neid elemente üldse ei ole? Seda on raske mõõnda, sest on põhjust arvata, et kunagi maa ja päike moodustasid ühe terviku. Võimalik, et neid aineid on päikesel väga vähe, või nad on meie eest varjatud päikesekera sisekihes, ja nad jäävad meile nägematuks; see seletus on eriti tõenäone niisuguste ainete kohta kui kuld ja elavhõbe; teatavasti on nad väga rasked ja loomulikult peaksid laskuma süvikusse,

päikese sentri lähemale, ja nii ei saa pinna peal nende olemasolu märke avada.

Kuna ühest küljest mõned maal hästi tuntud elemendid päikese pinnalt alles leidmata, on teisest küljest päikese spektris palju tumedaid jooni, mida ei ole leitud ühelgi meile tuntud elemendil. Suurim osa neist joonist on väga nõrk. Neid jooni seletatakse kahte moodi: 1) nad on ka tuntud maapealsete elementide jooned, kuid meie katsetehnika puudulikkuse pärast ei märka me neid maa elemendes; võib aga loota, et kui uurimisvahendid täienevad, needki jooned leiavad endile seletuse. Tavaliselt on ju igal elemendil hulk jooni ja iga aasta avastatakse uusi juurde; ühtlasi palju allesavastatud jooni, mis ennemalt olid meile mõistatuseks, langeb ühte mõne päikese spektri joonega. Pealegi ühe ja sama elemendi spekter muutub olenedes tingimustest, milles element on: kõrges või madalas temperatuuris, tihendatud või hõrendatud olekus; ühel juhusel võivad ilmuda jooned, mis teine kord täiesti puuduvad; järelikult, maiste ja päikese elementide spektrite kõige kergemaks võrdluseks tarvitseks võtta need elemendid samas olekus, millises nad on päikesel, s. o. samas temperatuuris, tiheduses jne.

Kuid siiasaadik on see teostamata esiteks sellepärast, et liiga vähe teame päikesel valitsevaist tingimustest; teiseks, ei ole veel õnnestunud maisis laboratooriumes luua päikese omile vähegi vastavaid tingimusi; näit., on päikese temperatuur mitme tuhande kraadi võrra kõrgem kõige suuremast maa pinnal saavutatavast temperatuurist¹⁾).

2) Ei ole kahtlust, et paljud päikese jooned, mis meile saladuseks, on maa peal alles avastamata ainete omad. Siin on kaks võimalust: kas neid elemente tõesti ei ole maa

¹⁾ Kõige kõrgem temperatuur, mis pikapeale saavutatud laboratooriumis, on 4430° C; selle temperatuuri juures keeb juba vedelaks muutunud süsi 8 atmosfääri rõhumise all.

Kõrgepingelise elektrivoolu läbilaskmisel peenist traatidest on hetkeks saavutatud kuni $20\,000^{\circ}$ kõrged temperatuurid, kusjuures traadid kohe auruks muutusid. See on küll juba päikese pinnatempera-

peal, või nad on, kuid alles leidmata. Viimane juhus näib tõenäosem. Selle poolest on eriti õpetlik heeliumi avastamise lugu. Tuletame meelde, mis kõnelesime I peatüki lõpul kromosfäärist — päikese „värvikihist”; kromosfäär moodustab päikese atmosfääri pealmised hõrendatud kihid. Ta helk on nõrk, mispärast teda harilikul ajal näha ei ole. Kuid päikesevarjutuste ajal tuleb ta punase äärena mõneks sekundiks nähtavale (joonis 12). Selle lühikese aja kasutavad astronoomid tema spektri uurimiseks, — see osutus joon-spektriiks; see aga tähendab, et meie ees on isehelenduv hõrendatud gaas. Joonte seisujärele oli kerge tema koosseisumäärata. Kromosfääri peaosis on vesinik; vähemalt on ta teisist elemendest väljapaistvam. Ta on ka isesuguse, kromosfäärile omase punase värvi põhjuseks. (Kolmest vesiniku joonest on punane kõige silmapaistvam, sellepärast näib meile ka hõõguv vesinik punane.) Peale vesiniku on kromosfääris kaltsiumi, alumiiniumi, rauda, naatriumi. Kromosfääri spektris leiti veel helekollane joon, mida ei ole ühelgi tuntud maisel elemendil. Joone suure heleduse pärast omistati ta mingisugusele senini tundmatule elemendile, sest tuntud elemendi oma olles ei oleks ta võinud jääda tähelepanematuks maisis laboratooriumes; see tundmatu element nimetati „heeliumiks”, mis tähendab „päikese element”. Möödus natuke aega, ja 1895. a. leiti see element ühest haruldasest kiviliigist, selle järele ka õhust, tõsi küll, üsna väikesel hulgal; heelium on väga kerge gaas ja ühe tähelepanemadava omadusega: tema ei astu teiste elementidega mingisuguseisse ühendeisse, järelikult ei moodusta liitkehi, vaid esineb alati üksi, lihtkehana; ennemalt ei tuntud niisuguseid aineid, ja sellepärast on see päikese element-erak

tuurist (6 000°) kõrgem, kuid kaugelt madalam päikese seesmuse temperatuurist.

Uuemal ajal on teoreetiline füüsika tunginud aatomi ehituse saladusse; seeläbi avaneb nüüd võimalus ette näha ainete omadused, ka spektri omadused, kõige kõrgematel temperatuuridel, mis laboratooriumi katsetel kättesaadamata.

eriti tähtis teadusele. Heeliumi ülesleid ületab kõik, millest varemini kõnelesime; seal leidsime päikese peal ainult need kehad, mis juba enne olid tuntud maakeral; siin aga nägi astronoom esiti elemendi päikese peal, alles peale seda leidis keemik ta suure vaevaga meiegi planeedil.

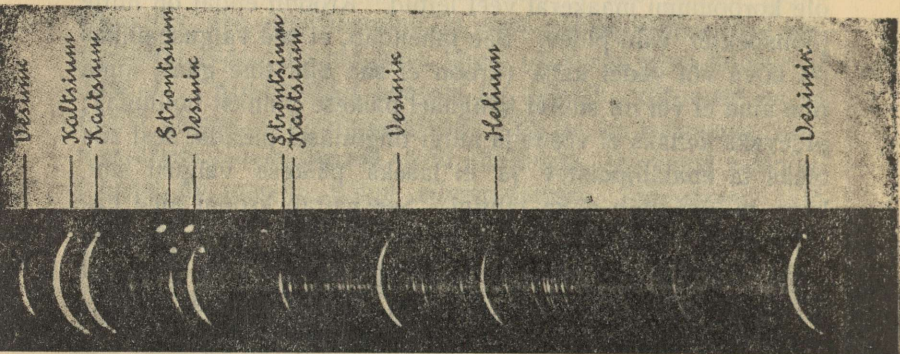
Päikese krooni spektris on väga silmapaistev roheline joon, mida ei oma ükski tuntud maine keha; sellepärast omistati teda isesugusele elemendile „krooniumile”; senini ei ole krooniumi maakeral veel leitud. Kroonil endal on mitte joonspekter, vaid pidev. See tähendab, et see valguseallikas on kõva või vedel keha (kroon ei saa olla tihe gaas, kuna tihe aine ei või nii suurel kaugusel päikese pinnast hoiduda); pidevaks kehaks ei või teda milgi tingimusel pidada, sest siis oleks ta ebaläbipaistev ja ei laseks päikese valgust läbi, kuna ta läbi võib näha tähtigi. See näitab krooni aine haruldast hõredust. Pigemini peaks arvama, et ta koosneb väga väikesist kõvust ja vedelaist päikese pinnalt paisatud hõredaist kübemeist, mis kanduvad lähedal ruumis, ümbritsetud krooniumist — meile veel tundmata gaasist.

Mõned arvavad, et kroon koosneb väikesist elektriga laetud kehakesist — elektronest.

Kõnelesime, et kromosfääri spektri uurimiseks päikesevarjutuste ajal astronoomid kasutavad need vähesed sekundid, mil kromosfääri ei kata kuu. Selle lühikese aja kestes ei jõua silm midagi tähele panna, — sellepärast fotograafitakse spekter. See tehakse spektrite harilikust fotograafimisest lihtsamini. Üldse tuleb spektri saamisel valgus lasta esialgu läbi kitsa pilu, et spekter oleks puhas ja et värvide naabervarjundid ei seguks. Päikesevarjutusel ei ole niisugust pilu vaja, kuna just sel silmapilgul, kui kuu katab päikese, jääb väga kitsas päikese atmosfääri äär helenduva looga või sirbi näol, nii kitsas, et täiesti asendab pilu. Sellepärast asetatakse prisma lihtsalt teleskoobi objektiivile ette, ja plaadil, fookuses, ilmub spekter, mis erineb harilikest vaid selle poolest, et siin on pilu — päikese äär — kõver,

mispärast spektri joonedki ilmuvad lookadena, nagu kujutab joon. 16. See ülesvõte on tehtud 1900. a. varjutuse ajal.

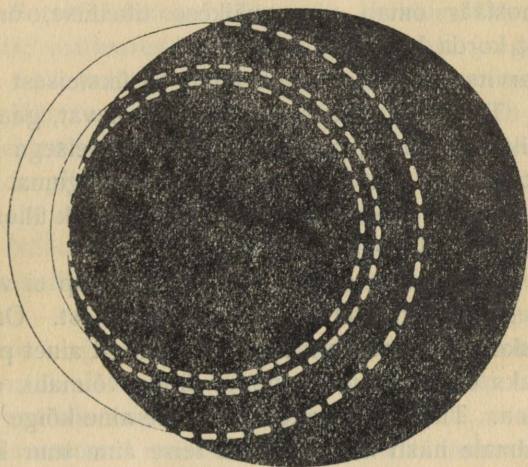
See spekter nimetub „välgatusspektri”, sest et temas neis kohtades, kus tavaliselt on päikese spektri tumedad jooned, lühikeseks ajaks ilmuvad järsult heledad loogad — jooned. Teatavasti fotograafia ei jäljenda värve, mispärast meigi joonis on värvitu; silma vaadates on aga kõik need loogad erivärvilised.



Joonis 16. Kromosfääri spekter 1900. a. varjutuse ajal.

Vaadates joonis 16 puutub kohe silma üks iseäraldus: välgatusspektri loogad ei ole ühepikkused; siin on mõni suur ja hulk peeni ja lühikesi looki! See seletatakse järgmiselt: päikese atmosfääris on mitmesugused elemendid erisugusel kõrgusel. Vaatleme 17. joonist ja oletame, et sise-sine punktring on päikese helenduv südamik (fotosfäär), mille kohal kerkivad kaks mingisugust gaasi, näit. madalam, kollaseid kiiri heitev (teine punktring), ja kõrgemal — punane (kolmas punktring). Ütleme, et oli päikese varjutus; kuu — suur tume ring — kattis päikese, jättis aga varjamata päikese atmosfääri pahema külje ääre, millel on siin just peene looga nähe, nagu välgatusspektriski. Kõrge punane gaas annab pika, madal — kollane — lühikesega looga. Seda-moodi ongi seletus leitud: mida pikem on välgatusspektris

look (joonis 16), seda kõrgemale tõuseb vastav gaasi kiht päikese pinnalt ja ümberpöörduvalt. Looga pikkuse järele võib arvutada selle kõrguse. Nii leiti, et vesiniku jooned tõusevad 8 000—8 500, heeliumi — 7 500, kaltsiumi heledamad jooned — 14 000 kilomeetrini. Maistega võrreldes on need kõrgused määratu suured: meie atmosfääri ei ole sugugi märgata 200—300-kilomeetrilisel kõrgusel maa pinnalt.



Joonis 17.

Ainult 7 joont ületavad 7 000 kilomeetrit; vähe suurem hulk ulatab 1 000—2 000 km kõrguseni, määratu hulk välगतusspektri jooni kerkib aga päikese pinna kohal kõigest 250—500 kilomeetrini. (Päikese „pinna” all mõeldakse siin fotosfääri ülemist piiri; tuletame meelde, et päike, olles gaaskeha, ei oma päris järsku piiratud pinda). Osutus, et suuremalt jaolt — mida raskem element, seda väikesem on tema kõrgus; see on ka arusaadav, sest raske keha peab juba oma raskuse pärast kogunema alla. Järelikult on päikese atmosfääri erisuguste osade koosseis erisugune: temas erinevad kaks peakihti — alumine, n e e l a v k i h t kerkib fotosfääri kohal umbes 700 kilomeetri kõrgusele; see kiht on

võrdlemisi tihe, ta tihedus on umbes sama mis maa õhul, ja ta sisaldab kõigi päikesel leitud ainete aare, näit. raua, vase, süsiniku, kaltsiumi, naatriumi, räni j. t. Ülemine kiht, millest juba mõne korra kõnelesime, on kromosfäär; tema koosneb vesiniku ja heeliumi kergeist gaasest ja metall kaltsiumist; peale selle leidub kromosfääri alumisis kihes vähesel hulgal kergeid metalle — alumiiniumi ja maagniumi. Kromosfääri kõrgus päikese pinnalt on umbes 20 000 km. Kromosfäär omab väga väikese tiheduse, on õhust mõni tuhat korda hõredam.

Ei tarvitse arvata, et need kihid on üksteisest teravalt eraldatud. Teame ju päikesel kõik gaasi olevat, gaasid aga on väga liikuvad kehad, püüavad alatasa üksteisega seguda; sellepärast peavad fotosfääri gaasid alati seguma neelava kihiga, neelav kiht — kromosfääriga, ja üleminek ühest kihist teise peab olema järk-järguline.

Tarvis ka meeles pidada, et spektroskoop ei või anda meile täitsa täpset kujutelma erisuguseist kihist. On ju nii, et spektroskoop võimaldab meil näha mingit ainet päikesel; kuid kahjuks ei ole ainuüksi nähte järele võimalik määrata aine hulka. Tuleb ette vahest, et mõne aine kõige tühisem hulk on silmale hästi nähtav, kuna teise aine suur kvantum üldse silma ei puutu, või ta on ainult vaevalt märgatav. Näiteks on õhk meile nägematu; kuigi teda palju on, näeme ometi tema läbi asju suurele kaugusele, nagu puuduks meie ja nende asjade vahel igasugune aine; selle vastu puutub kohe silma kõige väikesem hulk suitsu, ja varjab meilt asju, kuigi ta on miljon korda kergem õhukihist, mille läbi vaatame. Veel näide: paks klaas on läbipaistev ja nõrgalt nähtav; õhuke tahmakord tema pinnal on aga läbipaistmatu ja paistab teravalt välja. Mõlemad näited on mitte-isehelenduvaist kehist.

Isehelenduvate kehade märgatavuse aste oleneb sellest, kui palju keha valgust heidab, n. ö. tema kiirgamis- ehk helendumisvõimest. Näit. on söe kiirgamisvõime suur — hõõguv süsi kiirgab palju valgust ja on sellepärast kergesti

näha; ka ahju või lambi leegile annavad heleduse väikesed, põlevast kehast kerkivad söeosad, (et neid osi tõesti leegis on, näitab järgmine katse: leeki vaja panna mõni külm asi, näit. noatera, siis sadenevad sellele söeosad tahmakorrana); õhul on nõrk kiirgamisvõime, ja sellepärast me teda ahjus ei näe, kuigi on sama kuum kui söed.

Päikesel olevate ainete kiirgamisvõimed on ka erisugused.

Fotosfääri kohal kõrgemale kerkides väheneb iga aine tihedus; sealjuures kahaneb raskete ainete (nagu raua) suhteline hulk kergete (vesiniku) hulgast kiiremini; teatud kõrgusel jääb teatavat ainet nii vähe, et ta muutub nägematuks, ja spektroskoop teda ei ilmuta; see ongi välgatusspektri lookade pikkuse mõõtmisel saadav kõrgus; ainet on kõrgemalgi, kuid ta kiirgab liiga vähese hulga valgust.

Nüüd võime seletada ühe ilmingu, mis esialgu paistab mõistatuslik. Vesinikku — kõigest senini tuntud kehast kõige kergem — on leitud päikese atmosfääris kõigest 8 500 km kõrguseni, aga metall kaltsiumi aurud, mis vesinikust 36 korda raskemad, ulatavad 14 000 kilomeetriteni. Asi seisab selles — et vesinik omab väga nõrga helenduvuse, mispärast ei ole veel õnnestunud maakeral teda lihtsa kuumutamise teel sundida valgust kiirgama, vaid selleks vajati elektrit.

Kaltsiumi kiirteheitmisvõime on selle vastu suur, mispärast ta ka määratul, 14 000-kilomeetrilisel kõrgusel veel näha on, kuigi teda seal juba väga vähe on — võib olla, mitu tuhat korda vähem kui vesinikku. Kuid vesinik ei ole sel kõrgusel enam nähtav, aga kaltsiumi aurud on veel kergesti märgatavad. Üldse vesiniku nähtavus nii suurel kõrgusel kui 8 500 km, hoolimata ta nõrgast kiirgamisvõimest, näitab, et teda peab päikese atmosfääris väga palju olema, teisist elemendest hoopis rohkem; teiste kehade, näit. naatriumi, helenduvus on nii suur, et kui päikese atmosfääri alumisis kihes — neelavas kihis ja fotosfääris — oleks neid umbes nii palju kui vesinikkugi, siis võiks neid aineid kromosfääris näha palju kõrgemal kui vesinik, nagu see

näit. on kaltsiumiga. Sellepärast on meil küllalt põhjust kinnitada, et meie vaatlusele kättesaadavad päikese alad sisaldavad peaaesjalikult vesinikku, mille hulka ei saa täpselt määrata; näiteks võiks aga võtta niisugused arvud: võib olla 90, aga võib olla ka 99%. Ses vesinikuatmosfääris on lahunud — nagu veeaur õhus — teised raskemad elemendid; nende raskete elementide hulk kasvab päikesesse süvenemisega; nähtavasti on eriti palju rauda. Võimalik, et päikese siseosad on rauast nagu maakeralgi; kuid kerge vesinik kerkis pinnale — kui õli vees — ja võtab enda alla kõik, mis meie vaatele kättesaadav.

Kuid päikese sisemiste osade koosseisu on raske meil umbkaudugi ette kujutada: seal sees peab olema nii kõrge temperatuur, et meile tuntud elemendid võivad temas muutuda millekski teiseks, meile tundmatuks.

Nüüdisaja teoreetilised uurimised heidavad küll juba veidi valgust sesse tumedasse alasse. Nagu viimasel ajal kindlaks tehtud, koosnevad aatomid — need väikesemad materia osakesed — võrdlemisi massiivsest positiivse elektriga laetud tuumast, mille ümber tiirlevad kindlatel orbiitidel (teekondadel) tuhanded korrad vähem massiivsed elektronid, negatiivselt laetud. Elektrone hoiab nende orbiitidel tuuma külgetõmbamisjõud. Elektrone ühes aatomis on igal elemendil mingi kindel arv; nii omab vesinikuaatom normaalselt 1 elektroni, heeliumiaatom — 2, liitiumi — 3, süsiniku — 6, hapniku — 8, kaltsiumi — 20, raua — 26; suurim arv elektrone, nimelt 92, on raskemal elemendil — uuraniil. Elektronid on kõigil elementidel ühesugused, kuna tuumad erisugused ja seda massiivsemad, mida suurem elektronide arv. Teatavate tegurite mõjul, näiteks, temperatuuri tõusuga, võib juhtuda, et üks või rohkem elektrone tuumast lahti löövad ja iseseisvalt ruumis liikuma hakkavad; see nähtus nimetub „ionisatsiooniks”. Arvutused näitavad, et päikese seesmuses valitsevail mitme miljoni kraadilisel temperatuuril kaotavad meile tuntud elemendid suurema osa — pea kõik oma elektronid; nii siis esineb aine päikese seesmuses kui segu

üksikute elementide tuumadest ja vabadest elektronidest, mis suure kiirusega igas suunas liiguvad. Säärasel ioniseeritud gaasil on üks tähelepanemisväärt omadus: olgu mis tahes algelement, millest see gaas tekkinud (vesinik välja arvatud), on tema tihedus sama ja võrdne kahe- kuni kolmekordse vesiniku tihedusega.

Spektroskoop võib määrata vaid nähtavuse astme, ei mitte aine hulka. Siin on veel ühe teise huvitava ilmingu põhjus. Nagu teame, on igal elemendil spektris palju jooni — mõnesti kümned, vahest sajad, raual isegi tuhanded. Need jooned ei ole ühte viisi märgatavad. Tavaliselt on igal elemendil mõned hästi nähtavad jooned ja hulk peeni; on ainet vähe, paistavad vaid peajooned, aga aine hulga ja tiheduse kasvades saab nähtavaks suurem hulk kõrvaljooni. Nii näitavad välgatusspektris sama elemendi erisugused jooned erisugust kõrgust. Peajooned kerkivad kõige kõrgemale, kõrvaljooni võib näha vaid alumisis kihes, kus ainet juba küllalt, et neid märgatavaks teha. Nii vastab igale välgatusspektri joonele oma teatud kõrgus, kus selle joone kiired sünnivad, ja selle asemel, et rääkida elemendi kõrgusest päikese pinna kohal, tuleb kõnelda spektri joonte kõrgusest; see on igatahes täpsem, kuna „elemendi kõrgus“ on, nagu nägime, ebamäärane mõiste: kõrgusega väheneb aine hulk aegajalt, on võimatu näidata täpset piiri, millest kõrgemal teda ei ole: teda on, võib olla, kõige väikesemal määral, nii et võimatu näha, kuid teda on ikkagi.

Näiteks võib võtta järgmised arvud: vesinik andis välgatusspektri ülesvõttel üldse 34 joont; neist on kõigest viiel üle 8 000-kilomeetriline kõrgus, 7-el 4 000—8 000, 14-el 1 000—4 000 ja 8-al — alla tuhande kilomeetri.

See mitmekesisus ei anna õigust arvata, nagu oleks mitu vesinikku, mis kerkivad erisuguseile kõrgusile. Vesinik on üks ja sama, ainult tema joonte helenduvus ei ole ühesugune. Kui võtta kõigi 34 vesinikujoone keskmine kõrgus, siis saab 3200 kilomeetrit. Eespool nägime kaltsiumi raskemaid aure tõusvat 14 000-kilomeetrilisele kõrgusele; see

käib vaid kahe kõige laiema kaltsiumi joone kohta. Teisist 33 joonest 1 annab kõrguse 5000, 2 — 1500 ja kõik ülejäänud alla 1000, nii et kõigi kaltsiumi joonte keskmine kõrgus võrdub 1460 km, s. o. enam kui 2 korda vähem vesiniku joonte keskmisest kõrgusest. „Päikese elemendil” — heeliumil — mis vesinikust 4 korda raskem, aga kaltsiumist 9 korda kergem, on keskmine kõrgus 2850 kilom., — see arv on kaltsiumi ja vesiniku kõrguse vahel. Tähendab, võttes mingi elemendi kõigi joonte keskmise kõrguse, mitte piirdudes vaid märgatavamate jooniga, saadakse kõrgus suuremas vastavuses tihedusega: kerged ained kerkivad kõrgemale, rasked asetsevad madalamale.

India füüsik Saha, toetudes taanlase Bohr'i aatomiehituse ja saksa õpetlase Nernst'i dissotsiatsiooni- (lagumis-) teooriaile, arendas oma teooriat, mis seletab erisuguste elementide, ja ka sama elemendi erisuguste joonte helenduvuse muutuvust temperatuuri ja rõhumise (tiheduse) mõjul. Mingi elemendi kiirgamine oleneb elektronide ümberpaigutusest tuuma suhtes: kui elektron tuumale lähemale kargab, sünnib kiirgamine, kui ta tuumast eemale hüppab — neeldumine. Väljasaadetud või neelatud valguse värv (lainepikkus) oleneb aatomi ehitusest, nimelt tuuma massist ja elektronidest kaaslaste arvust, ja elektroni hüppe ulatusest. Senini seletamata seaduse põhjal võivad elektronid liikuda ainult teatavail, kindlal viisil asetatud orbiitidel, mis võivad olla kas ringikujulised või elliptilised (pikergused); teekonnad, mis nende valitud orbiitide vahel asetuvad, on nagu „keelatud”: hüpe ühelt orbiidilt teisale sünnib järsku, ilma peatuseta vahepealsetel keelatud teekondadel. Elektroni orbiidid on nagu redeli astmed, millel ainuüksi temal võimalus on viibida. Iga hüppe korral teatud orbiitide paari vahel sünnib kiirgamise või neelamise kaudu üks spektri joon; kõikide võimalikkude orbiitide koostamisest paariviisi sünnivad antud elemendi kõik võimalikud spekraaljooned.

Rõhumise mõju avaldub kõigepealt selles, et suuremal rõhumisel on aatomid tihedamalt koos, nii et nende elektro-

nide välised orbiidid kokku puutuvad; kaugematele orbiitidele elektronid hüpata ei saa, ja spektrijooned, mis kaugematele orbiitidele vastavad, jäävad nägematuks. Temperatuuri tõus, vähendades gaasi tihedust, mõjub rõhumisele vastupidiselt ja võimaldab suurema arvu joonte ilmumist.

Rõhumine ja temperatuur võivad spektri väljanägemisse veel suuremal määral mõjuda ionisatsiooni kaudu (vt. lk. 50); ionisatsioon, ehk elektronide eraldumine aatomist, suureneb temperatuuri tõusuga, ehk rõhumise (tähen-dab, ka tiheduse) vähenemisega. Ioniseerunud aatomil on juba teissugused omadused kui ioniseerumatul ehk neutraalsel aatomil; ioniseerunud aine tekitab kõigepealt hoopis teis-suguseid spektrijooni kui ioniseerimatu.

Saha' teenus on, et tema leiutas meetodi, mille abil võib arvutada ühe elemendi ionisatsioonikraadi mistahes temperatuuri ja rõhumise tingimusi. Seega avanes võimalus seletada päikese- ja tähtede spektri peamised iseäraldused. Näiteks, ülal tähendasime, et võrdlemisi raskete kaltsiumi-aurude violetsed jooned, n. n. **H** ja **K** jooned, tõusevad päi-kese pinnalt suurema kõrguseni kui kõige kergema elemendi — vesiniku jooned. See seletub järgmiselt. **H** ja **K** jooni tekitab ü h e k o r d s e l t ioniseerunud kaltsium, see tähen-dab, kaltsiumiaatom, mis oma 20-est elektronist ühe kaotas; Saha näitas, et esimese elektroni kaotus sünnib kaltsiumil võrdlemisi kergesti; 5000-kraadilisel temperatuuril ja rõhu-misel alla $\frac{1}{10\ 000}$ atmosfääri — säärased on just tingimused päikese kromosfääri kõrgemais kihes — ioniseeruvad pea kõik kaltsiumiaatomid, mille tõttu need **H** ja **K** jooned seal nii silma paistavad; teised kaltsiumi jooned, kuuludes neutraal-sele aatomile, muutuvad samal põhjusel sel kõrgusel näge-matuks; neutraalse kaltsiumi jooned ilmuvad alles madala-mais ja tihedamais kihes, kus suurem rõhumine takistab ioniseerumist, temperatuur aga ei ole mitte küllalt kõrge.

Väikese rõhumise tõttu on kromosfääri kõrgemais kihes kõik elemendid pea täitsa ühekordselt ioniseerunud. Sellega võib seletada asjaolu, et vesinik on nägematu seal, kus kalt-

sium veel nähtav. Vesinik omab ainult üht elektroni, ja kaotades selle — ioniseerudes — kaotab ka helendumisvõime, sest valgust välja saata ja neelata võivad ainult elektronidega varustatud aatomid; vesinikujooned ulatuvad ainult kõrguseni, kus veel teatav osa tema aatomeid ioniseerumata; et see kõrgus on ikkagi veel üsna suur, seletub osalt sellega, et vesinik visa on ioniseeruma — tema ioniseerimiseks vaja kõrgemat temperatuuri, ehk madalamat rõhumist kui kaltsiumil; osalt aga arvatava vesiniku ülirohkeusega päikese atmosfääris, mille tõttu helenduvate — neutraalsete aatomite protsendi üsna väikese olles nende absoluutne hulk ikkagi küllalt suur on, et tuntavat valgust sünnitada.

Saha' teooria seletab mitmesuguste elementide spektrijoonte omadusi niivõrt hästi, et selle teooria abil, spektrijoonte väljanägemise järele päikesespektris, välgatusspektris jne., võib määrata rõhumise ja temperatuuri üksikuis päikese atmosfääri kihes. Selgub, et meie vaatlusile oma läbipaistvuse tõttu kättesaadavas päikese osas, välisest kromosfäärist kuni fotosfäärini, muutub temperatuur võrdlemisi vähe — umbes 4000° kuni 7000° ; rõhumine sellevastu kasvab fotosfäärile lähenedes miljonikordselt võrreldes kromosfääriga. Sellepärast mõjustab just rõhumine kõige rohkem päikese spektrijooni; samal põhjusel on fotosfääri lähedal asuvad kihid kõige vähem ioniseerunud. Arvutused näitavad aga, et tungides veel sügavamale, vaatleja silma eest varjatud kihesse, peab temperatuur niivõrt kasvama, et rõhumise suurenemine enam ei saa takistada ioniseerumist, ja viimane jõuab päikese sentri lähedal maksimaalse astmeni.

III PEATÜKK.

Päikese atmosfääri üksikute kihtide uurimine.

