

UNDUR VERALDAR

Tekin saman af

HARLOW SHAPLEY

SAMUEL RAPPORT og HELEN WRIGHT

INNGANGUR EFTIR HARLOW SHAPLEY



MÁL OG MENNING · REYKJAVÍK 1945

ADALUMBOD ERL.: E. MUNKSGAARDS FORLAG, KHÖFN

Prentsmíðjan Hólar h.f.

áður fundinna staða. Auk þessa öðlumst vér athyglisverð og ágæt rök til þess að eyða efasendum þeirra, sem geta sætt sig við snúning reikistjarna-anna um sólina í samræmi við heimsmynd Kópernikusar, en láta snúning eins tungls um jörðina, samtímis því er bæði renna eftir braut um sólina á einu ári, rugla sig svo mjög, að þeir álíta, að þessari heimsmynd verði að hafna með öllu. Því að nú er ekki aðeins um það að ræða, að ein reikistjarna gangi kring um aðra og báðar fari eftir geysistöri braut um hverfis sólina, heldur birtast oss fjögur tungl á göngu umhverfis Júpíter eins og tunglið umhverfis jörðina, og allt kerfið fer á völdugri braut um hverfis sólina á 12 ára skeiði.

Úr ritinu „Sendibóði stjarnanna“, 1610

FOREST RAY MOULTON:

Hinn skipulegi alheimur

Trausti Einarsson íslenskaði

Á himinhvelfingunni er margt lýsandi djásn að sjá, — sólina á daginn, tunglið og fjölda stjarna á nóttunni. Í samanburði við hina ógnarvindu jörð fyrir fótum vorum virðast þó allir þessir hlutir smávægilegir. Sólin og tunglið geta jafnvel falið sig bak við skýhnoðra, og stjörnurnar eru ekki annað en blikandi ljósdeplar. Það er ekki aðeins, að himinhettirnir virðist tiltölulega smáir, heldur hefur það verið skoðum manna á öllum öldum, allt fram undir vora daga, að þeir væru það í raun og veru. Allmenna hugmyndin um hlutfallslegt gildi hlutanna í heiminum kemur ljóslega fram í sköpunarsögu ritningarinnar. Samkvæmt þessari frásögn „gerði guð tvö stóru ljósin“ á himinhvelfingunni, er lokið var sköpun jarðarinnar, hið stærra ljósið til að ráða degi og hið minna ljósið til að ráða nóttu“. Og þar næst, eins og honum hefði dottið það í hug eftir á, gerði hann „svo og stjörnurnar“.

Oft hefur það reynzt svo í sögu vísindanna, að ekki er allt sem sýnist í sögu stjörnufræðinnar hefur talsvert að því kveðið. Og ef til vill er munurinn á því, sem hlutirnir virðast vera, og því, sem þeir eru, á engu sviði rannsóknna jafnmikill og í stjörnufræði. Annars vegar hefur þessi jarðstjarna, sem við lifum á og virðist í fljótu bragði takmarkalaus, verið minnkuð í huga vorum niður í sandkorn í ómælisgeimnum, en hins vegar hefur „hið stærra ljósið“, sem hangir eins og lampi uppi á himninum,

jafnframt vaxið upp í logandi loftahaf, milljón sinnum fyrirferðarmeira en jörðin. Og ennþá athyglisverðara er það, að hinar agnarsmáu blikandi stjörnur eru ekki neinar eldflugur á himninum, heldur í rauminni aðrar sólar, sumar hverjar stærri en vor, þótt ljómi þeirra hafi daprazt af hinum gífurlegu vegalengdum, sem ljósið frá þeim verður að fara til vor. Og hinn daufi ljósbaugur, er vér köllum vetrarbraut, hefur reynzt vera völdugt heimskerfi tutugu þúsund milljóna stjarna.

Furðulegur er munurinn á því, er sýnist, og því, sem er á himninum. Jafnfurðulegur er munurinn á tímabili því, er mannteg reynsla gripur yfir, og þeim óratímum, sem viðburðirnir í himingeimnum taka. Sagnfræðingur tala um menninguna, sem blöngaðist fyrir ævalöngu í dölum Nílar og Efratfljóts og kalla hana forna, og frá sjónarmiði mannkynssögunnar er hún forn. En ekkert af því, sem fornleifafræðingar grafa upp úr rústum löngu gleymdra borga, nær einu sinni tíu þúsund ár aftur í tímann, og er það þó ekki annað en augnablik í samanburði við allar áramilljónir jarðsögunnar eða þær þrjár þúsundir áramilljóna, er jörðin hefur verið til sem sjálfstæð heild. En jafnvel aldur jarðarinnar er aðeins lítið brot af því venjulegrar sólstjörnu.

Miklar vegalengdir, völdugir hettir og óralöng tímabil eru ekki aðeins skemmtileg dægradvöl. Þessir hlutir ljá ímynduninni vængi, efla ályktunargáfu vora, auðga andann og breyta viðhorfinu til lífsins. En þeir fela þó ekki í sér hinar mikilvægu niðurstöður stjörnufræðisöknanna. Í þeim er ekki beinlínis innifalinn mikilvægasta og æðsta uppgötvun vísindanna, — *skipuleiki alheimsins*.

Hvað á ég við með skipuleika heimsins? Stjörnufræðingar hafa komizt að raun um það með langvinnum og nákvæmum athugunum, að fyrirbærin á himninum gerast með lögbundnum hætti. Þótt röð þessara fyrirbæra sé oft nokkuð flókin, fer hún eftir óskeikulli reglu. Engin klukka hefur nokkurn tíma gengið með annari eins nákvæmni og þeirri, sem er á hreyfingum sólar, tungls og stjarna. Og enn í dag eru stundaklukkur leiðréttar og settar eftir daglegum snúningi himinhattanna. Ekki aðeins örfá, heldur hundruð fyrirbrigða á himninum gerast eftir föstum reglum, eins og mönnum hefur lengi verið kunnugt, og þannig hefur mönnum smám saman skilið, að hátignarleg regla ríkir um allan þann heim, sem menn héldu fyrir daga vísindanna, að væri leiksoppur duttlungafullra guða og gyðja...

TUNGLIÐ

Í nokkra daga á mánuði hverjum gefur að líta nýtt tungl á vetrarhimni eftir sólsetur. Á viku breytist það í hálfkringlaga ljós, er lýsir í suðri, þegar sólin sezt, og eftir aðra viku, þegar það er fullt, ris það í austri, er

sól gengur undir. Sé athugunum haldið áfram alla nóttina, þá má sjá, að tunglið er í hástöri um miðnættið, þegar það er fullt, og sett í vestri um sólarupprás. Ár eftir ár og öld eftir öld heldur tunglið áfram þessum reglu bundnu hamskiptum. Hver hringrás er annarrí lík, en þó eru engar tvær fullkomlega eins. Ekki er að undra, þótt frumstæðar þjóðir hafi litið til þess með lotningu og miðað við það trúarathafni sínar, enda eru flest tímátöl fornaldarinnar miðuð við breytingar tunglsins. Reglufesta í hreyfingum tunglsins og í nýjum og niðum hefur verið öllum augljós, sem áttugáð hafa nákvæmlega fyrirbærin á himni. En sú tillíking fullkominna endurtekinga er þó aðeins lausleg bending um þá fullkomnu reglufestu, sem nákvæmar og aldalangar stjarnfræðilegar athuganir hafa leitt í ljós. Sérhvert brot, er virzt hefur vera á einhverri einfaldri reglu, hefur reynzt koma heim við aðra hærrí, en flóknari reglu. Hreyfing tunglsins, sem athuguð hefur verið, er samsett af meira en þúsund sjálistæðum og einföldum endurtekingahreyfingum, þar sem gildi og áhrif hverrar einstakrar er nákvæmlega þekkt. Reikningur á hreyfingum tunglsins er svo nákvæmur, að stað þess má segja fyrir á hverjum tíma, jafnvel þúsund ár fram í tímann, enda er það augljóst, að ef reiknimeistarar gætu ekki reiknað að nákvæmlega hreyfingar tunglsins, gætu þeir ekki sagt fyrir um myrkva í einstökum atriðum mörg ár fyrir fram.

