

UNÐUR VERALDAR

Tekin saman af

HARLOW SHAPLEY

SAMUEL RAPPORT og HELEN WRIGHT

INNGANGUR EFTIR HARLOW SHAPLEY



MÁL OG MENNING · REYKJAVÍK 1945

ADALUMFÓÐ ERL.: E. MUNKSGAARDS FORLAG, KHÖFN

Prentsmiðjan Hólar hf.

svo eru ef til vill 10 000 milljónir slíkra vetrarbrauta í himingheimnum.

Stjörnurnar eru eins margar og sandkorn í Saharaeyðimörkinni. Hvað getum vér sagt um skilyrði fyrir líf á hnöttum, er ganga kringum þessar sólar?

Fyrst þurfum vér að vita, hvort slíkar plánetur eru til. Stjörnuathuganir geta ekkert sagt oss um það. Þótt sérhver sólstjarna á himninum hefði plánetur eins og vor sól, mundi enginn sjónauki á jörðinni geta sýnt oss eina einustu þeirra. Vísindakenningar segja nokkru meira. Enda þótt nokkuð vafasamt sé í einstökum atriðum, hvernig sólin eignaðist barna-hóp sinn, ber öllum nútímakeningum saman um það, að pláneturnar hafi myndast vegna heimsóknar annarrar sólar.

Það hlýtur einnig að henda aðrar stjörnur himinsins, að stjarna fari einhvern tíma þétt fram hjá þeim, en reikningar sýna, að slíkir atburðir hljóta að vera fram úr hófi sjaldgæfir. Eins og stjörnum er nú skipað í geimnum umhverfis sólina, verður hver stjarna að jafnaði aðeins einu sinni á milljón billjónum ára fyrir því, að önnur stjarna nálgist hana svo mjög, að plánetur geti orðið til. Geri menn ráð fyrir því, að stjörnurnar hafi búið við þessi skilyrði um 2000 milljónir ára, hefur aðeins ein af hverjum 500 milljónum stjarna orðið fyrir þessu, og þá ætti í mesta lagi ein af hverjum 500 milljónum að hafa með sér plánetur. Þetta virðist nú raunar vera frámunalega lítil hluti af heildinni, en þegar heildin er þúsund milljónir billjóna stjarna, verður þetta smábrot tver milljónir milljóna stjarna.

Eftir þessum reikningi ættu þá tver milljónir milljóna stjarna þegar að vera umkringdar plánetum og nýtt sólkerfi að skapast á fárra stunda fresti. Reikningurinn þarf líklega margra endurbóta við. Þau skilyrði, sem gilda í umhverfi solarinnar, þurfa til dæmis ekki að eiga sér stað um allan geiminn, og þau skilyrði, sem gilda nú á dögum, þurfa ekki að hafa gilt í fjarlægri fortíð. Meira að segja er það svo eftir öllum skynsamlegum skoðunum um þróun stjarnanna, að hver stjarna hefur hafið göngu sína sem geysivíðatúmikið þokubákn, og í því ástandi hefur þeim verið miklu hettara við slíkum aðsóknum annarra stjarna. Nákvæmari reikningar sýna, að þótt líkur fyrir því, að stjarna myndi plánetu á þessu frumskeiði, séu ekki ýkja miklar, eru þær vissulega þó nokkrar, og þær benda til þess, þótt tekið sé ríflega af eða á, að tala sólkerfa í geimnum muni engan veginn vera óveruleg, þó að þau verði óeitanlega að teljast til tölulega sjaldgæf. Af þúsundum eða milljónum milljóna plánetna, sem vafalaust eru í geimnum, hlýtur mjög mikill fjöldi að hafa til að bera skilyrði lík þeim, sem ríkja á jörðinni.

Vér getum ekki einu sinni rennt grun í það, hvort á þessum hnöttum

séu lífverur svipaðar og á vorri jörð eða þar sé yfirleitt um nokkurt líf að ræða. Sömu efniseindirnar eru þar sem hér og hljóta að hafa sömu eiginleika, og því er líklegt, að sömu ólífrænu efnasamböndin hafi myndast þar og hér. En ef svo er, væri fróðlegt að vita, hve langt þróun lífsins væri komið, en þessu geta vísindin ekki svarað. Vér getum aðeins velt fyrir oss þeirri spurningu, hvort þeim líftegundum, sem kunna að vera til annars staðar í heiminum en hér, muni hafa tekið að koma mállum sínum í betra horf en oss hefur tekið á liðnum árum.