Eelmises peatükis saime teada, et päikese spektris on rida tumedaid jooni, ja nägime, kuidas nende joonte seisujärele võis määrata päikese atmosfääri koosseisu. Nüüd

peatume lähemalt päikese spektri tumedail joonil. Need jooned ei olegi nii tumedad, kui nende nimi arvata laseb — neis on ka valgust, kuigi nõrgemat, kuid osutub, et see nõrk valgus võib meile teatada päikese ehitusest hoopis rohkem kui päikese muu hele valgus. Et sellest aru saada, vaatame lähemalt tumedate joonte tekkimist.

Päikese valguse suurem osa tuleb kihist, mis nimetub fotosfääriks. Selle kihi paksus on võrdlemisi väike — kõigest mõnikümmend kilomeetrit; fotosfäär koosneb gaasest, mis küllalt tihedad selleks, et anda valget valgust ja pida v a t s p e k t r i t. Enne meile jõudmist läheb fotosfääri valgus läbi päikese atmosfääri, mille gaasid neelavad teatud värvi kiired, tekitades spektri tumedad jooned; need gaasid hõõguvad ja helenduvad ise, ja nende värv on just sama mis neelatud kiiril, nii et fotosfääri kadunud valguse asemele astub vastava gaasi valgus. Iga tume joon on siis mingi päikese atmosfääris gaasitaolises olekus oleva aine valgus, kuna spektri „puhtad” kohad on fotosfääri enese valgus. Mispärast paistavad jooned siiski tumedaina, kui neis on ju valgus? On küll valgus, kuid teda on vähem kui fotosfääril, ja sellepärast jooned ainult näivad tumedaina, võrreldes heledama valgusega. Kui aga kõrvaldada heledam valgus, näivad jooned ise ka heledad; see sünnibki päikese varjutuste aegu, kus kuu varjab meid segava heleda valguse; siis tulevad päikese ääre juures nähtavale neelava kihi ja kromosfääri üksikud gaasid, mis annavad h e l e d a i d jooni välgatusspektris. Need heledad jooned on just samad kiired, mis asetsevad päikese spektri tumedais joonis. Siin on tegemist ainult vastakusega ehk kontrastiga. Meie silm suudab vaid võrrelda erisuguseid ilminguid, aga nende absoluutseks hindamiseks ta ei kõlba.

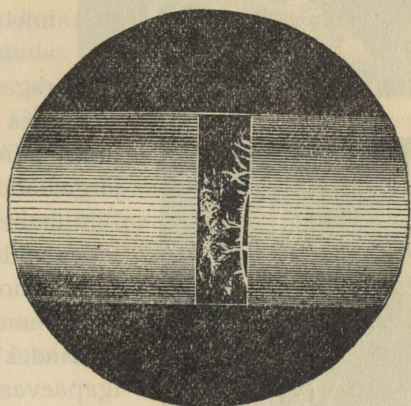
Nii on päikese spektri tumedais neeljoonis mingi üksiku elemendi aurude valgus; tekib mõte, kas ei võiks seda valgust kasutada selle elemendi aurude seisu vaatlemiseks päikesel. 50 aasta eest õiendati see esimest korda. Tuletame meelde, et päikesevarjutuse ajal võib vaadelda protuberantse —

päikese purskeid. Harilikult, väljaspool varjutusi, ei näe teleskoobis protuberantse, sest nende valgus on liiga nõrk, tumestub heledast valgusest päikese kõrval (taeva valgus — meie õhus peegelduv päikese valgus). Protuberantsid kerkiavad kromosfäärist ja, nagu spektroskoop näitab, sisaldavad samu gaase mis kromosfäärgi: peaois on vesinik, siis heelium ja kaltsium; leidub vahest ka teisi elemente, nagu raua-aure. Need gaasid on väga hõredad, asetsevad kõrgel päikese pinna kohal; nad omavad joonspektri, mis üldiselt koosneb samust heledaist joonist kui väljatusspektergi. Alguses uuriti protuberantside spektrit päikesevarjutuste ajal. Kui aga osutus, et selle spektri jooned on väga heledad, tekkis mõte, kas ei saaks neid näha ka väljaspool varjutust. Protuberantsi gaasid annavad küll vähe valgust, kuid see valgus on kogutud vähestes üksikuis joonis, ja sellepärast on nõrgast valguseallikast küllalt, et kitsa joone teha silmale nähtavaks. Vesinik, näit., heidab hästi nähtavaid ühe teatud punase varjundi kiiri; lihtsuse pärast oletame, et kõik protuberantsi valgus sisaldab ainult neid punaseid kiiri; taeva valgus päikese kõrval annab aga igavärvilisi ja igavarjundilisi kiiri. Ütleme, et neid varjundeid on 1000 ja et protuberantsi heledus = $\frac{1}{100}$ taeva heledust ¹⁾); kui vaatame lihtsilma või teleskoobiga, näeme ühtivat kõik erisugused varjundid ja andvat helesinikas-valge valguse. Et aga taeva valgus on vesinik — protuberantsi valgusest 100 korda suurem, siis tumestab ta viimase täiesti. Kuid võtame valge valguse „vikerkaare värveks” lahutava spektroskoobi, mis asetab kõik valguse arvutud varjundid kindlasse järjekorda — punased punaste, sinised siniste kõrvale jne. Protuberantsi valgus säilib samana, mis ta oli — ta sisaldab vaid ainsa varjundi — punase —, tema ei lahutu enam millekski muuks — annab ainult ühe punase joone; kuid selle kõrvale asub juba ainult taeva punane

¹⁾ Tõelikult ei ole valges valguses mitte 1000, vaid lõpmatu hulk erisuguseid varjundeid, mis moodustavad järkjärgulise ülemineku ühest teise. Määratud arvu võtsime oma näites [vaid arutuse lihtsustamiseks; muidugi oleks võinud võtta mis tahes arvu.

valgus, muud värvid kauguvad spektri teisisse osisse; vesiniku joone lähemasse naabrusse jäävad vaid kaks taeva spektri varjundit, mis ka punased — üks tumedam, teine heledam, endise tuhanda varjundi asemel segavad meid nüüd need 2 varjundit protuberantsi vaatlusel; nii kahanes kõrvalvalgus 500 korda, protuberantsi valgus jäi aga endiseks; ta oli 100 korda nõrgem kõigist 1000 varjundist, nüüd aga on ta spektroskoobis 5 korda heledam kui kaks teist varjundit, ja meie näeme tumedamal taeva spektril vesiniku heleda punase joone.

Põhjenedes niisuguseile arvamisile inglane Lockyer ja prantslane Janssen juhtisid peaaegu ühel ajal — 1868. a. — spektroskoobi päikese äärele, kus võis protuberantse oodata, ja tõesti nägid nad esiteks vesiniku heledaid jooni, hiljemini ka teisi; muu seas leiti siis sellal maakeral tundmatu elemendi, heeliumi jooni (heeliumist kõnelesime ülal).



Joonis 18.

Mitte ainult heledaid jooni ei olnud võimalik vaadelda ja nende järele protuberantside koosseisu määrata, vaid õnnestus nende välimist nähetki silmitseda. — Spektroskoobil on pilu, mille läbi lastakse valgus; protuberantside vaatlusel juhitakse see pilu teleskoobis saadava päikese fokaalse kujutise äärele, siis kordub saavutatava spektri joonis kõik, mis on pilu sees; on pilu küllalt lai, siis mahub protuberants tervena temasse, sel korral ilmub spektri tumeda joone kohale joonisel 18 kujutatud pilt. See on vesiniku punaseis joonis vaadeldav protuberants; kuigi temas kahtlemata leidub teisigi elemente, on nende valgus spektroskoobi abil kõrvaldatud, ja meie ees

on vaid vesiniku kiired: näeme ainult selle protuberantsi vesinikku; valiksime spektris mõne teise joone, võiksime silmitseda, millised on, näit., kaltsium või heelium, mis moodustavad protuberantsi. Nii annab spektroskoop kaks paremust korraga: ta näitab meile asju, mis teleskoobiski silmale nägematud, peale selle võimaldab üksikult vaadelda aineid, mil-



Joonis 19.

lest need asjad koosnevad, just kui oleksid kõik teised ained kõrvaldatud. Siin on vaid üks ebamugavus: kõik tuleb vaadelda läbi kitsa prao — spektroskoobi pilu, ja korraga võib vähe näha; suure asja silmitsemiseks vaja nihutada pilu, siis avanevad silmale järgemööda tema üksikud osad. Pilu ümber kõige päikese ääre nihutades võib kõiki protuberantse näha ja ära joonistada, ja mitmed observatooriumid ongi oma üheks peaülesandeks võtnud protuberantside igapäevase registrimise.

Sestast on rikastunud meie teadmised neist tähelepandavaist ilminguist. Ennemalt nähti protuberantse ainult päikesevarjutuste ajal, nii oli võimatu seirata, mis nendega sünnib, kuidas nad tekivad ja muutuvad; nüüd aga võimaldab vaatluste pidevus tähele panna muutusi protuberantsides. Selgus, et protuberantsid jagunevad kahte erisugusesse liiki. Esiteks tormilised protuberantsid, mis ongi päris pursked; teiseks rahulised protuberantsid. Esimesed muutuvad kiiresti. Joonis 19 annab niisuguse muutuse näite. Ülemine kujund näitab purske algust, mida vaatlus Young 7. sept. 1871. a., alumine — protuberantsi nähet ainult poole tunni

pärast, kui võimas plahvatus paiskas üles 350 000 kilomeetri kõrgusele tulipisarad, millest igaüks võib oma suuruselt võrrelda maakeraga; et 30 minuti jooksul niisugune vahe ära käia, mis 9 korda suurem maakera übermõõdust, pidi liikumise kiirus olema vähemalt 200 kilomeetrit sekundis, alguses aga suuremgi, 400—500 km, mis on peaaegu tuhat korda suurem suurtükikuuli kiirusest; niisuguseid määratu suuri kiirusi on päikese purskeil mitu korda tähele pandud, kuigi sagedamad on mõõdukamad kiirused, maistega võrreldes ikkagi suured: tavaliselt mõnikümme kilomeetrit sekundis. Niisuguste hiiglakiiruste tekkimine on senini alles mõistatus: maa peal ei ole ühtegi jõudu, mis võiks õiendada midagi sellesarnast, kõige tugevamad plahvatusained ei suuda anda kehale sajandikku sellest kiirusest. Tormiliste protuberantside peaosis on vesinik, peale selle on neis kromosfääri alumiste kihtide raskeid metalle, nagu rauda, naatriumi ja teisi; nähtavasti on need plahvatuse jõul paisatud alt suurele kõrgusele. Sellepärast kutsutakse tormilisi protuberantse tihti ka metalliliseks, et neid eraldada rahulisest ehk vesiniku protuberantsest, milles spektroskoop ilmutab, peale vesiniku, ainult kromosfääri ülemiste osade gaase: heeliumi ja kaltsiumi.

Juba „rahuliste” protuberantside nimi annab tunnistuse nende peomadusest: nad püsivad kaua, mõned terved nädalad, ühes ja samas paigas päikese pinna kohal, alal hoides üldse oma nähte ja ilma eriti tähelepanemisväärti liikumisteta; nende välisnähe tuletab meelde maisi pilvi või suitsusambaid (joonis 28); nende kõrguski on suur — vahest 100—200 000 kilomeetrit, üldse jääb aga nende kõrgus tormiliste pursete osade omast maha.

Huvitav on mõne rahulise protuberantsi arenemine. Teatud kõrgusel päikese pinna kohal ilmub äkitselt hele pilveke, mis alguses kiiresti paisub, jäädes oma kohale; siis ilmuvad pilvest võsud, mis tulpadena sirutuvad alla päikese pinnale. Kirjeldatud nähtuste seletamine on raske; oma nähte ja iseäralduste poolest tuletavad need sünnitised meelde maa

pilvi; ometi raske pidada neid pilviks, kuna nad nii kõrgele hõljuvad, et kõige hõredamad gaasid neile seal vaevalt võiksid pakkuda niisugust tuge kui õhk meie pilvile. Pigemini moodustavad nad midagi meie virmaliste taolist; viimaste põhjuseks on maa atmosfääri ülemiste väga hõredate gaaside elektriline helendumine. Võimalik, et elektrilised ilmingud panevad mõnesti päikeselgi kromosfääril kõrgemal asuvad hõredatud gaasid hiilgama. II peatükis kõnelesime, et, kuigi, näit., vesinik on näha päikesel kõigest $8\frac{1}{2}$ tuhande kilomeetri kõrguseni, on teda kahtlemata kõrgemalgi, kuid oma nõrga helendusvõime ja suure hõreduse pärast on ta silmale nägematu. Väga võimalik, et mõnes uuestitekinud rahulises protuberantsis sisalduvad vesinik, heelium ja kaltsium olid ennegi seal, ei liikunud oma kohalt, nähtavaks said alles elektri mõjul, aga, võib olla, ka mõnel teisel põhjusel.

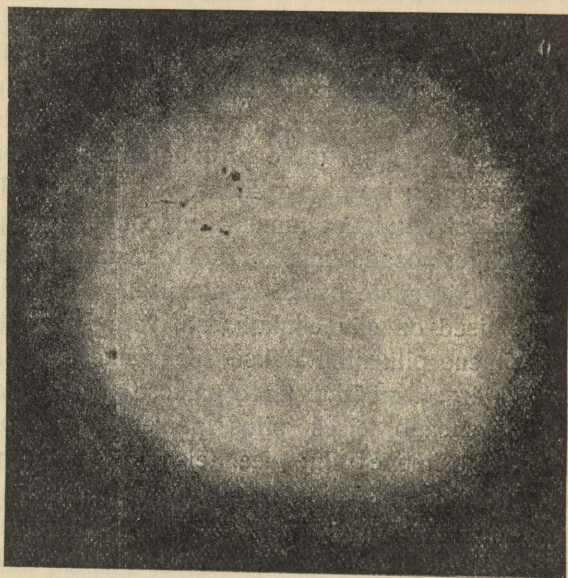
Mõlemail protuberantsi liikidel on veel üks oluline vahe: rahulisi protuberantse leidub ühtmoodi igal päikese laiuse vöö; pursked aga puuduvad pooluste juures, leiduvad vaid keskmisis ja ekvatoriaalseis piirkonnis; teatavasti omavad laigudki samasuguse iseäralduse; pealegi leidub purskeid sageli just laigu naabruses; nii on mõlemad nähtused — päikese laigud ja pursked — ilmselt omavahelises ühenduses, kuid ei ole veel teada, mil kombel.

Peale seda, kui leiti võimalus protuberantse vaadelda väljaspool päikese varjutust, tekkis mõte, kas ei saaks sama meetodit tarvitada päikese enesege kohta? On ju päikese spektri tumedais joonis vastava elemendi, näit., vesiniku, valgus; vesiniku joone valgust kasutades võib päikesel näha kas ainult vesinikku, või ainult kaltsiumi — kaltsiumi joonte abil jne.; aga see valgus tuleb atmosfääril, mille poolest erineb harilikust, sügavamast fotosfääril — „pinnalt” — tulevast päikese valgusest, ja järelikult võib üksikult vaadelda ainult päikese atmosfääri, ilma pinnata. Niisuguste vaatluste võimalus oli üliveetlev; ometi esinesid siin mõned raskused. Esiteks, kõrvaline päikese valgus on liiga intensiivne, varjab joone võrdlemisi nõrga valguse. Protuberantside vaat-

lusel on asi selle poolest märksa parem, sest et nad asuvad päikese ääre taga ja kõrvalvalgus on hoopis nõrgem: see ei ole otsekohene päikese valgus, vaid meie õhus peegeldunud. Kuid sellest ebamugavusest on hõlpus pääseda: tarvis võtta piluga tume plaat; plaadiga kaetakse ülearune spektriosa, läbi pilu vaadatakse meile tarvis minevat joont. Nii on siin juba kaks pilu: esimene pannakse otse päikese kujutise, teine — saadava spektri peale. Aga nüüd ilmub teine takistus: esimene pilu peab olema väga kitsas, palju kitsam kui protuberantside vaatlemisel, nii et tema läbi paistaks vaid väike päikese osa; protuberantside silmitsemisel ei puutu me selle raskusega kokku, kuna nad on võrdlemisi väikesed; ja neid vaadeldes võib näha terve protuberantsi; päikest vaadeldes peab aga pilu ise olema kitsas, vastasel korral satuks spektri naaberosist valgust tumedasse joonde, aga pilu nihutades ja päikest osade kaupa vaadeldes ununeks eelmiste osade kuju — järgmiste osade vaatlemisel. Tähendab, silmaga vaatlemised on siin ebakohased, vaja kasutada fotograafiat: esimene pilu nihutatakse üle päikeseketta, nii et tema ees järkjärgult möödub terve päikese pilt; esimese pilu iga seisu jaoks saab teises pilus päikese selle osa pilt, millele juhitud esimene pilu; see teises pilus ilmuv nähe fotograafitakse päevapildiplaadil; plaati nihutatakse ühel ajal esimese pilu liikumisega päikest mööda, nii et üksikud ribad asetsevad kõrvuti, ja nende kogusumma annab selle päikeseala terve ülesvõtte, mida mööda nihkus esimene pilu. Esimese pilu liikumine päikeseketast mööda ja päevapildiplaadi nihkumine teisel pilul kooskõlastatakse kellamehhanismi abil. Terve see keeruline riist, mille üksikud osad on 1) teleskoop, 2) spektroskoop kahe piluga, 3) liikuv päevapildi-plaat, sai endale spektroheliograafi nimetuse; selle mõtles välja ja seadis kokku ameeriklane Hale, täiendas prantsuse astronoom Deslandres.

Vaatame, mida uut lisas see riist teadusele päikesest. Joonis 21 on päikese ülesvõtte, mille Hale tegi kaltsiumi aurude kiiris. Selleks juhiti spektroheliograafi teine pilu ühele

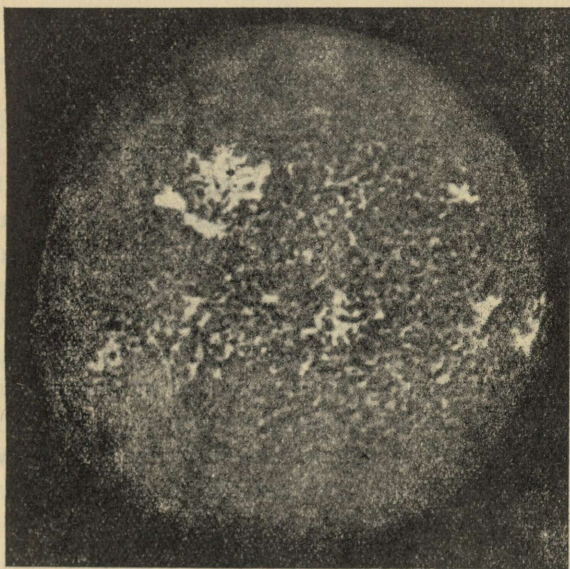
kõige suuremale kaltsiumijoonele, millel välgatusspektris oli kõige suurem kõrgus päikese pinna kohal — nimelt 14 000 km (16. joonis). Võrdluseks on 20. joonisel valgeis kiiris tehtud päikese tavaline, peaaegu samaaegne ülesvõte; niisugune oli päike sel päeval (25. aug. 1906. a.) vaadatuna läbi teleskoobi. 20. joonis kujutab päikese pinda (fotosfääri), joonis 21 — ainuüksi kaltsiumi aurude nähet



Joonis 20. Päikese liht-ülesvõte 25. aug. 1906. a.

päikesel, nagu oleksime mingil imeviisil kõrvaldanud kõik muud ained ja jätnud vaid kaltsiumi. Mõlemat ülesvõtet vaadates paistab neis suur vahe, alguses võib arvata, et meie ees on koguni kaks isekeha. Esimesel ülesvõttel ei või pinnal ära tunda midagi peale mõne laigu; teisel aga katavad kaltsiumi aurud terve pinna heledate ja tumedate kohtade — helvete — võrguga; need on harvade, siledale pinnale laskunud udusule- või lumehelvete sarnased. Kaltsiumiga ülesvõttel on kaks suurt laiku, kuid siin on nad

märksa väikesemad ja ümbritsetud suurte heledate aladega — faaklitega¹⁾); hele faakel katab täiesti ülemise suure laigu lähedal oleva väikeste laigukeste rea; üldse on tavalise nähtega võrreldes mitmekesisus haruldane. Leiame küll I peatükis midagi nende helvete sarnast: fotosfääri sõmerad (joonis 9 — granulatsioon). Ometi on helvete ja graanulate vahe suuruses: helbed on graanulaist palju, umbes 30 korda



Joonis 21. Kaltsiumi keskmine kiht 25. aug. 1906.

suuremad; esimeste läbimõõt ulatub mõnekümne tuhande kilomeetrini, graanulate suurus aga on mõnisada kuni 2—3 tuhat kilomeetrit. Kui joonis 9 päikese pind paistab sama kirju nagu 21. joonisel, siis on see sellepärast, et esimene ülesvõtte on hästi suurendatud, väga väikesedki laigukesed on näha; väikesel suurendusel ei või silm neid laigukesi üksikult märgata, nad sulavad kõik ühte, ja pind näib olevat tasane nagu ülesvõttel 20. joonisel.

1) Siin on teissugused faaklid kui need, mis näha tavalisil vaatlusil.

Kuidas seletada seda mõlema — kaltsiumi ja hariliku — ülesvõtte vahet? Esiteks, tuletame meelde, mis õpetasid meile päikesevarjutuste aegsed vaatlused: kaltsiumi aurud tõusevad päikese pinna kohal mitme tuhande kilomeetrini; nii näeme 21. joonisel päikese atmosfääri kihti, mis hõljub suurel kõrgusel joonis 20. kujutatud fotosfääri pinna kohal; siin ei näe me ainult üksikult ühte ainet — nimelt kaltsiumi — paljude päikesel olevate hulgast, vaid peale selle on eraldatud terve kiht, nagu oleksid saladuslikult kõrvaldatud kõrgemal ja madalamal asetsevad kihid. Tähendab, joonis 21 kujutab kaltsiumi aure kihis, mis päikese pinna kohal tuhandete kilomeetrite kõrgusel. Meie ülesvõttel nähtavad helbed ja faaklid kuuluvad sellesse kõrgesse kihti.

Pealiskaudsel silmitsemisel võib näida, et helbed on kui kaltsiumi pilved, kuhu rohkesti kaltsiumi aure kogunenud, kuna tumedail kohtadel on kaltsiumi vähe. See on aga täiesti vale kujutelm. Kõik ained, nii kaltsiumgi, on päikesel aurutaolises olekus; need aurud on alatises liikumises ja seguvad üksteisega — ja sellepärast on igas kohas päikesel ühesuguse kõrguse kihis üldse võrdsed hulgad mingit ainet, järelikult ka kaltsiumi. Sellepärast on nii helvetes kui tumedamais vahekohtades kaltsiumi hulk ühesugune: vahe on vaid heldeuse; helvetes sunnib mingi põhjus kaltsiumi aure kangemini valgust heitma. Mis on see põhjus? Tuletame meelde, miks päike helendub — sellepärast, et ta on hõõgav, et ta temperatuur on väga kõrge. Ilmsesti sunnib sama põhjus ka kõike päikesel olevat helenduma. Näib aga päikesel mingi koht heledam, siis tähendab, et ta on kuumem, ja ümberpöörduvalt. Erisuguste päikesel nähtavate kohtade heleduse vahe tähendab siis temperatuuri vahet. Näeme, et peale kõige muu on valgusekiir meile ka termomeetriks, millega mõõdetakse nii kaugel asetseva keha soojusaste kui meie päike. Päikese laigud on muust pinnast tumedamad, sest et nad on külmemad: nende temperatuur on umbes kolme tuhande kraadi võrra madalam fotosfääri keskmisest temperatuurist. Päikese atmosfääri helbed ja

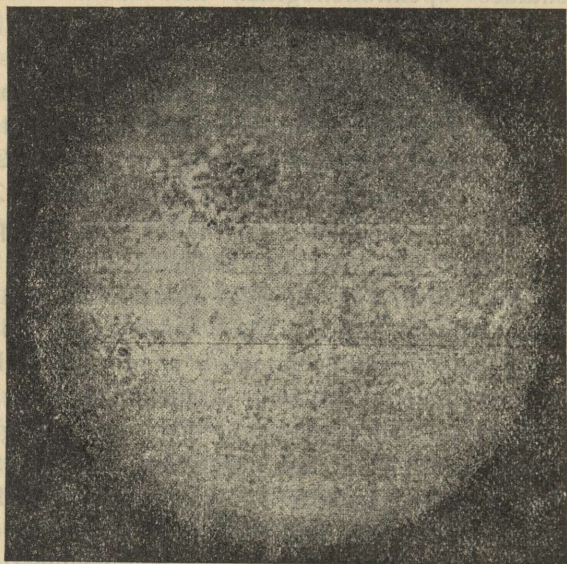
faaklid aga on palavamad kohad; nende temperatuur on mõnisada, vahest, võib olla, tuhatki kraadi kõrgem kui teisel nendega ühesugusel kõrgusel olevail kohtadel.

Välgatusspektri vaatluste põhjal mitmesuguste gaaside kõrguse määramisest rääkides mainisime, et päikese spektri iga joon vastab kindlale kõrgusele — päikese atmosfääri teatud kihile; asjaolu nii olles võib spektri mitmesuguseid jooni kasutades spektroheliograafi abil saada erisuguste kihtide pildid.

Hale'i 5 järjestikust, peaaegu ühel ajal tehtud ülesvõtet (joonised 20—24) annavad aimu sellest, kuidas päikese atmosfääri mitmesugused kihid erinevad üksteisest oma nähte poolest. Joonis 20. ja 21. juba kõnelesime; 22. joonise ülesvõtte on tehtud vesiniku violetses joones, 23. — ühes raua joones; vesiniku joon näitas välgatusspektris 8 000-kilomeetrilise kõrguse, olles sedaviisi kaltsiumi aurest madalamal, kuid siiski väga kõrgel. Raua joone kõrgus oli 1 000 kilomeetrit; nii kujutab 23. joonise „raud"-ülesvõtte pinnale kõige lähemat kihti; ja tõesti ei ole siin selle kihi ja pinna ülesvõtte (joon. 20) vahe kaugeltki nii suur; laigel — nii suuril kui väikesil — on sama nähe mis pinnagi peal, kaltsiumi kõrges kihis on aga väikesed täitsa ja suured poolest saadik kaetud faaklite hõõguvate gaasega; faaklid on küll laikude ümber, kuid nad ei ole pidevad nagu ülemises kihis, vaid nõrgad ja koosnevad peenist võsudest; neist on jäänud ainult kui luukere. Suuri helbeidki ei ole näha, sellevastu aga hulk väikesi (ülesvõttel halvasti näha), mis suuruse poolest moodustavad nagu midagi keskmist pinna sõmerate ja kaltsiumi kõrgete kihtide suurte helvete vahel. Üldse on nähe kaltsiumi omast palju ühtlasem.

Ülesvõtte vesiniku aures (joonis 22) kujutab päikese atmosfääri kihti, mis on kaltsiumi ja raua kihtide vahel. Laigud paistavad selgesti välja, siiski veidi halvemini kui raua-ülesvõttel. Üldse on kõrgemais kihtides laigud halvemini nähtavad; kõrgeis kihes, nagu esimesel kaltsiumi ülesvõttel, ei ole neid mõnikord sugugi näha. Eriti tähtis on

vesiniku ülesvõttel helvete ja faaklite nähe; esialgu otsite neid asjata sel pildil. Teile näib siin pind täitsa ebasar-nane sellega, mis näha kaltsiumi kiiris; siin on palju suuri heledaid, peente tumedate jooniga ümbritsetud laiike; seal aga, kaltsiumi ülesvõttel, on heledad helbed peened ja kitsad ja ümbritsevad tumedaid kohti. Võrdlemisvõtme an-navad meile aga alles faaklid. Vaadake suurt laiku ketta



Joonis 22. Vesiniku keskmine kiht 25. aug. 1906.

