

Eðli rúms og tíma: Ólafur Dan Daníelsson og greinar hans um afstæðiskenninguna

Einar H. Guðmundsson og Skúli Sigurðsson

Raunvísindastofnun Háskólans

Vefútgáfa: 22. ágúst 2005

Ágrip – Fjallað er um fyrstu kynni Íslendinga af kenningum Alberts Einsteins (1879–1955) um rúm, tíma og þyngd. Þar var stærðfræðingurinn Ólafur Dan Daníelsson (1877–1957) í aðalhlutverki og á árunum 1913 til 1922 birtust eftir hann þrjár greinar á íslensku um þetta efni. Tvær þær fyrstu voru ritaðar undir miklum áhrifum frá Hermann Minkowski (1864–1909) en í þeirri síðustu er efnið sett fram að hætti Einsteins. Hér verður rætt ítarlega um greinarnar, en að auki er sagt stuttlega frá Ólafi, fjallað um afstæðiskenningarnar tvær og greint frá viðtökum þeirra. Jafnframt er fjallað stuttlega um stöðu mála á sviði stærðfræðilegra vísinda hér á landi í lok nítjándu aldar og byrjun þeirrar tuttugustu.

1. Inngangur

Árið 1913 birtist í tímaritinu *Skírni* grein eftir stærðfræðinginn Ólaf Dan Daníelsson. Hún bar titilinn „Ýmsar skoðanir á eðli rúmsins“ [1] og þar var í fyrsta sinn fjallað um tvö mikilvæg viðfangsefni á íslensku: Heimspekilegar undirstöður rúmfræðinnar og takmörkuðu afstæðiskenninguna, bæði frá sjónarhóli eðlisfræði og stærðfræði. Greinin var ætluð upplýstum leikmönnum og í henni útskýrði höfundurinn nýjar og framandi hugmyndir um eðli rúms og tíma. Síðar birti hann tvo fyrirlestra um kenningar Einsteins. Sá fyrri, frá 1921, fjallar um stærðfræðilega framsetningu takmörkuðu afstæðiskenningarinnar að hætti Minkowskis [2]. Hinn síðari, frá 1922, er alþýðleg kynning bæði á takmörkuðu og almennu afstæðiskenningunni [3]. Greinarnar þrjár voru allar hugsaðar sem fræðslugreinar, en framsetning Ólafs er þó víða frumleg og frásögnin er að auki skýr og skemmtileg og löguð að íslenskum aðstæðum.¹

Í þessari ritgerð er byrjað á því að fjalla lauslega um stöðu mála hvað varðar þekkingu Íslendinga á raunvísindum í lok nítjándu aldar og byrjun þeirrar tuttugustu. Sagt er stuttlega frá ævi, menntun og störfum Ólafs og rætt um kenningar Einsteins og hvernig þeim var tekið

¹ Um afstæðiskenningar Einsteins má t.d. lesa hjá [4] og um framlag Minkowskis hjá [5].

alþjóðlega. Síðan er fjallað um hinar merkilegu greinar Ólafs. Í lokin er litið á ýmsar aðrar íslenskar ritsmíðar um efnið, einkum frá fyrri hluta tuttugustu aldar.

2. Dansk-íslenskur bakgrunnur

Á Íslandi hafa löngum verið uppi einstaklingar sem voru vel að sér í raunvísindum síns tíma [6, 7]. Lengi vel var slík þekking þó ekki mjög aðgengileg, og ekki var byrjað að kenna stærðfræðilegar lærdómslistir með reglubundnum hætti hér á landi fyrr en komið var talsvert fram á nítjándu öld. Það gerðist með ráðningu Björns Gunnlaugssonar (1788–1876) í embætti stærðfræðikennara við Bessastaðaskóla árið 1822.

Raungreinar voru þó ekki kenndar á Bessastöðum, og það var ekki fyrr en Lærði skólinn hafði verið fluttur til Reykjavíkur árið 1846 að farið var að kenna eðlisfræði og efnafræði. Kennsla í stjörnufræði hófst svo nokkrum árum síðar [9]. Björn Gunnlaugsson sá um kennsluna í öllum þessum greinum, allt þar til hann lét af störfum árið 1862. Að auki fræddi hann íslenskan almenning um raunvísindi, bæði í bundnu máli og óbundnu. Björn var brautryðjandi á þessu sviði hér á landi og undirbjó jarðveginn fyrir þá sem á eftir komu af mikilli samvisskusemi [7].

Þeir nemendur Björns, sem lögðu einhverja stund á stærðfræðilegar lærdómslistir í háskóla umfram skyldunámsgreinar, voru þó ekki margir. Þeirra þekkt-

astir eru væntanlega Baldvin Einarsson (1801–1833), Jónas Hallgrímsson (1807–1845), Benedikt Gröndal (1826–1907) og Halldór Guðmundsson (1826–1904). Þá má og nefna séra Magnús Grímsson (1825–1860) sem þýddi *Eðlisfræði* Fischers á íslensku.

Þegar Björn lét af störfum tók Halldór Guðmundsson við kennslunni í stærðfræði og raungreinum við Lærða skólann. Halldór hafði stundað nám í tvö ár við Fjöllistaskólann í Kaupmannahöfn en ekki lokið prófi.² Hann starfaði við Lærða skólann til 1885. Meðal nemenda hans voru Björn Jensson (1852–1904) og bræðurnir Þorvaldur Thoroddsen (1855–1921) og Sigurður Thoroddsen (1863–1955).

Nokkuð virðist hafa dregið úr áhuga landsmanna á stærðfræðilegum lærdómslistum eftir daga Björns Gunnlaugssonar og mun hann hafa verið óvenju lítill á síðustu starfsárum Halldórs Guðmundssonar við Lærða skólann. Vart er þó við Halldór einan að sakast því 1877, ári eftir dauða Björns, var reglugerð skólans breytt og verulega dregið úr kennslu í stærðfræði. Að frumkvæði ráðamanna var Lærða skólanum í raun breytt í máladeild [10]. Með því var stigið stórt skref aftur á bak í menntamálum þjóðarinnar.

Björn Jensson var dóttursonur Björns Gunnlaugssonar og lauk fyrrihlutaprófi við Fjöllistaskólann í Kaupmannahöfn árið 1878. Hann hóf kennslu við Lærða skólann 1883 og tók síðan við af Halldóri sem aðalkennari í stærðfræði og raungreinum tveimur árum síðar. Þorvaldur Thoroddsen kom að skólanum 1885 og kenndi þar náttúrufræði í nokkur ár áður en hann fluttist til Kaupmannahafnar.

Þrátt fyrir að verulega hefði verið dregið úr þeirri stærðfræðikennslu, sem afi hans hafði byggt upp í Lærða skólanum á sínum tíma, náði Björn Jensson að efla áhuga margra lærisveina sinna á stærðfræðilegum greinum. Það er athyglisvert að á tuttugu ára kennaraferli hans útskrifaðist frá Lærða skólanum hópur manna, sem átti eftir að hafa varanleg áhrif hér á landi á vettvangi raunvísinda og tækni. Þar má meðal annars nefna Bjarna Sæmundsson náttúrufræðing (1867–1940), Helga Pjeturss jarð-

fræðing (1872–1949), Knud Zimsen verkfræðing (1875–1953), Guðmund Finnbogason heimspeking (1873–1944), Ólaf Dan Daníelsson stærðfræðing, Jón Þorláksson verkfræðing (1877–1935), Ásgeir Torfason fyrsta íslenska efnafræðinginn (1871–1916) og Þorkel Þorkelsson eðlisfræðing (1876–1961).