Stjörnufræðingar hafa ekki látið sér nægja að kanna hreyfingar tunglsins með athugunum, sem ná yfir langt tímabil. Þeir hafa og fundið ástæðu una fyrir „hlykkjunum“ á leið tunglsins kring um jörðina, og ástæðan er sú, að tunglið hreyfist fyrir áhrif aðdráttarfls jarðar, svo og sólar, þótt í minni mæli sé vegna meiri fjarlægðar. Þetta afl, sem varnar því, að tunglið strjúki út í geiminn, gæti slitið stálvír, sem væri hér um bil 480 km að þvermáli. En á ósýnilegan hátt verkar það líkt og segull á járnút yfir 380 000 kílómetra hafid milli tungls og jarðar. Með furðanlegum óskeikulleik breytist það í öfugu hlutfalli við annað veldi fjarlægðarinnar milli hnattanna. Það skýrir ekki einungis venkanir sólarinnar á jörð og tungl, heldur er það einnig óbifanlegur grundvöllur til skýringar á öllum einkennum tunglbrautarinnar. Oft hafa reiknimeistarar í krafti þess getað orðið á undan sjálfri reynslunni og reiknað út óþekkt fyrirbæri á himni, er síðar hafa komið í ljós við athugun.

Það er erfitt að lýsa því með orðum einum, hve reikningar og athuganir fallast dásamlega í faðna, að því er varðar hreyfingu tunglsins. Engin vél getur nokkru sinni gengið með annarrí eins nákvæmni, og engir spádómar um jarðneska hluti hafa nokkru sinni rættzt svo fullkomlega. Ef vér megum taka oss þau orð í munn, að vér skiljum eitthvað til hlítar, þá á það við um hreyfingu tunglsins um jörðina fyrir áhrif jarðar og sólar.

Bersýnilega er tunglið ofar hæstu skýjum og langt í burtu frá jörðinni.

Ef tveir stjörnufræðingar eru hvor á sínum staðnum, er augljóst, að stefnurarnar til tunglsins frá þeim eru nokkuð misjafnar, og nærri því eins auðskilið er hitt, að af fjarlægðinni milli þeirra og hornunum, sem segja til um tunglstefnuna, má reikna hæð tunglsins yfir jörðinni. Af slíkum athugunum og reikningum hafa stjörnufræðingar fundið, að fjarlægðin milli tunglmjóju og jarðmiðju leikur á bilinu 360 000 km til 400 000 km og er að meðaltali 384 000 km. Þessi vegalengd er þekkt með nærri því sömu hlutfallslegri nákvæmni og þvermál jarðar. Tunglið fer að jafnaði með hraða, er nemur 1020 m á sekúndu, eftir braut, sem er svo stór, að á hverri sekúndu vikur tunglið aðeins tuttugasta part úr þumlung frá beinni línu.

Þegar fjarlægð tunglsins hefur verið fundin, er hægt að reikna þvermál þess af sýnilegu stærðinni. Þetta skímandi hvel, sem hægt er að hylja með hnappi, sem haldið er með útréttum armi, er í rauninni 3475 km að þvermáli eða meira en fjórðungur jarðarþvermáls. Yfirborð þess er hér um bil 77,5 milljónir ferkílómetra eða tífalt flatarmál Bandaríkja Norður-Ameríku. Landrými væri því nægilegt fyrir fjöll og dali og sléttur, vötn og höf. Mörg fjöll eru á tunglinu, bæði einstakir tindar og langir fjallgarðar, og þar eru dalir og sléttur, en hvorki vötn né höf. Vatn er ekkert á yfirborði tunglsins og ekki einu sinni loft. Það er ekkert dularfullt við loft- og vatnsskortinn á tunglinu. Aðdráttaraflid við yfirborð þessa smáa heims (sem er hér um bil sjötti hluti af aðdráttaraflinu hjá oss) er of veikt til þess að stemma stígu við því, að hinar hraðfleygu efniseindir lofsins fari leiðar sinnar út í geiminn. Yfirborðið er eyðimörk, óvarin skýjum gegn brennandi sólargeislum dagsins eða hraðri útgeislun hitans að nóttunni. Hitinn verður gífurlegur og eins kuldinn, þar eð snúningsstíminn jafngildir hér um bil 29,5 sólarhringum hjá oss. Nær 15 sólarhringa samfleytt helzt staður á tunglinu á hitastigi, sem er hærra en suðumark vatns, og í jafnlangan tíma er hann nístur kulda, er nálgaast fullkomið hitastigslágmark (— 273° C). Auðsýnilega er hér ekkert lífsathvarf. . .

JARÐSTJÖRNUR

Frá vissu sjónarmiði er jörðin harðla þýðingarmikill hnöttur fyrir oss, mikilsverðari en nokkur annar himinhnöttur, að sólinni einni undan skilinni. . . Hún hefur verið heimkynni lífsrásar, sem við fljótum með, í meira en þúsund milljónir ára. Hún mun fæða niðja vora, þar til kyn vort deyr út. Tilvera vor öll er henni háð.

Frá öðru sjónarmiði, sem vér ætlum nú að horfa á hlutina frá, er hún ekki sérlega merkileg. Hún er aðeins ein af níu plánetum, sem renna kring um sólna, þar sem hverri og einni er haldið á setri braut fyrir aðdráttar-

afl miðnattarins. Önnur er jarðstjarnan Venus, hin skínandi, silfraða stjarna, er vér sjáum í vestri á kvöldhimninum (og í austri í morgunljóm-anum) á nítján mánaða fresti, — sérstakur heimur, er líkist að stærð og í flestu öðru tilliti vorri kærri jörð. Hin sérkennilega rauða farandstjarna, er sést á kvöldhimninum á tuttugu og sex mánaða fresti, er jarðstjarnan Mars, og gulleita stjarnan, ennþá bjartari, sem kemur þar fram á þrettán mánaða fresti, er Júpíter. Þessir hnettir og tveir aðrir, Merkúrís og Satúrnis, voru kallaðir plánetur (farandstirnir) í fornöld vegna stöðugar færslu þeirra miðað við aðrar stjörnur. . .

Ekki var það fyrir en á fyrstu áratugum sextándu aldarinnar, að Kepler gat fundið eiginleika plánetubrautanna, og studdist hann þar við athuganir Tycho Brahes, og loks á síðara hluta sömu aldar færði Newton sönnur á þyngdarlögmálið og skýrði með því hreyfingar plánetanna og tunglsins, enn fremur það, að jörðin verður flatari til skautanna en um miðjuna, og loks flóð og fjöru. Þessir stóru sigrar tákna endalok eins tímabils í sögu hugsunarinnar og upphaf annars, þar eð þeir kollvörpuðu algerlega eldri skoðunum á eðli heimsins og urðu hornsteinar nýrra og gerólíkra hug-mynda. Þeir steypu manninum fyrir fullt og allt úr háseti hans í miðju sköpunarverksins og bjuggu honum tilömlulega hversdagslegan sess. En til uppþótar björguðu þeir honum úr heimi hverfullleika og hjátrúar og gátu honum heim óbifanlegrar, hátígnarlegrar festu.

Með mörgu móti hefur verið sýnt, hve heimurinn er skipulegur og hvaða tókum hugsun vor hefur náð á honum, en tilþrifamest er þó sagan um það, er Neptúnus var fundinn. Þessi merkilega saga hófst 1781, er Vilhjálmur Herschel fann Úranus, fyrstu jarðstjörnuna, er fannst, eftir að sögur hófust, en henni lýkur með fundi Neptúnusar 1846.

Er menn höfðu haft gætur á Úranusi nokkra mánuði, reiknuðu stærð-fræðingar braut hans og sögðu fyrir um það, hvert stjörnufræðingar ættu að beina sjónaukum sínum til þess að sjá hann, þar eð þessi stjarna er of dauf til að sjást með berum augum. Í nærri fjörtíu ár reyndist Úranus jafnan á þeim stöðum, er reikningarnir sögðu til um. En þá fór að koma í ljós verulegur munur á reikningi og athugun. Um 1830 var munurinn orðinn ískeyggilega mikill og um 1840 algerlega óviðunandi. Reyndar var það svo, að þótt vísindamönnum þætti munurinn óþolandi, mundu engir aðrir hafa orðið hans varir. Á fyrstu sextíu árunum veik Úranus ekki svo mikið frá reiknuðum stað, að slíkt hefði séðst nema í sjónauka. Og þar sem mannkyninu var ókunnugt um Úranus allt fram til ársins 1781, virðist það harðla fjarstæðulegt, að vísindameðm skyldu láta það á sig fá, þótt öriliti dularfull óregla væri á hreyfingu hans, óregla, sem var svo smávægileg, að hún kom ekki í ljós fyrir en eftir fjörtíu ára athugun. En grund-völlur reikninganna var álitinn fullkomlega öruggur. Þess vegna gat nú

leikið vafi á um það, með hve mikilli nákvæmni menn gætu gert stærðfræðilegar ályktanir, og jafnvel hitt, hvort nokkuð væri að marka þær yfirleitt. Þessi óregla á braut Úranusar vakti í sannleika efa um hæfileika manna til að uppgötva náttúrulegmál og beita þeim. Af þessum ástæðum varð hreyfing Úranusar ein af mikilvægustu ráðgátum vísindanna.