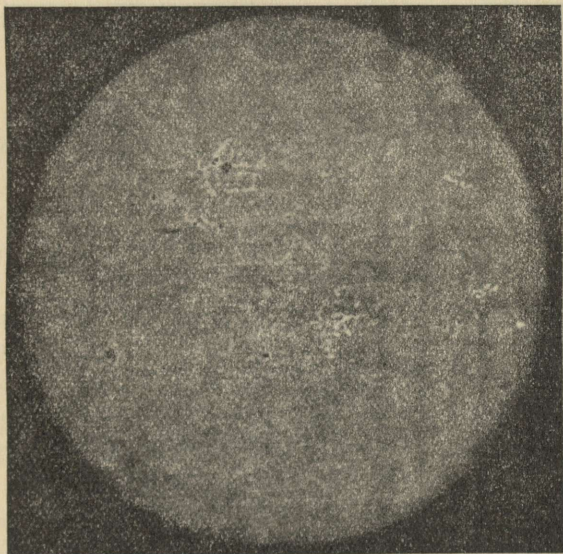
ülemisel osal; kaltsiumi ülesvõttel (joonis 21) paistab tema ümber suur hele faakel; vesiniku ülesvõttel on selle faakli asemel tume koht, mille kaju langeb peaaegu täiesti ühte kaltsiumi heleda faakli kujuga. Mõlemaid ülesvõtteid tähele-panelikult võrreldes näete väikesedki otsakesed ühesugused olevat, vahe seisab ainult selles, et ühes on nad heledad, teises — tumedad; samuti on kõik teisedki kaltsiumi ülesvõtte heledad faaklid vesiniku ülesvõttel tumedad. Helvetega sünnib seesama: nad paistavad kõik ümberpöörduvalt — tumedad

näivad heledaina, heledad — tumedaina; neil kohtadel, kus olid kaltsiumi heledad helbed, saame vesiniku ülesvõttel tumedad käärulised jooned, ja tumedate ümmarguste laikude asemel — heledad vesiniku plekid, millest alles kõnelesime. Nii ilmub vesiniku ülesvõttes üldiselt kõik seesama, mis kaltsiumigi ülesvõttes (kuigi mõne muutusega), kuid heleduse vahekorrad on ümberpöördud, nagu fotograafia-plaadil (negatiivil). Kuidas seletada seda imelikku nähtust? See asi ei ole kerge, ometi võib anda mingisuguse aimu tema põhjustist. Nagu öeldud, näitab erisuguste kohtade heledus nende soojuseastet — temperatuuri; joonis 22. vesiniku kiht on kaltsiumi kihist madalam ja nähtus, millest alles kõnelesime — kaltsiumi ja vesiniku ülesvõtete ümberpöördud nähe — näitab vastavalt temperatuuri vastupidist jaotust; neis kohtades, kus ülemine kiht soem (faaklid, kaltsiumi helbed) on alumine külmem ja ümberpöördult. Selle põhjusi võib ainult umbes arvata; niisuguste ilmingute näiteid võib leida maiste nähtuste hulgas. Maa atmosfääris sündivate muutuste uurimisega teotsev teadus on meteoroloogia, ilmateadus. See teadus leidis, et meil, meie atmosfääris tuleb ette just samasugune nähtus: on all külm, siis ülal soe ja ümberpöördult; sageli on meil talviti kahe-sugused ilmad: 1) kange pakane selge ja vaikse ilmaga; osutub, et külm on siis kange vaid maa pinna lähedal, aga kõrgemais õhukihes on võrdlemisi soe; sellejuures võib tähele panna allatulevat õhuvoolu, s. o. õhk laskub aegajalt alla, maa pinna lähedale, ja selle järele valgub laiali (see on n. n. antitsükloon); 2) sula, pilvine ja tuulne ilm, maa pinnal on soe, ülemisis atmosfääri kihes aga võrdlemisi külm; siis märgatakse tõusvat voolu, samuti kõikjalt ühele kohale tungivat õhuvoolu (tsüklonit). Ilmastiku ning ülemiste ja alumiste kihtide suhtelise temperatuuri vahe algpõhjus on õhu üles- või allavoolamine. Võimalik, et päikeselgi sünnib midagi sarnast. Faakleis ja kaltsiumi heledais helbeis päikese atmosfääri gaasid voolavad alla, ja nagu kirjeldatud maise ilma esimesel juhusel, vesiniku ülesvõttele vastavas alumises

kihis on külm: sellepärast näivad siin faaklid ja helbed tumedaina; päikese pinna teisis kohtades, nagu teisel ilma juhusel tungivad gaasid üles, all on soe, ülal — kaltsiumi kihis — külm; sellepärast näivadki need kohad (ümarmargused laigud helvete vahel) alumises kihis (vesiniku ülevõte) heledaina, ülemises, kaltsiumi kihis aga tumedad; niisugune oletus kinnitub päikese atmosfääri liikumuste uurimisega, sellest pikemalt järgmises peatükis; faaklite kohal on tõesti leitud gaaside allalaskumist, mõnesti suure kiirusega — kuni 3 kilomeetrit sekundis; nii on ülaltoodud seletus ja maise ilma nähtusiga võrdlemine küllalt tõenäone.

Spektroheliograafi abil niiviisi mitmesuguseid päikese spektri jooni uurides avanes meil võimalus päikese atmosfääri mitmesuguste kihtide pilte saada, ja peale selle saime aimu temperatuurigi jaotusest: just kui vaatleksime ilmu päikese peal, kuigi meie arusaamine ja kujutelm maakeral valitsevaist ilmust vastab vähe sellele, mis sünnib päikesel, kus „külm” tähendab 3000° , „palav” — 7000° . Osutub, et isegi üks ainus päikese spektri joon võib meile jutustada nende mitmesuguste kihtide ehitusest. Seda võimaldab iseäraldus seisab järgmises. Teatavasti omavad gaasid hõrendatud olekus joonspektri; mida hõredam gaas, mida väikesem ta hulk, seda kitsam ta spektri joon. Kui aga gaasi tihendada või suuremal hulgal võtta, laienevad jooned. Päikese gaasel on väga erisugune tihedus; ülemises kihis on nad väga hõredad, sellepärast peavad andma kitsa joone; alumiste kihtide gaasid omavad suure tiheduse ja moodustavad laia joone; puuduks ülal gaas, siis näeksime seda laia joont tervena; ülal on aga ka gaas, mis annab kitsa joone, ja see kitsas joon asetub just alumiste kihtide laia joone keskkoha ja varjab selle, nii et näeme küll ühte laia joont, kuid tema valgus ei tule ühelt ja samalt kihilt: joone keskkohas on teatava gaasi kõige ülemiste kihtide valgus, aga mida kaugemal joone keskkohalt, seda madalamal on gaasi kihid; joone äärte valgust heidab juba peaaegu päris pind. Asetades nüüd spektroheliograafi teise

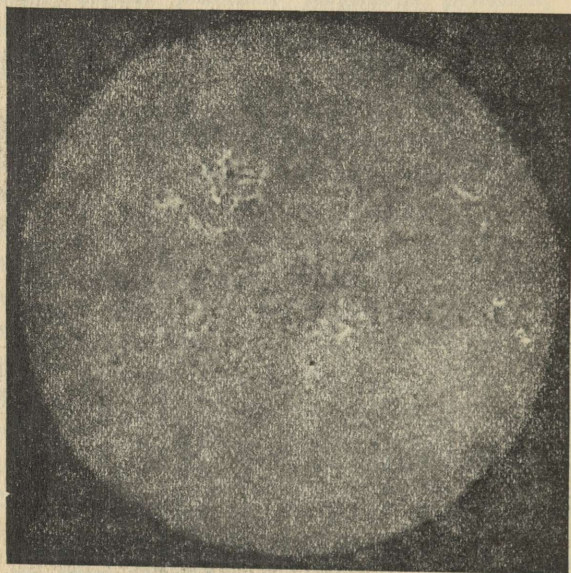
pilu mingi elemendi spektraaljoone keskpaika, saame ülemise kihi ülesvõtte; pannes pilu joone äärele saame alumise kihi pildi; sedaviisi nihutades pilu päikese spektri mingis joones laskume nagu päikese atmosfääri süvikusse või kerkime üles; kes võiks arvata, et nii lihtsalt — pilu nihutades — võib päikese uurimisel saavutada samu tulemusi kui maa atmosfääri uurijad õhupallil üles tõustes või tülivate roni-



Joonis 23. Raudaurude kiht 25. aug. 1906.

mistega kõrgeile mägedele? Sealjuures saavutatakse isegi hulga rohkem — annab ju spektroheliograaf korraka terve päikesekera pildi, mille läbimõõt peaaegu $1\frac{1}{2}$ miljonit kilomeetrit; õhupallil lendav või mäkke tõusev inimene omandab aga aimu vaid sellest, mis sünnib tema kõige lähemas naabruses maa atmosfääris — kõige rohkem vahest mõnekümne kilomeetri ulatusel. 25. joonis kujutab kaltsiumi joont, mille abil saadakse spektroheliograafilised ülesvõtted: siin näete päikese spektrist eraldatud väikese osa kaltsiumi joonega; ta

on kangesti suurendatud, mille tagajärjel joon paistab laia tumeda vööna. Keskel, kahe heleda riba vahel olev kitsas tume joon vastab ülemisele kaltsiumi kihile; see kiht ulatubki 14 000 kilomeetrini. Mõlemad külgmised heledad ribad tulevad juba sügavamast kihist, mida nimetame kaltsiumi keskmiseks kihiks; lõpuks on nende heledate ribakeste külgedel kaks laia, tumedat vööd, mis ääre pool lähevad

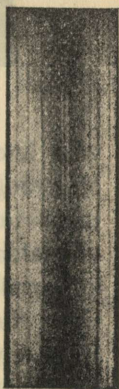


Joonis 24. Kaltsiumi alumine kiht 25. aug. 1906.

heledamaks: see on juba kaltsiumi alumine kiht. 21. joonise ülesvõtte oli tehtud nii suure piluga, et see mahutas endasse mõlemad keskmise kihi heledad vööd ja ülemise kihi tumeda riba; et keskmise kihi vööd on heledad, siis nemad just peaausjalikult mõjutasid ülesvõtte saamise, ja 21. joonisel on sellepärast kaltsiumi keskmise kihi kujutis; kuigi ta on vaid keskkiht, ometi ületab oma kõrguselt teiste elementide — vesiniku ja raua — joonte kihid (joonis 22 ja 23). Liiga laia pilu pärast oli võimatu foto-

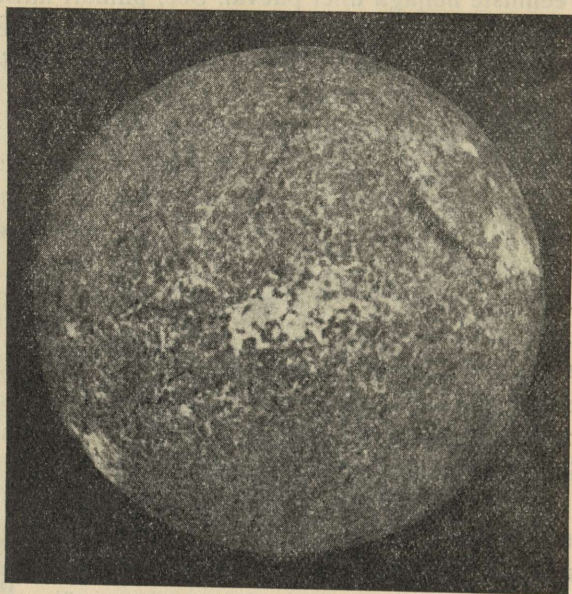
graafida kaltsiumi ülemist kihti selle instrumendiga, millega tehtud 21.—24. joonise ülesvõtted: pilu oleks pidanud olema vähemalt sama kitsas kui tume vöö kaltsiumi joone keskpaigas (joonis 25), alumise kihi fotograafimisel ei olnud aga mingeid raskusi: tarvitseb vaid panna spektroheliograafi pilu ühele tumedale külgribale (joonis 25). 24. joonis illustreerib samasugust kaltsiumi alumise kihi ülesvõtet, mis tehtud eelmiste neljaga ühel päeval. See, pinnalt mitte kõrgel olevale kihile vastav ülesvõte sarnaneb kõige rohkem raua joone ülesvõttega, mis, nagu nimetasime, vastab ka üsna madalale kihile (mitte üle 1 000 km); laigudki on hästi näha, faakleist jäänud vaid „luukere”, helbed — nõrgad, pinna ülesvõtetega (joonis 20) võrreldes on vahe väike. 23. ja 24. joonise ülesvõtete sarnasus on nii suur, et mõlemad kihid, alumine kaltsiumi ja raua kiht on nähtavasti ühesugusel kõrgusel.

Läheme tagasi 25. joonisele ja silmitseme paremini kaltsiumi spektraaljoone spektri nähet, mis väga õpetlik. Äärtest keskmiku poole tumeneb see joon järkjärgult. Teame juba isehelenduvast kehast tuleva valguse hulga olenevat keha temperatuurist; ka teame, — mida lähemal joone keskmikule, seda kõrgemal on gaasi vastavad kihid; sellepärast järeldame joone järkjärgulisest tumenemisest keskmiku suunas, et päikese atmosfääri kõrges kihis on külmem kui alumisis: kõrguse kasvades kahaneb aegamööda temperatuur päikesel. Selle poolest on päike ja maa täiesti ühesugused; maakeralgi, mida kõrgemale (näit. märke), seda külmem; kõrgeil mägedel säilib suvelgi lumi. Sellegi nähtuse põhjus on ilmne: päike on kuum keha, mis kaotab ruumi osa oma soojusest ja jahtub sellepärast; kõige rohkem jahtuvad muidugi väliskihid — need ongi ta ülemised kihid — seal on ta külmem kui sügavasis kihis, mis pinnale (fotosfäärile) lähemal. Ometi alatasa ei kahane temperatuur pinnalt kaugu-



Joonis 25.

misega; teatud kõrgusel on tõrje: seda näitavad keskkihi heledad vööd; nad on alumise ja ülemise kihi naaberosist heledamad, mispärast tuleb oletada, et selles keskkihis, küllalt kõrgel päikese pinna kohal, on gaasid milgi põhjusel kuumemad kui all ja üleval: sageli võib niisugust nähtust tähele panna maagi atmosfääris, ja see nimetub temperatuuri reversiooniks (ümberpööramiseks). Selle seletuseks

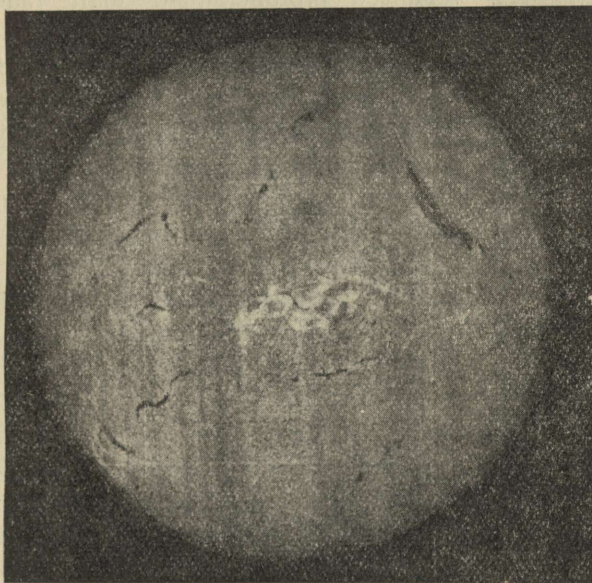


Joonis 26. Kaltsiumi ülem kiht 21. märtsil 1910.

võib leida palju põhjusi, kuid missugune neist oleks tõelik, on praegu veel raske otsustada. Olgu kuidas on, siin igitahes tutvusime veel ühe spektraaljoonte omadusega: nad võimaldavad määrata temperatuuri jaotuse mitmesugusel kõrgusel.

Nagu öeldud, selle instrumendi lai pilu, mille abil Hale tegi 21.—24. joonise ülesvõtted, ei lubanud uurida kaltsiumi kõige kõrgemat kihti. Selle ülesande lahendas Deslandres Prantsusmaal. 1908. a. valmistas ta spektro-

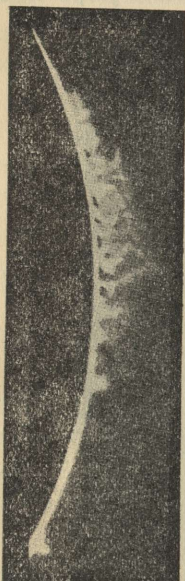
heliograafi, mille pilu võis teha väga kitsaks; 26. ja 27. joonis on selle instrumendiga tehtud ülesvõtted, mõlemad peaaegu üheaegsed: esimene kujutab kaltsiumi ülemist kihti, teine — punase vesinikujoone ülemist kihti. (Ameerika ülesvõttel — joonis 21 — on kasutatud vesiniku violetset joont; tuletame meelde, et ühe ja sama elemendi erisuguseil joonil on mitmesugused kõrgused, nii ei ole violetse ja punase



Joonis 27. Vesiniku ülem kiht 21. märtsil 1910.

vesinikujoone kihid kaugeltki ühesugused). Kaltsiumi ülemise kihi ülesvõtte ilmutab rea tähelepandavaid iseäraldusi. Esiteks on siin helbed veel suuremad kui keskmises kihis; edasi, laigud on pea täitsa kaetud faakleiga, nii et ülemises kihis taganevad teisele plaanile, vastandina pinnale, kus päikese laigud on kõige märgatavamad nähtused. Kuid selle kihi peaiseäralduse moodustavad suured tumedad ebakorrapärase kujuga võõd, mida kutsutakse kiududeks (filaments). Nagu vaatlused näitasid, ujuvad kiud kõrgemal kui teised

ülesvõtteil nähtavad esemed — helbed, faaklid jne., nad nagu varjavad kõik alloleva. Nagu laigud pinnale, nii on kiud ülemisele kihile kõige iseloomustavamad nähted. Niihästi laigud kui kiud võivad oleleda kaua — mõned terve kuude kaupa; kiu lähenedes päikese äärel paistab tema kohal või lähedonnas protuberants; siit ei ole kauge järel-

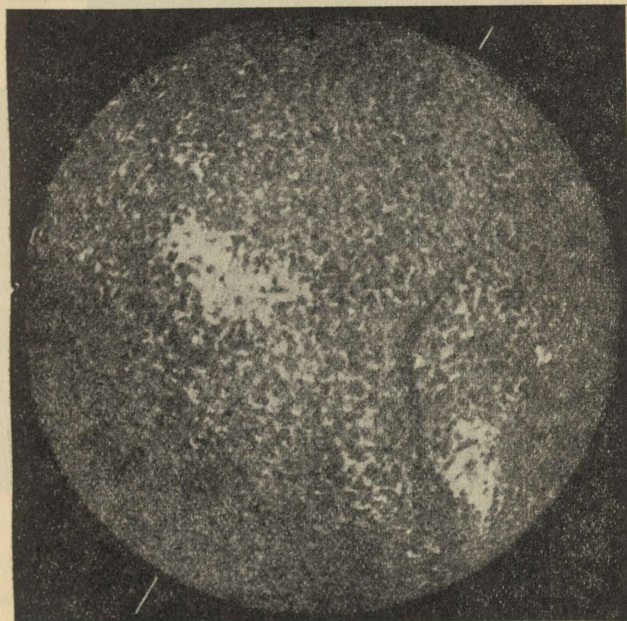


Joonis 28.

duseni, et kiud ei ole muud midagi kui rahulised protuberantsid ülalt vaadatuina (tavalisest näeb neid küljelt — päikese serva juures). Tumedad näivad nad vaid kontrasti pärast, sest nende temperatuur on madalam kui alamail kihel; küljelt, väljaspool päikese äärt asudes peavad nad aga näima heledad; nagu päikese spektri jooned on kettal enesel tumedad, aga äärel — väljatusspektris — näivad heledad. Õeldu toetus kinnitub iseäranis kahe, spektroheliograafia tehtud ülesvõtte võrdlusel — joonis 28. ja 29. Esimene on ühe rahulise protuberantsi ülesvõtte (Ameerikas 17. III 1910. a. Slocum'i tehtud). See protuberants oli päikese ekvaatori idaserval, pikkus — 500 000 km, kõrgus — 70 000 km. (Märkus: tegelikult on päikese äär muidugi hele, ülesvõttel aga mustatud, et ta ei segaks; seletame seda sellepärast, et ei segataks

seda päikese täiel valgusel tehtud ülesvõtet varjutuste aegsete vaatlustega, kus päikeseketas kattub tumeda kehaga — kuuga). Teine pilt on kaltsiumi keskmise kihi ülesvõtte, mille valmistas Evershed Indias 23. III, 6 päeva pärast; nende päevade jooksul pidi päike tiirlemise tagajärjel käänduma paremalt pahemale peaaegu $\frac{1}{4}$ tiiru, ja 17. III paremal äärel olnud protuberants pidi nüüd liginema keskmikule; nii see ka on: 23. III ülesvõttel, keskusest veidi paremal pool, just seal, kus pidi ilmuma protuberantski, paistab kiud, ilmsesti sama protuberants, kuid vaadatuna

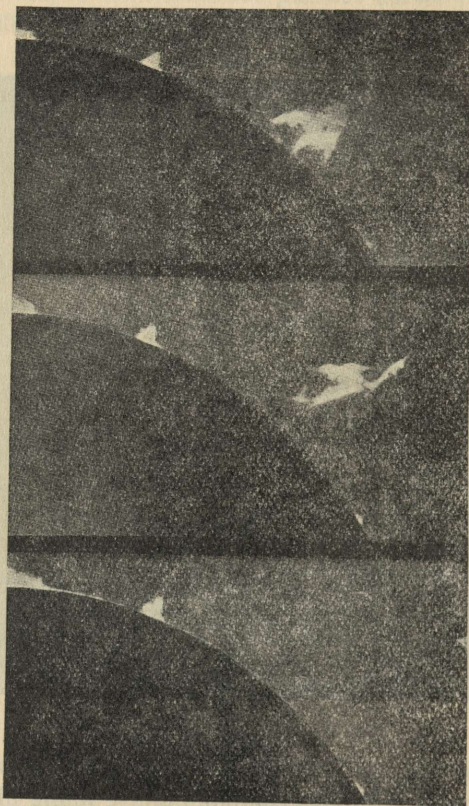
ülalt. Siin on meil haruldane juhus, kus kiud on näha keskmise kihi ülesvõttel; see juhtub vaid väheste kiududega; tavalisest aga saadakse nad ülemise kihi pildil. Protuberants — kiud, millest kõnelesime, oleles võrdlemisi kaua — umbes 2 kuud — jõudis 2 korda käändida päikese tiirlemise tagajärjel.



Joonis 29.

27. joonis kujutab vesiniku punase joone ülemist kihti; kõigist vesinikujoonist näitab punane kõige suurema kõrguse, sellepärast nimetame selle pildigi vesiniku ülemise kihi ülesvõtteks. Siingi puutuvad silma samad kiud (ehk protuberantsid) mis kaltsiumigi ülemises kihis; see on arusaadav: on ju protuberantsi peaosis vesinik. Laigud on siin ka kaetud. Kõik see näitab, et siin on meil väga kõrge kiht; käesolev vesiniku ülemine kiht on nähtavasti kaltsiumi

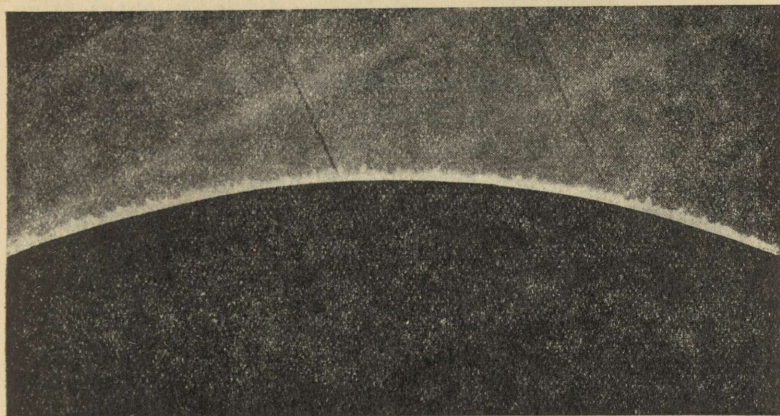
keskmise ja ülemise kihi vahel. Muide seda ei pea mõistma sõna-sõnalt: mäletame, et vesinik on väga läbipaistev keha, nii et võime ühel ajal näha tema kõrgeid ja madalaid kihte — viimased on kui läbipaistvad. Sellepärast võtavad vesi-



Joonis 30.

niku päevapildistused enda alla suure mahu päikese atmosfääri, ja selle järele on raske saada aimu mingi üksiku kihi ehitusest; selle poolest on kaltsiumi ülesvõtted palju soodsamad, kuna kaltsiumi aurud on vähe läbipaistvad ja iga ülesvõtte on tõesti ainult ühe kitsa kihi kujutis. Vesiniku

niisuguse läbipaistvusega võib seletada suurte helvete täielist puudumist tema ülemise kihi ülesvõttel (joonis 27). Tule-tame meelde vesiniku keskmise kihi, — nagu seda ülesvõtet nüüd nimetame — või tema violetse joone pilti; seal saadi kõik helbed ümberpöörduvalt; vesiniku ülemise kihi ülesvõtteis peab läbipaistvuse pärast korruga saama kaltsiumi keskmise kihi helbed (nagu joonisel 21) ja keskmise vesiniku ümberpöörduvad helbed (joonis 22); esimese kihi heledad kohad



Joonis 31. Kromosfääri läbilõige.

peavad kokku langema teise kihi tumedate kohtadega ja ümberpöörduvalt; tulemusena peab pinna nähe olema ühtlane: helbed saavad nägematuks.

Protuberantside uurimisel oli spektroheliograaf väga kasulik; ennemalt neid läbi kitsa pilu vaadeldes, kuhu sageli ei mahu protuberants tervena, oli raske nende nähet, suurust jne. täpselt edasi anda. Nüüd aga avanes võimalus tarvitada kõiki fotograafia kasukülgi — täpsust, kiirust jne. 28. joonisel nägime juba protuberantsi ülesvõtet, see oli rahuline, kauakestev protuberants. 30. joonis kujutab tormilist protuberantsi — päikese päris purset. Ülesvõtted nii kui joonis 28-ki, on sama Ameerika astronoomi Slocum'i tehtud.

Siin on kolm järjestikust ülesvõtet. Ülemal ulatub protuberantsi kõrgus 120 000 kilomeetrini; keskmine ülesvõte valmistati 43 minuti pärast; selle aja vältusel jõudis protuberantsi tipp liikuda veel 120 000 kilomeetri võrra, saavutades nii 240 000-kilomeetrilise kõrguse. Keskmise ja alumise ülesvõtte vahel on 48 minutit. Viimasel ei ole heledast protuberantsist peaaegu midagi säilinud, see hajus kui suits; päevapildi-plaadil oli näha veel nõrk pilveke 290 000 km kõrgusel, kuid ta on nii nõrk, et äratrükil sugugi ei paista. Kahe tunni pärast ei jäänud ka sellest pilvest enam jälgegi.

Spektroheliograafilised ülesvõtted annavad meile päikese atmosfääri või kromosfääri mitmesuguste, peasjaltikult kõrgete kihtide pildid. Huvitav on küsimus, milline on kromosfäär küljelt, missugune ta nähe läbilõikes. On ju kromosfäär varjutuste ajal näha, kuid liiga lühikest aega. Selle vastu võimaldab aga spektroheliograaf teda hõlpsasti igal ajal pildistada. Niisugune, Slocum'i tehtud ülesvõte on joonis 31; siia on mahutatud ainult päikese ääreosa; päike ise, nagu protuberantsidegi ülesvõtteil, on joonisel kunstlikult mustatud, et paremini silmitseda tema ääre kohal kerkivat kromosfääri; viimane paistabki heleda 6 000-kilomeetrilise kõrguse kihi näol, hambulise, ebatasase pinnaga; kromosfääri pind tuletab meelde tormilist merepinda — kõikjal nagu ripneks laineid, — nad on vaid tulilained, ja nende kõrgus ulatub 2—3 tuhande kilomeetrini; tõeliselt ei ole nad muud midagi kui väikesed protuberantsid. Seda kaltsiumi kiiris tehtud ülesvõtet 21. ja 26. joonise ja teiste ülesvõttega võrreldes tekib tahtmatult mõte — kas ei ole kõik need kaltsiumi ülesvõtete helbed samade kromosfääri lainete pilt, ainult ülalt vaadatuna. Kahjuks on helbed nii väikesed ja lühiealised, et seda oletust kromosfääri lainetega võrdlemise teel raske on kontrollida.

IV PEATÜKK.

Liikumised ja magnetism päikese peal.

Päikesel sündivate nähtuste arusaamiseks on küll tähtsam kõigist uurimisist liikumiste uurimine. Ilmas liigub kõik, terve elu on vahetpidamata liikumine; tunda mingit asja tähendab eeskätt teada, mis ta teeb, kuidas liigub, seda mitte teada tähendab mitte teada kõige tähtsat. Kui meile näidatakse mõne inimese päevapilti, võime selle isiku teda nähes ära tunda. Kuid meie ei tea teda lähemalt; tarvitseb veel teada tema töid, toiminguid, kes ta on, millega teotseb jne. Samuti ei või me saada täielikku kujutelma päikesest ainult tema välimise nähte järele; selle gaaskera rüpes, kus iga osake vaba ja liikumisel puuduvad igasugused tõkked, ei või olla minutitki rahu, iga silmapilk sünnib seal lõpmatu hulk kõige erisugusemaid liikumisi — voole, pööriseid, plahvatusi, — ja neid liikumisi mitte tunda tähendab päikest ennast mitte tunda.

Liikumisi uuritakse kahte viisi. Esiteks otsesel vaatlusel: vaatame päikest, paneme tähele meid huvitavat eset, mõne aja pärast vaatame uuesti ja määrame silma järele, palju see asi edasi nihkus; kõike seda võib muidugi fotograafia abil paremate tulemustega korda saata. Sel viisil määrati päikese pöörlemine laikude vaatlemise järele, aga ka päikese pursete aegsed liikumised. 30. joonisel on selle meetodi tarvitamise kohane näide.

Ometi on sel viisil üks puudus: teda võib tarvitada ainult siis, kui asi nihkub küljети (pahemale, paremale poole, üles jne.) — võib vaadelda ainult k ü l g l i i k u m i s t; asja liginemist ja kaugumist, ehk nagu öeldakse — liikumist n ä g e m i s k i i r e sihis — ei ole võimalik näha. Õigus, te võite vastu väita, et otsese vaatlusega võib näha ka liikumist nägemiskiire sihis, näit.: seistes raudteeliinil ei ole raske määrata rongi liginemist või kaugumist tema suuruse kas-

vamise või kahanemisega. Kuid käesoleval puhul ei ole maine näide kohane; päike on meist nii kaugel, et mingi, päikese pinda mööda meile läheneva asja näivat suurenemist või kauguva asja vähenemist sugugi ei saa märgata.