1941.

ARTHUR EDDINGTON:

Vetrarbrautin og það, sem utar er

Trausti Einarsson íslenskaði

Í einni af sögum Jules Verne byrjar stjörnufræðingurinn fyrirlestur sinn með orðunum: „Góðir tilheyrendur, þér hafið séð tunglið — eða að minnsta kosti heyrt þess getið.“ Ég held, að ég megi á sama hátt gera ráð fyrir, að þið kannizt við vetrarbrautina, er sjá má hverja heiðskíra skamndegisnótt eins og dauft lýsandi belti, sem liggur í boga frá sjóndeild til sjóndeildar. Í sjónaukum sést, að vetrarbrautin er aragtrúi af stjörnum. Það væri freistandi að segja „óteljandi aragtrúi“. En það er eitt af verkefnum stjörnufræðingsins að telja stjörnurnar, og fjöldinn er ekki óteljandi, þótt hann fari reyndar fram úr tíu þúsund milljónum. Stjörnu-fjöldinn í vetrarbrautinni er talsvert miklu meiri en mannfjöldinn á jörðinni. Ég vil minna á, að hver einstök stjarna er geysilegur eldhnöttur, sama eðlis í aðalatriðum og sólin.

Engin skörp mörk eru á milli hinna fjarlægju stjarna í vetrarbrautarbeltinu og bjartari stjarna, er vér sjáum á við og dreif um himininn. Allar þessar stjörnur mynda í rauninni sama vetrarbrautarkerfið. Stærð kerfisins er afskapleg, en ekki takmarkalaus. Lögun þess sjáum vér ekki vel, þar sem vér erum innan í því, en vér getum séð aðrar vetrarbrautir óralangt úti í geimnum, sem einnig eru myndaðar af þúsundum milljóna stjarna, og að öllum líkindum mundi vor vetrarbraut líkjast þeim, ef vér sæjum hana utan frá. Hinar vetrarbrautirnar eru kunnar undir nafninu „sveipþokur“, og talið er, að vor vetrarbraut líkist þeim að meira

eða minna leyti. Sé það rétt, mynda stjörnurnar í henni flatan gorm ekki ósvipaðan úrfjóður að öðru leyti en því, að fjöðrir er tvöföld.

Ef vér horfum í stefnu, sem er hornrétt á gormflötinn, er skammt út til takmarka kerfisins, en ef vér horfum eftir gormflötinum, sjáum vér stjörnu bak við stjörnu, unz þær verða ekki aðgreindar, en renna í eitt sem skín vetrarbrautarinnar. Menn hafa komizt að þeirri niðursiðu, að vér séum mjög langt frá miðju vetrarbrautarinnar, og eru því miklu fleiri stjörnur til annarrar handarinnar en hinnar.

Pegar horft er á einhverja þessara vetrarbrauta, er ómögulegt að veriast þeirri hugsun, að hún hringsnúist eins og eldspúandi hjól, enda hefur tekizt að færa sönnur á mündulsnúning sumra þeirra og mæla snúningshraðann. Þá hefur komið í ljós við athugun á hreyfingum stjarnanna í vorri vetrarbraut, að hún snýst einuig um ákveðna miðju. Miðjan er langt í burtu, í Slónguberamerki (Ophiuchus). Hún er í nánd við sérstaklega hjartan stað í vetrarbrautinni, þótt hún sjáist ekki sjálf, því að hún er falin á bak við ský úr dimmum efnun.

Pegar ég segi, að vetrarbrautirnar hringsnúist, gæti það valdið mis-skilningi. Þegar um þessi bákn er að ræða, verður hugsunin að nota óvenjulega mælikvarða rúms og tíma, og eftir venjulegum hugmyndum er þessi snúningur hægur. Vetrarbrautin þarf hér um bil 300 milljónir ára til að snúast einn hring. En í raun og veru getur þetta ekki talizt sérstaklega langur tími. Jarðfræðingar líta svo á, að elztu bergtegundir í jarðskorpunni hafi myndazt fyrir 1300 milljónum ára. Sólin með jörðina og pláneturnar í eftirdragi hefur því farið fjóra eða fimm heila hringa kring um miðju vetrarbrautarinnar, frá því er jarðsagan hófst.