Eflaust hefur það einnig haft veruleg og hvetjandi áhrif á þessa kynslóð menntamanna að á námsárum þeirra sveif andi sjálfstæðisbaráttunnar yfir vötnunum. Þá fluttu dönsk og önnur erlend blöð og tímarit fréttir af framförum og tækni í útlöndum og er ekki ólíklegt að ungir námsmenn hafi margir hverjir fylgst með þeim af áhuga og jafnvel lesið sér til um slík efni í erlendum bókum.³ Í þessu sambandi má benda á að í lok níttjándu aldar voru gerðar byltingakenndar uppgötvanir á sviði eðlisfræði og efnafræði, sem sagt var frá í blöðum nær samstundis. Sem dæmi má nefna að Wilhelm C. Röntgen (1845–1923) uppgötvaði geislana sem við hann eru kenndir árið 1895. Árið eftir uppgötvaði Henri Becquerel (1852–1908) náttúrulega geislavirkni og árið 1897 fann Joseph J. Thomson (1856–1940) rafeindina.⁴

Allir þessir stúdentar Lærða skólans sóttu háskólamenntun sína til Kaupmannahafnar. Til viðbótar má nefna Árna Pálsson sagnfræðing (1878–1952), Björgu C. Þorláksson heimspeking (1874–1934) og Ágúst H. Bjarnason heimspeking (1875–1952), sem reyndar lauk stúdentsprófi í Danmörku. Þeir Guðmundur, Ólafur, Jón, Ásgeir, Þorkell, Árni og Ágúst voru við háskólanám í Höfn á sama tíma, og allir sneru þeir aftur til Íslands að námi loknu.

Í Kaupmannahöfn lærði hópurinn heimspekileg forspjallsvísindi hjá Harald Høffding (1843–1931), fremsta heimspekingi Dana á þessum árum. Høffding lagði meðal annars áherslu á þátt raunvísinda í menningunni og heillaði stúdentana með víðsýni sinni og yfirgripsmikilli þekkingu á sögu heimspekinna. Að auki var hann mikið í sviðsljósinu í opinberu lífi og þeir Georg Brandes (1842–1927) voru taldir helstu menningarvitar Danmerkur á þessum tíma. Høffding átti jafnframt nán samskipti við ýmsa helstu raunvísindamenn Dana og hafði varanleg áhrif á marga nem-

² Danski Fjöllistaskólinn eða Fjölgreinaskólinn hét upphaflega Den polytekniske Læreanstalt og var hann stofnaður 1829. Árið 1933 var nafninu breytt í Danmarks Tekniske Højskole (DTH) og loks í Danmarks Tekniske Universitet (DTU) árið 1994. Nánari umfjöllun um Íslendinga sem stundað hafa nám við þennan merka skóla má t.d. finna hjá [8].

³ Það væri fróðlegt rannsóknarefni að kanna nánar bókaeign og tímaritaeign Landsbókasafnsins og bókasafns Lærða skólans á þessum tíma og athuga hverjir tóku að láni þau rit sem fjölluðu um raunvísindi, stærðfræði og tækni.

⁴ Þetta er talsverð einföldun eins og lesa má um hjá [11].

endur sína á því sviði, meðal annars eðlisfræðinginn Niels Bohr (1885–1962).⁵

Raunvísindamennirnir og verkfræðingarnir í hópi Íslendinganna lærðu allir stærðfræði og eðlisfræði hjá fremstu vísindamönnum Dana í þeim fræðum. Stærðfræðina kenndu þeir Hieronymus Georg Zeuthen (1839–1920) og Julius Petersen (1839–1910) og eðlisfræðina þeir Christian Christiansen (1843–1917) og Peter Kristian Prytz (1851–1929). Thorvald Nicolai Thiele (1838–1910) kenndi stjörnufræði og einnig stærðfræði. Þessum mönnum hafði tekist að gera Háskólann í Kaupmannahöfn samkeppnishæfan við flesta aðra háskóla í Evrópu í stærðfræði og eðlisfræði. Þeir voru og flestir, einkum þó Zeuthen og Petersen, vel þekktir alþjóðlega.

Þegar Ólafur Dan Daníelsson var við nám í Kaupmannahöfn voru flestir þessara fræðimanna komnir nokkuð við aldur. Um það leyti sem Ólafur lauk doktorsprófi árið 1909 má segja að kynslóðaskipti hafi verið að eiga sér stað í stærðfræði og raunvísindum í Danmörku. Zeuthen, Petersen, Thiele og Christiansen létu af störfum um 1910 og við tóku nýir og dugandi vísindamenn. Á næstu árum og áratugum urðu bræðurnir Niels og Harald Bohr (1887–1951) mest áberandi fulltrúar hinnar nýju kynslóðar, sérstaklega þó Niels, sem gerði Kaupmannahöfn að einni þekktustu miðstöð eðlisfræðirannsókna í heiminum eftir lok fyrri heimstyrjaldar.

3. Ólafur Dan Daníelsson

Í þessum kafla er sagt stuttlega frá ævi og störfum Ólafs Daníelssonar. Farið verður fljótt yfir sögu þar sem ítarlega er um ævi hans fjallað í bók stærðfræðinganna Guðmundar Arnlaugssonar og Sigurðar Helgasonar frá 1996 [14]. Þeir birta meðal annars ummæli nokkurra nemenda hans og samtímamanna um kennslu hans og persónu. Bókin inniheldur einnig lauslega umfjöllun um kennslubækur Ólafs og rannsóknir hans í stærðfræði, og þar eru birtar nokkrar greinar hans um rúmfræði, hinar þekktu ádeilugreinar um húmaníóru og tungumálafarganið, skákþrautir og ýmislegt annað áhugavert.

Ólafur Dan Daníelsson fæddist árið 1877 og varð stúdent frá Lærða skólanum 1897. Jákvað og hvetj-

⁵ Sjá t.d. [12]. Höfðing var aðalkennari þeirra Ágúst H. Bjarnasonar og Guðmundar Finnbogasonar í heimspekináminu og leiðbeinandi Ágúst í doktorsnámi. Í [13] er m.a. fjallað um dansk-íslenska menningarumhverfið um 1900.



Mynd 1. Ólafur Dan Daníelsson

andi áhrif Björns Jenssonar vöktu áhuga hans á stærðfræði, og þegar kom að háskólanámi í Kaupmannahöfn valdi hann sér hana sem aðalnámsgrein. Á því sviði voru helstu kennararnir þeir Zeuthen og Petersen eins og áður sagði, þótt aðrir kæmu einnig við sögu, svo sem Thiele, Christian S. Juel (1855–1935) og Herman Valentiner (1850–1913).⁶ Samkvæmt námsskipan sem þá var í gildi, þurfti Ólafur einnig að læra umtalsverða eðlisfræði hjá þeim Christiansen og Prytz og stjörnufræði hjá Thiele.⁷

Hæfileikar Ólafs á sviði stærðfræðinnar komu fljótt í ljós í Kaupmannahöfn. Strax árið 1900 birtist eftir hann stutt grein í *Nyt Tidsskrift for Matematik B* og árið eftir hlaut hann gullpening Háskólans fyrir ritgerð um rúmfræði.⁸ Árið 1904 varð Ólafur svo fyrstur

⁶ Harald Bohr lýsir þessum stærðfræðingum og kennslu þeirra í [16]. Bohr hóf háskólanám í stærðfræði 1904, sama ár og Ólafur útskrifaðist sem mag. scient., og varði doktorsritgerð sína í byrjun árs 1910, þremur mánuðum á eftir Ólafi. Um starf Zeuthens á sviði stærðfræðisögu má lesa hjá [17].