Teise liikumiste määramise viisi annab meile taas sama imeriist — spektroskoop —, millest juba nii palju oleme kõnelnud. Spektroskoobi abil võib just määrata selle, mis puudub otseseil vaatlusil: liikumised nägemiskiire sihis; spektroskoop näitab, kas mingi asi läheneb või kaugub ja missuguse kiirusega. Vaatame, kuidas see saavutatakse. Selleks tuleb meil jälle tagasi minna valgusekiirele — mis on algallikas kõigile meie teadmisele päikesest. Senini ei ole me katsunud täpsemalt teada saada, mis on valgus; me rahuldusime teadmiselega, et hõõguvad kehad kiirgavad valgust, et valgus liigub väga ruttu — 300 000 km sekundis; et valge valgus ei ole lihtne, vaid koosneb hulgast teisist värvest — punasest, helesinisest jne. — ja teda võib spektroskoobi prisma abil lahutada nendeks osisteks. Nüüd tuleb meil puutuda valguse olemust. Igaüks on veepinnal laineid näinud; kui tiigi vaikselt pinnale visata kivi või lüüa teda kepiga jne., siis hakkab löögi kohalt ühiskeskseid ringlaineid igasse külge laienema, üksteise järele löövad nad kallast vastu, surudes sinna oma jälje. Valguski koosneb niisuguseist laineist, kuid valguselained lagunevad laiali mitte vett mööda, vaid keskkonnas, mille nimi on eeter. Eeter täidab kõik — kõik kehad, vee, õhu — ja asetseb isegi seal, kus mingisuguseid teisi kehi ei ole: „tühjas” ehk õhutus ruumis meie ja taevakehade vahel. Nagu veelained vastu kallast, nii löövad valgusekiired vastu meie silma tundlikku pinda või päevapildi-plaati, jättes sinna oma jälje: meie silm tunneb neid lööke ja, nagu ütleme, näeb valgust; plaat jätab nad oma pinnal.

Vee pinnal liikumist sünnitavate asjade osa etendavad siin helenduva keha osad. Kehas on kõige väikesemad osakesed — elektronid — nii väikesed, et kõige tugevamate suurendavate klaaside läbi neid ei näe; oma suuruselt on

— nad nõõpnõela peast mitu miljonit korda väikesemad. Elektronid on alatises liikumises, vahetpidamata hõljuvad nad suure kiirusega edasi-tagasi, võnkudes löövad nad vastu eetrit, nagu kivi vastu vett, tekitades valguselainete ilmumise, mis hiigla kiirusega lagunevad helenduvalt kehalt igalepoole ja meie silma jõudes jutustavad meile kehast, mille hõljuvad elektronid nad meile saatsid. (Vaata eelmine peatükk.)

Valguselained võivad olla sagedad ja harvad ja sellest oleneb värvi vahe; punane ja roheline valgus koosnevad ühesuguseist lainest. Vahe on vaid selles, et punase valguse lained järgivad üksteisele võrdlemisi harva, roheline valguse lained — tihti; 1 sekundi kestes meieni jõudev lainete arv nimetub y õ n k u m i s e a r v u k s sekundis; nii erineb erisuguste värvide valgus ainult oma võnkumise arvult. Võnkumise arv määratakse täielikult teatud värvi seisu järele spektris. Nähtavas spektris on kaks otsa ehk kaks äärmist värvi — punane ja violetne, mille vahel kindlas korras asetsevad teised värvid ja varjundid: oranž, kollane, roheline, helesinine (taevassinine), sinine. Neist värvest on punasel kõige väikesem võnkumiste arv, kõigi suurem — violetsel, teiste värvide võnkumise arv allub nende asetsemise järjekorrale spektris: mida lähemal spektri violetsele otsale, seda suurem on võnkumiste arv, aga punasele otsale lähenedes — väikesem. Üldse on võnkumiste arv sekundis väga suur; punasel valgusel — 400 biljonit, violetsel — 700 biljonit; (biljon = tuhat miljardit ehk miljon miljonit); on raske kujutella niisuguseid määratud arve: kui kõigi tervel maakeral olevate inimeste juuksekarvad kokku arvata, saadaks arv ikkagi väikesem ülalnimetatust.

Nii oletame, et helenduv keha annab spektri, kus on mingisugused jooned — ükskõik kas tumedad või heledad; igal joonel on spektris oma määratud koht — ta omab alati kindla värvi ja teatud arvu võnkumisi sekundis. Oletame, et keha liigub lähenedes: siis tulevad meile valguselained tihemalt, kuna tee, mis nad peavad tulema kehalt kuni meieni,

lüheneb ja ühes sellega ka aeg, mida vajavad selle ära-
käämiseks; on aga lainete tihedus ehk võngete arv suurem,
siis peab spektrijoonte värvigi muutuma — punane läheb
kollasemaks, roheline — helesinisemaks, üldse ligineb värv
violetsele; kuid siis peab ka joon ise spektris oma kohta
muutma, sest et igale värvile vastab oma koht — joon nihkub
spektri violetse otsa poole. Sellevastu, kui keha meilt
kaugub, saavad valguselained harvemini meie silma, joone
värv muutub punasemaks, ja ta paigutub spektri punase
otsa lähedale. Joone nihkumise suuruse järele võib määrata
lähenemise või kaugumise kiiruse, üldse — n. n. r a d i a a l -
k i i r u s e.

Kuna lihtsa vaatlusega ei saa määrata radiaalkiirust,
ei suuda spektroskoobiline meetod anda mingisuguseid ju-
hatusi külgliikumises; nii on mõlemad viisid teineteisele kui
täienduseks — üks annab just selle, mis teisel puudub, ja
kasutades ühtaegu mõlemaid meetodeid võib saada keha
liikumisest täieliku kujutelma.

Missugused liikumised päikesel on leitud ja uuritud?
I peatükis puutusime pealiikumist — pöörlemist. Seal kir-
jeldati päikese laikude otsese vaatluse viisi. Leiti mõista-
tuslik iseäraldus: päike ei pöörle tervikuna; ekvaatori lähe-
duses on pöörlemine kiirem, pöörangu vältus lühem kui
keskmisis laiusis. Kuigi külgliikumiste vaatlus silmaga või
fotograafiaga võib anda keha pöörlemisest täitsa täpse kju-
telma, nii et spektroskoobi tarvitamine ei oleks antud ju-
husel hädatarviline, ometi on siin teine raskus: vaatlemis-
esemeks peab valima tingimata mingi hästi märgatava asja
— käesoleval puhul laigu; aga päikese pind ei ole mitte
alati laigurikas, ühel päeval on neid, teisel puuduvad; pealegi
on suur päikese piirkond — pooluste ümber — täiesti ilma
laikudeta, ja sellepärast jäi kaua teadmatuks, kuidas sünnib
seal pöörlemine. Siin tuligi spektroskoop appi. Tema mõ-
nus ongi muu seas selles, et ei tarvitse mingisuguseid
päikese pinnalt silma torkavaid asju; vaja ainult juhtida
mistahes ketta osale, fotograafida päikese spekter ja sellega

kõrvuti mõne maise elemendi spekter, näit. raua; päikese spektris leidub ka raua jooni ja nad asetsevad maiste raua jooniga kõrvuti (joonis 15); kui sünnib liikumine nägemiskiirt mööda, siis nihkuvad kõik päikese jooned maisist joonist kõrvale, ja hõlpus on siis mõõta neid kõrvutiseisvaid jooni. Päike pöörleb idast läände; sellepärast ligineb meile päikese idaserv, lääneserv kaugub ja kõik idaserva spektri jooned nihkuvad violetsele otsale, lääneserva spektri omad aga — punasele; nihkumise suuruse järele võib määrata pöörlemise kiiruse. Nii leidis Ameerika astronoom Adams, et päikese ekvaatori iga punkt teeb sekundis 2050 meetrit (vintpüssi kuulist 3 korda kiiremini) ehk 177 400 km päevas; päikese ekvaatori ringjoon = 4 400 000 km, nii siis aeg, mille kestes iga osa teeb tiiru ümber päikese, võrdub $4\,400\,000 : 177\,400$ ehk peaaegu 25 päeva, täpsemalt 24 päeva 18 tundi, aga laikude vaatlused andsid just 25 päeva; nii annavad mõlemad meetodid peaaegu sama tulemuse, kinnitavad teineteist.

Eelmises peatükis nägime, kuidas spektroskoobi ja spektroheliograafi abil võib uurida päikese erisuguseid kihte; pöörlemise uurimisel osutus, et selle kiirus on erisuguseil kõrgusil erisugune: mida kõrgemal kiht, seda kiirem pöörlemine; kiiruse vahe on nii suur, et kaltsiumi ülemine kiht — mida kujutab joonis 26 — kihutab pinnast mööda 540-kilomeetrilise kiirusega tunnis; ilmuks maakeral samasugune nähtus — pöörleksid meie õhu ülemised kihid samavõrra kiiremini maa pinnast, tarvitseks meil ainult õhupallis üles tõusta, ja ülemiste kihtide pöörlus kannaks meid 16 tunniga Vaikse ookeani kaldale; ümber maailma teekonnaks jätkuks kolmest päevast.

Järgnevad arvud näitavad päikese atmosfääri kihtide pöörlemise kiiruse muutumist kõrgusega. Klambrites on tähendatud viis, millega pöörlemine määratud (1. viis — otsene vaatlus või fotograafia, 2. — spektroskoobiline viis), siis — kihi piirkõrgus pinna kohal, mis on leitud kas valgatuspektri vaatlusel või teisel viisil, lõpuks uurijategi nimed.

Pöörlemise aeg päikese ekvaatoril on:

laikudel (1. meetod, kõrgus 0)	25 päeva
(paljude astronoomide vaatlused),	
faakleil (1. meetod, pinnast kõrgemal)	24 päeva 16 tundi
(Stratonov, Venemaal),	
neelaval kihil (2. meetod, kõrgus 700 km)	24 päeva 18 tundi
(Adams, Ameerikas),	
kaltsiumi keskmisel kihil (2. meetod, kõrg. üle 5 000 km)	24 päeva
(Adams, Ameerikas),	
vesiniku keskmisel kihil (2. meetod, kõrg. üle 8 000 km)	23 päeva 16 tundi
(Adams, Ameerikas),	
kaltsiumi ülemisel kihil (2. meetod, kõrg. üle 14 000 km)	23 päeva 6 tundi
(St. John, Ameerikas).	

Tähendab, ülemised kihid vajavad päikese ümber tiiru õiendamiseks kõigest $23\frac{1}{4}$ päeva ehk peaaegu 2 päeva võrra vähem all pinnal olevaist laikudest.

Veel suurem pöörlemise vältuse vahe on päikese erisuguseil laiusil. Laikude vaatluste najal avaldunud pöörlemise tasanemine poolusile lähenemisel tõendus täiesti spektroskoobiliste vaatlusiga, kusjuures viimased võimaldasid uurida pöörlemist pooluste juures.

Tulemused olid:

Päikeselaius	Pöörlemise vältus (Neelavas kihis)
0° (ekvaator)	24 päeva 18 tundi
30°	26 „ 6 „
45°	28 „ 4 „
60°	31 „ 6 „
75°	33 „ 8 „

Tähendab, ükskõik missugusele päikese alale lähiksime — kerkime üles, või läheme ekvaatorilt poolusile, — kõikjal on pöörlemine isesugune, olenemata naaberkohtade pöörlemisest; see on võimalik ainult sellepärast, et päike on gaasi- taoline keha ja et kõik tema üksikud kihid ei ole peaaegu mingisuguses ühenduses üksteisega, pöörlemisel aga libisevad üksteise peal, nagu hästi määritud masina rattad. Üldse

võiks päikest võrrelda keerulise masinaga, kus iga ratas või telg pöörleb omamoodi, erisuguse kiirusega; kuid siin on oluline vahe: masinal on kõik rattakesed üksteisega ühenduses, nii et ühe liikumise muutus mõjustab kõigi teiste liikumises muutuse; aga üksikud „rattad” — päikese kihid — nähtavasti ei oma pea mingisugust ühendusjõudu, ja iga kiht pöörleb nii, kuidas ta kord alaliseks käima pandud. Kahjuks on meie teadmised päikesest praegusel ajal alles puudulised kõigi päikese pöörlemise iseäralduste algpõhjuse määramiseks; vastuseta jääb ka küsimus — mis säilitab seda pöörlemise vahet; kui väike ka hõõrumine ei oleks, ometi on ta olemas ja peab aegajalt hävitama vahe pöörlemises; pealegi mitmesuguste vooluste tõttu, mis on päikesel nagu maalgi, peavad erisugused kihid aegamööda seguma ja sel viisil just kui üksteisest kinni haarama, ja see vältab päikese sünnist saadik; päikese iga mõõdetakse aga juba miljardite aastaga ja kui kõige selle aja kestes pöörlemise vahed ei ole jõudnud nivelleeruda, siis peab olema meile mingi tundmatu jõud neid säilitamas.

Peale pöörlemise, mis võtab enda alla kõik päikese alad, nähakse meie valguseallikal hulk teisi liikumisi, vahest juhuslikke, mõnikord aga seadusepäraseid, mis valdavad vaid üksikud piirkonnad ainult teatud ajaks. Tutvusime juba mõne niisuguse liikumisega, näit. tuliste gaaside liikumisega päikese pursete aegu.

Purseteaegsed kiirused on nii suured, et paljudel uurijail tekkis kahtluski — kas seal tõesti sünnib aine nihkumine; esitati arvamist, kas see liikumine ei ole mitte näiv, välgu või valguse võngete sarnane, mis määratu kiirusega lendavad paigast teise, kuna mingit aine liikumist ei sünni. Ainult külgliikumisi vaadeldes ei ole võimalik seda küsimust otsustada. Siin tuleb jälle appi spektroskoop; tema näitab liikumist ainult helenduva keha tõesti liginedes või kaugudes; osutus, et siis, kui tormilisis protuberantses tavalisil vaatlusil nähti määratuid külgiirusi, ilmutas spektroskoopki seda liiki kiirusi — sadandeid kilomeetreid sekundis. Nii tuleb

oletada, et tormilised protuberantsid on päris aine pursked, mitte näivad ilmingud.

Rahulisil protuberantsel on hoopis aeglasemad liikumised; nende kiirused on tavalisest mõni kilomeeter sekundis — $\frac{1}{2}$ kuni 10 km (Slocum'i vaatluste järele); päikese kohta on need kiirused väikesed, maisile tingimusile ikkagi veel suured: ületavad suurtükikuuli kiiruse mitmekordselt.

Nagu eelmises peatükis nägime, võib protuberantse näha mitte ainult päikese ääre juures: ülemise kihi spektroheliograafilisel ülesvõtteil ilmuvad nad kiudude näol (joonis 26, 27 ja 29). Deslandres uuris spektroskoobiga liikumist kiududes; tema uurimised näitasid, et nende rõhuvas enamikus sünnib gaaside ülespoole tõusmine, tõsi küll, võrdlemisi väikese kiirusega — $\frac{1}{5}$ kuni 2 kilomeetrini sekundis; need on ligikaudu samad kiirused mis rahulisil protuberantseksi, ja arusaadav: sest viimased ja kiud on ju üks ja sama nähtus, ainult erisuguste nurkade all nähtavad. Gaaside ülesliikumine näitab, et rahulisedki protuberantsid on midagi purseste taolist, ainult väga aeglased, pikaealised: nagu hariliku tulikahju kohal tõusev suits; tormilisi protuberantse võiks aga võrrelda püssirohu-lao plahvatusega.

Mõnikord, väga harva, on ka kiududes nähtud tormilisi liikumisi. Näit.: 11. apr. 1910. a. kell 8 hommikul Meudoni observatooriumis (Prantsusmaal) märgati suurt haruldase suure tõusukiirusega kiudu. Kell 10 jõudis kiirus maksimumini — üle 100 km sekundis, aga $1\frac{1}{2}$ tunni pärast ei olnud kiust enam jälgegi. Sel korral, ilmsesti, ei olnud rahuline, vaid tormiline protuberants; sündis säärane purse, nagu kujutab joonis 30, ainult selle vahega, et vaadeldi teda ülalt, mitte küljelt.

Uuriti ka kaltsiumi faaklite liikumist: nemad avaldasid, vastuoksa, laskumist, ka võrdlemisi väikeste kiirusega — kuni 3 km sekundis. Harilikult on faaklid laikude lähedal, isegi sageli varjavad neid ülemises kihes. Allapoole liikumine näitab, nagu tõmbuksid gaasid laiku. Nagu edaspidi

näeme, rääkides liikumisest laikudes enestes, kinnitub see oletus teiste vaatlusiga.

Võrreldes seda, mis öeldud liikumisest kiududes ja faakleis, näib mittejohuslik olevat tõsiasi, et kerkivad gaasid — kiud — on tumedad, allalaskuvad faaklid — hiilgavad heledasti; sellele võib ka seletuse leida. Nagu teada, on gaasel omadus kokku tõmbuda ja laieneda: nende surumisel tekib soojus (selles võib veenduda näit., vaadeldes pumba tegevust, mille abil jalgratta gumme õhuga täidetakse), laienemisel — jahtumine; maa või päikese atmosfääri sees aga on iga gaas kõrgemalasetsevate kihtide raskuse rõhu, n. n. atmosfääri rõhu all, mis ei luba gaasi laieneda; kõrgemale kerkides jääb väikesemaks atmosfääri rõhumine, kuna seal rõhub väikesem aine hulk oma raskusega, ja ülestõusev gaas, olles vähema rõhu all, laieneb, millega käsikäes käib jahtumine; teiselt poolt allalaskuv gaas satub tihedamaisse kihesse, tõmbub kokku ja soeneb.

See ongi muu seas põhjuseks, miks maakeral kõrgemale õhku tõustes või mäkke minnes läheb külmemaks. Sama põhjus seletab kiudude ja faaklitegi välimise nähte vahe: oletades, et päikese atmosfääri peaosiseks on vesinik, peab igale 100-kilomeetrilisele kõrgemaletõusule vastama 1000-kraadiline jahtumine, laskumisel — vastav soenemine; tegelikult ei ole küll temperatuuri muutused nii suured, sest päikese pinna muu osa kiirgab määratu hulga soojust, mis taas soendab tõusva gaasi, takistades temal jahtumast; teiselt poolt, laskuv ja kangesti soenev gaas hakkab ise palju soojust kiirgama ja ta edaspidine soenemine jääb seisma; tähele pannes, et laskumised ja kerkimised võivad oma alla võtta suured piirkonnad — tuhandete kilomeetrite ulatusel, on 2—3 tuhande ja rohkemakraadilisedki temperatuuri muutused võimalikud; selle tagajärjel jahtuvad kangesti kiudude kerkivad gaasid ja kiirgavad sellepärast vähe valgust — kiud näib tume, kuid faaklite laskuvad gaasid hõõgutab surumine ja paneb nad helendama.

Mujal päikese pinnal, kus ei ole faakleid ega kiude, näitab spektroskoop ka alalisi liikumisi. Ühes kohas nähakse tõusu, teises — laskumist, kusjuures niisuguste vastupidiste liikumistega alad järgnevad üksteisele sageli väikese kauguse tagant. Kaltsiumi heledais helbeis nähakse sagedamini laskumist, tumedate paikade kohal — tõusu; neid päikese atmosfääri ülemiste kihtide korratud liikumisi oleks kõige kohasem võrrelda kerkivate ja taas kaduvate lainetega ookeani pinnal; nähtavasti avab spektroskoop meile siin sama pildi, mida 31. joonis kujutab küljelt.

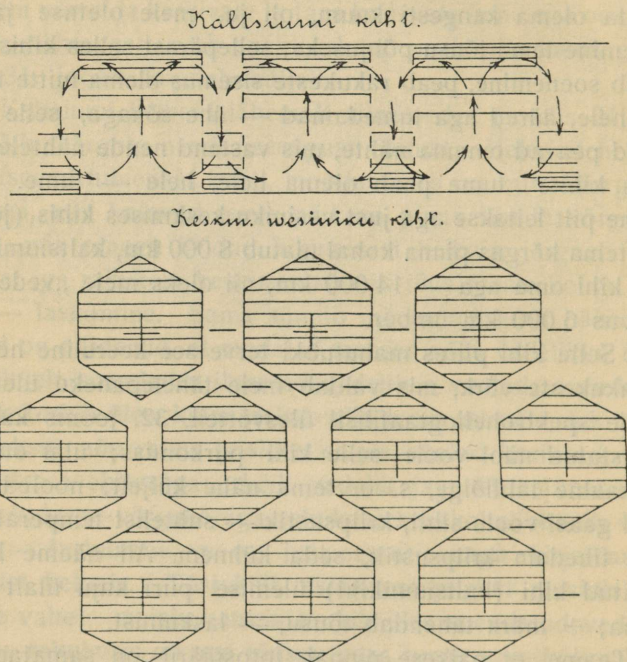
Kaltsiumi helbeid lähemalt silmitsedes (joonis 21, 26, 29) võib märgata nende isesugust ehitust. Heledad helbed ümbritsevad tumedaid kohti, moodustades rea mitmenurgelisi rakukesi, mis katavad terve päikese pinna tiheda võrguga; sellest, mis praegu öeldud liikumisest helbeis, järgneb ilmest, et iga rakukese keskuses sünnib tõus (tume koht), aga ääri — laskumine. Sama sünnib mõnes maiseski nähtuses. Katsed on näidanud, et madalas tasases nõus vedelikku ühetasaselt alt soendades ilmuvad vedelikus voolud; soendatud vedelik kerkib üles, külm laskub alla tema asemele, tekitades ringjooksu; nõu rahu püsides ei ole voolud korratud, vaid korrapärase ehitusega: kõik vedelik jaguneb mitmenurgaliste rakukeste võrguks, iga rakukese keskkohal sünnib tõus, servil — laskumine, s. o., just samuti, nagu kirjeldasime liikumist helbeis. Tõsi küll, esimesest pilgust paistab siin oluline vahe: maisis katseis kerkib üles soendatud vedelik, päikese rakukesis on aga tõusev gaas tume, s. o. külm; kuid see vahe tuleb nimelt sellepärast, et ühel juhusel on meil vedelik, teisel — gaas; miks päikesel tõusvad voolud on külmad — seda seletasime juba: sellepärast, et laienemise tagajärjel jahtub neis gaas; vedelikul aga seda omadust ei ole. Sellepärast, välja minnes vedelikuga tehtud katse sarnasusest, võib oletada — nagu seda teeb Deslandres, — et helvete tekkimise põhjus on samasugune: tõustes pinna kohal üle kümne tuhande kilomeetri omab kromosfäär siiski, võrreldes päikese mõõdetega, väikese kõrguse — ainult

ühe sajandiku tema läbimõõdust — ja võib sarnaneda madalasse nõusse valatud vedelikuga; alt soendab teda päikese pinnalt suurel hulgal tulev soojus, selle tagajärjel sünnivad samasugused voolud ja rakukesed nagu vedelikunõuski. Kõsitakse, kust tuleb otsida „nõu põhja”, s. o. seda pinda, kus soenemine kõige kangem? Kui ülemisis kihis tõusnud gaas jahtus laienemise tagajärjel, siis alguses, enne tõusu, pidi ta olema kangesti kuum, oli ju, meie oletuse järele, soenemine tema tõusu põhjuseks; sellepärast selles kihis, kus sünnib soenemine, peab rakukeste sisemus olema mitte tume, vaid hele, ääred aga tumedamad — ühe sõnaga, selle kihi helbed peavad omama nähte, mis vastand nende nähtele ülemises kihis: tume peab olema hele, hele — tume. Nii-sugune pilt leitakse aga just vesiniku keskmises kihis (joonis 22); tema kõrgus pinna kohal ulatub 8 000 km, kaltsiumi ülemise kihi oma aga — 14 000 km, nii oleks meie „vedeliku” sügavus 6 000 km ümber.

Selle kihi piires mahutubki terve see keeruline helvete — rakukeste võrk, mis valdab meie tähelepaneku ülemiste kihtide spektroheliograafilisel ülesvõtteil. 32. joonis kujutab lihtsustatud näol voole selle kihi piirkonnas; ülal on kihi vertikaalne läbilõige, s. o. tema nähe küljelt; nooled näitavad gaasi voolu sihti, kriipsustik — suhtelist temperatuuri: mida tihedam kriipsustik, seda külmem. All näeme kõige mainitud kihi (kaltsiumikihi) ülemise piiri kuju ülalt vaadatuna; + märk tähendab tõusu, — laskumist.

Teame, et päikese pinnal, fotosfääril on samataolised rakukesed, ainult märksa väikesemad: need on granulat-siooni terad. Graanulate rakukesed on oma nähtelt (joonis 9) pigemini vesiniku keskmise kihi rakukeste sarnased: keskus on hele, ääred — tumedad; nende ehitust helvete ehituse sarnaseks lugedes peab mõõnma, et meie ees on alumine pind, kus sünnib soenemine ja kust tõusevad üles soenenud gaasid, mis ka arusaadav: asetsevad ju granulat-siooni sõmerakesed fotosfääri enese pinnal, viimane on aga määratu soojuseallikas. Katsed vedelikuga näitasid, et rakukeste suurus

oleneb vedeliku kihi sügavusest: sügavuse suurenedes kasvavad rakukesed. Graanularakukeste keskmine läbimõõt on umbes 1 500 km (rakuke on sõmerast suurem, sest et viimane on kui rakukese tuum, mida ümbritseb tumedam äär), aga kaltsiumi helvete rakukesil — 45 000 km ehk 30 korda rohkem; vastavalt ka kihi paksus, mille piires õiendub ring-



Joonis 32. Voolud päikese atmosfääris.

käik, — siin ta vastab vedeliku sügavusele —, peab helbeil olema 30 korda suurem kui graanulail; nagu näeme, võrdub esimene umbkaudu 6 000 km, siit saame granulatsiooni pakuse $6\ 000 : 30 = 200$ km. Umbes sellele kõrgusele fotosfääri pinnalt peavad tõusma kangesti soendatud gaaside voolud, mis meile — kes vaatleme nähtust ülalt — paistavad heledate sõmerate näol; tõusvad gaasid jahtuvad laienedes

ja selle järel satuvad jälle alla. Nii tegime päikese atmosfääri piirkonnas vahet kahe kihi vahel, mille aladel ilmsesti sünnib vahetpidamata tõusvate ja laskuvate gaaside ringkäik. — Üks on alles pinna juures, tema paksus ainult paarsada kilomeetrit, teine juba atmosfääri ülemisel piiril, pinnalt mõne tuhande kilomeetri kaugusel ja 6 000-kilomeetrilise paksusega. Mis nende kahe kihi vahel sünnib, sellele ei anna vastust meieaegsed vaatlused; võimalik, et seal on veel mõned niisugused kihid; on see nii, siis koosneb kõik päikese atmosfäär erisuguse paksusega kordade või rõdude reast; mida kõrgemal, seda paksem, iga korra sees üksikuiks rakukesiks jagunevad gaasid voolavad korra alumiselt piirilt ülemisele ja tagasi.

Nüüd tuleb meil teotseda päikese laikudes vaadeldavate nähtusiga. Laike leiti ammu — üle 300 aasta eest, sest ajast on mitu põlve astronoomide neid hoolsasti joonistanud, lugenud, mõõtnud; hoolimata nende peale kulutatud suurest vaevast ja tähelepanekust võib öelda, et viimase ajani ei olnud laikudest enestest peaaegu midagi teada; see aga ei tähenda, et vaevarikad tööd olid asjatud: laikude uurimine aitas lahendada rea tähtsaid küsimusi päikesest ja isegi maast, — nagu ühes järgnevas peatükis näeme. Siinkohal võiks nimetada päikese pöörlemist, mida spektroskoobi tarvituselevõtmiseni võis määrata ainult laikude põhjal. Kuid laikude eneste elu jäi mõistatuseks, mille mõistmiseks esineti hulga seletusiga, kuid andmete puudulikkuse pärast oli võimatu otsustada, milline seletus on õige. Näiteks, enamalt loeti päike vedelaks kehaks, nagu sula raud või tuldpurskavate mägede laava; laigud aga peeti tuleookeanis ujuvaiks jahtunud ja kõvenenud saariks; siis aga tuli ilmsiks, et päike võib olla ainult gaaskeha, ja esimene teooria kaotas isenesest oma aluse; teised pidasid laike pööriseiks, nagu maa atmosfääri pöörised, kuid ei võinud otsustada, mis seal sünnib — tõus või laskumine, vool laigule või laigust eemale. Alles 1909. a. Inglise astronoom Evershed, kes vaatles Indias, tegi avastuse, mis ometi natuke aitas kergitada nii kaua uurijate

pilkudelt seda saladust varjavad eesriiet; spektroskoobi abil avastas ta laikudes liikumise. Põhjalikumalt uuris seda liikumist St. John, Ameerikas, kõige suuremas taevakehade ehitust uurivas observatooriumis — n. n. päikese-observatooriumis, Wilsoni mäel, Kalifornias. Enne kui kõnelda uurimiste tulemusist, peame veel kord puutuma spektri joonte iseäraldusi, mille nihkumiste põhjal määrati liikumine. Nagu 15. joonisel näha, erinevad kangesti päikese spektri jooned isekeskis oma nähte poolest. Ühed neist on mustad ja hõlpsasti nähtavad, teised — hallid ja nõrgalt silma paistvad, kolmandad — vaevalt märgatavad. Joonte tähelepandavuse aste kutsutakse nende *i n t e n s i i v s u s e k s*. Intensiivsust märgitakse tavaliselt mõne numbriga; kõige nõrgemate, vaevalt silmale nähtavate joonte intensiivsus tähendatakse nullidega : 0000, 000, 00, 0; mida rohkem nulle, seda nõrgem joon. Paremini nähtavaile joonile võetakse arvud 1, 2, 3... 10 jne., mida suurem arv, seda selgem on joon; väga suuril joonil on intensiivsus üle 10; näit. on vesiniku punase joone intens. 40, aga 25. joonisel kujutatud ja spektroheliograafilisil ülesvõttele tarvitatava ioniseerunud kaltsiumi joone intensiivsus määratakse arvuga 1 000: see on kõige suurem joon päikese spektris. Teises peatükis päikese atmosfääri elementide kõrguse küsimust puutudes rääkisime, et õieti igal joonel on oma kõrgus; seal kirjeldasime kõrguse määramise viisi välgatusspektri ülesvõtete järele päikesevarjutuste ajal. Aga juba üksi joonte nähte — nimelt nende intensiivsuse järele — võib otsustada selle kihi suhtelise kõrguse päikese pinna kohal, milles joon tekib. Iga joone intensiivsus on kahest põhjusest — tema laiusest ja tumedusest; mida laiem ja mustem on joon, seda silmapaistvam, järelikult intensiivsus on suurem. Vaatame lähemalt esimest põhjust. Teatavasti — sellest oli juttu (68. lk.) — on joon seda laiem, mida tihedam on gaas; on mingi joon oma olemuselt nõrk, siis on tema tähelepandavaks saamiseks vaja muuta teda küllalt laiaks — järelikult, gaasi tihedus olgu suur, kuna tugeva joone tähelepandavuseks jätkub gaasi väike-

sestki tihedusest; aga gaas on seda tihedam, mida sügavamal — atmosfääri alumisis kihes on ta tihe, ülemisis — hõre; loomu poolest kitsas joon vastab sellepärast madalale kihele, loomult lai — kõrgeile, kuna ta ei vaja gaasi erilist tihedust. Sama lugu on tumedusega; joone tumedus tuleb sellest, et gaas, mille neelamine tekitab joone, on külmem valguseallikast — käesoleval korral — fotosfäärist; gaasi jaheduse kasvamisega suureneb joone tumedus ja ümberpöördukt. Kuid madal temperatuur on kõrgeis kihes, kõrge — madalais — sellepärast suureneb joone tumedus ta kihi kõrgusega ja ümberpöördukt. Tähendab, mõlemate päikese spektri joonte intensiivsust mõjustavate põhjuste läbi-vaatus viib ühele tulemusele: mida nõrgem joon, seda väikesem ta kihi kõrgus; aga mida suurem intensiivsus, s. t. mida paksem ja mustem joon, seda kõrgem on kiht. See seadus lubab küll mõned erandid, iseäranis erisuguste elementide joonte võrdlusel; kuid ühe ja sama elemendi joonte kohta maksab ta suure täpsusega; seda võib näha, näit. järgmisest tabelist, kus kaltsiumi joonte intensiivsust võrreldakse kõrgusega, mis arvatatud samule joonile päikese- varjutuste aegsete vaatluste põhjal. Näeme, siin suureneb tõesti intensiivsus kihi kõrgusega.