Stjörnurnar í vorri vetrarbraut eru mjög mismunandi. Sumar gefa frá sér 10 000 sinnum meira ljós- og hitamagn en sólin, aðrar rúmlega 100 sinnum minna en hún. Sumar eru feikilega þéttar og samanþjappaðar, aðrar fram úr hófi gísnar. Hitastigið á yfirborði sumra er 20 000—30 000° C, en yfirborðshitastig annarra er ekki meira en 3000° C. Það er haldið, að sumar þenjist út og dragist saman á víxl á nokkurra daga eða vikna fresti, og því samfara verða miklar breytingar í ljós- og hitamagni þeirra. Heldur værum vér illa settir, ef sólin hefði þann sið. Alloft verða tvær stjörnur samferða á göngu sinni og mynda svonefnd tvístirni. Þetta á við hér um bil þriðjung stjarnanna. En flestar eru einhleypar eins og sólin.

En þrátt fyrir þessa fjölbreytni hafa stjörnurnar eitt einkenni nokkurn veginn sameiginlegt, en það er efnismagn. Með tiltölulega mjög fáum undantekningum hafa stjörnurnar efnismagn, sem er meira en 1/5 af efnismagni sólarinnar, en minna en 5-falt efnismagn hennar, og yfirleitt er efnismagn. Meðal hundrað stjarna, sem

valdar væru af handa hófi, mundi mismunur á efnismagni ekki vera meiri hlutfallslega en í hundrað manna hóp með konum, körlum og börnum, sem valin væru af handa hófi, þar sem mikill mannföldi væri saman kominn.

Yfirleitt mætti segja um stóra stjörnu, að stærð hennar orsakaðist ekki af miklu efnismagni, heldur af því, að hún er útblásin eins og belgur, og lítil stjarna er lítil vegna samþjöppunar efnisins. Sólin, sem fer bil beggja í þessu eins og flestu öðru tilliti, er lítil þyngri í sér en vatn. Sólin er að öllu leyti ósvikin miðstéttarstjarna. Afbriðin, — ákaflega þunnar og ákaflega þéttar stjörnur —, eru athyglisverð. Stjörnurnar geta verið þunnar eins og loft. Hin alkunna Kaupmannastjarna hefur t. d. hér um bil sama meðaleðlisþyngd og andrúmsloft. Það væri því svi það að vera staddur innan í þessari stjörnu og vera umlukinn lofti, eins og vér erum venjulega, að því undan skildu, að hitastigið er meira en vér höfum vanizt, — hér um bil 5 000 000° C. . .

Mun afbrigðilegri eru hinir rauðu risar svo sem Betelgeusa í Óríóns-merki og Antares í Sporðdrekamerki. Til þess að fá fram stjörnu eins og Betelgeusu verðum vér að ímynda oss, að sólin þenjist út, þar til hún hefur gleypt Merkúrtus, Venus og jörðina og hefur fengið nærri því sama ummál og Marsbrautin. Þynningin í þessum stórkostlega hnetti er eins og í fláti, sem loftinu hefur verið dælt úr allvendinga. Það mætti segja um Betelgeusu, að hún væri „lofttæming í betra lagi“.

Á hinn bóginn eru svo hvítu dvergarnir, sem eru geysilega þéttir í sér. Ég verð að segja dálítið frá því, hvernig það kom í ljós.

Á árunum 1916 til 1924 sókkti ég mér niður í tilraunir til að skilja innri gerð stjarnanna, til dæmis að finna hitann langt inni í stjörnunni og gera mér grein fyrir því, hvaða eiginleika efnid mundi hafa við svo háan hita, sem er venjulega um 10 000 000 stig. Eðlisfræðingar höfðu þá að undanförnu stórum auknið þekkingu vora á efniseindum og geislum, og viðfangsefnið var að nota þessa nýju þekkingu til að afla þekkingar um það, sem fram færi innan í stjörnunni. Að lokum fann ég þannig lagað stærðasamband, að ef efnismagn stjörnunnar var þekkt, mátti reikna, hve björt stjarnan ætti að vera. Rafmagnsfræðingur mundi geta útskýrt það, að til þess að framleiða ákveðið ljósmagn, þyrfti vél, sem hefði ákveðinn styrkleika. Á nokkuð tilsvarendi hátt fann ég, að til þess að stjarna lýsti svo eða svo mikið, þyrfti hún að vera eins efnismikil og stærðasambandið sagði til um. Þetta samband átti þó ekki að ná til allra stjarna, heldur aðeins hinna gísnu, sem að þéttleika jafngiltu lofttegundum, vegna þess að dæmið varð allt of flókið, ef ekki var hægt að hugsa sér efnistjörnurnar eins og lofttegund.