⁷ Thiele, sem var prófessor í stjörnufræði, er nú þekktastur fyrir verk sín í líkindareikningi og tölfraði.

⁸ Aðeins þrjár aðrir Íslendingar hafa hlotið gullpening Hafnarháskóla í stærðfræði: Stefán Björnsson árið 1793, Björn Gunnlaugsson tvisvar, 1818 og 1820, og Sigurður

Íslendinga til þess að hljóta háskólagráðu í stærðfræði (mag. scient.).

Ólafur kom heim til Íslands fljótlega að prófi loknu og kvæntist Ólöfu Sveinsdóttur (1881–1937) sama ár.⁹ Björn Jensson hafði þá nýlega látið af störfum og kennarastaðan í stærðfræði við Lærða skólann, sem nú hét reyndar Menntaskólinn í Reykjavík, var laus. Ólafur sótti um stöðuna, en fékk ekki. Í hana var ráðinn Sigurður Thoroddsen verkfræðingur. Hann hafði fyrstur Íslendinga lokið verkfræðiprófi og verið landsverkfræðingur um skeið.

Ekki er vitað við hvað Ólafur starfaði næstu árin, nema hvað hann stundaði ritstörf og vann meðal annars að doktorsritgerð sinni, sem hann svo varði í lok október 1909 [15]. Árið 1906 kom út *Reikningsbók* hans og 1908 hóf hann kennslu við hinn nýstofnaða Kennaraskóla þar sem hann kenndi til 1920. Á þessum árum hefur brauðstrit eflaust tekið vænan skerf af tíma Ólafs en grein hans um rúmfræði og afstæðiskenningu í *Skírni* 1913 sýnir að honum hefur samt tekist að fylgjast með nýjungum í fræðunum [1]. Frá upphafi vann hann ötullega að framgangi stærðfræðilegra vísinda á Íslandi og naut þar einkum stuðnings vinar síns Þorkels Þorkelssonar, sem lokið hafði námi í eðlisfræði í Kaupmannahöfn 1903 og síðan starfað þar um skeið þar til hann gerðist kennari við Gagnfræðaskólann á Akureyri 1908. Sem kunnugt er lauk fyrsta áfanganum í þeirri baráttu með stofnun stærðfræðideildar við Menntaskólann í Reykjavík árið 1919. Á lokasprettinum í því máli fengu þeir Ólafur og Þorkell mikilvægan stuðning frá Ágústi H. Bjarnasyni [14].

Ólafur var frá upphafi aðalkennarinn í stærðfræði við hina nýju deild og kenndi hana til 1941. Fyrstu átta árin sá Þorkell um kennsluna í eðlisfræði en hætti þá vegna anna, enda hafði hann verið skipaður fyrsti forstöðumaður Veðurstofu Íslands árið 1920. Þeir Ólafur og Þorkell áttu þó náðið samstarf mun lengur, því saman reiknuðu þeir *Almanak fyrir Ísland* í nær þrjú áratugi, á árunum 1923 til 1951. Var það í fyrsta sinn sem íslenskir vísindamenn komu að því verki, sem verið hafði í höndum danskra stjórnufræðinga frá því *Almanakið* kom fyrst út árið 1837.

Um það leyti sem stærðfræðideildin var stofnuð hófst virkt tímabil í lífi Ólafs. Þrátt fyrir annir við

Helgason 1951. Árið 1890 fékk Nikulás Runólfsson gullpening skólans í eðlisfræði [18].

⁹ Þau Ólafur og Ólöf eignuðust átta börn og náðu sex þeirra fullorðinsaldri.

kennslu og almanaksreikninga tókst honum á nokkrum árum að gefa út kennslubækurnar *Um flatarmyndir* (1920) og *Kennslubók í hornafræði* (1923) og birta þrjár greinar í *Tímariti Verkfræðingafélags Íslands*. Tvær þeirra fjölluðu um rúmfræði (1918 og 1924) og ein um takmörkuðu afstæðiskennninguna (1921) [2]. Einnig birtist eftir hann grein um báðar afstæðiskennningararnar í *Skírni* (1922) [3].

Árið 1925 sótti Ólafur þing norrænna stærðfræðinga í Kaupmannahöfn og hélt þar fyrirlestur, sem gefinn var út á prenti. Í kjölfarið birtist eftir hann grein í *Matematisk Tidsskrift A* (1926) og skömmu síðar hið þekktu rit *Kennslubók í algebru* (1927). Árið 1929 var stærðfræði lögð niður í máladeild Menntaskólans og í kjölfar þess ritaði Ólafur ádeilugreinarnar *Húmaníóra* (1929) og *Tungumálafarganið* (1930), sem birtust í *Tímariti Verkfræðingafélags Íslands*. Árið 1929 sat hann aftur þing norrænna stærðfræðinga, sem nú var haldið í Osló, og hélt fyrirlestur, sem út kom á prenti. Hann kom einnig að undirbúningi þingsins 1934 fyrir hönd Íslands. Á þessum árum birti hann fjórar greinar í *Mathematische Annalen* (1930, 1934, 1936 og 1937) og eina í *Matematisk Tidsskrift A* (1940) auk tveggja greina í *Tímariti Verkfræðingafélags Íslands*: *Hillingar* (1932) og *Almenna menntunin í skólunum* (1933). Síðar komu þrjár greinar í *Matematisk Tidsskrift A* (1945, 1948 og 1954) auk smágreina í *Tímariti Verkfræðingafélags Íslands*: *Snjóát* (1944 og 1945) og *Greinarkorn* (1946).

Árið 1935 réðst Ólafur í hlutastarf sem tryggingastærðfræðingur hjá Sjóvátryggingafélagi Íslands. Sex árum síðar hætti hann svo kennslu við Menntaskólann og flutti sig alveg yfir til Sjóvá þar sem hann starfaði til 1953.¹⁰ Hann lést í desember 1957.

4. Kenningar Einsteins

Greinar Ólafs frá 1913 [1] og 1921 [2] fjalla nær eingöngu um takmörkuðu afstæðiskennninguna, sem Einstein setti fram árið 1905 [19]. Umfjöllun Ólafs er þó ekki byggð á framsetningu Einsteins sjálfs, held-

¹⁰ Hjá Sjóvá störfuðu auk Ólafs þrír tryggingastærðfræðingar, þeir Brynjólfur Stefánsson (1896–1960), Árni Björnsson (1898–1978) og Kr. Guðmundur Guðmundsson (1908–1993), sem allir höfðu lokið námi í Kaupmannahöfn. Sjá umfjöllun í minningarritinu um Leif Ásgeirsson [74] og minningargrein Jóns R. Stefánssonar: Kr. Guðmundur Guðmundsson 1908–1993. *Fréttabréf íslenskra stærðfræðafélagsins*, 6, 1, 1994, bls. 4–6.

ur stýðst hann fyrst og fremst við fyrirlestur um rúm og tíma, sem stærðfræðingurinn Hermann Minkowski hélt árið 1908. Þar var hugtakið tímarúm innleitt í fyrsta sinn [20]. Grein Ólafs frá 1922 fjallar hins vegar um báðar kenningarar að hætti Einsteins [3].