Element kaltsiumi jooned.

Intensiivsus.	Kõrgus (välgatusspektri järele).
2	350 km
4	490 "
7	580 "
20	5 000 "
1 000	14 000 "

Nüüd asume küsimusele päikese laikudest. Evershed leidis, et päikese spektri jooned näitavad laikudes nihkumist, mis täiesti seletub aine liikumisega laigus. Sealjuures osutus erisuguste joonte liikumine erisuguseks. Suurem osa päikese spektri nõrku jooni, mille intensiivsus alla 10 ja mis vastavad neelavale kihile — kõige madalamale päikese atmos-

fääris — näitasid laigu stvoolamist, mille suund käib sentrist otse äärile, kusjuures voolamise kiirus on seda suurem, mida nõrgem on joon; ümberpöördult, kromosfääri tugevad jooned — samad vesiniku ja kaltsiumi jooned, mille kihid nii põhjalikult uuritud spektroheliograafi abil — ilmutasid voolamist laigu poole, äärielt sissepoole. Tähendab, kui arvesse võtta joonte intensiivsuse ja kõrguse vahelist olenevust, millest alles kõnelesime, näeme, et päikese atmosfääri sügavais kihes sünnib gaaside kiiresarnane voolamine laigu keskusest igale poole laiali; voolamise kiirus kasvab kihi sügavusega; kõige sügavamais kihes, mis meie vaatlusile kättesaadavad, ulatub kiirus kuni 1 km sekundis. Kõrge-maletõusuga kahaneb kiirus, ja teatud kõrgusel, umbes kromosfääri ja neelava kihi piiril, puudub liikumine; veel kõrgemale — ja juba algab ümberpöördu liikumine — laiku voolamine, esiti aeglane, aga tõusuga suurenev; vesiniku keskmise kihi pinnal ületab sissevoolu kiirus $\frac{1}{2}$ km sek., kaltsiumi ülemises kihis — peaaegu 2 kilomeetrit sekundis.

Kuidas ja missuguse kiirusega sünnib liikumine laiges, näitab järgnev tabel.

Kihi number kõrguse järjekorras	Kihi ja elemendi nimetus ja vaadeldavate joonte arv	Joonte keskmine intensiivsus	Liikumise kiirus ja suund	Välgatus-spektri vaatlusil saadud kihi piirkõrgus.
1	Neelav kiht, alumine, raud (4 joont)	00	Väljavool 1020 meetrit sekundis	275 km
2	Neelav kiht, keskm., raud (55 joont)	2	Väljavool 750 m sekundis	340 "
3	Neelav kiht, keskm., raud (40 joont)	5	Väljavool 570 m sekundis	430 "
4	Neelav kiht, ülem., raud (24 joont)	8	Väljavool 300 m sekundis	590 "
5	Neelava kihi ülemine piir, raud (25 joont)	16	Väljavool 60 m sekundis	810 "

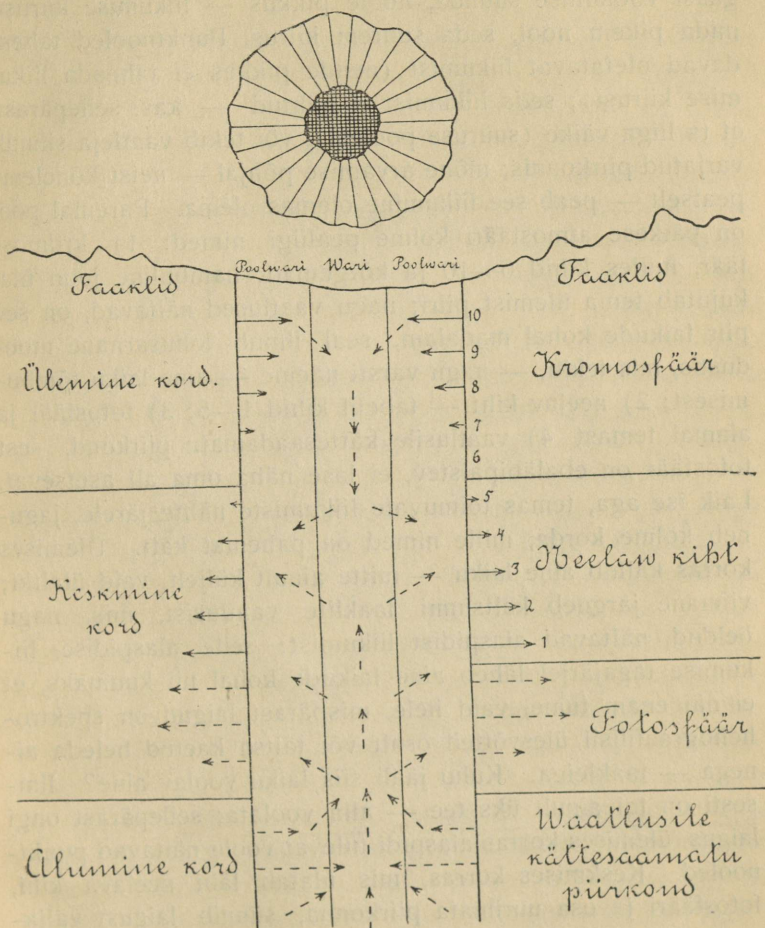
Kihi number kõrguse järjekorras	Kihi ja elemendi nimetus ja vaadeldavate joonte arv	Joonte keskmine intensiivsus	Liikumise kiirus ja suund	Välgatus-spektri vaatlusil saadud kihi piirkõrgus
6	Alumine kromosfäär. Mitmesugused elemendid: maagnium, kaltsium, alumiinium, naatrium, räni, strontsium (9 joont)	20	Sissevool 140 meetrit sekundis	2 200 km
7	Vesiniku keskmine kiht, vesinik (3 joont)	30	Sissevool 540 m sekundis	8 000 „
8	Kaltsiumi keskmine kiht, kaltsium (2 joont)	—	Sissevool 1320 m sekundis	— „
9	Vesiniku ülemine kiht, vesinik (1 joon)	40	Sissevool 1500 m sekundis	— „
10	Kaltsiumi ülemine kiht, kaltsium (2 joont)	800	Sissevool 1890 m sekundis	14 000 „

Nende arvude suurem osa on saadud kui keskmine paljude joonte üheaegseist vaatlusist; joonte arv on tähendatud klambreis elemendi nimetuse järele; vaja võtta palju jooni sellepärast, et vaatlusil juhtub alati vigu; näit. ühed annavad liiga suure kiiruse, teised — väikese; keskmiselt aga paljude tähelepanekute kohta tasanevad need üleliigsed ja puuduvad osad, ja saadakse juba õigele üsna lähedane arv. Liikumise kiirus ei ole siin kilomeetris, nagu alati siiasaadik, vaid meetreis sekundi jooksul — see on hõlpsuse pärast, kuna kiirused on võrlemisi väikesed, võrreldes muidugi teiste liikumisega päikesel, kui aga võrrelda maise ja „päikese tuule” kiirust — on ju päikese atmosfääri liikumine samasugune tuul kui meiegi õhu liikumine — siis saame

määratu vahe: tormi ajal on meil tuule kiirus tavalisest 25–30 m sek., ja lõunamaade hirksamail marudel ei ületa kiirus 60 meetrit; laigus — päikese tormis — on kiirus umbes 20 korda suurem.

Et kergem oleks rääkida tabeli arvudest, on iga kihi ees number; üldse on siin 10 kihti, ja näit. kaltsiumi keskmise kihi nimetame lühiduse pärast lihtsalt kiht nr. 8 jne. Viimasel veerul on iga kihi piirkõrgus: piirkõrgus sellepärast, et päikesevarjutuste ajal läheb korda ainult kõige suuremat (maksimaalset) kõrgust määrata, milleni veel märgata elemendi või joone juuresolu. Nii on see ülemise piiri kõrgus, kus aine väga hõre, mispärast annab vähe kiiri; suurem osa valgust peab aga tulema sügavamaist ja tihedamaist kihest; sellepärast on iga kihi tõeline kõrgus märksa — umbes 4 korda — väikesem kui tabeli viimasel veerul; nii oleks kiht nr. 10 kõrgus $3\frac{1}{2}$ tuhande ümber, kiht nr. 5 — umbes 200 kilomeetrit. Need arvud tõime vaid näiteks; nende täpsuse eest ei või vastutada; puudub alles vahend tõelise kõrguse määramiseks sama usaldatavusega, kui määratakse piirkõrgus; see oleks muidugi, kui soovime täpselt teada saada kõrguse kilomeetris. Meil on aga võimalus kihtide suhtelist kõrgust määrata, s. o. milline kiht asetseb kõrgemal, milline madalamal. Ühest meetodist juba kõnelesime — see on joonte intensiivsuse võrdlus; see viis kõlbab täiesti ainult ühe ja sama elemendi joonte võrdlusel. Teise meetodi saame ootamata liikumiste vaatlusist päikese laiges. Nagu tabelist näha, muutub kiirus järkjärgult kihilt kihile; ütleme, et meil on mingi joone liikumise kiirus teada; otsides tabelis suuruse pooldest lähema kiiruse, võib määrata, missugusele kihile kõige lähemal seisab teatud joon. Näit. oli ühel tina joonel väljavoolamise kiirus 900 meetrit sekundis; tabelis on I kihi kiirus (1 020 m sek.) suurem, II — väikesem (750 m sek.) sellest kiirusest; millest järeldame, et selle joone kiht on esimese ja teise kihi vahel. Nii andis laikude liikumise uurimine uue meetodi erisuguste elementide ja joonte võrdleva kõrguse määramiseks; pealegi on see meetod teisist

kindlam. Teaduses on alati nii: üks leiutus toob enesega kaasa rea teisi leiutusi.



Joonis 33.

Mis sünnib laigus, seda kujutab skemaatiliselt joonis 33. See joonis on laigu ning tema varju ja poolvarju vertikaalne läbilõige; ülal näeme teda sel kujul, kuidas ta tõeliselt paistab vaatlejale, ülalt selle laigu peale vaadates.

Paremalpool numbrid — 1, 2, 3... kuni 10 — on samade kihtide numbrid, mis eelmiseski tabelis. Nooled näitavad gaasi voolamise suunda, noole pikkus — liikumise kiirust: mida pikem nool, seda suurem kiirus. Punktnooled tähendavad oletatavat liikumist (nende pikkus ei tähenda liikumise kiirust); seda liikumist ei nähtud — kas sellepärast, et ta liiga väike (suuruse poolest), või tekib vaateleja silmalt varjatud piirkonnis; mõne arvamise põhjal — neist kõneleme peatselt — peab see liikumine olemas olema. Paremal pool on päikese atmosfääri kolme pealiigi nimed: 1) kromosfäär, milles kihid 6—10 ja kõrgemad; hambuline joon ülal kujutab tema ülemist piiri; nagu vaatlused näitavad, on see piir laikude kohal madalam, seal ilmub lohusarnane moodustis, mis tekib, — nagu varsti näeme — aine laiku tõmbumisest; 2) neelav kiht — tabelil kihid 1—5; 3) fotosfäär ja alamal temast 4) vaatlusile kättesaadamatu piirkond, sest fotosfäär on ebaläbipaistev, ei lase näha oma all asetsevat. Laik ise aga, temas toimuvate liikumiste nähte järele, jaguneb kolme korda, mille nimed on pahemat kätt. Ülemises korras kallub aine laiku — mitte ainult küljelt, vaid ülaltki; viimane järgneb kaltsiumi faaklite vaatlusist, mis, nagu öeldud, näitavad alaspidist liikumist: selle alaspidise liikumise tagajärjel läheb aine laikude kohal nii kuumaks, et ei näi enam tume, vaid hele, mispärast laigud on spektroheliograafilisil ülesvõtteil osalt või täitsa kaetud heleda ainega — faakleiga. Kuhu jääb siis laiku voolav aine? Ilmest on tal ainult üks tee — alla voolata; sellepärast ongi laigus ülemises korras alaspidi tulevat voolu näitavad punktnooled. Keskmises korras, mis ulatab läbi neelava kihi, fotosfääri ja osa uurimata piirkonna, sünnib laigust väljavoolamine; on arusaadav, et ülalt, esimeselt korralt laskuv aine voolab siin uuesti välja. Näib, nagu oleks siin täieline ringkäik: ülemises korras voolab aine sisse, laskub keskmisse korda, seal voolab välja ja kusagil kõrval kerkib jälle üles. Ometi ei ole asi nii lihtne kui paistab. Ülemises korras on gaaside tihedus väga väike, mispärast, suurest kiirusest

hoolimata, voolab sisse ikkagi väga vähe ainet; keskmises korras on tihedus vähemalt 100 korda suurem, kiirus aga ei ole väikesem, ja väljavoolava aine hulk (mass) on seal suur. Arvutus näitab, et keskmise korra ülemisest poolest — mis kättesaadav vaatlusele — voolab juba üksi vähemalt 200 korda rohkem välja kui ülemisest korrast juurde tuleb; pealegi peab keskmine kord ulatuma teadmatu sügavuseni, sest et kõige sügavamais senini uuritud kihes ikka kasvab väljavoolu kiirus, tähendab sügavamalgi peab jätkuma väljavoolamine; on selge, et ainult tühiselt väike osa väljavoolanud ainest annab tagasi juurdevool ülemisest korrast. Millisest allikast ammutab siis laik ainet, mida ta nii ohtrasti kulutab? Kui mitte ülalt, siis muidugi alt. Päikese sügavast rüpest kerkivad gaasid mööda laiku üles, nagu kaevu või toru mööda, pinna juures voolavad nad igalepoole laiali; on aga asj nii, siis kusagil süvikus peab olema piirkond, kus see aine koguneb laigu juurde, voolab temasse; see ongi kolmas, nägematu kord; meie inimlik pilk sinna ei tungi, aga meie mõistusesilm — arutuste-ahel — eraldab alumise korra sama selgesti kui kaks ülemistki. Kõik need oletatavad liikumised — alumisest korrast ülemisse tõusev vool, keskmise korra alumisest poolest väljavool ja uus sissevool alumisse korda — on märgitud punktnooliga; oma nähtelt ei tähenda arglik punktjoon siin siiski mitte kahtlust; just ümberpöördult, need oletatavad liikumised on sama õiged kui otsekohe vaadeldavadki; vahe võiks olla selles, et teadmata on ainult kiiruse suurus neis nägematus piirkonnis nagu nende sügavuski. Muu seas tekib siin küsimus: miks vaatlused ei ilmuta tõusvat voolu keskmises korras — on see ju meie vaatlusile täiesti kättesaadav? Vool aga peab olema olemas, sest alumises korras laigule kokkuvoolav aine peab esiteks üles kerkima, et siis keskmises korras laigust välja voolata. Põhjuseks, miks seda ülestõusvat voolu ei ole märgatud, on tema liiga väikene kiirus, mida meie riistad ei suuda avaldada. See selgub järgmisest mõttekäigust: uuritud laikude keskmine läbimõõt oli 25 000 km, kuna keskmise korra

kõrgus ulatub kõigest mõnesaja kilomeetrini; nii on sellel korral laia, väga väikese kõrgusega ringi nähe, võiks võrrelda õhukesest lauast saetud ringiga (näiteks ärgu võetagu joonis 33 — nägelikkuse pärast on seal kõrgus kangesti suurendatud võrreldes läbimõõduga); aine voolab alt läbi terve laigu määratu suure pinna; peab aga välja voolama läbi keskmist korda piiravate madalate seinakeste. Igaühele on selge, et soovides suure ja väikese avause läbi ühepikkuse aja jooksul valada ühepalju vett, peab suurema avause läbi vesi aeglasemalt voolama kui läbi väikesema. Sellepärast peab ka laigus aine tõusmise kiirus olema keskmisest korrast väljavoolamise kiirusest nii mitu korda väikesem, kui mitu korda terve laigu pind suurem on selle korra külgmisist seinust. Sellega ühineb veel asjaolu, et aine juurdevool tuleb alt tihedaist kihest, aga voolab välja ülal — hõredamais, nii et tõusu kiirus võib olla veelgi väikesem.

Kõike seda arvesse võttes osutub arvutuste põhjal, et väljavoolust tekkiva kahanemise katmiseks oleks küllalt, et aine tõuseks laigu lõõri mööda ainult 20-meetrilise kiirusega sekundis kõige sügavamais vaatlusile kättesaadavais kihes, kõrgemal aga — veel väikesema kiirusega; senini on aga võimatuks jäänud nii väikest kiirust spektroskoobi läbi avaldada, seega ei ole midagi imesteldavat selles, et vaatlused ei näita mingit tõusvat voolu; just ümberpöörduvalt — oleks täiesti arusaamatu, kui leitaks suur tõusu kiirus.

Nähtavasti on tõusev vool selle põhjuseks, et laigud on muust pinnast tumedamad. Nagu juba kõnelesime liikumise puhul kiududes, faakleis ja helbeis — sünnib siin laiumisest gaaside kange jahtumine, sest nad siirduvad sügavaist ja tihedaist kihest ülemisesse, hõredamaisse. Kõige suurem tõus ja jahtumine sünnib nähtavasti avause keskuses — see on laigu vari; äärel aga sünnib pigemini gaaside kõikjale voolamine kui tõus, sellepärast jõuavad nad soeneda päikese muist osist kiiratud kuumuses; tekib poolvari — laigu vähem tume osa; poolvarju joad (joonis 5) on nähtavasti päris joad, mis näitavad aine väljavoolu koosi.

Kahtlemata peab olema põhjus, mis sunnib laigu gaase süvikust üles voolama; seda tuleb otsida alumisest korrast, nii et tema, nägematu, omab tõeliselt peatähtsuse; see, mida näeme, on ainult laigu tipp, ainult suurepärase meie pilgule ligipääsmatute nähtuste kahvatu kajastus. Seal, süvikus, peitub meile tundmatu jõud, mis paneb liikuma selle keerulise määratu suure pöörise, mida nimetatakse päikese laiguks, kus möllab võrratu torm, mille kõrval on meie maised tormid kui kerge tuulepuhang orkaaniga võrreldes, ja kus võiks jäljetult uppuda palju meie maakera taolisi ilmakehi. Lähemaks põhjuseks võiks lugeda, et seal süvikus aine soenes kangesti mingil põhjusel, kergenes, ja nagu õhk korstnas, tungis üles. Teel, tõustes, jahtuvad gaasid ja ilmuvad pinnale juba külmematena, kuigi alguses olid kangesti kuumad. Järelikult alumise korra piirkonnas peab valitsema kõrge temperatuur ¹⁾, ja läheks meil korda kahte ülemist, meid segavat korda kõrvaldada, näeksime laigu kohal — tumeda asemel — pimestavheleda koha. Ometi jääb mõistatuseks niisuguse soendamise põhjus päikese sisemisis piirkonnis; siin on asi palju keerulisem kui helbeiga, kus leidsime hõlpsasti neid alt soendava allika, mis oli päike ise. Helbed katavad päikese atmosfääri ülemise kihi pinda alati ja kõikjal, mis täiesti sobib nende tekkimise oletatava põhjuse — nimelt päikese soojuse — alatise iseloomuga. Laigud aga ilmuvad vaid teatud osis päikese pinnal, pealegi, nagu näeme VI peatükis, rohkesti ainult teatud aastail; see nende iseäraldus sunnib oletama neile erilist põhjust.

Spektroskoop, see imeriist, mis meile paljastab määratute kauguste saladused suurema täpsusega kui meie suudame uurida paljusid enda lähedasi maisi asju, võimaldab kaugelt määrata magneti jõudu. Maakeral omavad iseäralised kehad — magnetid, aga ka elektrivool magnetismi, s. o.

1) Russel arvutas, et laigugaaside temperatuur sügavuses peab ületama 20 000°; tõustes pinna lähedale sünnib umbes 30-kordne laienemine, mille tagajärjel gaaside temperatuur langeb kuni 3 000—4 000°.

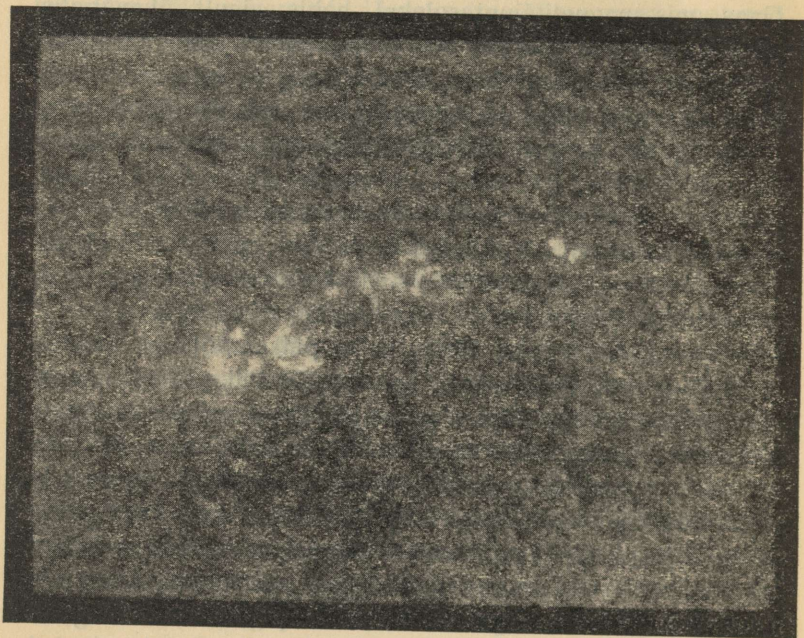
võime raua- ja terasetükke külge tõmmata. Magnetil on kaks otsa ehk poolust, lõuna- ja põhjapoolus; mõlemad otsad tõmbavad rauatükke ühte viisi; kui aga lähendada teine magnet, siis näeme, et ühe magneti lõunapoolus tõmbab teise põhjaotsa ja tõukab eemale lõunapooluse; selle magnetite omaduse võib väljendada järgmiselt: ühesugused poolused tõukavad eemale, erisugused — tõmbavad teineteise juurde. Terve maakera on suur magnet, mille poolused asetsevad maanabade lähedal; maa magnetism mõjub kõigisse maapinnal olevaisse magnetitesse, kusjuures maa põhjapooluse lähedal asetsev magnetipoolus tõmbab magnetite põhjapoolusi; siis tuleb magnetite vastastikuse mõju seaduse põhjal mõõnda, et geograafilise põhjapooluse juures asub maa lõunamagneti poolus ja ümberpöörduvalt; sellest kummalisusest ei maksa kohkuda — kõik asi on siin vaid nimetusis. Kompassis, mis näitab teed merimehile ja teekäijaile, on nõel väike magnet, mille üks ots — tema põhjapoolus — tõmbub maa magneti poolusele, ja sellepärast näitab ta alati umbes põhjapoolu, vastava maamagneti pooluse poole. Võimalik, et teiselgi taevakehil on magnetilised omadused nagu maakeral, kuid meie ei märka neid sugugi maa magneteid tõmbavat, sest need kehad asuvad meist määratu kaugel, magnetitung väheneb aga magnetilt kaugumisega üliiruttu, ta on märgatav vaid magneti lähedases naabruses. Isehelenduvate kehade jaoks — nagu päike — annab aga spektroskoop võimaluse just k u i n ä h a magneti jõudu; nimelt isehelenduva keha magneti lähedal olles kahestuvad spektraaljooned: ühe asemel saab kaks, mõnikord kolm, olenedes magneti asetusest, see on n. n. Zeemann'i efekt. Üldisis joonis on selle põhjus järgmine; mäletate valguse heitmise sündivat sellest, et keha väikesemad osakesed võnguvad ja panevad lainelisse liikumisse valgustkandva eetri; need osakesed — elektronid — on elektriga laetud ja võnguvad üksteisele vastusihiliselt pööreldes; magneti puududes on pöörlemise kiirus mõlemas sihis ühesuurune; magnet aga mõjub iseäralisel viisil neisse pöörlevaisse elektriosakesisse, kiirendades

ühtede pöörlemist ja tasandades teiste, esimesile vastupidi-
dises suunas liikuvate, tiirlemist, nii et pool osakesi võngub
kiiremini, pool aeglasemalt; kuid teatavasti oleneb heidetava
valguse värv võngete kiirusest: mida sagedamad võnked,
seda lähemal on värv violetsele, mida harvemad — punasele.
Gaas, mis magneti juuresolekul heitis ainult ühevärvilisi
kiiri, s. o. andis spektris ühe joone, annab nüüd niisugusel
korral kahte isevärvi kiiri, üks enam lähedane violetsele,
teine — punasele, ja endise ühe joone asemele ilmub kaks;
mida tugevam magnet, seda kaugemal on jooned teineteisest.
Mõnede abinõudega, mida siin ei ole võimalik kirjeldada,
võib isegi teada saada, kuidas asetuvad magneti poolused
— näit., milline neist pöördud meie poole, põhja- või lõuna-
poolus, võib ka kontrollida — on tõesti magnetism joonte
kahestumise põhjuseks või on siin mõni teine tegur.

Young leidis juba 1892. a., et päikeselaikude spektris
on paljud jooned kaksikud, kuna nad muul päikese pinnal
millegi iseäralikuga välja ei paista; ometi ei suutnud ta sellele
nähtusele õiget seletust anda. 1908. a. Hale, sama, kes esi-
mesena valmistas ja võttis päikese vaatlusil tarvitusele
spektroheliograafi, tõendas, et joonte kahestumise põhjuseks
päikese laiges on magnetism. Osutus, et laik on määratu
magnet, mille üks poolus on pöördud meie poole, teine aga
asub kusagil sees sügaval, uurimata piirkonnis. Magnet
jõud on seal ülisuur — ligikaudu kaks tuhat korda suurem
maa magnetismi jõust, ja kasvab kiiresti sügavusega; mõne-
suguste arvamiste najal võib järeldada, et laigu magneti
jõu suurim suurus peab asetsema 2—3 tuhande kilomeetri
sügavusel fotosfääri pinna all, seal on magneti — laigu —
meile lähem pooluski; teine poolus peab olema kusagil
suures sügavuses.