Er þetta stærðasamband var fundið með reikningi, lá næst fyrir að

bera það saman við beinar athaganir. En það er oft á þeirri stundu, að gamanið fer að grána. Og á því stöð heldur ekki í þetta sinn. Þótt með óvenjulegum hætti væri. Efnismagn og ljósmagn, sem fundið var með athugunum, kom ágætlega heim við stærðasambandið. Vandræðin voru þau, að það var ekkert lát á samræminu. Þétta stjórnumnar, sem sambandið átti *elki* að gilda fyrir, voru í alveg eins góðu samræmi við það og óþétta stjórnumnar, sem það var hugsað fyrir. Þessi furðulega niðurstaða gat aðeins þýti það, að enda þótt eðlisþungi þeirra stjarna væri eins mikill og vatns eða járn, hagaði efni stjórnumnar sér eigi að síður eins og loft, til dæmis mætti þjappa því saman eins og venjulegu lofti.

Við höfum verið nokkuð glámskyggvir að sjá ekki þetta fyrir. Hvernig stendur á því, að við getum þjappað saman lofti, en ekki vatni, svo að nokkru nemi? Það er vegna þess, að í lofti er langt á milli efniseindanna og því rúmt um þær. Þegar við þrýstum saman lofti, þá er það ekki annað, sem við getum, en að færa efniseindirnar dálítið saman og minnka hið auða bil á milli þeirra. En svo má að orði kveða, að efniseindirnar í vatni snertist, og verður þeim því lítið þjappað saman. Samþjöppun efna er yfirleitt háð þeim takmörkunum, að hún getur ekki aukizt verulega, eftir að svo er komið, að sameindirnar snertast. Þetta lokamark svarar því sem næst til þéttleika efnanna í föstu eða fljótandi ástandi. Við höfðum haldið, að sömu takmarkanir á þéttleika giltu inni í stjórnumum. Við hefðum átt að muna, að í þeim milljóna stíga hita, sem þar á sér stað, eru efniseindirnar komnar í mola. Eindirnar eru þannig gerðar, að þær hafa þungan kjarna umkringdan tiltölulega víðáttumikilli, en nærri því efniseindum af smæstu efnisögnum, — eins konar krínólínu. Í hinum mikla hita í stjórnumum er krínólínan tætt í sundur. Ef við ætlum að reikna það dæmi, hve margt dansfólk komist fyrir á danspalli, þá skiptir það miklu máli, hvort konurnar eru í krínólínum eða ekki. Ef miðað er við hinar krínólínuklæddu efniseindir hér á jörð, þá sést, að þar getur ekki verið um miklu meiri eðlisþyngd að ræða en vatnsins, en hinum krínólínulausu eindum í stjórnumum er hægt að þjappa miklu fastar saman, og þær falla ekki þétt hver að annarri, fyrir en náð er eðlisþyngd, sem er langt fyrir ofan allt, er við þekkjum í því tilliti á jörðinni.

Þetta benti til þess, að til gætu verið stjórnum miklu þyngri í sér en nokkurt áður þekkt efni, og þá rifjaðist upp ráðgáta ein í sambandi við fylgihnött Siríusar eða Hundastjórnumnar. Hún hefur með sér fylgihnött, sem sést rétt hjá henni í meðalsterkum sjónauka. Nú er þekkt aðferð til þess að finna eðlisþyngd stjarna, sem ég má þó ekki tefja mig á að skýra nánar. Aðferðin er reyndar varla meira en tilraun, og þegar það kom í ljós, að fylgihnöttur Siríusar ætti samkvæmt henni að vera 50 000 sinnum þyngri í sér en vatn, var auðvitað álitíð, að aðferðin hefði ekki staðizt