Segja má að takmarkaða afstæðiskenningin hafi orðið til vegna erfiðleika sem upp komu í lok nítjándu aldar vegna víðtækrar þróunar á sviði rafsegulfræði, rafmagnstækni og ljósfræði. Eðlisfræðingum varð ljóst að rafsegulfræði Maxwells og aflfræði Newtons voru ósamrýmanlegar kenningar, sem táknaði meðal annars að sviðshugsun var farin að leysa fjarhrifseðlisfræði að hætti Newtons af hólmi [21, 22]. Margir merkir vísindamenn glímdu við þetta erfiða vandamál, en hér verða aðeins nefndir þeir þekktustu, hollenski eðlisfræðingurinn Hendrik A. Lorentz (1853–1928) og franskur stærðfræðingurinn Henri Poincaré (1854–1912). Báðum tókst að setja fram stærðfræðilega lýsingu á því hvað gera þyrfti til þess að leysa vandann. Eftir á að hyggja skorti þá fullnægjandi eðlisfræðileg rök fyrir hugmyndum sínum og báðir héldu þeir fast í ljósvakann, fræðilegt burðarefni rafsegulbylgna, sem þyrfti að fylla rúmið til þess að ekki kæmu fram mót-sagnir við aflfræði Newtons.

Einstein hjó á hnútinn árið 1905 með því að afneita tilvist algilds tíma og algilds rúms, sem eru grunnforsendur í aflfræði Newtons. Með því að gera ráð fyrir nýrri og byltingakenndri forsendu þess efnis, að hraði rafsegulbylgna sé hinn sami fyrir alla athugendur sem hreyfast með jöfnum innbyrðis hraða, sýndi hann fram á að rúm og tími eru afstæð hugtök. Af því leiðir að ljósvakinn er óþarfur. Niðurstaðan varð sú, að rafsegulfræði Maxwells stóð eftir óbreytt, en aflfræði Newtons var leyst af hólmi af nýrri kenningu um rúm og tíma, takmörkuðu afstæðiskenningunni. Rétt er þó að minna á, að takmarkaða afstæðiskenningin gefur því sem næst sömu niðurstöður og aflfræði Newtons ef hraði þeirra hluta, sem til athugunar eru hverju sinni, er líttill miðað við ljóshraðann. Það er aðeins þegar hraðinn fer að nálgast ljóshraðann sem veruleg frávik verða og er þá oft talað um afstæðilegan hraða og hrif.¹¹

¹¹ Tímamótgreinar Einsteins frá 1905 er m.a. að finna hjá [25]. Þar er ekki aðeins um að ræða fyrstu greinar hans um takmörkuðu afstæðiskenninguna, heldur einnig greinarar um ljósskammta og Browns-hreyfingu. Jafnframt fjallar ritstjórinn John Stachel ítarlega um hverja grein fyrir sig og setur þær í sögulegt samhengi. Mikilvægt er að hafa í huga, að þrátt fyrir byltingakenndar hugmyndir hvílir takmarkaða



Mynd 2. Albert Einstein í ársbyrjun 1906

Þrátt fyrir þennan merka áfanga var Einstein ekki fyllilega ánægður með takmörkuðu kenninguna. Honum fannst hún ekki ganga nógu langt, þar sem hún var einskorðuð við athugendur sem hreyfðust með jöfnum afstæðum hraða. Hann hóf því að útvíkka kenninguna, þannig að hún næði til allrar hreyfingar. Þegar árið 1907 fann hann lykil að lausninni, hugmynd sem hann gaf nafnið jafngildislögmálið og lýsir jafngildi þyngdar og tregðu. Hann notaði lögmálið til þess að leiða út svokallað þyngdarrauðvik og dró jafnframt þá ályktun að ljós hlyti að berast eftir sveigðum brautum í þyngdarsviði.¹²

afstæðiskenningin á sígildum grunni. Þar má einkum nefna rafsegulfræði Maxwells. Það er því athyglisvert að aðeins þremur og hálfum mánuði áður en fyrsta greinin um kenninguna var birt setti Einstein fram tilgátu sína um ljósskammta, en hún gengur í berhöggi við sígilda rafsegulfræði sem gerir ráð fyrir að ljós sé bylgjuhreyfing. Það er því nokkuð ljóst að hugmyndin um tvíeðli ljóssins, sem hafði veruleg áhrif á þróun skammtakenningarinnar, er í rauninni falin í greinum Einsteins frá 1905.

¹² Einstein fjallar um jafngildislögmálið í 20. kafla bókar sinnar um afstæðiskenninguna [4]. Ljóssveigjuna ræðir hann í 22. kafla og einnig á bls. 153–155 en þyngdarrauðvikiki á bls. 156–159. Sjá einnig umfjöllun um ljóssveigju og þyngdarlinsur hjá [26].

Jafngildislögmálið eitt sér ákvarðar áhrif þyngdarinnar á hvaða kerfi sem er, en gefur ekki lýsingu á sjálfu þyngdarsviðinu. Til þess þarf svokallaðar sviðsjöfnur og átta ár liðu þar til Einstein fann þær jöfnur sem nú eru við hann kenndar. Til þess þurfti hann að beita stærðfræðilegri framsetningu í anda Minkowskis, til-einka sér deildarúmfræði og þinareikning og jafnframt tengja þyngdarsvið við sveigju fjórvíðs tímarúms.¹³

Með því að beita sviðsjöfnunum leiddi Einstein út formúlu fyrir sveigju ljóss í þyngdarsviði og útskýrði hvers vegna snúningur Merkúrúfusar um sólina var ekki fyllilega í samræmi við kenningu Newtons um þyngdaraflið, atriði sem hafði verið mönnum ráðgáta frá því á níttjándu öld. Eftir að aðalgrein hans um almennu afstæðiskenninguna kom út árið 1916 [23] spáði hann fyrir um svokallaðar þyngdarbylgjur, fyrirbæri sem reyndar hefur ekki enn tekist að finna með beinum mælingum.¹⁴ Í byrjun árs 1917 setti hann svo fram fyrsta heimslíkanið byggt á almennu afstæðiskenningunni og kynnti til sögunnar hinn umdeilda heimsfasta [28].¹⁵

Í lok ársins 1919 komst Einstein skyndilega í sviðsljósið, þegar breskir vísindamenn með stjörnufræðinginn og stjarnæðlisfræðinginn Arthur S. Eddington (1882–1944) í broddi fylkingar skýrðu frá mælingum á sveigju ljóss í þyngdarsviði sólarinnar. Sveigjuna höfðu þeir mælt við almyrkva á sólu 29. maí sama ár og fengið niðurstöðu sem var í samræmi við spá Einsteins, en í mótsögn við þyngdarfræði Newtons. Á skömmum tíma komst nafn Einsteins á hvers manns varir og frægðarsól hans tók að rísa utan vísindasamfélagsins.¹⁶

¹³ Sjá nánari umfjöllun um þetta efni hjá Einstein [4].

¹⁴ Sjá t.d. umfjöllun hjá [27] þar sem vísað er á frekari heimildir.

¹⁵ Um áhrif heimsfastans á heim í útþenslu er t.d. fjallað hjá [29].