En 1846 féll allt í ljúfa lög vegna glæsilegrar uppgötvunar. Nokkrum árum áður hafði þess verið getið til, að truflanirnar á göngu Úranusar stöfðu af aðdrætti óþekktis hnattar. Þrautin var að finna hnöttinn af hin-um smávægilegu áhrifum hans á Úranus. Í stuttu máli verður ekki gerð nein fullnægjandi grein fyrir þeim erfiðleikum, sem á þessu eru. Frenstu stærðfræðingar álíta dæmið óleysanlegt. En tveir ungir menn, J. C. Adams í Englandi og U. J. Leverrier í Frakklandi, reiknuðu með bjartsýni og eld-móði æskunnar staðina, þar sem hin ókunna jarðstjarna mundi vera. Reikningar þeirra staðfestust á glæsilegasta hátt, er Neptúnus fannst 23. febr. 1846, og var það ungur þýzkur stjörnufræðingur, J. G. Galle að nafni, er fann hann. Með þessari uppgötvun var ganga Úranusar fullkomlega skýrð, lögmál náttúrunnar og ályktunargáttur vorar urðu ekki framar vefengdar, og heimurinn var orðinn skipulegur að nýju. . .

Engin reynsla veitir oss betri skilning á vegalengdum en sú, er vér öðlumst á löngum ferðum. Súgum því í huganum upp í eithvert furðulegt himnafar, er oss hefur öll dreymt um einhvernum tíma, og ferðumst frá sól-inni til reikistjarnanna.

Auðsýnilega verður farið að vera hraðskreitt, ef ævin á að endast til fararinnar. Fari það hins vegar of hratt, getum vér ekki náð öruggri lend-ingu á plánetunum. Hugsum oss því, að skipið fljúgi um rúmið með þús-und mílna (1600 km) klukkustundarhraða. Með þeim ferðahraða mætti eta morgunverð á austurströnd Bandaríkjanna og miðdagsmat í Evrópu. Leggjum upp frá yfirborði sólar. Áður en vér höldum út til Merkúrúsar, væri líklega rétt að skreppa kring um þessa voldugu miðstöð aðdráttar-afslins. Ótrauðir leggjum vér af stað og höldum svo stöðugt áfram, en hringinn erum vér ekki komnir fyrir en eftir 113 daga eða nærri því fjóra mánuði.

Með nokkrum kvíða leggjum vér nú út á djúpið mikla til Merkúrúsar og komumst þangað eftir fjögur ár og einn mánuð. Eftir þrjú ár og hálf t ári þaðan í frá komum vér út til Venusar, og enn líða þrjú ár, þar til að jarðbrautinni er komið, og eru þá líðin tíu ár og sjö mánuðir, frá því er lagt var af stað. Þar sem fimm ár og sjö mánuði þarf til að komast út að Mars, tekur ferðin sextán ár og tvo mánuði þangað frá sólinni. Bersýnilega eru þessi tímabil svo löng, að í raun retri fáum vér ekki fullan skilning á því, hve gífurlegar vegalengdir um er að ræða. En höldum samt áfram.

Vér komumst til Júpíters eftir 55 ára siglingu frá sólinni, til Satúrúsar

eftir 101 ár, Úranusar eftir 203 ár og Neptúnusar eftir 318 ár. Ef vér héldum áfram út að Plútó, sem er enn fjarlægari, þyrftum vér til þess 420 ár. Og samt er hraðinn svo mikill, að vér gætum eitið morgunverð í New York, miðdegismat í London og náð í kvöldmat og leikhúsið í New York...

HALASTJÖRNUR

Frá upphafi mannkynsögunnar og reyndar um milljónir ára fyrir upp-runa mannsins hafa sól og tungl ekki breytt um útlit, svo að séð verði. Hins vegar má sjá langt að komna gesti, *halastjörnurnar*, sem ekki hafa þá eiginleika staðfestu og einingar, er fyrst sýndu oss, hve heimurinn er skipulegur. Þessar stjörnur stíga stundum alveg óvænt upp úr djúpi rúmsins, heimsekja inni hluta sólkærfisins og hverfa síðan út í myrkríð aftur. Þær hafa ekki fasta lögum eða stærð eins og jarðstjörnurnar. Venjuleg halastjarna er ekki annað en lítill kjarni, sem er eins og stjarna til að sjá og er umvafinn stórum loftkenndum hjúp, er tekur geysilega miklum stærðarbreytingum og getur orðið eins stór og sólin, en út frá hausnum liggur hali, ef til vill 80 millj. km að lengd, og einstaka sinnum getur hann náð yfir þriðjung af himninum.

Það þarf ekki að undra, þótt frumstætt fólk og jafnvel menn yfirleitt, þangað til fyrir tveim eða þrem öldum, hafi horft á halastjörnurnar með ótta hins hjátruarfulla. Forfeður vorir trúðu því, að þessi kynlegu ferliki væru illir andar, er sveimuðu uppi í andrúmsloftinu, eða þær flyttu að minnsta kosti með sér stríð og drepsóttir. Eftir að menn höfðu öldum saman lifað í þessari hjátrú, leikir jafnt sem lærðir, guðfræðingar sem vísindamenn, leiddu athaganir loks samleiðkan í ljós.

Tycho Brahe (1571—1630), sem var mesti og síðasti athugandi fyrir tíma sjónaukans, bar saman stefnur til halastjörnunnar, sem birtist árið 1577, frá ýmsum stöðum í Evrópu og samnaði, að þessi hræðilega forynja var langt fyrir ofan andrúmsloftið, að minnsta kosti eins langt í burtu og tunglið. Með þessu hafði hann þvegið af halastjörnunum duttlunga loftfyrirberanna og flutt þær upp á svið hinna reglubundnu himinhnatta.

Menn skyldu ekki halda, að skilningur á hreyfingum halastjarnanna hafi fengizt undir eins. Þær eru allt of flókið fyrirbrigði, til þess að ein-föld skýring nægi. Til þess að takast mætti að ákveða brautir þeirra um sólkærfið, varð að bíða eftir því, að Newton fyndi lögmálið um aðdrátt-araflíð 1686 og notaði það til skýringar á hreyfingum himintungla. Hann kann aðferð til að reikna brautir halastjarna, hversu aflangar sem þær kynnu að vera.

Edmund Halley, sem var vinur Newtons ævilangt, notaði aðferð New-tons til að reikna braut stórrar halastjörnu, sem hafði séðst 1682. Eftir

gífurlega vinnu við þessa og eldri kómetur sannaði hann, að hún færi á mjög aflangri braut og kæmi í nánd við sól á hér um bil sjöfðu og fimn ára fresti. Hann ályktaði, að það hefði verið þessi halastjarna, er sást 1456, 1301, 1145, 1066 og oftar. Hann var svo djartur að spá því, að hún kæmi aftur 1759, og það varð. Enn kom hún, í samræmi við reikninga, 1835 og síðast 1910. Nú er hún langt úti á hinni löngu braut sinni. Hún hefur verið ósýnileg í tuttugu og fimn ár og mun ekki sjást næstu fjöru-tíu árin. En reiknimeistarar geta fylgzt með henni með fullkominni vissu, og löngu áður en hún kemur aftur, munu þeir hafa sagt fyrir, hvaða dag hún kemur á þann stað brautarinnar, sem næstur er sólu.

... Kómetur eru mjög mismunandi að birtu, stærð og halalengd og að því er varðar það, sem í þeim gerist. Árlega sjást þrjár til ellefu hala-stjörnur, en nærri því allar eru of daufar til að sjást með berum augum. Einstaka sinnum kemur þó ein og ein, sem þannig sést. Þrisvar eða fjór-um sinnum á öld sést einhver, sem er mjög stór og ber þá af á nærur-himninum. Halinn myndast og fengist, er stjarnan nálgast sól, en minnkar og hverfur, er hún fjarlægist. Þegar halastjarna er að nálgast sól, dregur hún halann á eftir sér, en þegar hún hverfur burt, hefur hún halann á undan...