próf reynslunnar. En í ljósi þess, sem áður er sagt, virtist nú hugsanlegt, að aðferðin hefði ekki brugðizt þrátt fyrir allt og þessi gifurlegi þéttleiki gæti átt sér stað. Stjórnumfræðingar reyndu því að sannprófa þéttleikamælinguna með annarri aðferð, sem hvílir á afstæðiskenningu Einsteins. Sú aðferð staðfesti fyrri niðurstöðurnar, og er hún nú álmennt víðurkennð rétt að vera. Efníð í fylgistjörnu Siríusar er 2000 sinnum þyngri í sér en platína. Hugsíð yður fullan eldsþýmastokk af þessu efni. Það þyrfti lyftivél til þess að hefja hann á loft. Hann væri heil lest að þyngd.

Eg er hræddur um, að það, sem ég ætla nú að segja um stjórnumnar, verði aðallega upptalning á staðreyndum og tölum. Aðeins ein sólstjarna er svo nálægt, að hægt sé að athuga yfirborð hennar, en það er okkar sóla. Venjulegar ljósmyndir af sólinni sýna fátt nema dimma bletti, er komi í ljós annað slagíð. Miklu merkilegri myndir er þó hægt að taka með sérstakri hlitsjá, en það er tæki, sem er blint á allt ljós nema það, sem hefur vissa bylgjulengd og stafar aðeins frá einni tegund efniseinda.

Nú skulum við virða fyrir okkur þann hluta heimsins, sem er handan við vetrarbrautina. Vetrarbraut okkar er eins konar vin í eyðimörk hins ógnartóma rúms, ey í takmarkalaus úthafi geimsins. Frá þessari ey sjáum við aðrar í fjarska, eða reyndar því nær óslitum eyjaklasa, eins langt og augað eygir. Eina af hinum næstu er hægt að sjá með berum augum. Hún er í Andrómetumerki og er til að sjá eins og dauf þokuleg stjarna. Ljóstíð, sem við sjáum nú, hefur verið 900 000 ár á leiðinni þaðan til okkar. Er við horfum á þennan daufa blett í Andrómetumerki, sjáum við reyndar 900 000 ár aftur í tímann. Sumar sveiþpokur, er sjást í sjónaukum, eru miklu fjarlægari. Hin fjarsta, sem enn hefur verið athugað, er í 300 000 000 ljósára fjarlægð.

Af þessum vetrarbrautum er til mesti fjöldi. Með því að telja á tileiknum blettum himinsins hafa menn komizt að því, að tala þeirra, er sjást í stærstu sjónaukum vorum, er hærrí en milljón. Og miklu fleiri daufar þokur hljóta að vera til, er við sjáum ekki. Sól vor er ekki annað en dauf stjarna á meðal þúsunda milljóna, og allar þessi sagnar af stjórnum er ekki annað en ein vetrarbraut af þúsundum milljóna.

Nú gæti verið fróðlegt að staðra við og athuga, hversu hátt er komið í stíga stærðarhlutfallanna í himingeiminum. Taflan hér á eftir gefur nokkra hugmynd um þetta:

Fjarlægð jarðar frá sólu	150 000 000 km
Fjarlægð útmarka sólkerfisins (Plútóbrautar)	5 800 000 000 —
Fjarlægð næstu fastastjörnu	40 000 000 000 000 —
Fjarlægð næstu sveiþpoku	8 000 000 000 000 000 000 —
Fjarlægð yztu athugaðrar sveiþpoku	3 000 000 000 000 000 000 000 —