¹⁶ Skýrt var frá niðurstöðum sólmyrkvamælinganna á frægum fundi í London 6. nóvember 1919, sem Konunglega breska vísindafélagið (Royal Society) og Konunglega breska stjarnvísindafélagið (Royal Astronomical Society) stóðu að í sameiningu. Dagana 19. til 24. nóvember mátti lesa í íslenskum dagblöðum: „Símað er frá London að stjörnufræði- og eðlisfræði-félagið enska hafi fallist á kenningar þýska prófessorsins Einsteins, sem eru andvígur kenningum Newtons og kollvarpa jafnvel þyngdarlögmálskenningunum.“ Fjallað er nánar um sólmyrkvamælingarnar og tilraunir Eddingtons til þess að draga úr hatri og tortryggni meðal vísindamanna

5. Viðtökur

5.1. Mið-Evrópa, Bretland og Bandaríkin

Þýskir, hollenskir og austurrískir eðlisfræðingar voru tiltölulega fljótir að taka við sér eftir að grein Einsteins um takmörkuðu afstæðiskenninguna kom út árið 1905. Það var fyrst og fremst að þakka Max Planck (1858–1947), einum virtasta eðlisfræðingi Þjóðverja á þeim tíma. Planck tók kenningunni strax fagnandi og kynnti hana við hvert tækifæri. Hið sama má segja um Lorentz í Hollandi. Ekki leið því á löngu þar til aðrir eðlisfræðingar hófu rannsóknir á sviði afstæðiskenningarinnar. Má þar til dæmis nefna menn eins og Max Abraham (1875–1922), Max Born (1882–1970), Paul Ehrenfest (1880–1933), Jakob J. Laub (1872–1962), Max von Laue (1879–1960), Gustav Mie (1868–1957), Arnold Sommerfeld (1868–1951), og Wilhelm Wien (1864–1928). Árið 1908 setti Minkowski fram hugmyndir sínar um tímarúmið [20] og þá fengu stærðfræðingar eins og Felix Klein (1849–1925) og David Hilbert (1862–1943), sem voru vel að sér í eðlisfræði, einnig áhuga á kenningu Einsteins.

Árið 1909 hafði Einstein þegar snúið sér að öðrum verkefnum, svo sem almennu afstæðiskenningunni og frekari rannsóknnum í skammtafræði. Hann fjallaði þó oft um takmörkuðu afstæðiskenninguna síðar, bæði í ræðu og riti. Þegar Sommerfeld var beðinn um að halda yfirlitserindi um kenninguna á fyrstu Solvay-ráðstefnunni árið 1911, svaraði hann því til, að hún væri þegar orðin órjúfanlegur hluti eðlisfræðinnar og brýnna væri að ræða aðra hluti, eins og skammtahugtakið og eðli ljóssins, sem hann og gerði.¹⁷

Segja má að Sommerfeld hafi hitt naglann á höfuðið, því árið 1911 kom út fyrsta kennslubókin í takmörkuðu afstæðiskenningunni. Höfundurinn var Max von Laue. Sama ár birtist einnig fyrsta alþýðlega ritið um þessar nýju hugmyndir eftir Emil Cohn (1854–1944) [35]. Báðar bækurnar komu út í mörgum útgáfum og bækur eftir aðra höfunda fylgdu í kjölfarið.

Einstein birti fyrstu alþýðlegu grein sína um afstæðiskenninguna árið 1914 [36], samtímis því að hann mótaði almennu kenninguna. Árið 1917 skrifaði

í lok fyrri heimsstyrjaldar hjá [30] og í 9. kafla hjá [31]. Sjá einnig [38], bls. 73–74.

Þeim sem vilja kynna sér sögu takmörkuðu og almennu afstæðiskenninganna frekar má t.d. benda á [21].

¹⁷ Um þessa sögu er fjallað frekar hjá [32, 33]. Sjá einng yfirlit í 7. kafla hjá [34].

hann þá bók um afstæðiskenninguna, sem hvað vinsælust hefur orðið meðal leikmanna. Bókin hefur verið þýdd á fjölda tungumála, meðal annars á íslensku [4].

Frá upphafi brugðust fremstu eðlisfræðingar og stærðfræðingar Þýskalands vel við almennu afstæðiskenningunni. Stjörnufræðingurinn og stjarnaeðlisfræðingurinn Karl Schwarzschild (1873–1916) fann fljótlega fyrstu lausnina á sviðsjöfnum Einsteins og ýmsir aðrir fræðimenn helltu sér út í rannsóknir á kenningunni. Einna fremstur í þeim hópi var stærðfræðingurinn Hermann Weyl (1885–1955), sem meðal annars skrifaði merka bók um rúm, tíma og efni árið 1918 [37] og þróaði sameinaða sviðskenningu á næstu árum.¹⁸

Eftir að Einstein var orðinn heimsfrægur kepptust sérfræðingar í afstæðiskenningunum við að útskýra þær, bæði fyrir öðrum fræðimönnum og almenningi. Í því sambandi má til dæmis nefna bók Max Borns fyrir upplýsta leikmenn frá 1920, yfirlitsgrein Wolfgang Paulis (1900–1958) fyrir fræðimenn frá 1921 og fyrstu kennslubókina í almennu afstæðiskenningunni eftir Max von Laue frá 1921 [39].

Hugmyndir Einsteins og Minkowskis hleyptu nýju blóði í umræðuna um grundvallaratriði eins og rúm, tíma, efni og alheim. Á þessum tíma voru samfélög eðlisfræðinga, stærðfræðinga og heimspekinga enn tiltölulega lítil og því fleiri tækifæri en nú fyrir skoðanskripti milli ólíkra fræðasamfélaga. Í Þýskalandi átti heimspeki í anda Kants miklu fylgi að fagna. Innan hennar, sem og í heimspeki Immanuel Kants (1724–1804) sjálfs, gegndu hugtökin rúm og tími lykilhlutverki. Því er ekki að furða að verk Einsteins hafi ögrað þýskum heimspekingum á fyrstu áratugum tuttugustu aldar og orðið mikilvæg kveikja að tilurð og þróun rökgreiningarheimspeki [40].

Saga Einsteins og afstæðiskenninganna tveggja er öðrum þræði saga uppgangs kennilegrar eðlisfræði. Um aldamótin 1900 voru kennilegir og stærðfræðilegir eðlisfræðingar enn fáir á heimsvísu. Max Planck var einn þeirra en í heimalandi hans, Þýskalandi, réðu tilraunaeðlisfræðingar ríkjum í háskólum og öðrum stofnunum þar sem eðlisfræði var stunduð. Í lok fyrri heimsstyrjaldar sáust þess hins vegar skýr merki að vegur kennilegrar eðlisfræði færi vaxandi. Nóbelsverðlaun í eðlisfræði til Plancks 1918, Einsteins

1921 og Bohrs 1922 eru dæmi um þetta. Margir eðlisfræðingar af eldri kynslóðinni áttu erfitt með að setta sig við þessa „byltingu“ og börðust ákaft gegn henni bæði innan og utan eðlisfræðisamfélagsins. Á meðal þeirra voru Þjóðverjarnir Philipp Lenard (1862–1947) og Johannes Stark (1874–1957) sem báðir hlutu Nóbelsverðlaun í eðlisfræði, Lenard 1905 og Stark 1919. Þeir höfðu ímugust á Gyðingum og sú andúð breyttist í Gyðingahatur í rústum þýska keisaraveldisins. Lenard og Stark reyndu að sækja sér liðsauka utan vísindasamfélagsins til að rétta hlut sinn og sígildrar eðlisfræði. Einstein var kjörinn skotspónn þar sem hann var kennilegur eðlisfræðingur, friðarsinni og Gyðingur. Með valdatöku nasista varð hann brottrækur frá Þýskalandi árið 1933 [41].