SÓLIN

Samanborið við heiminn í heild er aðeins einn hlutur í sólkærfinu, sem vert er að minnast á, en það er sólin. Hún er milljón sinnum rúmmeiri en jörðin og þúsund sinnum efnismeiri en allar pláneturnar saman. Hún stjórnar plánetukröflunum með aðdráttaraflí sínu, lýsir þær og vermir með geislaflóði sínu og tekur þær með sér á löngum leiðöngurum sínum meðal stjarnanna.

Dásamlegur er ljómi hádegissólarinnar! Í samanburði við hann eru til-þuin ljós dauf og drungaleg. Hversu hún vermir jörðina á björtum sum-ardegi! Þetta er engin skynvilla, því að nákvæmar mælingar sanna, að geislaorkan loðrétt á yfirborð jarðar jafngildir hálfu öðru hestafli á fer-metran. Undir sömu skilyrðum, að geislarir falli hornrétt á yfirborðið, tekur hver fermíla við orku, sem tilsvavar 4.646.400 hestöflum, en það þýðir 330 milljónir milljóna (330.000.000.000) hestafla á alla jörð-ina. Væri þessari orku skipt jafnt á allar 2000 milljónirnar, sem jörðina byggja, mundi hver maður fá meira en hundrað þúsund hestöfl í sinn hlut.

Svo feikileg sem orkan er, sem jörðin fær frá sólinni, er hún lítilræði eitt í samanburði við alla orkuna, sem sólin framleiðir, því að frá sólinni séð er jörðin ekki annað en agnarpunktur, heldur minni en Venus er séð frá oss, þegar hún er björt kvöldstjarna. Má þá ljóst vera, að svo fjarlæg-ur og sýnilega fyrirferðarlítil hlutur getur ekki orðið á vegi nema örflítils

hluta af öllum geislunum, sem út frá sólinni streyma. Með öðrum orðum sagt, sólin kastar út meiri geislaorku á einni sekúndu en jörðin tekur við á sextíu árum.

Auðsýnilega hlýtur sólin að vera mjög heit, því að öðrum kosti gæti hún ekki geislað þannig. Með ýmsum aðferðum hafa menn fundið, að hitastigið í þeim ytri lögum, sem geislarinn koma beint frá, er um 6000° C eða langt ofan við hitastigið, sem þarf til að bræða og eima járn og önnur svipuð efni. Í dýpri lögum er hitinn margfalt hærri og nær að minnsta kosti nokkrum milljónum stiga.

Hitinn í öðrum sólar hefur auðvitað ekki verið mældur á beinan hátt, þar eð vér komust ekki að dýpri sóllögum. En vísindin komast oft með rökvísnum ályktunum á staði, sem menn ná ekki til, eins og í þessu dæmi. Almennu grundvallarsetningarnar, sem aðferðin byggist á í þessu tilfalli, eru þessar: Sérhvert lag sólarinnar liggur með þunga sínum á næsta lagi fyrir neðan og leitast við að þjappa því saman. En á móti samþjöppuninni vinnur útþensluaflið, sem stafar af hitanum. Aukning þrýstings og hita niður á við í sólinni má nú ákveða vegna þess skilyrðis, að sólin verður að haldast í jafnvægi. Niðurstöðurnar eru þó ekki fyllilega öruggar vegna þess, að oss skortir þekkingu á eiginleikum efnanna við þau þrýstings- og hitaskilyrði, sem ríkja innan í sólinni.

Er vér hugsum til þeirra storma, sem geisa á jörðinni vegna mishitunar í andrúmsloftinu, verður oss náttúrulega á að gera ráð fyrir ofsaegum jafnvægsturflunum á sólinni. En taumlausasta flug ímyndunarinnar nær þó aldrei veruleikanum, því að oft þeyttast flyksur af logandi lofti, hundringu sinnum fyrirferðarmeiri en jörðin, eins hátt upp frá yfirborði sólar og tunglið er frá jörðinni. Á meðalbreiddarstigum báðum megin við miðbaug sólar eru sérstaklega mikil stormabelti, þar sem stórir iðandi sólblettir koma fram. Þessir blettir, sem eru nokkur þúsund upp í hundrað þúsund mílur að þvermáli, eru í miðjunni dökkir í samanburði við hið bjarta umhverfi, en eru samt í rauninni bjartari en glóðarþráður í rafmagnslampa. Í blettunum ólga og bylgjast logandi lofttegundir, og há gos eru tíð við rendur þeirra. Væri jörðinni kastað í þessa iðu, mundi hún þyrilast til og frá eins og steinvala í fosshyl. Hún mundi bráðna og leysast upp eins og snjóhorn í glóandi hrauppytti. . . .

Ef sólin tapaði efni út í geiminn, mundu vísindamenn eðlilega spyrja, hvornig hún fengi það aftur, en fyrir 1850 komu þeir ekki með sams konar spurningu í sambandi við orkuna, sem hún geislar út frá sér. Fram til þess tíma var mönnum ekki ljóst, að orka væri eitthvað „áþreifanlegt“ og mælanlegt og því þyrfti að gera grein fyrir uppruna hennar. Sólin getur ekki verið blátt áfram hlutur, sem í fyrndinni var miklu heitari en nú, en fer hægt og hægt kólnandi, því að ef þetta væri allur galdurinn, mundi

hiti hennar ekki hafa enzt þúsundasta part af jarðsögulegum tíma. Ekki er hún heldur að brenna í venjulegum skilningi, því að þótt hún væri úr tónum kolum og ildi, mundi hitinn, sem fram kæmi við brunann, ekki endast nema nokkur þúsund ár. Væri hún að dragast saman, mundi hitinn, sem framleiddist við það, aðeins geta viðhaldið geislaflóði hennar í nokkrar milljónir ára, sem er minna en hundraðasti hluti þess tíma, er hún hefur vermt jörðina nokkrum vegnum jafnmikið og á vorum dögum.

Á seinni árum hafa menn komið auga á mjög knýjandi ástæður til að álíta, að geislarnir sólar komi af breytingu frumefna í iðrum hennar, einkum vetnis, í þyngri frumefni, og líklega jafnframt af breytingu efnis í orku samkvæmt kenningu Einsteins um jafngildi þessa tvenns.

Þessir orkugjafar eru margfalt stórkostlegri en þeir, sem áður voru teknir til greina. Enda þótt efnismagnrið, sem tilsvavar orkunni, er á hverri sekúndu stafar frá sólinni, sé rúmlega 4 milljónir lesta, er efnismagn hún svo gífurlegt, að það gæti ekki minnað fyrir útgeislun um einn af hundraði á 150 milljörðum ára. Það er því ekkert undarlegt, þótt jarðfræðin bendi eindregið til þess, að jörðin hafi baðað sig í nær óbreyttu sólskini í þúsund milljónir ára. Jafnvel þessi óratími er aðeins brot af þeirri framtíð, sem jörðin á fyrir sér að njóta nokkurn veginn óbreyttrar sólarorku. Óttinn, sem einu sinni varð vart, við það að sólin mundi deyja út á fáum áramilljónum, hefur reynzt ástæðulaus, og vísindamenn eru hættrir að renna augunum fram til þess tíma, er köld og lífvana jörðin renni sitt endalæsa skeið um dimman miðhnött.

Eitt af kraftaverkum vísindanna hefur orðið ákvörðun efnistegundanna í sólinni. . . Venjulegt eyra getur greint í sundur talsvert mikið safn tóna. Augað hefur engan tilsvarendi hæfileika. Blanda af bláu og gulu sést t. d. sem einn litur (grænni), en ekki sem sambland tveggja. Hins vegar vill svo vel til, að gert hefur verið mjög merkilegt áhald, litsjám, sem aðgreinir einstaka liti í samsettu ljósi eða einstakar bylgjulengdir, og þannig getur stjörnufræðingurinn nákvæmlega ákveðið, hvaða bylgjulengdir koma fram í sólarljósinu eða ljósi einhverrar stjörnu, sem nægilega er björt. . .

Af niútiu frumefnum, sem kunn eru á jörðinni, er vitað um fimmtíu að minnsta kosti í loftkenndu ástandi í ytri lögum sólarinnar, og líkur eru á nokkrum til viðbótar. Af efnum, sem mikið er af á sólinni, má nefna vetni, ildi, járn, helíum, silísíum, magníum, natríum, kalíum, kalsíum, alúmín, níkul, mangan, króm, kóbalt, titan, kopar, vanadíum og sink. Sum þyngstu efnin eins og gull og úraníum hafa ekki fundizt við ytra borð sólar, enda liggja þau sennilega dýpra. . .