Sumir kvarta um það, að þeir geti ekki gert sér grein fyrir þessum tölum. Auðvitað geta þeir það ekki. Tilgangurinn með því að setja fram mjög háar tölur er allra sízt sá, að menn geri sér fulla grein fyrir þeim. Innan fárra vikna mun fjármálaráðherrann okkar hér á Englandi leggja fram fjárlagafrunvarp sitt, sem nemur hér um bil 900 000 000 sterlingspundum. Búzt þið við því, að áður en hann semur frumvarpið, leggist hann í nokkurs konar miðlissvefn og sjái fyrir sér alla smápeningana eða seðlahrúguna eða vörumagnid, sem upphæðin jafngildir? Ég er alveg viss um, að ráðherrann getur ekki séð fyrir sér 900 000 000 sterlingspunda upphæð. En hann getur eytt henni. Það er alröng hugmynd, að hinar stóru tölur geri mönnum erfitt að skilja stjórnufræði. Þær gera það því aðeins, að menn leiti skilnings á rangan hátt. Það er ekki tilætlunin, að menn falli í stafi yfir tölunum. Það á að nota þær í hagnýtum tilgangi. Það er eins auðvelt fyrir reikningsmenn að nota milljónir og billjónir og trilljónir og einn, tvo og þrjá. Það sem ég vildi vekja eftirtekt á með tölfunni, er sú staðreynd, að þegar farið er út fyrir vetrarbrautina, er stigið mjög stórt spor, að því er til fjarlægða tekur.

Mjög markverð uppgötvun, sem gerð hefur verið um þessar vetrarbrautir, er sú, að þær eru á fleygiferð frá okkar vetrarbraut (að undanteknum þrem eða fjórum hinna næstu), og því fjær sem þær eru, þeim mun hraðar flýja þær. Hinar fjarlægari hafa mjög mikinn hraða. Að meðaltali er hraðinn í réttu hlutfalli við fjarlægðina, þannig að vetrarbraut í 10 milljóna ljósára fjarlægð fer 1500 km á sekúndu, önnur fimm sinnum fjarlægari fer 7500 km á sekúndu o. s. frv. Hin hraðfleygasta, sem vítað er um, fer 42 000 km á sekúndu.

Hvers vegna fara þær allar burt frá okkur? Ef við hugsum nokkuð nánar um þetta, munum við sjá, að þær eru engan veginn að flýja okkur sérstaklega. Þær færast að vísu burt frá okkur, en þær fjarlægjast einnig hver aðra. Ef þessi salur þendist um tíu af hundraði í allar áttir og sætin fjarlægðust þá hvert annað í sama hlutfalli, mundi hverjum áheyranda finnast allt fjarlægjast sig, maðurinn í 10 metra fjarlægð hefði færzt 1 metra, og maðurinn í 20 metra fjarlægð hefði fjarlægzt 2 metra o. s. frv. Færslan væri í réttu hlutfalli við fjarlægðina, eins og gildir um vetrarbrautirnar. Þetta hlutfallsstómál auðkennir jafna útbenslu, sem ekki beinist út frá neinum sérstökum punkti fremur en öðrum. Við ályktum því, að brottflutningur vetrarbrautanna stafi af jafnri útbenslu.

Samsafn vetrarbrautanna er allur sá heimur, er við þekkjum, og við höfum reyndar ástæðu til að halda, að það sé allur efnisheimurinn. Það er útbensla heildar eða dreifing vetrarbrautanna, sem átt er við, þegar talað er um „þenslu alheimsins“.

Þessi þensla er svo hröð, að með núverandi hraða munu fjarlægðir

vetrarbrautanna hafa tvöfaldast eftir 1300 milljónir ára. Stjórnufræðingar munu þurfa að víkka sjónauka sína um helming á 1300 milljón ára fresti, ef þeir ætla að reka flóttam. En í alvöru talað, 1300 milljónir ára eru ekki langur tími á alheimsmælikvarða. Ég gat þess áðan, að þessi tala táknaði aldur sumra berggegunda á jörðinni. Eftir þessu hefur stærð alheimsins tvöfaldast á jarðsögulegum tíma, svo ótrúlegt sem það kann að virðast. Þetta þýðir, að við getum ekki farið takmarkalaust aftur í tíma, og hinar feikilegu tímamælitölur, sem voru mjög viðhafðar fyrir tíu árum, þar sem aldur heimsins var reiknaður í billjónum ára, verða að lækka mjög. Við erum farnir að láta okkur þessa lækku tímamælitölunna vel líka, því að ýmis önnur rök hafa samfært okkur um, að slík lækku er nauðsynleg. Það virðist nú ljóst, að ekki er fært að áætla hámarksaldur stjarnanna hærri en 10 000 milljónir ára. Til skamms tíma var gert ráð fyrir þúsund sinnum lengra aldurskeiði.