Í öðrum löndum en Þýskalandi var misjafnt hversu fljótt afstæðiskenningin náði fótfestu. Í Bretlandi reið eðlisfræðingurinn Ebenezer Cunningham (1881–1977) á vaðið árið 1907, og sjö árum síðar gaf hann svo út fyrstu bókina þar í landi um takmörkuðu afstæðiskenninguna. Það var hins vegar ekki fyrr en Eddington kom til sögunnar, að afstæðiskenningin fékk byr undir báða vængi á Bretlandseyjum. Þar bar hæst umræðuna í kringum sólmyrkvamælingarnar árið 1919. Árið eftir gaf Eddington svo út vandað alþýðlegt rit um rúm, tíma og þyngd, sem náði miklum vinsældum víða um heim [43].¹⁹

Í Bandaríkjunum beittu eðlisefnafræðingarnir Gilbert N. Lewis (1875–1946) og Richard C. Tolman (1881–1948) takmörkuðu afstæðiskenningunni í rannsóknnum sínum árið 1909. Það var síðan bandaríski stærðfræðingurinn Robert D. Carmichael (1879–1967) sem ritaði árið 1912 fyrstu bókina um kenninguna sem út kom á ensku [44].²⁰

Í öðrum löndum var einnig tiltölulega fljótt farið að glíma við afstæðiskenninguna, til dæmis í Rússlandi.²¹ Í Frakklandi áttu kenningar Einsteins þó lengi nokkuð örðugt uppdráttar, þrátt fyrir að ýmsir þekktir franskir eðlisfræðingar og stærðfræðingar tækju þeim opnum örmum. Fremstur í flokki fylgismanna var eðlisfræðingurinn Paul Langevin (1872–1946), sem snemma fór að vinna að takmörkuðu afstæðiskenningunni og birti um hana vandaða yfirlitsgrein árið 1911 [45]. Einnig

¹⁸ Varðandi bakgrunn rannsókna Weyls og tengsl þeirra við vísindasamfélagið í Göttingen og Zürich, hruns austurríska og þýska keisaraveldisins, og sögu Weimar-lýðveldisins, sjá [38].

¹⁹ Nánar má lesa um viðtökur í Bretlandi hjá [33], bls. 221–240, í 8. og 9. kafla hjá [31] og hjá [42], bls. 27–58.

²⁰ Um viðtökur Bandaríkjamanna má t.d. lesa hjá [33], bls. 241–319, og hjá [42], bls. 1–26.

²¹ Sjá t.d. [42], bls. 265–326.

má nefna að hinn kunnir franskir stærðfræðingar Elie Cartan (1869–1951) glímdi óbeint við afstæðiskenn-
inguna í ýmsum verkum sínum.²²

Fræðileg umfjöllun um afstæðiskennunguna náði hámarki í kringum 1920. Eftir þann tíma sneru eðlisfræðingar sér í auknum mæli að skammtafræði, kjarn-
eðlisfræði og skammtarafsegulfræði. Á eftirstríðsár-
unum varð breyting á hvað almennu afstæðiskenn-
inguna og heimsfræði varðar. Orsakirnar eru marg-
þættar. Eðlisfræðisamfélagið varð margfalt stærra en
fyrir seinna stríð, aðferðir á sviði stærðfræðilegrar
eðlisfræði voru orðnar mjög fágáðar og fjárstuðning-
ur ríkulegur. Öflug tilraunataekni gerði það að verk-
um að upp úr 1960 var hægt að framkvæma til-
raunir á jörðu niðri sem staðfestu þyngdarrauðvik.
Geimrannsóknnum hafði einnig vaxið fiskur um hrygg.
Á árunum 1963 til 1967 fundust nýstárleg fyrirbæri í
geimnum, sem ekki var hægt að útskýra á fullnægj-
andi hátt án almennu afstæðiskennningarinnar. Þar var
um að ræða dulstirni, tífstjörnur og örbylgjuklið. Í
kjölfarið fylgdu auknar rannsóknir í stjarnedeðlisfræði
og heimsfræði. Undanfarin fjörutíu ár hefur almenna
afstæðiskenningin ekki síður verið í brennidepli eðlis-
fræði en skammtafræði. Tilraunir kennilegra eðlis-
fræðinga til þess að sameina þessar tvær kenningar í
þyngdarskammtafræði hafa aukið áhugann á almennu
afstæðiskenninguinni auk þess sem hennar er þörf í
GPS-staðsetningartækni [47].²³

5.2. Norðurlönd

Finnski eðlisfræðingurinn Gunnar Nordström (1881–
1923) varð fyrstur Norðurlandabúa til að stunda rann-
sóknir í afstæðiskenninguinni. Eftir nám í Göttingen
kynnti hann sænskumælandi löndum sínum takmörk-
uðu kenninguna árið 1909 á mjög ítarlegan hátt.
Hann setti fram kenninguna að hætti Einsteins og út-
færði þá framsetningu nánar með hliðsjón af fram-
lagi Minkowskis, auk þess að ræða um tengsl við til-
raunaniðurstöður [48].

Í Svíþjóð birtist fyrsta alþýðlega greinin um af-
stæðiskennunguna árið 1912 og átta árum síðar kom
fyrsta bókin út [49]. Umfjöllunin í Svíþjóð var þó með
talsvert öðrum hætti en annars staðar á Norðurlöndum.

²² Fjallað er ítarlega um viðtökur afstæðiskennningarinnar í
Frakklandi hjá [33], bls. 205–220, og hjá [42], bls. 113–167
og 169–188. Sjá einnig [46].

²³ Almennit yfirlit um þessa þróun er að finna hjá [34].

Ástæðan var meðal annars sú, að margir af helstu til-
raunaeðlisfræðingum þjóðarinnar, sem flestir störfuðu
í Uppsölum, voru lengi mótfallnir afstæðiskenn-
unni og börðust gegn henni.²⁴ Þetta viðhorf breyttist þó
smám saman, ekki síst eftir að einn fremsti eðlisfræð-
ingur Svía, Oskar Klein (1894–1977), kom til starfa
í Svíþjóð árið 1922, eftir að hafa meðal annars unnið
um skeið með Niels Bohr í Kaupmannahöfn. Einnig
má minna á að Einstein hlaut Nóbelsverðlaunin í eðlis-
fræði árið 1921 fyrir hina byltingakenndu kenningu
sína um ljósskammta, sem hann notaði meðal annars
til að útskýra svokallað ljósraffos.²⁵

Fyrsta fræðilega yfirlitsgreinin um takmörk-
uðu afstæðiskennunguna á dönsku kom út árið
1912. Þar var að verki eðlisfræðingurinn Hans M.
Hansen (1880–1956), síðar próffessor við Háskólann
í Kaupmannahöfn. Í kjölfar greinar hans urðu fjörugar
umræður um kenninguna í tímaritinu *Fysisk Tidsskrift*.
Það var svo eðlisfræðingurinn Helge Holst (1871–
1944) sem gaf út fyrstu alþýðlegu bókina um afstæðis-
kennunguna árið 1920. Hollenski eðlisfræðingurinn
Hendrik A. Kramers (1894–1952), sem var einn helsti
lærisveinn og samstarfsmaður Bohrs, hélt fyrstu fyr-
irlestrana um kenningar Einsteins við Hafnarháskóla
veturinn 1920 til 1921 og skrifaði einnig vandaða yf-
irlitsgrein fyrir leikmenn. Annar lærisveinn Bohrs og
einn þekktasti eðlisfræðingur Dana á tuttugustu öld,
Christian Møller (1904–1980), skrifaði svo sínar fyrstu
greinar um efnið allmörgum árum síðar [51].

Norski eðlisfræðingurinn Vilhelm Bjerknes (1862–
1951) hélt erindi um afstæðiskennunguna í hinu ný-
stofnaða norska eðlisfræðifélagi árið 1910. Tveimur
árum síðar var svo fjallað um efnið í *Norsk
Konversations Leksikon*. Árið 1918 hélt eðlisfræð-
istúdentinn Ole Colbjørnsen (1897–1973) erindi um
almennu kenninguna og á næstu árum birtust ýmsar
alþýðlegar greinar um Einstein og kenningar hans. Á
svipuðum tíma komu einnig út fyrstu norsku bækurnar
um afstæðiskennunguna. Í hópi höfunda voru meðal
annars eðlisfræðingarnir Johan P. Holtmark (1894–
1975) og Thorstein Wereide (1882–1969) ásamt
bræðrunum Kristian Schjelderup (1894–1980) og
Harald K. Schjelderup (1895–1974) [52].