Kui magneti ümber riputada raudpuru, asetub see mag-
neti külgetõmbe tagajärjel isesuguseisse ühelt pooluselt tule-
vaisse ja teisel lõppevaisse looklevaisse joonisse, n. n. tung-
joonisse. Päikese laike ümbritseva vesiniku keskmise kihi
ülesvõtteil saadakse nende sarnased jooned. Hale, kes nad

üles leidis, andis neile nimetuse „päikese pöörised”; joonis 34 kujutab niisuguse „pöörise”, Deslandres'i poolt Meudonis päevapildistatud. Hale arvas neis ilminguis pöörise taoliselt keerleva aine kukkuvat laiku; ometi ei jõudnud selleaegsed vaatlused, peale ühe erandi¹⁾, kindlaks teha



Joonis 34.

mingit liikumist. Juba pärast „pöörise” avastamist toimetati laikude liikumise kallal uuringuid, millest eespool kõnelesime: nad kinnitasid, et „pöörise” tasapinnal sünnib tõesti liikumine laigu poole, ometi ei näidanud nad pöörlemist, — liikumine sünnib sääl mööda sirgjooni. Kui siis Hale'i leitud jooned oleksid laikude pöörleva liikumise

¹⁾ 3. VI 1908. a. õnnestus otse ülesvõtteil näha märgatavat nihkumist „pöörise” piirkonnis; mitu päeva laigu naabruses seisnud määratu kiud tõmbus $\frac{1}{2}$ tunni jooksul laiku, kusjuures kõige suurem liikumise kiirus ulatus 180 km sekundis.

mise tunnismärgiks, leiduksid nad kõigis päikese atmosfääri kihes ehk vähemalt selle liikumise omaks kaunis paks kihtkond; Deslandres'i rohkearvulised vaatlused näitasid, et „pöörised” ilmuvad teatavas piiratud õhukeses kihis, keskmise vesiniku kihist veidi kõrgemal. Pöörisjoonte sarnasus raudpuru pildiga magnetiväljal paneb oletama, et siin on põhjuseks laigu magnetijõu mõju mingisuguseisse väikesesse kehisse, mis mingil põhjusel kogunenud just sellesse päikese atmosfääri kihti, teisis aga puuduvad. Mis kehad need on, on raske öelda: teatavasti mõjub magnet kõvva rauda, aga ka liikuvaisse, elektriga laetud osakesisse; päikesel puudub kõva raud, seal on kõik gaasitaolises olekus, sellepärast on kõige tõenäosem, et need on elektriosakeste, elektronide, vood; elektronid võivad mingi gaasi sees täitsa iseseisvalt liikuda, — gaas ise võib püsida paigal.

Mis pöörisjooned ka ei oleks, Hale'i üheaegsed uurimised pöörise ja laikude magnetismi kohta näitavad, et mõlemate nähtuste vahel on kindel ühendus.

Üldiselt on pööriseil spiraalne ehitus. Oletades, et mingi keha liigub spiraale mööda laigu poole, peab see keha enne laigule saabumist selle ümber ringima või pöörlema. Hale'i vaatlused näitavad, et niisugused laigud, mille oletatav pöörlemine sünnib kella tunninäitajale vastupidises sihis, kujutavad enesest magneti lõunapooluse; aga mille pöörlemine sünnib kellanäitaja käigu sihis — on põhjapoolused; sealjuures nähti mitmel korral kahe laigu lähedast naabrust — üks põhja-, teine lõunapoolkeras, kuid ikka ekvaatori lähedal, ja igakord oli niisuguste laikude magnetism vastupidine; sellepärast esineti oletusega — kas niisugused kaks laiku ei ole ühe ja sama magneti otsad, poolused. Sel puhul peavad mõlemad laigud teineteisega ühenduses olema — nende päikese süvikusse ulatavad lõõrid peavad seal kusagil teineteist kohtama, moodustades ühe hiiglasuure kõvera toru. See on küll ainult oletus, ja laikude ühenduse, nende magnetismi põhjuse ja päikese pöörise küsimus on alles tuleviku ülesanne.

Kuivõrt seadusepärane on laikude paariviisi ilmumine, selgub alljärgnevalt. Mitmel korral, kui nähtav oli ainult üks laik, leidis Hale selle laigu lähemas ümbruses ühe koha, kus oli tugev magneti jõud, laigu magnetismile vastupidise magnetismiga; sel kohal mingit laiku näha ei olnud, ta ei erinenud millestki harilikust päikese fotosfääri pinnast. Kuid mõne aja pärast tekkis selles kohas uus laik, mis esimese juba olemasoleva laiguga ülalkirjeldatud magnetipaari moodustas. Magnetijõud võimaldab sel viisil ennustada laikude ilmumist enne kui nad nähtavaks saavad.

Laikude magnetismi omaduste avaldamise järel tekkis mõte, kas ei saaks kõige päikese magnetismi ilmutada; selleks tarvitses uurida päikese pinna erisuguste alade spektrijooni väljaspool laike. Magnetism leiti, kuid ta jõud oli võrdlemisi väike: see ületab umbes 40 korda maa magnetijõu ja on ligikaudu 50 korda nõrgem laikude magnetismist. See ei tähenda, et päike oleks vähem tähtis magnet kui ta osa — laik; vaid kuigi laigu magnetism on suur, mõjub ta ainult väikeses ruumis — laigus ja selle lähemas naabruses; nõrgem päikese magnetijõud mõjub tervel tema määratud pinnal.

Vertikaalses sihis on päikese üldise magnetismi mõju küll üsna piiratud: magnetijõud kahaneb ülikiiresti kõrgusega päikese pinnalt; vaatlusile kättesaadavas piirkonnas on vaid kõige sügavamas, umbes 150 kilomeetrit paksus kihis selle jõu mõju märgatav.

Päikese magnetismi poolused asetsevad samuti kui maalgi pöörlemispooluste lähedal, ja magneti lõunapoolus on päikese põhjapooluse juures. Ei keelaks hirmus kuumus laevu päikeseookeanil ujumast või lendamast, siis oleks ränduritel kasutada kompass, mis neile juhataks teed samuti kui maalgi.

Nagu maakeralgi, ei ühtu päikese magnetipoolused tema pöörlemise poolusiga. Magnetipooluse pöörlemisest ümber ühise pöörlemistelje tekivad näivad magnetijõu võnkumised meie poole pööratud päikese pinnal; nende võnku-

miste järele leiti, et magnetipooluse pöörlemisvälde on 33 päeva; see võrdlemisi pikk pöörlemisperiood läheb ühte perioodiga, mis leitud spektroskoobi abil päikese polaarpiirkonnas.

V PEATÜKK.

Päikese soojus.

Kõigist päikese omadusist on meile, maakera elanikele — kõige tähtsam tema soojuse ja valguse kiirgamise võime. Kõik, mis omame, millest elame, miska töötame, võlgname päikese kiirile. Lõpuliselt saame oma toidu taimilt, sest meile mõnda toitu muretsevad loomad ise toidavad end taimiga. Taimed aga on päris päikeselapsed; pimeduses, päikese valguseta nad kasvada ei või. Mis annavad siis neile päikese kiired? Esiteks, nagu teada, ammutavad taimed osa oma toitu maapinnast: mitmesugused neile tarvilised ained lahuvad vees, lahunud olekus imuvad juurisse ja liiguvad mahlade näol vart ja tüve mööda üles lehisse. Soendavad päikese kiired sunnivad taimes oleva vee seal aurama, nii et, tänu päikese soojusele, lahkub õhku vesi, mis oma töö teinud, andes ruumi uusile mahlule. Edasi, päike aitab taimi hingata. Üks taimede kõige tähtsamaist osistest on süsinik, selle võtab taim õhust, kus süsinik on süsihappu gaasi näol — see on süsiniku ja hapniku ühend. Taimede rohelised osad oskavad süsihaput gaasi eristella, andes hapniku õhule tagasi, jättes süsiniku endile; kuid see ei õiendu muidu, süsihappe eristamiseks vajatakse teatud hulka tööd. Selle võimaldavad jällegi päikese kiired.

Samuti puud nagu kõik teisedki taimed võlgnevad oma olemasolu ainult päikesele; ahju küdemisel tekkiv soojus ei ole muud midagi kui päikese soojuse osakene, mille oskasid püüda ja hoida meile metsade tummad elanikud — puud. No, aga kivisüsi, mis paneb tööle tehased, liikuma vedurid, aurikud? Teda vähemalt saadakse maa

seest ja temal nagu puuduksid igasugused suhted päikesega? Kuid seda võib mõelda ainult see, kes ei tea, mis kivisüsi on. Kivisüsi ei ole alati elutu, surnud kivi olnud. Kunagi, väga ammu — sellest on möödunud miljonid aastad — elas temagi; kui siis meile teda oleks näidatud, ei oleks me tunnud temas seda musta, tolmatvat sütt: oleksime näinud määratud puhmikuid ja kummaliste, meile tundmatute taimede metsi; need taimed, nagu nüüdsedki, kasvasid päikese armust; päikese kiired kinkisid neile süsinikku, andes taimede lehile energiat, mida vajab süsihappe eristumine. Mõõtmata kaua kasvasid need metsad, — surid ja kõdunesid ühed taimede põlved, vabastades kohti teisile; mädanevate taimede jäänused kogunesid mitmesuguseisse kohtadesse, kõige sagedamini kandusid nad veega, sattusid soo, järve või mere põhja; nähtavasti sündis neist seal esialgu turvas, aja jooksul kattusid need lademed igasuguste uheteaga, sattusid sügavale maa alla, seal survusid ja jäid soojuse mõju alla; selle tagajärjel eraldusid lenduvamad osised: sündis kivisüsi. Nii on kivisöeski peituv soojus päikese antud; maa ainult peitis ära ja hoidis tuhandete aastatuhandete kestes puutumatuks selle tagavara, mida nüüd raiskavalt kasutame. Tähendab, peadpööritava kiirusega meid ühest ilmanurgast teise viiva rongi panevad liikuma päikese kiired; need kiired on ainult igivanad: ei nüüd ega vaaraode ajal langenud nad maa pinnale — kui ei olnud veel inimest ega meile praegu tuttavaid loomi, linde, kui kõik manner oli kõrb, ja ainult merede ja järvede kaldail kasvasid meie sõnajala sarnased kummalised taimed, mille puhmikute vaikust ei seganud ükski hääl peale lainete löökide ja tuule kohina. Ja nüüd need ammukustunud kiired nagu ärkavad uuesti põleva kivisöe tules, et meie heaks töötada: meile paistavad kui kaks päikest — teine helendab taevavõlvilt, soendab ja valgustab meid iga päev, teine saadab meile oma kiired iidsete aegade hämaruse tagant.

Aastaaegade vaheldused, erisuguste maade ilmastikude vahed, ilmade muutused — tuul, vihm, jõgede voola-

mine ja merelained, kõik võlgnevad päikesele oma algupära. Päike ei soenda maakeral kõiki kohti ühtemoodi; ekvaatoril langevad ta kiired loodis ja soendavad kangesti; polaarseis mais annavad tema viltused kiired vähe soojust; sellest tuleb vahe kliimas: ühes kohas on palav, teises — külm. Samal põhjusel tuleb vahe suvise soojuse ja talviste pakaste, päevase kuumuse ja öise jaheduse vahel. Maapinna üksikute osade soojuse vahest tekib tuul; tema sünni põhjus on sama mis tõmbusel ahjus või toas: on külm ja soe õhk teineteise kõrval, siis hakkavad nad liikuma, sünnib õhuvool — tuul. Vihm on maale tagasi tulev vesi, mis päikese kiirte mõjul varemini ära auras ja üles kerkis; vihm aga annab alguse jõgedele jne. Üldse, vaadeldes maapinnal mistahes nähtust leiame, et peaaegu alati on päike ta algataja; ainult väike hulk ilminguid moodustab erandi, nagu puhtmaised jõud — vulkaanide tegevus ja maavärisemised, ja kuu mõjustatud tõusud ja mõõnad; vististi ei leia peale loendatud nähtuste teisi suuri ilminguid, millele päike ei annaks algust.

Niisuguse eritise tähtsuse juures, mille omab päikese soojus kõige elu kohta maakeral, on täitsa arusaadav, et õpetlased on kulutanud nii palju vaeva, et seda soojust mõõta ja arvutada, kuidas ta edaspidi maapinnal kulub ja jaguneb. Soojust võib mõõta nagu teisigi suurusi — pikust, mahtu, kaalu, — välja minnes järgmisist põhimõttest: mida suurem või soem on keha, seda rohkem on tas soojust. Soojuse ühikuks on grammkalor: see on soojuse hulk, mis soendab 1 grammi vett 1° C võrra. Päikese soojust mõõta tähendab siis arvutada, mitu kalorit annab päike teatud pindalale (näit. 1 sm^2) määratud aja jooksul (näit. ühes minutis). Selleks pannakse kas või veega täidetud anum mõneks ajaks päikese kiirte alla ja määratakse termomeetriga, mitme kraadi võrra on vesi soenenud; ütleme, meie anum as oli 200 grammi vett, ja 12 minuti kestes soenes vesi 3° võrra, ilmsesti sai siis vesi üldse $200 \times 3 = 600$ kalorit, ehk $600 : 12 = 50$ kalorit minutis. Oli anuma pind 50 sm^2 , siis sai iga ruutsentimeeter minutis ühe kalori. See

ongi päikese antav soojus, ehk päikese kiirgamisjõud. Tegelikult ei ole aga asi nii lihtne: anuma soenedes päikese kiirte all jahtub ta ühtlasi ümbritseva külma õhu mõjul. Selle soojuse kaotust tarvis arvutada, kuid mil kombel — sellest kõnelemine viiks liiga pikale: oletame, näiteks, et ülalkirjeldatud mõõtmise ajal oli jahtumise tagajärjel soojuse kaotus 150 kalorit; tähendab, päike andis peale 600 kalori veel 150 kalorit ehk $\frac{1}{4}$ rohkem, järelikult on päikese tõeline kiirteheitmise jõud $1\frac{1}{4}$ kalorit ruutsentimeetritele minutis. On teine olulisem raskus: ei tule ju päikese kiired n.-õ. tervel kujul meieni: oma teel kohtavad nad meie atmosfääri, annavad sellele osa oma soojusest; atmosfäär neelab ühe osa päikese kiirist, see ei olekski veel nii halb, kui atmosfääri neelamine jääks alati ühesuguseks; kuid õhk ei ole alati ühesuguse läbipaistvusega; taoti, selge ilmaga õhu puhta olles tuleb maapinnani palju päikese kiiri, on õhus aga palju aure või tolmu, jõuab temast läbi vähem kiiri; pilved lasevad läbi ainult üsna väikese osa päikese kiiri. Ka päikese seisust taevavõlvil oleneb meile tuleva soojuse hulk: on ta kõrgel, tuleb palju tema kiiri; on ta aga madalal, peavad viltused kiired enne maale jõudmist käima pika tee maa atmosfääris, kaotades seal suure osa oma soojusest. Kõik need asjaolud tulevad arvesse võtta sel, kes teotseb päikese kiirte soojuse mõõtmisega. Selleks ei ole enam küllalt kohane ülalnimetatud lihtne riist, kus soojuse hulk määratakse lihtsalt vee või mõne teise asja soenemise järele; iseäraliste instrumentide abil, mille olulisem osa jällegi spektroskoop, katsuti määrata mitte ainult üldist päikeselt tuleva soojuse hulka, vaid üksikult seda soojuse hulka, mida annavad erisugused nähtavad ja nägematud värvid ehk spektri osad. Päikese või mõne teise allika valges valguses ei ole mitte ainult need kiired — punased, sinised jne. —, mida näeme; on ka nägematuid. Ühed, mis asetsevad spektri punaste kiirte taga — „punasemad punaseist” — avalduvad ainult soendamisvõimes, nii võib neid näit. käega märgata, näha aga mitte; need on tagapunased (infrapunased) kiired; mõni-

kord kutsutakse neid ka soojuskiiriks, kuid see nimetus on mõttetu, on ju kõigil kiiril — nähtavil ja nägematuil — ühine omadus soendada asju, millele nad langevad. Teised, ka nägematud, asetsevad spektri violetse ääre taga ja nimetuvad violetteelseiks (ultraviolet-)kiiriks; peale soojuse tegevuse avalduvad nad veel mõjudes päevapildiplaadisse. Silm neid aga ei näe, kuid selle eest „näeb” neid plaat, ja ülesvõtte kaudu annab neid silmale edasi; sellepärast nimetatakse neid, kuigi mitte täitsa täpselt, fotograafilisiks kiiriks. Peale ultraviolettkiirte mõjuvad päevapildiplaadisse ka nähtavad kiired. Päikese tõelise soojuse hulga määramiseks tarvitseks mõõta, kui palju soojust annab iga nägematu ja nähtavate kiirte liik üksikult ehk nagu veel öeldakse, oleks vaja leida energia jaotus päikese spektris; viimase teadmine annab peale muu ühe abinõu päikese temperatuuri määramiseks.

Päikese kiirteheitmise tõeline suurus on ilmsesti see soojuse hulk, mis päike annaks meile, kui ta teel ei oleks atmosfääri, kui kiired pääseksid puutumatu meile; see suurus nimetatakse päikese konstandiks. Kui võiksime maa pinnalt tõusta mõnesaja kilomeetri kõrgusele — kus ei ole õhku — sinna saadaks päike tõesti niipalju soojust; maa pinnani aga tuleb alati vähem.

Ameeriklaste Abbot'i ja Fowle'i mitmeaastaste uuringute tulemuseks osutus, et päikese konstant erineb väga vähe järgmisest arvust: kaks gramm-kalorit 1 sm^2 kohta ühes minutis. Maa pinnani ei tule keskmiselt pooltki seda hulka, muu osa peavad kinni pilved ja õhk; isegi selgel ilmal, kui ei ole pilvi, ei tule üle 70%.

Nüüd teame, kui suur on annetus, mida päike saadab maapinnale; vaatame, kuidas seda annetust tarvitatakse. Suurem osa soojust, mis maa päikeselt saab, läheb maa pinna soendamiseks; maa nagu päike ja kõik teisedki kehad heidab kiiri, nägematuid vaid (infrapunaseid); nii kaob tema soojus ruumi, ja ta peaks alatasa jahtuma, kui ta soojuse kaotust kusagilt ei tasutaks: päike annabki kulutatava soojuse meile

tagasi ja hoiab sel teel maa pinna temperatuuri teatud kõrgusel, nimelt on maakera keskmine temperatuur 15° C. Kui muutuks päikeselt tulev soojuse hulk, muutuks ka temperatuur maa peal; nimelt võib arvutada, et päikese konstandi suurenedes 10% võrra peab meil 7° võrra soemaks minema ja überpöördult. Kui päike hakkaks meile andma kõigest 30% võrra rohkem soojust, oleks Eestis sama palav kui praegu Aafrikas, poolusel aga kerkiks temperatuur üle nulli, ja sealsed igavesed jääd sulaksid.

Ometi nimi ise „päikese konstant“ näitab, et päikeselt saadav soojuse hulk muutub väga vähe, vastasel korral ei nimetataks seda suurust kestvaks; nii ei alistu praegused maakera ilmastikud iseäranis tunduvaile, päikesest olenevaile muutusile.

Suurem osa päikese soojust läheb siis uuesti ruumi; ometi teame taimil olevat omaduse päikese soojust koguda, nii peab osa maale langevat päikese soojust tagavaraks jääma; see osa on küll tõesti väike: tavaline mets hoiab oma tüvedes ja oksis ainult umbes tuhandiku sellest, mis päike talle annab — ülejäanu läheb auramiseks ja soendamiseks. Kui suur peab olema päikese soojuse jõud, kui sellestki tema tühisest osakesest on küllalt määratute metsapadrikute kasvatamiseks. Isegi kivisüsi, milleta nüüd inimesil sama raske läbi saada kui leivata, ja mis paneb tegevusse masinad — inimese jõu —, see süsigi on vaid pisikene raasukene sellest rikkusest, mis päike kunagi maale välja valanud; oleksid minevikus olnud soodsad tingimused taimede kasvatamiseks ja söe sündimiseks, siis oleks maakera eakestes jätkunud päikese soojust terve maakera suuruse söehulga kogumiseks. Muidugi on see võimatu, sest maal ei ole nii palju süsinikku ja päikese energia ei leia kunagi täielist kasutamist, vaid peaaegu tervena kulutatakse n.-ö. asjatult. Tehnika ülesanne tulevikus on kasutada otsekohe seda soojust, panna ta inimese kasuks tööle; seks otstarbeks võib-olla ehitatakse masinaid, kus aurukatelt ei soenda tuli, vaid päikese kiired, mis suunatakse fälle paljudelt

peegleilt; päikesepaistelisis mais, — need on eeskätt just kõrved — ilmuvad määratud tehased korstnateta ja suitsuta, ja päikese kiired panevad need töötama. Praegu ei ole selleks veel tarvidust, kivisõega kütmine tuleb odavam; kuid maa põues ei ole kivisõehulgad lõpmatud, need riidavad, võib olla, kõigest mitmeks sajaks aastaks, metsi aga märksa lühemaks ajaks, ja kui seks ajaks ei leita midagi muud, peavad inimesed möödapäasmatult pöörduma-päikese abile, kui ei taha hukkuda.

Eelmisis peatükes mainisime enam kui üks kord päikese temperatuuri, kuid ei seletanud, mil kombel võimaldus nii kauge keha temperatuuri mõõtmine; ei ole see ju nii lihtne asi kui, näit., klaasis oleva vee temperatuuri mõõtmine termomeetriga. Me ei küüni termomeetriga päikeseni, pealegi ei kannataks ükski termomeeter päikesel valitsevat palavust. Siingi tuleb valgusekiir uurijale appi; olles avaldanud nii palju saladusi ei keeldu ta sedagi teatamast. Need päikese kiirte soojuse hulga mõõtmised, millest nüüdsama kõnelesime, võimaldavadki toimetada päikese kallal selle, mis maakeral teeme hõlpsasti termomeetri abil. Uurijate leitud päikese konstandi suurus on 2 kalorit 1 sm² kohta minutis — räägib meile juba temperatuuri kõrgusest päikesel: ainult vaja osata mõista see mõistatus. Seda tehakse järgmisel viisil. On mingi keha soendatud, siis hakkab ta kiiri heitma ehk soojust kiirgama; mida kõrgem ta temperatuur, seda suurem on heidetava soojuse hulk; katsete ja arutuste abil leiti seadus, mille järele see soojuse hulk muutub, olenedes temperatuurist; sellele seadusele tugides võib alati arvutada, kui palju soojust peab kiirgama keha mistahes temperatuuris, ja ümberpöördult, teades kiiratud soojuse hulka, võib määrata keha temperatuuri. Nii osutub, et 150 milj. km kauguselt maale anda minutis 2 kal. iga ruutsenti-meetri kohta, on vaja, et päikese temperatuur võrduks umbes 6 100° 1). See on ligikaudu, sest, nagu varemini kõnelesime,

1) See on n. n. absoluutne temperatuur, mida mõõdetakse absoluutsest nullist; absoluutne null aga, on — 273° C (tähen-

ei ole päikesel kindlat pinda, vaid koosneb erisuguseist pidevalt üksteise üleminevaist kihest; nimetatud temperatuur käib peaaegselt valgustheitva kihi — fotosfääri — kohta. Kõrgemad kihid on kahtlemata külmemad; sügavamal peab aga temperatuur tõusma, ja päikese sentris tuleb teda mõõta miljonite kraadidega.

Samad päikese soojuse mõõtmised annavad teisegi, iseseisva meetodi päikese pinna temperatuuri mõõtmiseks. Päikese konstandi täpseks mõõtmiseks tuli uurida energia jaotust päikese spektris, sellest rääkisime hiljuti; selgus, et nägematud — infrapunased — kiired annavad võrdlemisi vähe soojust, punased — rohkem, kollased — veel rohkem, rohelised — kõige rohkem, helesinised, sinised ja violetsed jälle vähem ja vähem. Füüsika õpetab, et soojuseenergia jaotus spektris oleneb kiirgava keha temperatuurist; mitte alati ei anna rohelised kiired kõige rohkem soojust; kuumutatud pliidil annavad kõik soojuse nägematud infrapunased kiired, hariliku leegi soojuse suurema osa annavad ka infrapunased sellepärast, et temperatuur on võrdlemisi madal; kuid mida kõrgem temperatuur, seda rohkem soojust annavad nähtavad kiired, kusjuures alguses peaosas etendavad punased kiired, siis oranžid jne., kuni violetsete ja ultravioletseteni — nende värvide järjekorras spektris; kõige intensiivsemate (soojuse poolest) kiirte värvi järele võib arvutada temperatuuri; $4\,000^{\circ}$ palavusel annavad punased kiired kõige rohkem soojust, $8\,000^{\circ}$ — violetsed, veel kõrgema temperatuuriga — violetseelsed. Sel teel leiti, et päikese temperatuur on $6\,250^{\circ}$; esimese arvuga ($6\,100^{\circ}$) võrreldes on vahe 150° , mis tuleb lugeda väikeseks, meeles pidades, et kõik niisugused mõõtmised ei ole väga täpsed, pealegi ei ole päikese temperatuur erisuguseis kihes mitte ühesugune; sealne vahe on nende kahe arvu vahest hoopis suurem; nii on siis kokkukõla täiesti rahuldav, ja võime

dab, 273° külma). Keskmise päikese pinna temperatuur Celsius' e järele oleks ümmarguselt $5\,800^{\circ}$.

lugeda, et päikese helenduva kihi — fotosfääri — temperatuur on meile teada küllaldase täpsusega: ta on veidi üle 6 000°.

VI PEATÜKK.

Päikese tegevuse kõikumised.

Ülal mainisime, et soojuse hulk, mis päike kiirgab, muutub aja jooksul väga vähe, mispärast maagi keskmine temperatuur aastast aastasse võrdlemisi vähe muutub; mõõtmiste ebatäpsuse, peaaesjalikult aga meie atmosfääri neelamisomaduste pärast, ei olnud kaua võimalik päikese kiirgamises mingisuguseid muutusi tähele panna, kuigi neid oleks juhtunud; sellepärast arvati lihtsalt, et kiirgava energia hulk ei muutu, ja anti talle isegi vastav nimetus: „päikese konstant”. Ometi täpsemate uurimisviiside abil leidsid viimasel ajal Ameerika täheteadlased selle „kestva” väikesi muutusi; peatakestuseks niisuguseil uuringuil on ilmastiku muutlikkus, mis ei lase päikese kiirgamise muutuse põhjuses täitsa kindel olla — sest ei tea, kas kiirgamine muutus tõeliselt, või muutus meie atmosfääri läbipaistvus. Sellepärast asutasid ülalnimetatud astronoomid Abbot ja Fowle rea jaamu maakera mitmesuguseis kohtades, Ameerikas, Aafrikas, kus vaatlusi toimetati ühtaegu; avaldus, et teineteisest nii kaugel olevais kohtades, nagu Kalifornia ja Alžiir, märgati päikese soojuse hulga üheaegseid tõuse ja langusi; need ei võinud olla juhuslikud, ilmast olenevad ühtelangused, — tuli mõõnda, et nende muutuste põhjus on päikeses eneses; esiteks on neil väikeste, mõne päevaga möödivate kõikumiste karakter; kuid peale selle osutus, et suurt osa etendavad siin päikese laigud; nimelt, mida rohkem laike päikesel, seda enam annab ta meile soojust ja vastuoksa: on laike vähe, siis soojust ka vähem. Selle päikese kiirgamise olenevuse laikudest leidis juba varemini Vene uurija Saveljev. Tähendab, laigud ei huvita meid ainult kui tähe-

lepanemisvääriiline nähtus päikese pinnal, — nad on ühenduses maale nii tähtsa nähtusega, päikese soojuste hulga muutusega.

Kõnelesime juba, et päikese laigud ei ole alatine nähtus; ootamatult ilmuvad nad kusagil ja kaovad sama kiirelt; sellepärast on ka laikude arv muutlik: kord on neid palju, kord vähe, vahest puuduvad koguni. Kauaaegsed vaatlused — vältavad juba üle 300 aasta — näitasid, et laikude arvu muutus alistub kindlale seadusele; nimelt on aastaid, kus päikesel eriti palju laiuke, kus laikude hulk ulatub maksimumini; niisugused aastad olid, näit. 1905 ja 1917. Mõne aasta jooksul väheneb laikude arv järkjärgult, kuni neid üsna vähe jääb; see on laikude arvu miinimum; viimased miinimumid olid 1913. ja 1923. a.; pärast miinimumi hakkab laikude arv äkki jälle kasvama, ja 3—5 aastaga jõuab taas maksimumini; nii vahelduvad laiguvaesed aastad laigurikas- tega. Niisugune omadus, kus mõne ilmingu tugevnemisele järgneb nõrgenemine, siis aga jälle tugevnemine jne., kusjuures see kordub vahetpidamata, nimetatakse perioodsuseks, ja nähtus ise — perioodiliseks; aeg, mille jooksul sünnib nähtuse täieline vaheldus, nimetub perioodiks. Nii on päikese laikude arv perioodiline ilming. Näiteks ja võrdluseks võib nimetada järgmised kõigile tuntud perioodilised nähtused: päeva ja öö vaheldus — periood = 24 tundi; aasta- aegade vaheldus — perioodi kestus = 1 aasta. Mõlemas näites on periood täiesti kindel: päevkonna vältus on alati ühepikkune, üks aasta alati teisega võrdne. Päikese laikudega on aga asi teissugune: seal on aeg laikude maksimumist teiseni mitmesugune, kõigub 7 ja 16 aasta piirides, kuigi sagedamini on kõikumised väikesemad — 9 kuni 13 aastani; nii on päikese laikude periood ebakorrapärane. Selle vältuse keskmine suurus on 11,1 aastat; päikese laikude keskmine periood nimetatakse ka päikese tegevuse perioodiks.