SÓLSTJÖRNUR

Er sólin rís, dofna hinar blikandi stjörnur næturhinsins meir og meir, unz þær hverfa með öllu. Samt eru þetta sólar, og meira að segja eru flestar þeirra, er sjást með berum augum, miklu stærri en vor sól. Sumar þeirra eru þúsund sinnum ljóssterkari en sólin, og um nokkrar er það víðtæk, að þær eru milljón sinnum rúmmeiri en hún. Þær sýnast svona daufar vegna hinna gífurlegu fjarlægðar, sem er svo mikil, að ókleift er að gera sér grein fyrir henni.

Til þess að gera oss nokkra grein fyrir vegalengdinni milli sólar og jarðar reiknuðum vér tímam, sem hugsað farartæki þyrfti til þess að komast vegalengdina með þúsund mílna klukkustundarhraða. Reyndist sá tími tíu ár og sjö mánuðir, ef haldið væri áfram þrotlaust nótt og dag. En jafnvel með því að nota slíkan reikning verða oss fjarlægðirnar í sólkerfinu ekki fyllilega ljósar.

Ef til vill er nokkur bót í að athuga það, að himnafar vort fór með 30% meiri hraða en hljóðið í andrúmsloftinu, því að hljóðið fer aðeins tæplega 1200 km á klukkustund. Hugsum oss, að hljóðið gæti þorizt með þessum hraða frá sól til jarðar. Ef vér yrðum þá sjónarvottar að ægilegri sprengingu á sólinni og biðum viðbúnir eftir að heyrja drunurnar, mundum vér þurfa að leggja hlustinar við í rúmlega fjórtán ár.

Takist ekki að gera sér grein fyrir fjarlægðunum innan sólkerfisins keyrir auðvitað alveg um þverbak, þegar kemur að hinum ennþá gífurlegri fjarlægðum milli sólstjarnanna sjálfra. Samt verðum vér að reyna það, enda reynast fjarlægðirnar auðveldari viðureignar, er farið er að glíma við þær. Byrjum þá á næstu stjörnunni, sem sýnileg er berum augum á norðurhveli utan hitabeltisins, hinum ljómandi Siríus, sem er bjartasta sólstjarnan á öllum himninum. Þessi fagra, bláhvíta stjarna er í suðri klukkan átta á kvöldin í marzbyrjun ár hvert. Stjörnufræðingar hafa komizt að raun um, að fjarlægð hennar er 83 000 000 000 km eða meira en rúmlega 6 000 000 ár að skreppa á milli.

Gagnvart slíkum furðufregnum af stjörnunum, jafnvel hinum næstu, verður oss auðvitað á að spyrja, hvernig stjörnufræðingar hafi mælt vegalengdina og hvort mælingin sé ekki, þegar öllu er á botninn hvolft, getgáta, sem enginn fótur sé fyrir. Aðferðin, sem höfð er við fjarlægðarmælingu tiltölulega nálægra stjarna, er í aðaldrátum hin sama og sú, er notuð var við tunglið, nefnilega að mæla mismun stefnanna frá tveimur stöðum. Á einhverjum hentugum tíma ársins athugum vér Siríus í vissri stefnu frá jörð. Eftir nokkra mánuði hefur jörðin færzt margar milljónir kílómetra á braut sinni, og hefur þá stefnan til Siríusar breytt örlítið. Eftir þessari stefnubreytingu og vegalengdinni milli athugunarstaðanna

er auðvelt að reikna fjarlægð stjörnunnar frá jörðu. Bersýnilega er aðferðin fullkomlega nothæf, og að því er Siríus varðar, er vitað, að útkomunni skeikar ekki um meira en einn af hundraði frá rétttri tölu.

En þótt hin beina aðferð til að ákveða fjarlægðir stjarna sé tiltölulega einföld, mætir framkvæmdin allajafna gífurlegum erfiðleikum vegna þess, hve stjörnur eru fjarlæggar. Jafnvel þó að horft sé á Siríus frá tveim stöðum á jarðbrautinni, sem eru eins fjarlægir hver öðrum og jörðin og sólin, er stefnubreyting sjónarlínanna ákaflega lítil. Hún er eins lítil og sú stefnubreyting, er kemur fram, ef horft er til skiptis með hægri og vinstra auga á hlut í 35 km fjarlægð. Og aðeins fjórar eða fimm þekktar stjörnur, allar ósýnilegar berum augum nema ein, eru eins nálægt og Siríus. Enda eru aðeins nokkur hundruð stjarna af öllum milljónunum, sem koma fram á ljósmyndalýnnu í stórum sjónauka, svo nálægt, að fjarlægð þeirra sé mælanleg eftir beinu aðferðinni, sem hér var lýst. En þekkingu vorri á fjarlægðum stjarnanna er þó ekki lokið með þessum takmarkaða fjölda, því að stjörnufræðingar hafa notað vitneskjuna um fjarlægðir og aðra eiginleika þessara næstu stjarna mjög hugvítissamlega til þess að leiða af henni nokkrar nýjar og miklu vðtækari mælingaraðferðir.

Aður en vér lýsum eðliseinkennum stjarnanna, tókum vér upp hentugri eining fyrir fjarlægðir þeirra, er síðar verður oft á minnt. Það er vegalengdum, sem ljósið fer á einu ári og er kölluð ljósár. Þar sem ljósið fer 300 000 km á sekúndu í lofttómu rúmi, er ljósárið 9 460 000 000 000 km eða hér um bil 60 000-föld fjarlægð jarðar frá sólu. Fjarlægð Siríusar er 8,8 ljósár, stjarnanna í Stóra birni 70—80 ljósár, Sjöstirnins um 200 ljósár, bjartari stjarnanna í Óríón um 500 ljósár og stjörnugrúans, sem myndar vetrarbrautina, nokkur þúsund ljósára.

Þrátt fyrir hinar gífurlegu fjarlægðir stjarnanna, vita menn margt um eðli þeirra. Í fyrsta lagi er það, að þeim má skipa í flokka eftir eiginleikum ljóssins frá þeim, sem fundizt hafa með ljósrannsóknunum. Við annan enda raðarinnar, sem þessir flokkar mynda, eru bláar B-stjörnur, og má þar til nefna margar björtu stjörnurnar í Óríóns-merki. Stjörnur þessar eru mörg þúsund sinnum ljóssterkari en vor sól og gífurlegar að vextum. Hitinn við yfirborð þeirra er 45 000 til 55 000 stig á Celsíusmæli, og efmin, sem birtast í ljósjámi, eru aðeins vetni, ildi, lyfti og helíum.

Þá koma A-stjörnur, sem eru ekki alveg eins heitar eða skínandi og B-stjörnur. Siríus er ágætt dæmi um þessar stjörnur. Yfirborðshiti hans er hér um bil helmingi hærra en sólarinnar, og ljósmagnid er tuttugu og sjö sinnum meira. Því næst eru F-stjörnur, og eru Kanópus og Prókyón dæmi um þær. Þessar stjörnur nálgast C-flokkinn að lit og samsetningu, en til hans teljast sólin og Kaupmannastjarnan. Nærrí því önnur hver þeirra stjarna, sem skrásettar hafa verið eftir litrófsflokkum, er náskyld

sólinni. Tiltölulega fáar eru risar í A-flokki, og ennþá færri eru stórrisar í B-flokki.

Nedan við C-flokkinn, sem sólin er í, koma K-stjörnur, sem eru rauð-leitari en hinar og ekki eins heitar. Þeirra á meðal eru Arktúrus og Aldebaran. Hingað til hafa stjörnurarnar í hverjum litrófsflokki verið tengdar næsta flokki þannig, að óslitin röð myndaðist. En við K-flokkinn er röðin slitin. Næsti flokkur í himni venjulegu röð eru M-stjörnur. Til þeirra teljast Betelgevs og Antares meðal annarra. Yztu lög þessara stjarna eru tiltölulega köld, eins og ráða mætti af lit þeirra, og auk einstakra frumefna koma einnig fyrir efnasambönd. Svo eru þrjár aðrir flokkar, N, R og S-flokkar, sem ekki sýna neinn greinilegan skyldleika við aðra flokka. Þessar stjörnur eru allar daufar og ósýnilegar berum augum að einni eða tveimur undan teknum. Þær eru fáar og dumbrauðar á litinn. . .