Þegar þau ártöl sem hér hafa verið nefnd eru bor-
in saman má sjá að grein Ólafs Daníelssonar frá 1913
er með fyrstu alþýðlegu greinum um takmörkuðu af-

²⁴ Um viðtökurnar í Svíþjóð er fjallað ítarlega hjá [50].

²⁵ Sjá t.d. [25].

stæðiskenninguna sem út komu, að minnsta kosti á Norðurlöndum. Hann hefur því haft nokkuð góð tækifæri til að fylgjast með þróun mála erlendis.

6. Greinar Ólafs

Um 1900 bar nýjungar í eðlisfræði, efnafræði og tækni stöku sinnum á góma í íslenskum blöðum og tímaritum. Fyrsti íslenski eðlisfræðingurinn Nikulás Runólfsson (1851–1898) skrifaði stutta grein um Röntgengeisla í *Eimreiðina* 1896 og Jón Þorláksson, þá verkfræðinemi, sagði frá ýmsum nýmælum, þar á meðal nýjum frumefnum, í sama riti árið 1899 [53]. Fréttir af kælitækni og fljótandi lofttegundum birtust í tímaritinu *Hauki* og víðar og einnig má finna stuttar frásagnir af uppgötvunum Edisons og þráðlausum fjarskiptum í íslenskum ritum frá þessum tíma.

Árið 1910 birti Þorvaldur Thoroddsen náttúrufræðingur athyglisverða grein í *Eimreiðinni* þar sem meðal annars er fjallað um atóm, sameindir og geisla-virkni og sagt frá rafeindinni. Að auki ræðir Þorvaldur um þyngdaraflið og ljósvakann.²⁶ Sama ár skrifaði Ágúst H. Bjarnason um svipað efni í *Skírni*, en hvorki hann né Þorvaldur minnst á afstæðiskenningu eða skammtahugtakið [54].

Næstu þrjú árin virðist ekkert hafa verið skrifað um eðlisfræði fyrir íslenskan almenning og grein Ólafs Daníelssonar í *Skírni* árið 1913 hefur því væntanlega þótt nokkuð óvenjuleg og efnið nýstárlegt. Menn könnuðust þó vel við Ólaf vegna kennslubókar hans í reikningi og eins höfðu birst fréttir af doktorsvörn hans árið 1909 í íslenskum blöðum [15].

6.1. Skírnisgreinin 1913

Þótt titillinn „Ýmsar skoðanir á eðli rúmsins“ vísi að eins til rúmhuftaksins þá fjallar grein Ólafs [1] bæði um rúm og tíma.²⁷ Í fyrri hlutanum ræðir hann um heimspekilegar undirstöður rúmfræðinnar og byggir þar fyrst og fremst á hugmyndum þýska eðlisfræðingsins og lífeðlisfræðingsins Hermanns von Helmholtz (1821–1894) um rúmshugmyndir og mælingar, sem mikið höfðu verið til umræðu meðal fræðimanna á seinni

²⁶ Um Þorvald Thoroddsen og hugmyndaheim hans má m.a. lesa hjá [55].

²⁷ Ólafur lauk við greinina í júnímánuði 1913. Nær þrjátíu árum áður hafði Grímur Thomsen (1820–1896) birt ítarlega heimspekilega umfjöllun um hugtökin rúm og tíma [56]. Sagt er frá öðrum ritsmíðum íslenskra höfunda um þetta efni hjá [7].

hluta nítjándu aldar. Hann tekur fyrir hið þekktu dæmi Helmholtz um spegilmyndir okkar í kúluspegli og útskýrir á skemmtilegan hátt hvernig spegilmyndirnar myndu skynja veröld sína, ef þær væru á annað borð skyni gæddar. Öll skynjun þeirra og mælingar gæfu til kynna að heimur þeirra væri evklíðskur, en að við byggjum hins vegar í sveigðum heimi. Þetta hugverk Helmholtz er venjulega talið eitt fyrsta dæmið um það sem heimspekingar kalla stundum rúmfræðilegt afstæði (e. *relativity of geometry*) [58].²⁸

Ólafur notar dæmi Helmholtz sem stökkpall fyrir kynningu á óevklíðskri rúmfræði. Hann kafar þó ekki djúpt í það efni og lætur sér nægja að fjalla stuttlega um forsendu Evklíðs um samsíða línur og rétt nefnir hvað gerist ef hún er ekki uppfyllt.

Í seinni hluta greinarinnar, sem fjallar um takmörkuðu afstæðiskenninguna, byrjar Ólafur á því að ræða almennt um afstæða hreyfingu og afstæðan hraða. Þá segir hann að á síðustu árum hafi „sú kenning rutt sér til rúms, að *tíminn væri afstæður*, á sinn máta eins og hraðinn“ og ástæðan sé sú „að menn gátu á engan hátt skilið niðurstöður af ýmsum tilraunum um útbreiðslu ljóssins.“ Hann nefnir sérstaklega tilraun Alberts A. Michelsons (1852–1931) og niðurstöður hennar, en eins og kunnugt er brutu þær í bága við sígilda eðlisfræði.

Síðan tekur Ólafur einfalt dæmi um tvo menn, annan kyrrstæðan á brekkubrún og hinn sem gengur með jöfnum hraða niður brattann. Báðir fylgjast þeir með vagni sem rennur óhindrað og með sívaxandi hraða niður brekkuna. Ef framrás tímans er háð hraða athugandans ætti vagninn að hafa mismunandi hröðun miðað við mennina tvo, þótt aflfræði Newtons segi að hún sé hin sama. Þetta þykja Ólafi nokkur tíðindi sem vonlegt er. Næst nefnir hann að önnur afleiðing kenningarinnar sé sú „að lengdareiningin [sé] líka afstæð“ og „ef metrakvarði hreyfist í stefnu sína, mælist

²⁸ Dæmið er úr fyrirlestri Helmholtz frá 1870 og tengist rannsóknnum hans á undirstöðum óevklíðskrar rúmfræði [57]. Ólafur kann að hafa lesið einhver rit eftir Helmholtz sjálfan eða kynnst hugmyndum hans í bókum eins og *An Essay on the Foundations of Geometry* (Cambridge 1897) eftir breska heimspekinginn Bertrand Russell og *Vor Naturerkjendelse: Bidrag til en Matematikens og Fysikens Theori* (Kaupmannahöfn 1883) eftir danska heimspekinginn Kristian Kroman (1846–1925). Hann var prófessor í heimspæki við Hafnarháskóla á námsárum Ólafs og hafði mikinn áhuga á stærðfræði og eðlisfræði. Hann hafnaði þó óevklíðskri rúmfræði og síðar kenningu Einsteins.