Ligikaudu iga 11 aasta tagant ilmub päikese pinnale eriti palju laiuke, ja tema, nagu öeldakse, hakkab avaldama

elavamat tegevust. See tegevus ei piirdu ainult laikudega: palju teisi nähtusi päikesel muutub laikude arvuga, näit. faaklite ja protuberantside arv muutub üldiselt samuti nagu laikudegi arv; samuti muutub päikese krooni nähe; võrrelge joonis 13. ja 11.; esimene ülesvõte on 1900. a. — päikese tegevuse miinimumi aastal; siin on kroon pikuti välja venitatud, moodustab päikeseekvaatorit mööda kaks „tiiba” ja pooluste juures rea peeni kiiri. Teine ülesvõte käib 1905. a., laikude maksimumi aasta kohta: näeme rea pikki kiiri, mis ümbritsevad päikest võrdlemisi ühetasaselt niihästi ekvaatoril kui pooluseil; ekvatoriaalsed „tiivad” ei erine teistist. Niisugust päikese laikude hulgast olenevat kroonide nähete vahet on mitu korda tähele pandud, ja mõlemale tüübile anti vastav nimetuski: joonis 13 — „miinimumi kroon”, joonis 11 — „maksimumi kroon”.

Mount Wilsoni päikeseobservatooriumi vaatluste põhjal selgub tähelepanemisväärt laikude magnetismi muutuvus, mis tingitud päikese tegevuse võnkumistest. Ühe poolkera laikudel on tavaliselt ühenimeline — näiteks põhjapoolne magnetism, teisel poolkeral vastupidine, näit. lõunapoolne; pärast laikude miinimumi vahetub aga magnetismi nimetus ühes poolkeras: kui enne miinimumi oli põhjapoolne magnetism, siis on peale miinimumi ilmuvatel uutel laikudel juba lõunapoolne magnetism ülekaalus, ja ümberpöörduvalt. Endiseks saabub magnetism ainult pärast kahekordse laikude perioodi möödumist, keskmiselt, tähendab — umbes 22 aasta tagant. Sellepärast tuleks lugeda 22 aastat, ja mitte 11 — õigeaks päikese tegevuse perioodiks.

Teame juba laikude arvu muutusest muutuvat soojuse hulga, mis päike kiirgab. Esialgu näib see täiesti arusaadav olevat: laigud on ju tumedad, külmemad kohad, ja on nad päikesel, siis peaks viimane tumenema ja vähem soojust andma; kuid vaatlused näitasid just vastupidist: mida rohkem päikesel laiuke, seda rohkem annab ta soojust, — siis ei olegi asi nii lihtne, kui alguses võib näida. Tuleb mõelda, et kuigi laigud võtavad osa soojust, selle eest hak-

kaab aga päikese muu pind samal ajal kangemini kiirgama, pealegi nii jõuliselt, et väike laikude sünnitatud soojusekaotus kattub ülejäägiga. Peale selle, kui vähegi arvata, leiame, et laigud ei või üldse iseenesest kuigi märgatavalt mõjuda kiiratavasse soojusehulgasse; päikese suurusega võrreldes on laikude all olev pind väga väike; isegi kõige laigurikkamail aastail ei võta nad endi alla üle $\frac{1}{500}$ tervest päikese pinnast; oleksid laigud täitsa tumedad, siis vähendaksid nad just selle võrra päikese kiirgamist; tegelikult aga kiirgavad laigudki soojust — umbes pool sellest, mis kiirgab muu päikese pind; sellepärast võivad laigud päikese soojusest hävitada kõigest $\frac{1}{1000}$ ehk kümnendiku osa protsendist; nii väikest kahanemist oleks praegusel ajal võimatu märgata. Teiselt poolt aga, nagu öeldud, hakkab päike laikude ilmudes tugevamini soendama — kiirgamise suurenemine võib ulatada 4% -ni. See on juba tähelepanndav suurus, ja kui maakeral ei muutuks ilm — pilvituse ja niiskuse mõttes — peaks temperatuur tõusma umbes 3 kraadi võrra; arvurikkad vaatlused ei ole ometi maises ilmas nii suurt temperatuuri tõusu leidnud: kõige maa keskmine temperatuur kõigub üldse väga vähe, kõigest mõni kümnendik kraadi; see seletub sellega, et päikese tegevuse suurenemise aastail muutub ilm maakeral nähtavasti pilvisemaks ja udusemaks, pilved ja udu ei lase aga soojust maapinnani, nii et kuigi päike annab rohkem soojust, sellevastu jõuab aga väikesem protsent teda meie juurde. Siin juba puutume kokku päikese tegevuse mõjuga maise elu kohta; võrdlemisi väikese muutuse pärast soojuse kiirguses jääb see nähtus meile ikkagi vähe märgatavaks; on aga maakeral palju teisi nähtusi, mis osutavad kõige lähema ühenduse päikese laikude ilmumisega. Esiteks ei ole magnetinöel nende vastu ükskõikne; teiseks avaldavad virmalised otsekohese sideme päikese laikudega; peale selle on terve rida teisi ilminguid, kus arvatakse suuremal või vähemal mõõdul päikese tegevuse mõju.

Teatavasti näitab magnetinöel ligikaudu põhja, täp-

semalt — maa magnetipooluse poole, mis on praegu Ameerika põhjakallaste lähedal. Tema suund on muutlik; nimelt kõigub see veidi päevkonna kestes, kaldudes oma keskmisest seisust kord läände, kord itta. Nagu valguse ja pimeduse, soojuse ja külmuse vahelduse päevkonna jooksul, on ilmselt magnetinõelagi kaldumise mõjustanud päikese tegevus. Viimane asjaolu kinnitub sellega, et võngete viibe (amplituud) on suvel märksa suurem kui talvel, kus päikese viitused kiired võivad ainult nõrgalt mõjuda. Vähe sellest — osutub, et see päevkondsete võngete viibe muutub peaaegu täpipealt samuti kui päikese laikude arv: laikude arvu kasvades suureneb viibe ja ümberpöörduvalt; sealjuures on ühtelangus imekspandav. Teame mõnedel aastail, mis järgnevad üksteisele keskmiselt iga 11 aasta pärast, päikese laikude hulga saavutavat oma kõige suurema arvu; just samul aastail läheb ka magnetinõela võngete viibe kõige suuremaks; nii alistuvad magnetinõela ööpäevased võnked kindlasti päikese tegevuse muutusile.

Peale nende korrapäraste ja võrdlemisi väikeste — silmale vaevalt märgatavate — võngete juhtub mõnesti, et magnetinõel hakkab äkitselt oma suunda tugevasti muutma, kaldudes märksa kord ühele, kord teisele poole; niisugune ilming kutsutakse „magnetitormiks”; polaarmais saadavad teda virmalised; tähendab, virmalised ja magnetitorm on ühe ja sama ilmingu erisugused küljed. Vaatlused näitasid, et magnetitormid ja virmalised ilmuvad ühtaegu eriti suurte laikude päikeseketta keskkoha lähedal olles. Magnetinõela võngetega kui ka virmalistega lähemalt tutvunedes näeme siin laikude otsest mõju — kuna kiiratava soojuse muutus, nagu öeldud, oleneb kõige päikese pinna omaduste muutusest. Kuidas nimelt laigud võivad nii kaugelt mõjuda maa peale, on alles lahendamata küsimus; sel puhul võib teha vaid mitmesuguseid oletusi. Kui meelde tuletada, et laiges avaldub magnetism, siis võib mõnele vahest näida, et siin on seletus lihtne: päikese laik — magnet, meie poole pöördudes tõmbab enese poole ja sunnib kalduma magnetinõela, nagu

iga maine magnetki või isegi lihtne rauatükk. Kuid asi ei ole nii: magneti tõmme kahaneb kiiresti temalt kaugumisega — nii ruttu, et magnetitormi ellukutumiseks peaksid päikese laigud olema vähemalt 10 miljonit korda tugevamaini magneeditud, kui nad on tegelikult, sest suure kauguse pärast on nende jõud vähenenud miljonid — et mitte öelda miljardid — korrad ja ei või sugugi mõjuda magnetinõelasse.

Teiselt poolt on järgmine seletus küllalt tõenäone: peale tavaliste kiirte, nähtavate ja nägematute, mis on õieti meile valgust ja soojust toovad lainetaolised võnkumised, paiskab päike suure kiirusega veel väikeste osakeste — ioonide ja elektronide — jüge, millel elektri omadused; katseid tehes elektriga võib niisuguseid jüge saada maa keral; muu seas on neil omadus hõrendatud gaase helen-dama panna; nende abil saadakse ka röntgenikiiri. Arva-takse, et elektrone heidavad peaaesjalikult päikese laigud, muu päikese pind annab neid väga vähe; sellepärast, kui päikesel on laik, siis langevad nende osakeste joad maa peale. Siin, olles ise elektri kandjad, sünnitavad elektri-voole, — elektrivool aga pöörab magnetinõela kõrvale: sel-lega seletubki viimase kõrvalekaldumine. Peale selle pa-nevad nad meie atmosfääri ülemiste kihtide hõrendatud gaasid helendama — sünnivad virmalised; maisis katseis on korda läinud magneeditud kera pooluste ümber tekitada kunstlikke virmalisi. — Missugune see tee ka ei oleks, mille kaudu päikese laigud mõjustavad maisi magnetilisi nähtusi, mõju enese kohta ei või olla mingisugust kahtlust; nii ilmutab magnetinõel erilist tundlikkust niisuguseile päi-kese pinnaga võrreldes väikesile asjule nagu laigud. Et neid näha, peame päikesele juhtima mitu korda suurendava pikksilma, pealegi olgu seks selge ilm; magnetinõel aga vastab ühtemoodi kõigi nende ilmumisele, vaatamata mis-sugune ilm on — selge või sume, ükskõik kuhu teda asetada — vabasse õhku või pimedasse keldrisse.

Kahtlemata peab päikese tegevuse muutus mõjuma paljudesse teistessegi ilminguisse maises elus; võimalik on

laikude mõju ilmasse, viljasaagisse jne. Ometi nende ilmingute keerulisuse pärast ei ole senini saavutatud küllalt kindlaid tulemusi. Muu seas näitasid D. Svjatski (Venemaal) ja abt Moreux (Prantsusmaal) viimasel ajal ühte väga huvitavat kokkulangust. Euroopa maade viimase 1½ aastasaja ajaloos on rida üksikuid revolutsiooniplahvatusi, millel massiline iseloom, mille mõju ulatas kaugelt üle selle maa piiri, kus revolutsioon tekkis.

Märgime siin nende massiliste liikumiste aastad ühes nende aastatega, mil päikese tegevus ulatus maksimumini:

Päikese laikude maksimumide aastad:	Massiliste revolutsiooniliikumiste aastad:
1788	1789 — Suur Prantsuse revolutsioon.
1804	
1816	
1830	1830 — Juulirevolutsioon Prantsusmaal.
1837	
1848	1848 — Veebruarirevolutsioon.
1860	
1871	1871 — Pariisi kommuun.
1883	
1893	
1905	1905 — I Vene revolutsioon.
1917	1917 — II Vene revolutsioon.

Siin on maksimumide aastad ümmarguseks tehtud — aasta osad, mis väikesemad kui pool, on jäetud arvesse võtmata, suuremad poolest — terveni täiendatud.

Mida näeme? Võetud kuuest revolutsioonist ühtivad viis tükki maksimumide aastatega, ja üks, 1789. a. revolutsioon, jääb laigest hiljemaks kõigest ühe aasta võrra.

Tuleb välja, et kõik viimase aja suuremad massilised liikumised langevad ühte rohkearvuliste laikude aastaiga. Kuid ümberpööratud oletus ei ole küll mitte õige: päikese tegevuse 12 maksimumi kohta tuleb ainult 6 revolutsiooni, aga 6 aastat on harilikud. Kui oletada sidet laikude ja revolutsioonide vahel — näib ju see side väga tõenäone

kuuekordse ühtelanguse põhjal, nii et vähemalt 50 000 šanssi ühe vastu räägivad selle poolt — kuidas siis seletada seda sidet? Praegu on muidugi võimatu anda õiget seletust, võib vaid näidata mõnda tõenäost põhjust — et ei oleks nii kummaline kombinatsioon: päikese laigud ja revolutsioon! Kahtlemata ei ole revolutsiooniliste liikumiste päris põhjuseks mitte päikese laigud, vaid rahulolematuse raskete majanduseliste tingimustega, mille tekitanud sõda või mõni muu tegur. Kuid rahulolematusest üleminekuks tegudele vaja otsustamisvõimet, meelte erilist pinguldust, muidu kannatab inimesse väga kaua.

Võimalik, et päikese tegevuse tugevnemine just mõjubki meisse niisugusel ärritaval viisil — pannes kõikuma meie vaimlise tasakaalu näitaja, nagu ta sunnib kõrvale kalduma magnetinõelagi; mil viisil nimelt see võiks sündida, on praegu muidugi täitsa võimatu öelda; mainime siinkohal ainult, et inimene on igale elektrivoolule äärmiselt tundlik — ja sellepärast on võimalik, et needsamad ioonid ja elektronid — magneti rahutuste oletatav põhjus — etendavad osa siingi. Jaataval korral võib päikese laikude kaastegevust maisis revolutsioones võrrelda süüdatud tiku tegevusega püssirohukeldris: päike saadab vaid viimse tõuke, mis mõjustab varemalt kogutud rahulolematuse materjali plahvatuse.

Siin piirdusime vaid üksikute näidetega päikese tegevuse mõjust maiste ilmingute kohta. Kuna kõik maa pinnal liikuv ja elav on päikesest, siis peab see mõju kahtlemata avalduma nii või teisiti kõigis maise elu küljis; senini on siiski selle küsimuse alal veel liiga vähe saavutatud, ja kunagi leitakse kindlasti sel alal palju huvitavat.

Nii saime siin teada, et päikest tabavad muutused, mis korduvad perioodiliselt, vaheaegade järele, mis lähedal 11 aastale: muutub laikude ja faaklite arv, heidetav soojus ja krooni nähe; küsitakse, kas ei sünni päikesega teisi, kestvamaid ja suuremaid muutusi, ehk teiste sõnadega, kas oli meie päike alati niisugune kui praegu? Aeg, mille jooksul

astronoomid toimetavad igakülgseid vaatlusi, on liiga lühike, et sellele küsimusele vastata. Selle eest on aga teine teadus, mis ometi nõrkagi valgust selles asjas heidab: see teadus on geoloogia; geoloogia teotseb maakera koore ehituse uurimisega, ja selle ehituse põhjal seab ta kokku maakera ajaloo; kuidas seda tehakse, ei ole siin võimalik põhjalikumalt seletada. Nimetame ainult, et mineviku elu maa pinnal määratakse maakoore ülemisi kihte moodustavate kiviliikide nähte ja neis kiviliiges leiduvate loomade ning taimede kivilinenud jäänuste põhjal. Mis varemini kõnelesime kivisöe algupärast, on üks geoloogia antud teade mineviku aegadest.

Kuid mis võib ta meile kõnelda päikesest? Muidugi, nende puudulikkude endise elu jäänuste järele, mis leiame maa seest, ei või palju teada saada; kõige paremal juhusel võib loota aimu saada päikese tegevuse kõige tähtsamast küljest — päikese soojusest.

Maakera ajalugu jutustab, et elusad olendid — loomad ja taimed — elutsevad juba ammu maa peal. Kui palju aega möödunud esimese olendi ilmumisest, on raske määrata; kõige tagasihoidlikumad arvamised räägivad, et see aeg ei ole alla 100 miljoni aasta, kõige tõenäosem on 200—400 miljonit aastat; nagu näete, erinevad need arvud suuresti, kuid meile ei ole see nii tähtis, peasi on mees pidada, et siin ei ole tegemist aastasade ega -tuhandetega, vaid sadade miljonite aastatega. Enne seda aga, nähtavasti mingisuguseil põhjusil — kas soendas päike kangemini või oli maakera ise kuum — oli maakeral kõrge temperatuuri pärast igasugune elu võimatu. Elu võis tärgata vast 50° mitte ületaval kuumusel; esimesed loomad olid mereelanikud. Praegusel ajal on polaarmeri kõige külmem, ta temperatuur on umbes 0° (vähe madalam), kusjuures ilmamere põhi omab peaaegu sama temperatuuri. Elu esimeste tunnismärkide ilmudes ei võinud see temperatuur ületada 50°, nii et maa pind oli siis praegusest mitte üle 50° võrra soem; arvutused näitavad, et selleks pidi päike umbes 80% rohkem

soojust andma; võttes ümmarguselt 100% võib tõsitada järgmist: maise elu algusest sadade miljonite aastate jooksul päikesest kiirguv soojuse hulk ei võinud olla suurem praegu antavast soojuse hulgast rohkem kui 2 korda — see on äärmine arv; tegeliselt aga, nagu allpool näeme, kuigi päikese kiirgus võis olla mõnesti suurem praegusest, siis ainult veidi suurem: kahekordse suuruseni ta ei võinud kunagi ulatuda.

Geoloogilised uurimused võivad anda ligikaudse kujutelmale endisil ajal maakeral valitsenud ilmastikust. Teatavasti on palavmaade loomi ja taimi, kes ei kannata külma, ja überpöörduvalt, polaarmaile on omane eriline elu. Tähendab, endiste aegade loomastiku ja taimestiku järele võib umbes otsustada, milline oli siis kliima. Külma ilmastiku laseb ära tunda veel järgmine tunnus: polaarmaile ja kõrgeile mägedele, kus külm, koguneb jää; ikka enam ja enam kogunedes hakkab jää mäest alla liuglema, tekib liikuv jääväli; liuglev jää jätab oma jäljed kividele — ta tasandab neid ja jätab iseäralised kriimustused; nii võib maas leiduvate kivide nähte põhjal mõnikord määrata jäästikkude olemasolu minevikus.

Kõik need tunnused kõnelevad meile, et ilmastik ei ole alati niisugune olnud kui praegu, vaid on aja jooksul muutunud. Siin räägime ainult kõike maad puutuvaist muutustest. Peale nende suurte muutuste, kui tervel maakeral läks külmemaks või soemaks, sündisid üksikuis maapinna ois oma erilised muutused, kuid need kohatised ilmastiku muutused ei huvita meid siinkohal.

Maakera temperatuuri üldisile muutusile võib mitmesuguseid põhjusi leida. Näit. soema ilmastiku seletuseks oletati, et maa koor oli õhem, mispärast maa süvikus valitsev kuumus teda soendas, nagu tuli pliiti; ometi on see oletus täitsa uskumatu: et maakera sisemine palavus võiks anda vähemalt 10% päikese soojusest, peaks arvutuste põhjal maa süviku temperatuur maa sentri suunas hirmsa kiirusega kasvama — iga meetri kohta 6° —, nii et maakoore paksus ei võiks ületada $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ kilomeetrit, sest sel süga-

vusel sulaksid juba kõik kivide liigid kangest palavusest; kuid noil ajal ei võinud olla nii õhukest koort kui kõnesolev, sest sellal jõudsid moodustuda jõe ja mere sedimentidest (setetest) mitme kilomeetri paksused kihid, — aga millest võisid nad sündida, kui maakera koor ise oli palju õhem? Pealegi nii õhuke koor ei oleks olnud vastupidav — vahetpidamata oleksid teda läbistanud vulkaanilised jõud, ja maa pinnal oleks olnud võimatu igasugune elu. Meie ei hakka tooma teisi seletusi, millest mõned üsna tõenäolised; nimetame neist vaid kõige lihtsama ja võimalikuma — päikese kiirgamise muutused. Teame päikese olevat ainsa soojuseallika praegusel ajal, ja soojuse hulgast, mis tema annab, oleneb maagi temperatuur; kõige loomulisem on oletada, et temperatuuri tõus või langus maakeral oleneb päikese enda kord heledamast, kord tumedamast paistusest; edaspidi oletame, et see nii sündiski; kliima muutused, mis ilmutanud teadus maakera minevikust, näitavad siis meile ühtlasi päikese kiirgamise ja muu seas ka päikese temperatuuri muutusi. Järelikult, maa sees, tema kivides leiame üleskirjutisi sellest, kui palav oli päike miljonite aastate eest! Meie arutust ehitatud imetermomeeter, millega varemini mõõtsime päikese temperatuuri ilma temasse endasse puutumata, hoolimata poolteistsajast miljonist kilomeetrist, mis meid temast lahutab, see termomeeter, nagu osutub, haarab mitte ainult ruumi kaugusse, vaid ammu möödunud aegade süvikusse.

Nüüd vaatame, mis meil on teada ilmastiku muutustest minevikus. Terve maise elu ajalugu jaguneb kolme suurde mitteühesuurusesse ossa ehk eerasse; esimene — kõige vanem ja pikem; selle aja jooksul arenes elu peaaesjalikult meres; sellal olid ookeani elanikeks mitmesugused limulised (*Mollusca*), trilobiidid — meie kakandite ja vähjade sugulased olendid; kuiva maa taimi ei olnud, ja mandrid seisid kiviste kõrbeina; taimi leidis ainult vete kaldail, need olid meie osjade ja sõnajalgade sarnased, kuid sageli määratu suured, nagu meie puud; üks selle eera osa nimetatakse kivi-

söe-ajajärguks, sest et suur hulk kivisöelademeid sündis sel ajal. Ilmastik oli siis praegusest üldiselt soem, kuigi suurte muutusiga; niihästi selle aja algul kui lõpul leitakse jää jälgi — isegi soojadel mail, kus praegu on Aafrika, India, Austraalia, mis näitab, et aegajalt on sündinud jahtumine; kuid teisel selle eera ajajärgel läks nähtavasti väga palavaks, eriti just esimese poole keskpaigu, kus maakera pind oli võib-olla umbes 20° soem kui nüüd. Omistades need muutused asjaolule, et päike ise läks kord kuumemaks, kord jahedamaks, tuleme järeldusele, et päikese soojuse muutus kõige selle aja kohta ei ületanud 40%, aga terve vanema ajajärgu kestes erines keskmiselt päikese soojuse hulk väga vähe praegusest — ta oli vahest 5% kõrgem.

Teisel, keskmisel eeral, ilmub elanikke maismaale; praeguste sarnased palmid ja puud lagunevad maa pinnal laiali; loomastik ei olnud aga veel sugugi meieaegse sarnane: kuival maal ja merel elutsesid hiiglasialikud ja roomajad (kahepaiksed), õhus lendlesid hammastega linnusarnased olevused. See aeg oli maakera ajaloos kõige soem; ei kusa gil olnud jää märke, isegi poolused olid sellest vabad. Sellal võis maa päikeselt umbes 30% soojust rohkem saada kui nüüd.

Kolmas, hilisem eera oli alguses sama soe kui teinegi; mandri elu sarnanes praeguse palavmaade omaga; elajad olid praeguste sarnased — hobused, lõvid, tiigrid, elevantid, ahvid, antiloobid elutsesid siis meie mail.

Sellele järgneb jahtumine; maa poolusile ja mägedele ilmuvad igavesed lumed ja jääd; määratud jääliustikud lasuvad põhjast ja katavad Euroopa ja Põhja-Ameerika suurema osa; oma liuglemisel veeretasi nad enestega kive kaasa; need on raudkivid, mis jää tegevus tasandas ja ümarguseks tegi, praegu leidub neid kõikjal meie põldudel. Külma pärast hukkus või rändas edasi lõunamaale, soemaile maile suurem osa neid elajaid ja taimi, kes enne elutsesid tihedalt neis kohtades; kõik nüüdne Põhja-Euroopa oli sellal üks jääkõrb. See oli jää-ajajärk; ta oli võrdlemisi hilja —

tema lõpu ja meie aja vahel on võib-olla kõigest mõnikümmend tuhat aastat; selle aja jooksul hakkas inimene välja paistma. Tema mõistus ja tulega ümberkäimise oskus aitasid teda külma üle elada; rasked tingimused sundisid tööle ta mõistuse ja viisid ta mitmesuguseile leiutustele, mis teda edaspidi veelgi tõstsid.

Et seletada maakera elus seda külma ajajärku, tuleb oletada, et päike andis sellal umbes 10% võrra vähem soojust kui nüüd.

Jää-ajajärgust praeguse ajani läheb maakeral ilmastik soemaks, ja arvatavasti kasvas ka päikese soojus.

Tähendab, kui oletada, et varemini maal ettetulnud temperatuuri muutused olenesid päikese soojuse muutumisest, jõuame järgmisele otsusele: nende sadade miljonite aastate kestes, millega mõõdetakse elu kestust maakeral, on päikese kiirus väga vähe muutunud: mõnikord võis ta ületada praeguse suuruse 30% võrra, vahel langes sellest 10% võrra madalamale. Muutused sündisid korratult, ja kõige alguses erines soojus vähe praegusest. Arvesse võttes, et tegelikult oli veel hulk teisi põhjusi, mis mõjustasid maakera ilmastiku muutuse, tuleb mõnda, et päikese kiirguse hulk on veel vähem muutunud kui oletasime. Tulemus, mille meile annab maakera ajalugu — et päike nii pika aja vältusel on vahetpidamata kiiranud peaaegu ühe ja sama hulga soojust — on eriti tähtis. Tärkab küsimine — kust võtab päike selle määratu energia tagavara, mida ta kulutab, sealjuures nõrgenemata? Maisi soojuseallikaid vaja säilitada küttega, päike ei saa aga kusagilt kütet; koosneks päike tervikuna söest ja hapnikust (mis põlemiseks tingimata tarviline) ja põleks süsi, siis võiks see põlemine päikese soojust alal hoida ainult 2 000 aastat; ilmsesti ei või päikese soojust seletada nii nõrk soojuseallikas kui põlemine.

On teine, palju võimsam energia allikas: see on raskustung. Igaüks teab, et vasaraga alasile tagudes läheb soojaks vasar kui alas; samuti soeneb kuul, põrgates takistust vastu: see tuleb sellest, et peatumisel muutub liikumine

soojuseks; mida kiirem liikumine, seda rohkem sünnib soojust ta peatusel. Langev kehagi soeneb maha kukkudes; kuid nende väikeste kõrguste puhul, millelt kehad tavalisest langevad, ei märka meie soenemist; lastaks aga mingi keha vabalt kukkuda suurelt kõrguselt — näit. 500 km, — siis soeneks ta maa vastu põrgates mõne tuhande kraadini. Päikese külgetõmbejõud on nii suur, et kaugelt päikesele langev keha omandab 600-kilomeetrilise kiiruse sekundis; nii kiire liikumise peatamisel saadaks soojus, kus keha ise võiks kuumutada kümnete miljonite kraadideni! Nii võib päikese külgetõmbejõud tekitada soojust. See võib sündida ka teisel viisil, mitte ainult nii, kui meie kirjeldasime. Ülal mainisime, et gaaside kokkusurumisel sünnib soojus; oletame, et praegu päikest moodustavail gaasel oli ennemalt hulga suurem maht, nii et päike oli suurem kui nüüd; oma raskustungi mõjul vähenes ta järkjärgult, kuni muutus niisuguseks, kui ta on praegu; seejuures sündis nähtavasti kokkutõmbumine ja soojuse eraldumine. Arvutamised näitavad, et sel teel saadud soojust oleks riidanud ainult 20 milj. aastaks — pealegi oleks pidanud päikese kiirus selle aja jooksul kangesti muutuma; teame aga, et päike andis muutumatult ühesuguse hulga soojust vähemalt 10 korda pikema aja kestes, nii et seegi võimas soojuseallikas — päikese enda kokkutõmbumine — on võrdlemisi tühine selle kõrval, mis kulutab päike, ja me peame selle seletuse lugema ebakohaseks. See ei tähenda aga veel, et idee päikese järkjärgulisest kokkutõmbest aja kestes oleks ebaõige; just ümberpöörduvalt, nii mõnigi ilming sünnib oletama niisuguse kokkutõmbe olemasolu minevikus ja praegu; ainult sealjuures tekkiva soojuse hulk ei jõua katta päikese suuri väljaminekuid, ja päike oleks juba ammugi kustunud, kui terve ta soojuseta tagavara oleks peitunud vaid selles kokkutõmbes.

19. aastasaja viimasel aastakümnel leiti üles aine, mis võib meile aimu anda sellest, kust saadakse see määratu hulk soojust. See oli uus element raadium. Tema aatomid lagunevad aegajalt, heites enesest esiteks hulga elektriosa-

kesi, ioone, elektrone — need on n. n. raadiumi kiired, ja teiseks, muutudes teiseks elemendiks — heeliumiks. Keskajal püüdsid alkeemikud igal teel kehi teisendada, lootes kulda saada, kuid kõik katsed jäid asjatuks; hiljemini näitasid teaduslikud uurimused, et on kehi, mis ei muutu ühekski teiseks kehaks; need kehad nimetati elementideks; elementide muutumatusse usuti kaua aega sellepärast, et ei leidunud näidet, mis oleks tõendanud vastupidist. Kuid leiti üles raadium, ja kõik muutus: kui üks element võib laguneda ja teiseks muutuda, siis võib sama nähtus teisigagi sündida — kõigi elementidega. Vahe seisab ainult selles, et raadium laguneb väga ruttu — pooleni hävineb ta 2 000 aasta kestes, teiste elementidega võib see sündida palju aeglasemalt, võib-olla miljardite aastate jooksul, nii et me seda tähele ei pane.

Olgu kuidas on, aga niisugusel aine lagunemisel tekib määratu hulk soojust, ja kui oletada, et kõik päikese aine laguneb, kuigi pikkamööda, siis jätkuks sellest soojuseallikast päikese kiirgamiseks biljoneiks aastaiks; tõsi, osa ainet kaob sealjuures nagu täitsa, — kuid võib arvutada, et sel põhjusel päikese massi vähenemine on ligikaudu $\frac{1}{100\ 000}$ saja miljoni aasta jooksul — tühine suurus. See seletus teebki meile arusaadavaks päikese kiirguse jäädavuse möödunud miljonite aastasadade jooksul: niisuguse lõppematu soojuseallikaga võib päike nõrgenemata veel tuhat korda nii kaua helenduda.

VII PEATÜKK.

Päikese saatus.