Af ástæðum, sem ég get ekki vikið nánar að, er álitid, að jafnframt þenslu efnisheimsins sé einnig um vikkun sjálfs, rúmsins að ræða. Hugsunin er sú, að vetrarbrautirnar séu eyjar dreifðar um „hnattmyndað rúm“. Þegar rétt er um hnattmyndað rúm, er átt við, að ef farið er stöðugt eftir vissri stefnu, komi maður að lokum á upphafsstaðinn aftur. Þetta er hlidstætt því, að farið sé í vissa stefnu á jörðinni, því að þá er komid aftur á upphafsstaðinn að lokinni hringferð kring um hnótinn. En samlíkingin er notuð hér um þrjár víddir í staðinn fyrir tvær, um rúm í staðinn fyrir yfirborðsflöt. Mér er auðvitað ljóst, að mjög erfitt er að skilja þessa hugmynd um lokað hnattlaga rúm, en hún er þó sannarlega engu verri en eldri hugmyndin um óendanlegt opið rúm, sem enginn getur í raun og sannleika gert sér grein fyrir. Enginn maður getur skilið óendanleikann. Menn nota orðið einungis af vana án þess að reyna að skilja það. Þessu má ef til vill líkja við það að fara úr eimyrjunni í eldinn. Ef ykkur skyldi finnast þið vera að fara í eldinn með því að viðurkenna hinar nýju hugmyndir um rúmið, vildi ég biðja ykkur að minnst þess, að þið eruð þó alltént komin úr eimyrjunni.

Hnattmyndað rúm hefur marga kynlega eiginleika. Ég sagði, að ef farið væri stöðugt í vissa stefnu, lenti maður á upphafsstaðnum að lokum. Ef þú horfir nógu langt í einhverja tiltekna átt og ekkert skyggir á, ættristu þess vegna að sjá hnakkann á sjálfum þér að minnsta kosti. Þetta ber reyndar ekki að skilja bóks taflega, því að ljósið er 6000 milljónir ára á leiðinni kring um heiminn, og þegar geislinn, sem þú sérð, lagði af stað, varstu ekki þarna með höfuðið. En þú munt skilja, hvað átt er við. Þessar skringilegu niðurstöður látum við okkur samt litlu skipta. Kjarni málsins er sá, að séu vetrarbrautirnar dreifðar um hnattmyndað rúm í líkingu við dreifingu folksins um yfirborð jarðar, þá geta þær ekki allar verið að

dreifast og fjarlægjast hver aðra, nema rúmið sjálft sé að þenjast út. Út-
víkkun efnisheimsins er því raunar afleiðing af útvíkkun rúmsins og
getur ekki átt sér stöð án hennar.

Þessi dreifing vetrarbrautanna kom mönnum ekki algerlega á óvart.
W. de Sitter prófessor sýndi þegar 1917 fram á, að við henni mætti búast,
og hvatti stjörnufræðinga til að skyggjast eftir þessu fyrirbæri. En það
hefur þó ekki tekizt fyrir en tiltölulega nýlega að mæla brottflutningshraða
núgu margra vetrarbrauta til þess að sýna, svo að ekki verði um villzt, að
þær séu í raun og veru að dreifa sér. Ein af niðurstöðum afstæðisken-
ningarinnar er sú, að til hljóti að vera afl, sem kallað er „fráhrindingarafli
í himingeiminum“ og leitast við að koma af stað slíkrí dreifingu. Þið
kannizt við ýnsar niðurstöður afstæðiskenningarinnar á sviði stjörnu-
fræðinnar eins og stefnubreytingu ljósgæsla, er fer fram hjá sólu, sem sjá
má við sólmýrkva, tilflutning sólháandarpunkts Merkuríusbrautar og
færslu litrófslínanna í átt til rauða litrófshlutans, og allt hefur þetta verið
staðfest með meiri eða minni vissu. Að til sé fráhrindingarkraftur í geimin-
um er jafnákveðin afleiðing af þessari kenningu, þótt ekki sé hún eins
kunn, — að nokkru leyti vegna þess, að hún á rót sína í torskildari hluta
kenningarinnar og duldist mönnum lengur en hinar, og ef til vill að
nokkru leyti vegna þess, að hún er ekki eins nátengd tófranafninu Einstein.