Árið 1650, 40 árum eftir að Galileí fann upp sjónaukann, kom það í ljós, að í raun og veru eru tvær stjörnur á beygjumni á vagnjálkanum í Stóra birni (Vagnsmerki), en áður sýndist þetta ein stjarna. Þessar tvær stjörnur virðast nærri því snertast. En nú er vitað, að þær eru mörg hundruð sinnum lengra hvor frá annarri en sólin frá jörðu. Síðan þessi upp-götuvan var gerð, hafa fundizt nærri því 20 000 önnur *tvístirni*. Sjaldnast er hér að ræða um stjörnur, sem eru ótengdar hvor annarri, þótt afstaða þeirra sé sú, að þær ber nærri því hvora í aðra. Langofast eru þetta ná-tengdar sólar, sem snúast um sameiginlega þungamiðju. Snúningstímar þeirra eru samt venjulega svo langir, að ekki hefur verið hægt að mæla þá á þeim stutta tíma, sem liðinn er, síðan farið var að athuga tvístirni þessi. . .

Brautarflötur sumra af þessum tvístirnum gengur gegn um sókerfi vort eða því sem næst. Slíkar stjörnur getur bersýnilega borið hvora í aðra, og þær geta þá myrkvazt að öllu eða nokkru leyti á víxl. Séu stjörnurarnar jafnstórar og jafnbjartar, er ljósmagníð, er vér sjáum við myrkva, helmingur af því, sem það er jafnaðarlega. Sé önnur stjarnan dimm, getur hún myrkvað hina algerlega. Bersýnilega eru mörg tilfelli hugsanleg, og er gaman að veita því eftirtekt, að flest þeirra hafa verið athuguð.

Auðsýnilega er ekki erfitt að ákveða umferðartíma þessara breytilegu stjarna, sem kalla mætti *níðstirni*, því að hann finnst á tímanum, sem liður milli myrkvanna. Hitt er erfiðara, að ákveða vegalengdina á milli slíkra stjarna, þar eð þær eru svo nærri hvor annarri, að þær sýnast vera ein stjarna. En til allrar hamingju geta stjörnufræðingar notað litsjána til að finna gönguhraða þessara stjarna á brautunum, þótt ekki sé unnt að skýra það hér, og eftir þessum hraða og umferðartímanum má svo reikna lengd brautarinnar og fjarlægðina milli stjarnanna. . .

Margar stjörnur eru hins vegar breytilegar vegna flóks í geisluninni.

Getur þetta flókt verið nærri því eins reglulegt og ljósbreytingar myrkva-tvístjarnanna, þótt þær breytingar hagi sér annars allt öðru vísi. Stundum eru hins vegar ljósbreytingar óreglulegar og mjög miklar. Stjarnan Omí-kron í Hvalsmerki getur t. d. orðið 10 000 sinnum bjartari en þegar hún er daufast. . .

Mestar ljósbreytingar verða þó í svonefndum *nýstirnum*, er sjást endurum og eins. Þessar stjörnur blossa snögglega upp úr myrkrunu og verða ákaflega bjartar. Stundum hundraðþúsundfaldað ljósmagníð á einum eða tveimur dögum og fer síðan minnkandi, stjarnan kann að virðast slokkn-uð eða því sem næst að nokkrum mánuðum liðnum. Nokkrar þessara merkilegu stjarna hafa komið talsvert við sögu stjörnufræðinnar. Til dæmis gerði gríski heimspekingurinn og stjörnufræðingurinn Hipparkos (um 160—105 f. Kr.) fyrstu stjörnuskrána, þar sem taldar voru 1080 stjörnur, til þess að komast að raun um, hvort allar stjörnur væru eins breytilegar og nýstirnið, sem hann hafði athugað. Annað nýstirni kveikti í Tycho Brahe (1546—1601) áhugann fyrir stjörnuathugunum, og enn annað, sem sást 1572, varð til þess að vekja stjörnufræðialuga Keplers.

Vér þekkjum ekki orsakir þess, er nýstirni virðast kvikna á svona ein-kennilegan hátt, en þar er að ræða um stórkostlegar sprengingar, sem eru ofsafengnari en nokkuð þess háttar, er vér þekkjum á jörðinni eða jafnvel sólinni. Ef sól var skyldi eiga fyrir sér slíka byltingu, mundu jörðin og reikistjörnurnar skjótlega eyðileggjast. En sennilegt virðist, að einungis vissar stjörnur verði fyrir slíkrí umturnun og gerist hún þá hvað eftir annað á löngum tímafresti. Þessar byltingar sýna oss, hve lítið vér vitum um þau ógnaröfl, sem að verki eru, þótt vér sjáum gífunlegar flýksur glóandi lofts þeytast hundruð þúsunda kílómetra upp frá yfirborði sólar.

STJARNÞOKUR

Meðal stjarnanna eru margir daufir, óskýrir blettir, sem kallaðir eru stjarnþokur. Sumar þeirra eru með naumindum sýnilegar með berum augum, eins og þokan kring um miðstjörnuna í sverði Óríons, en flestar sjást aðeins í sjónauka eða koma fram á ljósmyndabýrnu. Þær líkjast skjáþýkknum, og lengi var það skoðun manna, að þær væru gerðar úr lofttegundum, sem ef til vill væru þau upprunaefni heimsins, er stjörnur mynduðust úr á óraíöngum tíma. En í sterkum sjónaukum var síðar hægt að greina í þeim einstakar stjörnur. Þá var um tíma haldið, að ef til vill væru allar þokur þýpingar stjarna, er yrðu greindar ein og ein í nægilega sterkum sjónaukum. En í lok nútíðandu aldarinnar sýndu litsjár-rannsóknir, að þetta var eigi rétt, því að ljósið frá sumum reyndist hafa öll sömu sérkenni og það, er kemur frá lýsandi lofttegundum. Þess vegna

vitum vér nú, að þokurnar eru þynntar lofttegundir nema þær, sem eru hafðar í sérflökki. . .

STJÖRNUKERFI VORT

Jörðin er, eins og frá hefur verið skýrt, ein af reikstjörnunum. Nú mætti spyrja, hvort sólin væri á sama hátt einstaklingur í stærri stjörnuheild.

Ef vér reynum að komast að raun um það, hvort stjörnur myndi eitthéildarkerfi, eru það hinar gífurlegu fjarlægðir, sem valda oss mestum erfiðleikum. Til dæmis er fjarlægðin frá sólu til næstu fastastjörnu, sem er Alfa í Kentármörki á suðurhimni, 4,3 ljósár eða rúmlega 40 000 000 000 kílómetrar. Nálægasta bjarta stjarnan, sem sýnileg er norðarlega á hnettinum, er Siríus, en hann er í 8,8 ljósára fjarlægð. Flestar sýnilegar stjörnur eru miklu lengra í burtu, og allar þorri þeirra, er ljósmýndaðar hafa verið í stórum sjónaukum, er í meira en þúsund ljósára fjarlægð. . .

Athugum nú, hve þétt stjörnunum er skipað í nágrenni sólarinnar, en þar er hægt að komast að öruggastri niðursíðu um þetta. Með nýjustu tækjum er hægt að mæla mjög nákvæmlega fjarlægðir allt að 13 ljósárum út frá sólinni, og því skulum vér fyrst líta á þetta svæði. Innan kúlunnar með 13 ljósára geisla eru 30 stjörnur þekktar, og eru 5 þeirra tvístirni og ein þrístirni. Eðlilegt væri að halda, að þessar tiltölulega nálægu stjörnur væru meðal hundrað björtustu stjarnanna á himninum. En að eins 6 af þeim, auk sólarinnar, eru svo bjartar, að þær sjást með berum augum, og sumar hafa svo lítið ljósmagn, að þær sýnast mjög daufar, þótt þær séu mjög nálægar í stjarnfræðilegri merkingu. Nokkrar þessara daufu nálægu stjarna eru nýlega fundnar, og því má vel vera, að enn séu ófundnar stjörnur minna en 13 ljósár frá sólu. Til þess að hafa ákveðna tölu að miða við í reikningum vorum, skulum vér gera ráð fyrir 35 stjörnum á þessu svæði. . .

Þetta má þó ekki skilja svo, að þessar 35 stjörnur beri á nokkurn hátt að skoða sem sérstaka heild. Þær eru ekkert annað en sýnishorn af stjörnumegðinni og gefa oss hugmynd um það, hvernig umhorfs er í heildarkerfinu. Um þessar mundir standa þær tiltölulega þétt, en þó aðeins í bráð, þar eð þær hreyfast í ýmsar áttir og með ýmsum hraða, og aðdráttaraflíð milli þeirra er of lítið til að tengja þær saman. Eftir milljón ára verða þær komnar langt hver frá annarri, og þá mun hver um sig hafa eignast nýja nágranna.