Päikest ümbritseb palju saladusi, millest vahest kõige veetlevam on tema algupära ja edaspidise saatus küsimus. Mil viisil võiks selle kohta teateid saada? Mitte ainult inimelu, vaid terve maakera iga on tühine võrreldes nende määratute ajavältsiga, mis meie valguseallikal kasutada;

teame juba, et maakera sündimise algul oli päike peaaegu samasugune kui praegugi — samuti kiirgav, heledasti soojust ja valgust kulutav, ja selle määratu aja jooksul ei ole ta sugugi n.-ö. vananenud; võime siis meie, kelle elu on vaid silmapilk, tungida tema sündimise ja hukkumise saladusse? Kuid et päike kunagi on sündinud ja kord jälle peab kaduma, selles ei või meil kahtlust olla: miski aineeline ei püsi igavesti.

Oletame, et mingisugune lühiealine olend, nagu ühepäeva kihulane, mõtleks taotada kujutelma inimese elu jooksust. Vaatleks meie kihulane vaid ühte inimest, oleks kõige rohkem, mis ta oma lühikesel eal teada saaks, see, kuidas inimene veedab oma päeva. Kuid inimesi on palju, ja asuks meie väikene vaatleja kusagil linnas, võiks ta oma lühikese elu kestes näha tuhandeid erisuguseid inimesi — vanu ja noori, mehi ja naisi, töötajaid ja puhkajaid, haigeid, surijaid ja vastsündinuid, ja selle mitmekesisuse põhjal saaks ta selge pildi inimese elu voolust: igas inimeses näeks ta eluketi ühe lüli — vaja need lülid ainult ühendada.

Ühepäeva kihulase seisukorras oleme meie, kes soovime teada saada päikese elu; ja meil tuleb talitada samuti — peame tundma õppima hulga päikesi ja neid isekeskis võrdlema. Kuid — ütleb mõni kahtleja — päike on ju ainus, kust võtaksime neid hulgakaupa? Vaadake selgel ööl üles: igauks neist heledaist ja nõrgemaist taevavõlvil igas suunas säravaist tähist on iseseisev päike, mis soendab ja valgustab seal teisi, kaugeid ilmu; nõrgad näivad nad meile vaid sellepärast, et asetsevad meist arvamata kaugel: kuna päikese valgus jõuab meile 8 minuti jooksul, vajab lähema tähe sära selleks $4\frac{1}{2}$ aastat, suurema osa lihtsilma nähtavate tähtede valgus — kümneid ja sadu aastaid; teleskoobis paistavad veel nii kaugedki tähed, kust see kõige kiirem teataja sunnitud tarvitama teekonnaks kümned tuhanded aastad. Arusaadavasti ei suuda need heledad päikesed nii suure kauguse tagant meile enam soojust ega valgust anda, on ainult vaevalt näha; nende tõeline heledus ei ole väikesem kui

meie päikesel, isegi ümberpöördult: suurim osa meile palja silmaga nähtavaist tähist on päikesest mitu korda heledam — mõned isegi mitusada ja mõni tuhat korda. Võimalduks meil maakera siirda ühele neist päikesist ja asetada teda sealgi sama 150 miljoni kilomeetri kaugusele, kasuliku soojuse asemel kõrvetaks hukkav kuumus maa pinnal kõik; uue päikese annete hädaohutuks kasutamiseks tuleks asetuda tast palju aupaklikumale kaugusele.

Kuigi n ä h t a v a t e tähtede suurem osa on heledam meie päikesest, ometi tegeliselt ei ole tähtede rõhuv enamik — peaaegselt on need palja silmaga nägematud — nii hele kui päike, sagedamini võrduvad nad selle poolest päikesega või on päikesest nõrgemadki; kuid meile paistab ainult meie lähema naabruse, meid ümbritseva väikese piirkonna nõrku tähti, heledaid seletame aga kaugele, nii et näeme ikkagi rohkem heledaid, kuigi neid on vähem kui nõrku.

Meie päike on seega arvuka tähepere liige. Nende arvust kujutelma saamiseks nimetame, et meie vaatlusile kättesaadavaid tähti on peaaegu sama palju kui inimesi maakeral; muidugi suurema osa neist tähist võime näha ainult kõige tugevamais teleskoobes, ja sedagi vaid fotograafia abil. Jääb üle üksikuid tähti isekeskis võrrelda, nende vanust määrata — niisuguse võrdluse abil saame teada, kuidas möödub nende valguskehade elu, muu seas ka meie päikese. Muidugi ei saa iga üksiku tähe elu täpselt määrata — samuti kui on võimatu ennustada üksiku inimese saatust; kuid inimelu tavalise käigu kirjeldamise kombel võib kujutella tähtedegi ja päikese elu tõenäosema kulu.

Tähtede tundmaõppimise küsimus on sama keeruline kui päikesegi uurimine; ja siingi tarvitatakse mitmesuguseid uurimisviise, mille hulgas silmapaistval kohal seisab spektroskoop; arusaadav, et siin ei saa sõnastada väikest osagi kõigest, mis on tähtedest teada: sellest saaks terve raamat, — sellepärast puutume vaid seda, mida otsekohe vajame oma otstarbeks.

Üksikud tähed erinevad üksteisest järgmiste omadusiga:

1. Mass. Massi poolest erinevad tähed isekeskis väga vähe, selles asjas on nad väga lähedased päikesele; päikesest neli korda raskemaid või kergemaid tähti leidub äärmiselt harva.

2. Selle eest on aga nende dimensioonide (mõõdete) vahe väga suur; selle poolest langevad nad kahte pealiiki: hiidtähed ja tavalised. Hiidtähed võivad mahu poolest tuhanded korrad ületada päikese; nende mass on peaaegu sama mis teisilgi tähil, sellepärast on nende mahu suurus tiheduse kulul võimalik: neid moodustav aine on eriti hõre — näiteks meie õhust kergem. Niisuguseid hiiglaste on ometi võrdlemisi vähe tähtede riigis, kuigi nad oma suuruse pärast on hästi nähtavad; tähtede enamik kuulub aga teise gruppi — tavaliste ehk kääbustähtede hulka: nii nimetatakse neid, et hiiglastega võrreldes toonitada nende väikesi mahte. Kääbustähtede hulka kuulub ka päike; nendegi suuruses märgatakse teatud mitmekesisust: sageli leidub niisuguseid, mis oma mahult umbes 10 korda suuremad ja 3—5 korda väikesemad päikesest.

3. On korda läinud määrata niihästi päikese kui tähtede pinna temperatuuri; temperatuurist oleneb tähe värv — mida külmem, seda punasem, mida kuumem, seda valgem; temperatuuri ja valguse värvi järele jagunevad tähed järgmisesse kuude peagrupperi ehk tüüpi: 1) sinikasvalged, kõige kuumemad, nende temperatuur on 14 000—18 000°; 2) valged, temperatuur (t°) 9 000°—14 000°; 3) kollakasvalged, t° 7 000°—9 000°; 4) kollakad, t° 5 000°—7 000°; 5) punakaskollakad, t° 3 500°—5 000° ja 6) punakad, mille temperatuur on 2 500°—3 500°. Need tüübid erinevad ka oma atmosfääride koosseisult, mida võib määrata nagu päikeselgi spektri nähte järele. Esimese tüübi tähtede atmosfääri peaosisteks on heelium ja vesinik, teisel — vesinik; 3., 4. ja 5. ilmub ikka enam ja enam metalle ja kaltsiumi; punaseil tähil on peale elementide leitud veel

liitkehi — elementide ühendeid, mille olelemise võimaldab võrdlemisi madal temperatuur.

Uuemate vaadete järele ei ole nii õieti tegemist koosseisuga, vaid üksikute elementide helendumisvõimega, mis tingitud temperatuurist ja viimasest olenevast ionisatsioonikraadist; näiteks, metallide näivat puudumist kuumemate tähtede atmosfääres seletatakse sellega, et nad seal on ioniseerunud; ioniseerunud aatomite spektrijooned langevad aga silma ja fotograafiaale kättesaamatu ultravioletse piirkonda. Tähtede atmosfääride keemilist koosseisu tuleb nähtavasti lugeda enam-vähem ühesuguseks, ja kõik spektri ilmes tähelepanud vahed tuleb kirjutada peasjalikult temperatuuri ja rõhumise arvele.

Hiidtähed kuuluvad pea erandita viimastesse nelja tüüpi; see tähendab, et nende pind on võrdlemisi külm. Kõige sagedamini leidub kollaseid hiiglast. Kääbustähti on iga tüüpi, kuid nende arv on seda suurem, mida punasemad ja madalama temperatuuriga nad on.

4. Tõelisest heledusest¹⁾ kõnelesime juba ülal. Heledus on kahest põhjusest — suuruselt ja temperatuurist: mida suurem ja kuumem täht, seda heledam ta ilmsesti on. Kõige heledamad on hiidtähed ja harilikud sinikasvalged. Esimesed — oma määratute mahtude, teised — kõrge temperatuuri pärast, kusjuures mõlema liigi heledus on peaaegu ühesugune, ületades 100—1 000 korda päikese heleduse; teiste harilikkude tähtede valgus — alates valgetega ja lõpetades punastega — kahaneb järkjärgult, ja viimased helenduvad juba päikesest 40—100 korda nõrgemini.

Millises järjekorras on kõik need tähed oma ea poolest? Selle otsustamiseks arutame nii: alatasa kaotab täht määratu hulga soojust ilmaruumi; allikas, mis teda soojusega

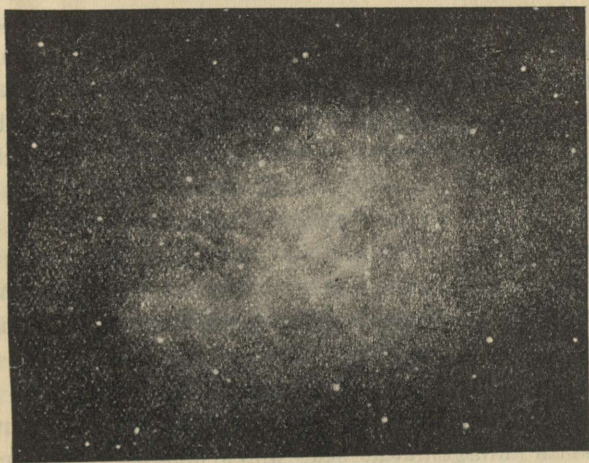
¹⁾ Näivast heledusest erinemiseks nimetatakse see heledus „tõeliseks” ehk absoluutseks; suure kauguse pärast on tähtede näiv heledus väike, kuid tõeline sageli päikese heleduse suurune.

varustab, peab, hoolimata oma suuruselt, pikapeale tühjenema, täht jahtuma (tähtede soojuseallika kohta võib öelda sama, mis kõnelesime päikese puhul eelmise peatüki lõpul); mehaanika õpetab, et siis, soojuse kaotuse tagajärjel, peab maht vähenema. On aga asi nii, siis on kõige suuremad tähed — hiidtähed — ühtlasi ka kõige nooremad. Harilikud tähed on vanemad, suuruselt ja vanuselt järjestuvad samuti kui temperatuurigi poolest, nooremaid — sinikasvalgeist — kuni kõige vanemaini, punaseini; nii on päike „keskealine täht”, ja selles olekus on ta muutumatult juba sajad miljonid aastad, nii kui seda lubab oletada maakera ajalugu; palju aega pidi mööduma hetkest, mil ta, alates punasest hiiglakkerast, mis suuruselt ulatus võib-olla maakerani, ja mis aegamööda vähenes, kokkutõmbumisest aga soenes, kuni muutus võrdlemisi väikeseks, ainult veidi suuremaks, kui ta on praegu, kuid tuliseks, valgeks täheks, — kui kaua pidi ta pärast seda järkjärgult ühest hariliku tähe „east” teise siirduma: valgest ja kollakasvalgest, et lõpuks saada kollakaks, millisena tunneme teda praegu? Ja kui pika aja jooksul tulevikus, väga kauges tulevikus, peab ta minema oma tuhmina, süngeima olelemise järgmisile astmeile?

Nii tulime otsusele, et alguses omas päike, nagu iga teinegi täht, hiiglasuuruse ja vähenes aegamööda; nii siis leiame tähtede arenemiskäigus otsese vastandi sellele, mis paneme tähele maakera elusate olendite keskel: need kasvavad aja jooksul, tähed aga kahanevad.

Võib edasi minna ja küsida — kust sai alguse esialgne hiidtäht, hiiglapäike? Tähtede keskel, n.-ü. samas perekonnas, on teissuguseid kehi — udukogusid. Joonis 35 kujutab ühte tähelepanavamamat udukogu, n. n. vähikujulist udukogu Jäära tähtkujus. Udukogud (gaasudud) on kehad, mida moodustavad eriti hõredad gaasid, millega võrreldes meie õhk näiks tihedam kui tina õhuga võrreldes; selle eest on aga nende mõõted määratud. Vahetpidamata soojust kiirates kandub niisugune udukogu hiidpilvena ilmaruumis aja kestes, mida inimõistus ei suuda kujutella. Nagu juba

öeldud, sünnib soojuse kaotusest mahu vähenemine; nii siis, udugude üksikuis osis ilmuvad tihendid, nagu vihmatilgad pilves, mis hiljemini tõmbavad ja koguvad enda ümber muu aine: niisugune tihend ongi allesündinud noor täht; 35. joonisel, udu kaose arvukais ja korratusis käärudes võib juba ette näha tulevaste ilmade idusid; udugogul ja ta ümbruses on näha hulk tähekesi; suurem hulk neist on vististi udukogu juhuslikus, näivas naabruses, olles tegeliselt temast



Joonis 35.

palju lähemal või kaugemal; kuid võimalik, et mõned, iseäranis neist, mis paistavad udugogul enesel — on tõesti sündinud udukogu aine tihenemise teel.

Mis siin öeldud tähe-päikese elu voolu kohta, on n.-ö. tüübiline juhus; üksikuil tähil võib olla omi individuaalseid iseäraldusi.

Esiteks peab tunnistama, et kuna tähed võivad olla erisugused oma massilt, koosseisult jne., siis võib mitmesuguste tähtede elugi olla erisugune; nähtavasti ei või, näit., väikesemassilised tähed saada sinikasvalgeiks ega valgeiks. Teiseks arvavad paljud — ja selleks on oma põhjendused —

et udukogust moodustuvad eeskätt tulised sinikasvalged tähed, mitte punased hiid; lahkkelid puutuvad peajasaliselt udukogude ja hiidtähtede osa; harilikkude tähtede kohta mõõnab suurem osa astronoomide, et need aja jooksul järkjärgult jahtuvad; et meie päike ei ole hiid, vaid tavaline täht, võime tema arenemiskäigu üle suurema kindlusega tõsitada seda, mis öeldud tähtede elust.

Hoopis raskem on küsimus kaugemast saatuses, mis tulevikus ootab päikest ja temaga lahutamatu ühendatud maad. Nagu inimesed, sündides kõik ühtemoodi, surevad erisuguselt — kes loomulikku, kes vägivaldset surma, ühed noorelt, teised vanalt, nii ka tähed; oma elutee võivad nad lõpetada väga mitut viisi. Lastaks päikest rahulikult oma olemasolu jätkata, läheks ta arenemine ülalkirjeldatud teed: ta jahtub aegamööda, värvub ikka punasemaks, hakkab aina vähem ja vähem soojust andma; seks ajaks, kui ta jõuab järgmisse arenemisastmesse — muutudes kollakast tähest punakaskollakaks, annab ta umbes 4 korda vähem soojust kui nüüd, nii et maal hakkab valitsema hirmus külmus; isegi ekvaatoril, kus kõige külmem aeg meie suvest soem, ulatub siis külm -50° ; kaob siis vahe mandri ja mere vahel — ilmameri jäähtub, saab maakõvaks, moodustades ühe pideva jäälagendiku; seks ajaks kaovad pilved, ei saja lund: niisuguse kange külmaga ei või veeaur enam õhus hoiduda; pilvita taevas paistab juba tuhmim, punakas päike valgustab surnud, kangunud maad; kõik elus kaob maakeralt, tarduvad jõed, vaikib merelainete löök — ainsaks kõrvet elustavaks liikumiseks jääb tuul, kihutades äärest teise vaid liivapilvi ja ammusadanud lund. Millal saabub see jääne lõpp kõigele elusale maakeral? Teame nii vähe päikese elu juhtivaist seadusist, et on täitsa võimatu nimetada mõnd kindlat arvu; uskudes aga sündmuste astmelist käiku võib arvata, et meie, maa asunikku, kasutada olev aeg ei ole lühem vältusest, mis möödunud maise elu algusest käesoleva ajani; tuhanded korrad on see aeg suurem sellest, mille kestes oleleb inimkond.

Kuid päikese ja ühtlasi temalt sooja saava maa jahtumine jääb edasi kestma; määratu aja pärast muutub päike punaseks; ta pinna temperatuur langeb nii madalale, et paljud ained muutuvad seal vedelaks või kõvaks; alguses tekitavad need kehad päikese ikka veel hõõguvas atmosfääris ainult tumedaid pilvi, samuti kui vedelaiks tilkadeks muutunud veeaur moodustab maisi pilvi; edaspidisel jahtumisel ilmub viimaks kõva koor, samasugune kui maalgi, ja särav valguseallikas kustub lõplikult.

Kuid mis sellal sünnib maaga? Ikka kangemaks minev külm, olles saavutanud teatud piiri — umbes 190° allpool nulli — elustab veel kord ajutiselt maa pinna; ilmuvad uued pilved ja vihmad, hakkavad voolama uued jõed ja ojad, kuid see ei ole juba vesi; õhk, mida praegu hingame, tiheneb vedelaks ja jääb hirmsa külma mõjul, moodustades täiesti lume ja jää sarnaseid kehi; merede asemel tekib üksikuis maakohtades vedela õhu järvi: ookeanide sünnitamiseks oleks teda liiga vähe. Polaarmais keerutavad õhupöörised samast õhust lumiräitsakaid. Aga viimaks külmudes jäävad vait need uuedki jõed ja ojad; üle kogu maa pinna laskub lumi külmunud õhust, katab kõik tasase valge vaibaga; jääb õhk, ja siis suigub surmale ja vaikib kõik maakeral: ei ole tuult, ei koštu ühtegi häält; kustunud päikesekera ei hajuta hämarust, ja mustas taevas jäävad särama ainult igavesed tähed, valgustades valget hääletut kõrbe, mis kord oli tormilise elukeeru ja inimese väsimatu tegevuse kandja.

Taevavaatlused kõnelevad meile, et päikest võib oodata teissugunegi lõpp. Tähtede hulgas, niisugusel kohal, kus enne ei olnud näha mingit tähte, või oli vaid väga nõrk, teleskoobis vaevalt märgatav täheke, võib mõnikord äkki lõkkele lüüa hele täht, mis juba oma esimesil ilmumispäevil saavutab kõige suurema heleduse, siis aga nõrgeneb järkjärgult, kuni paljude aastate möödudes kaob taas meie silmist. Niisuguseid tähti kutsutakse uuteks; nii võiks, näit., mainida 1918. a. juunikuul Kotka tähtkujus ilmunud uut tähte, mis oma esimesil elupäevil võrdus heleduse

poolest sellal taevavõlvil olevate kõige heledamate tähtedega. Varem oli seal kohas väga nõrk, ainult teleskoobis nähtav täht — 10 000 korda nõrgem kui uus täht esimesil päevil. On muidugi selge, et siin ei ilmunud (sõnasõnalt) „uut“ tähte; „uus“ täht — see on sama nõrk täheke, kuid teadmata põhjusel hakkas ta särama endisest mitu tuhat korda heledamini.

Siin on meie ees kohutav taevakatastroof, terve ilma hukkumine; kujutleme, et olime ühes oma maakeraga selle tähe lähedal, enne kui ta lõi lõkkelé niisuguse haruldase hiilgega; täheke, mis näis meile nii nõrgana suure kauguse pärast, mis teda meist lahutab, oli tõelikult terve päike, nagu meiegi oma, ja oleks võinud oma soojusega just samuti maakeral elu alal hoida; kuid äkki — mingisugusel põhjusel, mille üle lausume võimalikke oletusi allpool — hakkab see päike põlema imejõul, muutudes kümme tuhat korda heledamaks; seega hakkab ta ühe päevaga soojust andma sama palju kui enne 30 aasta jooksul. Niisugune kuumus põletaks ära kõik elusa maakeral, ajaks keema kõik ookeanid; maa pind muutuks mingiks tule ja tormide põrguks. Kui selle tähe lähedal asus mingisuguseid meie maakera sarnaseid ilmu (planeete) õitsva eluga, oli nende päikese heleduse ootamatu kasv nende elanikele kahtlemata hukatuseks; see päev oli nende „viimne päev“.

Mis on selle katastroofi põhjus? Määratu suure kauguse pärast, mis tähti meist lahutab, ei või vaatlused siin nii põhjalikud olla kui näit., päikese puhul, ja sellepärast ei saa praegusel ajal veel anda lõplikku vastust meie küsimusele. Vaatlusist saadakse ainult järgmised tõsiasiad: 1) uues tähes sünnivad väga tormilised liikumised, eraldub suur hulk gaase — peaaesjalikult vesinikku — mis viskuvad laiali igas koosis 1 000- — 2 000-kilomeetrilise kiirusega sekundis; 2) pärast esimest plahvatust järkjärgult tumenedes ei võta uus täht enam endise tavalise tähe olekut, vaid laienedes muutub gaasitaoliseks u d u k o g u k s. Ka-

üstroofi sünni algpõhjuse kohta on mõned erisugused oletused, mis võib liigitada kahte gruppi.

1) Katastroofi sisemised põhjused. Võimalik, et tähe sisimasse kogunes hirmsajõulisi lõhkeaineid, mis seal kaua seisisid ja nüüd äkki tegevuse algasid; hirmus plahvatus purustas tähe tükkideks, paiskas ta hõrendatud udukogu näol ilmaruumi laiali kui suitsu. Selle oletuse õige olles peab mõnma lõhkeainete olemasolu, mis oma jõu pooldest ületavad meie püssirohu ja püroksüülini miljonid korrad — ehk need viimased on maa peal küll suure hävitusjõuga, ometi ei avaldaks nad määratusse päikesesse märgatavat mõju.

2) Mõned oletavad, et katastroofi põhjuseks on kokkupõrge mõne teise taevakehaga, näit. teise tähe või udukoguga. Kõige tõenäosem on ta oma planeedi või suure komeedi langus tähe — päikese — peale. Niisugusel kokkupõrkel peavad mõlemad kehad tormama teineteisele vastu mitmesajakilomeetrilise kiirusega; löögi puhul peavad mõlemad kehad haruldaselt kuumaks minema, millega seletubki uue tähe suur heledus. Arvatavasti sünnib selle löögi tagajärjel ülalnimetatud tundmatute lõhkeainete plahvatus, mille tulemusena täht hajub lõpmatusse ilmaruumi.

Milline katastroofi põhjus ka ei oleks, — võimalik ju, et erisuguseil juhuseil teotsevad erisugused põhjused — üks asi on meile ometi selge: tähilegi ei ole määratud eksitamata oma olemasolu lõpmatuseni jätkata; umbes üks kord aastas, aga võib olla ka sagedamini üks meie ilma miljonite päikeste hulgast hukkub tulikatastroofis, muutudes udukoguks; on lugu nii, siis peab paari miljardi aasta kestes sama saatus tabama kõiki tähti taevas. Kahtlemata oleleb maailm hoopis kauemini; aga kuidas siis meie taevas ikka veel tähed säravad, miks ei ole nad juba udukogudeks muutunud? Meelde tuleb, mis öeldud tähtede sünnist, tuleb seletus iseenesest: udukogu, milleks muutub täht pärast katastroofi, ei säili igavesti niisugusena: pärastpoole hakkab

ta jällegi kokku tõmbuma, ja aegamööda muutub ta uuesti täheks, seekord tõesti uueks, nooreks täheks; viimane elab üle kõik ülalkirjeldatud arenemisastmed, kuni uus katastroof sunnib jälle kõike uuesti algama.

Seesama võib-olla sündis ka meie päikesega; teadmata, mitu korda on ta juba uuesti sündinud, andes elu uutele ilmadele ja korrates suurepäraselt ringkäiku, udukogust muutudes täheks ja taas saades udukoguks. Ja edaspidi ootab meid jälle samasugune katastroof; teadmata, millal ta saabub: kas siis, kui maakeral kihab elu keeva allikana, või kui see kangub pakase jäises kaenlas, maha jäetud nõrgenenud päikesest; tulikeeris pühib siis kõik ära, viib meie päikeseilma taas noorusele, loomise algusele; müriaadide aastate möödudes ilmuvad uued maad, neil tärkab uus elu, võib-olla uued mõistusega olendid saavad seal jälle „looduse krooniks”.

Aga inimkond, kelle saatus meie südamele ikkagi kõige lähemal? On siis tõesti tema osa hukkuda, ja surm — jää- või tulesurm — hävitab kõik inimõistuse saavutused, kõik, mille kallal võib-olla miljonite aastate kestes peavad inimesed tulevikus vaeva nägema? Nüüd sureme teadmisega, et meie tööd ja loomingut jätkavad tulevased põlvned, kuid siis ei ole järeלטulijaid. Tõusku kord meie uuendatud ilmas mõistus jälle hülgele — see mõistus ei tunne sidemeid meiega, ta hakkab taas kõike uuesti ehitama, ei midagi teades sellest, et on kunagi olnud inimesed, kes selle kõik juba läbi teinud, — ehitab uuesti, kuni tedagi tabab sama saatus. Järelikult on meie püüded asjatud igaviku ees... Kuid kes teab? Võib-olla taltsutamata arenemistuhinas meile, kes võidame ühe loodusjõu teise järele, lubatakse võita saatust ennast... Inimese teadmiste ja tehnika arenemine edeneb ikka kiiremini ja kiiremini; leiutused järgnevad üksteisele. Praegusel ajal oleneme täielikult päikesest; kuid võib-olla saabub kord aeg, mil oskame ise valmistada endile oma päikese — kui inimesed leiutavad viisi, kuidas surnud ainst saada samasugused mõõtmatud hulgad soojust,

millised praegu kiirgab päike; siis võib kunstlikult valgustada ja soendada maad, ja inimkonnalt kaob hirm temale praegu nii tähtsa valguseallika pikaldase kustumise pärast.

Aga kui päikest ähvardab kokkupõrge, ja tulisurm ripub inimkonna kohal — seda kõike võib siis astronoomiliste vaatluste abil tuhandete aastate peale ette näha — siis jätab inimene hukkuva ilma ja tundmatuil riistul lendab ta teisile ilmule, teisile, vastuvõtlikumaile päikesile.

Nii ei ole inimkonna saatus veel otsustatud; võib-olla hukkub ta liiga vara, sunnitud võitlema ülesaamatu jõuga; aga võib olla, väsimata edasijõudvad teaduse võidud varustavad inimest jõuga, mis ei lase karta mingisuguseid taeva ega maa juhuslikkusi, ja selle asemel, et oleneda päikesist ja maist, valitseb ta ise tähti. Uhked unistused... Aga kas võib määrata piire inimese püüdeile? On siis võimalik kujutella hoogu, mis omandab inimhõimustuse looming, kui inimkond lõpuks võidab endas lõhkumis- ja hävitamistungi, mis kannab suuremaid hädaohte kui kõik katastroofid kokku? Eel seisab võitlus; mitte selle lõpp, aga ülesseatud kõrge eesmärk annab ilu ja mõtte sellele võitlusele — võitlusele igaviku eest.

Sisu.

	Lk.
Eessõna	5
I peatükk. Üldine päikese kirjeldus	7
Päikese kaugus, suurus, mass, olek ja temperatuur. Päikese nähe teleskoobis. Laigud ja tiirlemine. Granulatsioon. Varjutused. Kroon, kromosfäär, protuberantsid.	
II peatükk. Päikese atmosfäär ja abinõud selle uurimiseks . . .	30
Valge valguse koosseis. Spekter. Spektraaljooned. Päikese atmosfääri koosseis. Heeliumi ülesleidmine. Välgatusspekter. Elementide ja joonte kõrgus päikese peal. Ionisatsioon.	
III peatükk. Päikese atmosfääri üksikute kihtide uurimine . . .	54
Spektraaljoonte ehitus. Protuberantside vaatlemine spektroskoobis. Spektroheliograaf. Kaltsiumi keskmine kiht. Helbed. Ülesvõtted vesiniku ja raua kiiris. Kaltsiumi ja vesiniku ülemised kihid. Kiud ja protuberantsid. Kromosfääri piirid.	
IV peatükk. Liikumised ja magnetism päikese peal	79
Külgliikumine ja liikumine nägemiskiire sihis. Tiirlemine. Protuberantsid, kiud, faaklid. Helbed. Aine ringkäik päikese atmosfääri erisuguseis kihes. Liikumine laikudes. Laikude ehitus. Magnetism laikudes ja „päikese pöörised“. Päikese üldine magnetism.	
V peatükk. Päikese soojus	107
Päikese kiirte tähtsus maapealses elus. Päikese soojuse hulga määramine. Päikese konstant. Päikese temperatuur.	
VI peatükk. Päikese tegevuse kõikumised	115
Kiirgamise muutuvus. Päikese laikesünnitav tegevus ja selle mõju maapealseis ilminguis. Päikese soojuse võimalikud kõikumised endisil ajal. Päikese energia allikas.	
VII peatükk. Päikese saatus	129
Päike on täht. Tähtede elu. Päikeste sünn ja hukkumine. Maise elu saatus. Lõppsõna.	





A

6397

124663

A
6397
124663

Geol. Lab. inv. 025-1946:131.

E. ÖPIK
PÄIKE

S. A. 20
208.

124663