Ég fæ ekki séð neina ástæðu til að efast um, að hreyfing vetrarbraut-
anna burt frá oss, sem mæld hefur verið, orsakist af tédri fráhrindingu
í samræmi við þá reikningslegu niðurstöðu afstæðiskenningarinnar, sem
áður er getið. Margar aðrar skýringar hafa komið fram, sumar hverjar,
nokkuð fjarstæðukenndar, og um málið hafa orðið talsverðar umræður,
sem mér virðist þó heldur tilgangslítar. Í þessu efni eins og alltaf, þegar
stígin eru ný spor í vísindalegri rannsókn, verðum við að viðurkenna, hve
þekking okkar er takmörkuð, og vera við því búinir, að stórfelldar breytingar
geti orðið. En þegar athuganir koma heim við það, sem við höfum gert
ráð fyrir samkvæmt áður fenginni þekkingu eins og í þessu efni, þá er
ástæða til að taka því sem hvatningu til þess að halda tengra á þeirri braut,
sem vel hefur gefizt að fara, en hins vegar virðist lítt afsakanlegt að fara
þá að reisa skýjaborgir.

... Við höfum nú farið um heim allan. Hafi yfirlit mitt verið heldur
ófullkomið, verð ég að benda á það mér til málsbóta, að ljósið þarf 6000
milljónir ára til að fara þá hringferð, sem ég hef farið á klukkutíma. Eða
öllu heldur, það er tímalengd hringferðar í upphafi, en heimurinn víkkar
stöðugt, og meðan ég var að tala, lengdist ummál hans um eina eða tvær
dagleiðir ljóssins. En hvað sem því líður, er mál til komið að hrista af sér
matröð hinna feiknlegu stærða og leita aftur uppi þessa órsmáu plánetu
meðal ógnarfjöldra stjarnanna, þar sem við eigum sjálfir heima. 1937

B. JÖRÐIN

ARCHIBALD GEIKIE:

Hamfarir í sögu jarðarinnar

Guðmundur Kjartansson íslenzkaði

Meginbráðurinn í kenningum Huttons (James Hutton, 1726—1797)
og hans fylgjenda er sá, að hnöttur vor hafi ekki alltaf haft það yfir-
bragð, sem hann hefur nú, heldur megi hvarvetna finna sammanir þess, að
land það, er nú ber fyrir augu vor, sé myndað af rústum annars lands
eldra. Hinar augljósustu sammanir þessa getur að líta í sumum algengum
bergtegundum. Þótt bergtegundir þessar séu nú hluti af þurru landi, bera
þær það með sér, að þær voru í öndverðu lög af mól, sandi og leir, sem
máðst hafði ofan af löngu eyddum meginlöndum. Lögin hafa breiðzt út
um sjávarbotninn og harðnað í samfelldan stein, en brotnuðu loks upp
og lyftust, svo að þau mynda nú aftur þurrlandi. Í þessari hringferð eru
að verki tvenns konar stórkostleg náttúruöfl. Annars vegar eyðist í sífellu
hið fasta efni landanna og berst til sjávar. Þetta hefur mönnum orðið
ljóst af því að athuga starf áa og lækja. Hins vegar á sjávarbotninn til að
lyftast fyrir einhverju ógnaraffli, sem stafar frá iðrum jarðar og á skylt
við þau öfl, sem valda jarðeldum og landskjálftum. Hutton skildi enn
fremur, að hin föstu jarðlög hefðu ekki aðeins brostið sundur og lyft,
heldur hefði bráðið berg ruðzt upp inn á milli þeirra, kólnað og storkn-
að í stóra hleifa af graníti og öðru gosbergi, sem nú gæfir mjög á yfir-
borði jarðar.

Að einu leyti var þetta heimspekikerfi einstakt í sinni röð: Í þeim
breytingum, sem nú fara fram á yfirborði jarðar, var leitað skýringar á
þeim, sem orðið höfðu. Höfundur þess þurfti ekki að finna upp neina
nýja náttúrustarsemi, því að sú, sem hann þegar þekkti, virtist honum
ærin til að ráða þær gátur, sem hann var að reyna við. Hvergi kom betur
í ljós, hve hin furðulega glöggskyggni hans náði langt, en er hann birti
og boðaði þá kenningu sína, að sérhver hluti af yfirborði meginlandanna,
frá efstu eggjum að sjávarströndu, væri að eyðast og bærist hægt og hægt