En til eru flokkar stjarna, sem stöðugt eða að minnsta kosti um milljónir milljóna ára halda hópinn vegna innri tengsla. Kunnastur er hópur sá í Nautsmörki, sem nefnist Regnistirnið. Hér um bil 80 af þeim stjörnum hreyfast saman gegn um himingeiminn eins og farfluglaflokkur um loftið.

Litrof þeirra sýnir, að þær eru svipaðar að gerð, og vafalaust eru þær allar af sama uppruna og eiga sömu þróun í vendum. . .

Þekkt eru nokkur hundruð slíkra stjörnuflokka auk Regnistirnisins. Sumir eru gisnir eins og sá, sem myndaður er af stjörnunum í Stóra birni, eða Sigðin í Ljónsmörki. Aðrir eru þéttari svo sem Sjóstirnið, og í nokkrum virðist stjörnunum beinlínis þjappað saman, þó að minnst fjarlægð milli tveggja af þessum stjörnum muni varla vera minni en eitt ljósár. . .

Sólin virðist ekki teljast til neins af þessum stjörnuhópum, sem kallast geta þéttir í stjarnfræðilegum skilningi, en hún heyrir hins vegar til geysistóru stjörnuþykkni, sem í eru milljónir stjarna. Í svona stórum þyrpingum er ekki að ræða um jafnvíðtækan skyldleika og í þéttum stjörnuhópum eins og til dæmis þeim, sem Regnistirnið myndar, og stjörnurnar í þessum þyrpingum hreyfast ekki heldur samsíða og með jöfnum hraða. Í slíkum þyrpingum eru stjörnur allra tegunda, er sveima í ýmsar áttir líkt og myflugur í hóp, og mun aðdráttaraflíð milli þeirra ráða mjög litlu um það að halda þeim saman. Af slíkum þyrpingum eða skýjum stjarna er vetrarbrautin gerð. Jafnvel með berum augum má sjá hilla undir þau, ef vel er þessar teknar á ljósmýndabýnnu, sem höfð er í sambandi við stóran sjónauka, leysist hið daufa skin þeirra upp í aragrífa einstakra stjarna. . .

Ef farið er út fyrir þyrpinguna, sem sólin er í, þá tekur hið eiginlega vetrarbrautarkerfi við. Það er gert úr hinum stórkostlegu stjarnþyrpingabáknnum og milljónum einstakra stjarna, og allur þessi sagnar myndar svo nokkurs konar kringlu, sem er um 60 000 ljósár að þvermáli, en þykktin er líklega hér um bil áttundi hluti þvermálsins. Þetta ber ekki að skilja svo, að vetrarbrautin sé öll jafn-þéttskipuð stjörnum eða hafi skýrt afmörkuð takmörk. Öllu fremur er hún óreglulegt samsafn stjarnþyrpinga og einstakra stjarna. Á gífurlega stóru svæði er þeim tiltölulega þétt skipað, en svo þynnist þetta samsafn og riðlast til jaðrana. Væri stjörnuþétleikinn í öllu kerfinu jafnmikill að meðaltali og í 13 ljósára kúlunni kringum sólna, þá væru rúmlega 50 milljarðar (50 000 000 000) stjarna í vetrarbrautarkerfinu. En þótt þetta kunni að vera helzt til há tala, eru þó líklega nokkrir milljarðar stjarna í kerfinu, og hugsanlegt er jafnvel, að fjöldinn fari fram úr 50 milljörðum. Athyglisvert er, að veruleikinn hefur jafnan farið langt fram úr ágizkunum stjarnfræðinga, og sviðuðu máli gegnir raunar um aðrar greinar vísindanna.

Ef sólin væri í miðju vetrarbrautarkerfinu; mundu stjörnurnar vera jafndreifðar að sjá eftir allri vetrarbrautinni á himninum. En stjörnurnar eru miklu þéttari í kringum Bogmanns- og Sporðdrekamerki en hinum megin á himninum. Þetta þýðir, að miðja vetrarbrautarkerfisins er í stefnu á þessi stjörnumerki, ef til vill nokkur þúsund ljósár í burtu. Enn

fremur er sólín nokkuð utan við miðflöt kerfisins, ef til vill nokkur hundruð ljósár, þeim megin sem norðurskaut himinsins er, en það má ráða af því, að stjörnurnar eru nokkru fleiri sunnan en norðan við hinn mikla hring, sem segir nokkurn veginn til um legu miðflatarins. Þetta er af staða sólarinnar um þessar mundir, en hún ferist skáhalt við flóinn norður á bóginn um eitt ljósár á 15 til 20 þúsundum ára. Haldi hún sama hraða og stefnu í milljón ár, verður hún komin á allt annan stað í vetrarbrautinni eftir þann tíma.

Kringlögum vetrarbrautar er til komin af snúningi hennar. Verður það bæði ráðið af almennum affræðilegum lögmálum og ýmsum athugunum. Fyrir löngu gátu stjarnfræðingar sannað snúning jarðar um sólu með athugun á hinum fjarlægum fastastjörnum. Nú sanna þeir snúning hins geysistóra vetrarbrautarkerfis með athugun á hraðanum að og frá stjörnukefjum, sem eru langt utan takmarka þess. . . Þótt einstakar stjörnur og stjörnuþyrpingar vetrarbrautarinnar hreyfist ýmislega, taka þær þó allar þátt í einu allsherjar hringstreymi. Á þeim stöðum, sem eru jafnlangt frá miðju kerfisins og sólín, er straumhraðinn líklega tvö til þrjú hundruð kílómetra á sekúndu og umferðartíminn um 50—100 milljónir ára. Af því sést, að á hinum löngu tímabilum jarðsögunnar hefur jörðin ásamt sólinni farið yfir stór svæði kerfisins. . .

KÚLUÞYRPINGAR

Nokkru utan við vetrarbrautarkerfið, í 25 000 til 160 000 ljósára fjarlægð, eru um hundrað miklar þyrpingar stjarna, sem nefnast *kúlþyrpingar* vegna næri því fullkominnar kúlulögunar sinnar. — Í svona mikilli fjarlægð verða ekki greindar aðrar einstakar stjörnur en risar og stórrisar, jafnvel ekki í stærstu sjónaukum. Þær einstöku stjörnur þyrpinganna, sem sjást eða koma fram á ljósmyndapönnu, eru því einungis lítill hluti af öllum þeim stjörnum, sem í þyrpingunum eru. Þó sjást þannig þúsundir eða tugir þúsunda stjarna í hverri slíkri þyrpingu, og munu þá hinar daufari næri því áreiðanlega skipta hundruðum þúsunda eða jafnvel milljónum. Ein hinna fáu kúlþyrpinga, sem unnt er að sjá með berum augum, eru stóra þyrpingin í Herkúlesmerki. Hún er 33 000 ljósár í burtu, en í þeirri fjarlægð mundi sameinað ljós 400 000 stjarna á stærð við sólina varla sjást með berum augum. Mikill aragrúi stjarna og sumra með miklu ljósmagni hlýtur því að vera í þessum hópi. Á ljósmynd, sem tekin var með einum af stóru sjónaukunum á Wilsonsfjalli, mátti telja 40 000 stjörnur, þar sem hinar daufastu reyndust hundrað sinnum bjartari en sólín. Á því getur þess vegna lítil vafi leikið, að í þessu feikna báknri eru að minnsta kosti milljón stjörnur á borð við sólina og sennilega

margar milljónir enn daufari stjarna. En fjarlægðin er svo ógurleg, að ljósið, sem við fáum frá öllum þessum milljónum sólna, er minna en sjötti hluti af ljósi pólstjörnunna.

. . . Gerum ráð fyrir því, að í Herkúlesþyrpingunni séu alls milljón stjörnur og 100 000 þeirra séu risar og stórrisar. Þvermál þyrpingarinnar finnum vér út frá fjarlægðinni og hinu sýnilega þvermáli. Þá kemur í ljós, að ef þessum 100 000 stóru stjörnum væri dreift jafnt um allt rúmál þyrpingarinnar, yrði meðalfjarlægðin frá hverri um sig til hinnar næstu tvö ljósár eða 140 000 sinnum meiri en fjarlægð sólar frá jörðu. Séu allar milljón stjörnurnar teknar með í reikninginn, verður meðalfjarlægðin um eitt ljósár. . . Jafnvel risarnir í þessum þyrpingum sýnast því ekki bjartari hver frá öðrum en Venus frá jörðinni.

Kúlþyrpingarnar eru fullbroksaðar í affræðilegum skilningi, það er að segja, þær hafa náð því stigi að breyta ekki heildarmynd sinni, þótt hver einstök stjarna sé á sífelltri rás. Margar aðrar þyrpingar stjarna eins og vetrarbrautin og stjörnuþykkni hennar eru mjög óreglulega lagðar, og því virðist ólíklegt, að kúlþyrpingarnar hafi alltaf haft sitt núverandi reglulega form. Sterkari rök eru það ef til vill, að aðrar vetrarbrautir eru engan veginn allar reglulegar að lögun, þó að svo sé um sumar.

Ef vér gerum ráð fyrir því, að núverandi form kúlþyrpinganna sé fram komið fyrir affræðilega þróun, getum vér rannsakað, hve langan tíma munu hafa þurft til þeirrar þróunar frá hinu upphaflega óreglulega formi. Vér komumst þá fyrst að þeirri undravæðu niðurstöðu, að tíminn, sem það tekur stjörnur að fara þvert í gegn um Herkúlesþyrpinguna, frá ytri takmörkum hennar, djúpt inn í hana og út til yfirborðsins aftur, nemur hér um bil tíu milljónum ára. Næst er á það að líta, að sú þróun, sem hér kemur til athugunar, stafar aðallega af því, að stjörnurnar nálgast stundum mjög hver aðra, á sama hátt og hin jafna dreifing sameinda í lofttegund stafar aðallega af árekstrum þeirra, sem eru svo tíðir, að hver sameind verður fyrir 5 000 000 000 árekstrum á sekúndu að meðaltali.

Vegalengdirnar milli stjarnanna í þyrpingunni eru svo miklar að meðaltali, að stjarna getur farið tíu þúsund slíkar ferðir, áður en hún komi svo nálægt annarri stjörnu, að af hljótist 20 stiga stefnubreyting. Það má orða svo, að í hundrað þúsund milljónir ára (tíu þúsund sinnum tíu milljónir ára) ætti stjarnan að fara leiðar sinnar án þess að verða þess vör, að aðrar stjörnur væru í hópnum. Ekki fyrir en eftir þann tíma mundi hún að jafnaði fara svo nálægt annarri stjörnu, að hreyfingarstefna hennar breyttist verulega. Eftir mjög mörg, ef til vill milljón slík ævintýri hafa allar ójöfnur jafnað út, og fram er kominn kúlumynduð þyrping. Þannig sýnir þá gerð kúlþyrpinganna, að þær hafa gengið ákveðna þróunarbraut sem sjálfstæð stjörnusöfn í milljónir milljóna ára

að minnsta kosti. Svo gæti hins vegar farið, að þessar reglulegu mynd-
anir mættu öðrum af svipaðri gerð eða færur gegn um þær, þannig að úr
yrði óregluleg hringiða eða sveipur áþekkur vetrarbrautarkerfi voru.

ÁÐRAR VETRARBRAUTIR

Vér tölum oft um „vora“ vetrarbraut, eins og þar væri að ræða um
eithvað, sem væri eign vor eða að minnsta kosti væri oss nákomit. En ef
hófi er í huga hlutfallsleg smæð jarðarinnar eða jafnvel sólkærfisins,
verður að viðurkenna, að þetta er nokkuð yfirleittislegt orðalag, því að vér-
höfum þegar kannað heimssvæði, er nemur tugum þúsunda ljósára að þver-
máli eða hundrað milljón sinnum lengri leið en fjarlægð jarðar frá sólu. . .
En allt, sem á vegi vorum varð, eru smámunir einir hjá hinni feiknarlegu
vetrarbraut, sem kölluð er *stóra þokan í Andrómetumerki*. Stjornufræðing-
ar hafa starað á þennan daufa ljósblett, sem rétt aðeins er sýnilegur með
berum augum, og fram á síðustu ár héldu þeir sig sjá þokuflyksu utarlega
í stjornukerfi voru. Nú vita þeir, að þetta er völdug vetrarbraut utan við
vora og svipuð henni að stærð, stjornufjölda og lögun.

Fjarlægðin til þokunnar er um 900 000 ljósár. Vér sjáum hana því ekki,
eins og hún er nú, heldur eins og hún var, áður en forfeður vorir voru
orðnir að mönnum. . . Andrómetupokan svonefnda er í rauminni vetrar-
brautarkerfi, sem í öllum verulegum atriðum líkist voru. Hún er flöt sem
kringla og gerð af mörgum milljörðum stjarna, er hér um bil 80 000 ljós-
ár að þvermáli og snýst um sjálfa sig, líklega á svo sem 150 milljónum
ára.

Vitað er um sex vetrarbrautir innan milljóna ljósára fjarlægðar frá sól-
kerfinu að okkar vetrarbraut meðtalinni. En utan þessa rúms eru hundruð
þúsunda annarra vetrarbrauta, sem vel koma fram á ljósmyndum teknum
í stórum sjónaukum. . .

Allt frá frumeindum upp í vetrarbrautir er hver einshéild gerð af smærri
einingum, — frumeindir úr prótónum og elektrónum, sameindir úr frum-
eindum, stjörnur úr sameindum, vetrarbrautir úr stjörnum. Og þá hljótum
vér að spyrja, hvort vetrarbrautirnar, sem vér sjáum, séu ekki hlutar enn
stærri heildar, hvort t. d. vetrarbraut vor, Maghellansskýin, Andrómetupok-
an og aðrar vetrarbrautir, sem eru tiltölulega nálægt oss, myndi ekki öll sam-
an stærri heild, sem kalla mætti stórvetrarbraut og væri ef til vill milljónir
ljósára að þvermáli. Þótt stutt sé, síðan menn fóru að veita þessu máli veru-
lega athygli, hafa stjarnfræðingar þegar fundið margar stórvetrarbrautir.
T. d. hefur Harlow Shapley lýst slíku kerfi, sem er í stefnu á Kentars-
merki, en þó 150 milljónir ljósára handan við þær stjörnur, og eru

í þessu kerfi rúmlega 300 vetrarbrautir, sem eru líklega allar sambær-
legar við stjornukerfi vort. Svæðið, sem þessi stórvetrarbraut nær yfir,
er egglaða, um sjö milljónir ljósára að lengd og tvær milljónir ljósára
að þvermáli.

Hvað er svo ofan við stórvetrarbrautir? Um það segja athuganir ekk-
ert. Hins vegar eru gildar fræðilegar ástæður til að álykta, að vetrar-
brautirnar eða stærri kerfin fylli ekki óendanlegt rúm með sama meðal-
þéttleika og komið hefur í ljós innan þessara fáu hundraða milljóna ljós-
ára frá oss. Samkvæmt niðursiððum afstæðikenningarinnar er fjöldinn
takmarkaður, og sjálft rúmið hefur takmarkaða vidd. Samt sem áður
geta stórvetrarbrautirnar verið hlutar embá stærri kerfa, stórkerfa ann-
ars stígs. Og þessi annars stígs kerfi gætu svo myndað þriðja stígs kerfi
og þannig koll af kalli takmarkalaust. Og eins og sameindir eru gerðar af
frumeindum og þær af prótónum og elektrónum, þannig gætu prótónur og
elektrónur verið gerðar af enn smærri einingum og svo framvegis niður
á við takmarkalaust.

Auðvitað verður það að teljast varhugavert að fullyrða nokkuð um
slík stækkandi vetrarbrautakerfi eða smækkandi elektrónukerfi, þar sem
beinar athuganir vantar og vér getum aðeins stuðzt við hliðstæður. Og
jafnvel em þá hægjara væri það að koma með tilgátur varðandi sköpun
efnishimsins, því að einnig þar vantar athuganir, og vér höfum ekki einu
sinni hliðstæður við að styðjast. Þess vegna er það svo, að þótt visindin
hafi leitt oss upp á sjónarhæð, sem vilt sér af, þá liggur þó eitthvað óþekkt
og ógrandi bak við sjóndeildarhringinn.

1937

JAMES JEANS:

Er líf á öðrum hnöttum?

Trausti Einarsson íslenzkaði

Meðan menn trúðu því, að jörðin væri miðja alheimsins, gat spurningin
um það, hvort til væru aðrar veraldir byggðar lifandi verum, tæplega kom-
ið fram. Aðrar veraldir voru ekki til í stjarnfræðilegum skilningi, þótt
himinn uppi yfir og helviti neðan undir væru að vissu leyti víðauki við
þennan heim.

Heimsmyndin í „Divina Commedia“ ber einkenni síns tíma. Árið 1440