þeim sem kvarðanum fylgir, eða er afstætt kyr gagnvart honum, hann auðvitað vera 1 m, en öðrum sem er á hreyfingu gagnvart honum, mælist hann styttri.“ Í framhaldinu segir hann svo: „... þá breyta hlutirnir sér við hreyfingu, og minnir þetta eigi all-lítið á myndirnar á kúluspeglinum. Það er því ekki að furða þó að þýzkur stærðfræðingur, Minkowski að nafni, sem nú er nýlega dáinn, tæki að nýju spurninguna um eðli rúmsins til meðferðar.“²⁹

Undir lok greinarinnar gerir Ólafur örstutta grein fyrir hugmyndum Minkowskis um fjórvítt tímarúm.³⁰ Meðal annars kynnir hann til sögunnar tímahnit Minkowskis, *ict*, þar sem *t* er tíminn, $c = 300.000$ km/sek er ljóshraðinn og *i* er hið þekkta tákni fyrir tvinnötöluna $\sqrt{-1}$. Einingar lengdar og tíma eru þar af leiðandi tengdar með formúlunni 300.000 km = $\sqrt{-1}$ sek, sem Ólafur telur að þyki „nú líklega fremur dulræn; en þeir sem þekkja töluna $\sqrt{-1}$ til nokkurrar hlítar, verða naumast hissa á neinu sem úr þeirri átt kemur.“ Lýsingin „dulræn formúla“ er nákvæmlega hin sama og Minkowski notaði í fyrirlestri sínum árið 1908, þar sem hann talaði um „die mystische Formel“ [20].³¹ Alveg í lokin minnst Ólafur svo á það, að hann hafi nýlega séð „að alkunnur þýskur stærðfræðingur, Klein að nafni, hafi snúið tímarúmi Minkowskis yfir í „hýperbólutímarúm“, og hafi honum þannig hepnast að gera formúlur Minkowskis miklu einfaldari. En það er einmitt það sem mest er undir komið. Það er örðugt að segja hvaða rúmfræði sé sú rétta, en vér höldum oss að þeirri sem einföldust er og bezt hjálparmeðal til þess að lýsa þeim fyrirbrigðum, en vér viljum skýra fyrir oss.“³²

Svo stutt er umfjöllun Ólafs um takmörkuðu afstæðiskenninguna að ólíklegt er að lesendur hans árið 1913, sem væntanlega voru þarna að kynnast efninu í fyrsta sinn, hafi haft af henni mikið gagn. Hins vegar kann greinin að hafa vakið áhuga einhverra á því að

kynna sér kenninguna nánar í erlendum ritum. Að auki koma þar fyrir í fyrsta sinn íslensk orð, sem enn eru notuð, svo sem afstæði, afstæðiskenning og tímarúm.

Það vekur nokkra athygli, þegar grein Ólafs er lesin, að Einstein kemur þar hvergi við sögu. Ekki er heldur minnst á þá Lorentz og Poincaré. Þetta bendir til þess að Ólafi hafi ekki verið vel kunnugt um verk þeirra á þessu sviði. Eins er þetta vísbending um það að í fyrstu hafi fréttir af takmörkuðu afstæðiskenningunni almennt borist eftir öðrum leiðum til stærðfræðinga en eðlisfræðinga. Hjá mörgum stærðfræðingum virðist áherslan fyrst og fremst hafa verið á framsetningu Minkowskis, en flestir eðlisfræðingar fjölluðu um kenninguna að hætti Einsteins. Í hinum tæknilega fyrirlestri Ólafs árið 1921 um takmörkuðu kenninguna er Minkowski enn í aðalhlutverki þótt Einstein komi einnig við sögu [2]. Ári síðar gefur Ólafur hins vegar Einstein allan heiðurinn af afstæðiskenningunum tveimur [3].

Ekki er að sjá að grein Ólafs frá 1913 hafi vakið mikil viðbrögð. Fjórum árum síðar var þó vitnað í hana. Það gerði Þorvaldur Thoroddsen í *Ársriti hins íslenska fræðafélags í Kaupmannahöfn*. Þar segir neðanmáls á bls. 33: [Í grein Ólafs] „er sjerstaklega talað um tímarúm eða afstæðiskenninguna, sem töluvert hefur verið deilt um á seinni tímum. Sleppum vjer hjer að geta þess, sem þar er skráð, en vísun í þá ritgjörð.“ Þessi ritsmíð Þorvalds var síðust fjögurra greina hans um stjörnufræði og heimsfræði, sem birtust á árunum 1916 til 1917 [60]. Við skriftirnar hefur hann á nokkrum stöðum stuðst við erlend fræðslurit, sem greinilega hafa verið komin talsvert til ára sinna.

Fjögur ár liðu þar til næst var fjallað um afstæðiskenninguna á prenti hér á landi og þar var Ólafur Daníelsson aftur á ferðinni.

6.2. Fyrirlestur í Verkfræðingafélaginu

Í febrúar 1921 hélt Ólafur Daníelsson erindi hjá Verkfræðingafélagi Íslands þar sem hann fjallaði ítarlega um takmörkuðu afstæðiskenninguna. Fyrirlesturinn birtist sama ár í tímariti félagsins [2].

Umfjöllun Ólafs er að mestu byggð á „Raum und Zeit“, fyrirlestri Minkowskis frá 1908 [20]. Hann tekur þó tvö dæmi úr hinni þekktu bók Einsteins frá 1917: *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie* [4]. Annað þeirra fjallar um samtímahugtakið, en hitt um skýringu afstæðiskenningarinnar á tilraunaniðurstöðu Hippolytes Fizeaus (1819–

²⁹ Minkowski lést úr bráðri botnlangabólgu árið 1909.

³⁰ Tímarúm (e. spacetime) er fjórvítt rúm með þremur rúmásnum og einum tímaás. Þetta rúm hentar mjög vel til notkunar í takmörkuðu afstæðiskenningunni og er ómissandi í þeirri almennu. Minkowski notaði sjálfur þýska orðið *Welt* fyrir tímarúm.

³¹ Þetta var líklega í annað sinn sem minnst var á tvinnötölum (e. complex numbers) í íslenskrum ritsmíð. Áður hafði Björn Gunnlaugsson fjallað um slíkar tölur í bók sinni *Tölvísi* frá 1865 [7].

³² Hér er Ólafur sennilega að vísa í grein eftir Felix Klein frá 1910 [59].



Mynd 3. Hermann Minkowski

1896) um hraða ljóss í rennandi vatni. Að auki útskýrir Ólafur í upphafi tilraun Michelsons, og er samsvarandi umfjöllun hvorki að finna hjá Minkowski né Einstein. Hún er þó hefðbundin og hana má finna í mörgum ritum um afstæðiskenninguna frá þessum tíma.

Ólafur fer nokkuð vandlega yfir hinn tæknilega fyrirlestur Minkowskis. Ekki er þó um hreina endursögn að ræða, heldur notar Ólafur þá stærðfræði sem ætla má að verkfræðingar hafi almennt á sínu valdi, til þess að útskýra hugmyndir Minkowskis um fjórvítt tímarúm og helstu niðurstöður hans. Í lokin leiðir hann út hina þekktu niðurstöðu Einsteins um samband orku og massa: „Liðurinn mc^2 ætti þá að vera orka massans sjálfs. Menn hugsa sjer að það sje eitthvað af þeirri orku, sem losast við radioaktíva geislun. Massi og orka er þannig mjög nátengt; ef massinn m , sem hefir orkuna mc^2 , fær án þess að hreyfast, t.d. við hitun orkuna E ... er eins og massinn aukist um E/c^2 .“

Árið 1913 hafði Ólafur kynnt nýyrðin afstæði, afstæðiskenning og tímarúm. Nú stingur hann einnig upp á nokkrum nýyrðum, en þau eiga það flest sameiginlegt að hafa ekki náð að festast í málinu. Sem dæmi má nefna orð eins og tímalínu fyrir það sem við nú köllum heimslínu eða söguferil, ginkeilu fyrir ljóskeilu og sér-tíma fyrir eigintíma. Þrátt fyrir þessar ágætu tillögur er mikið af erlendum slettum í greininni og í neðanmálgrein afsakar Ólafur þær svo: „Jeg verð annars að biðja afsökunar á málinu á þessari grein. Það eru ekki tiltök að mynda í snatri orð yfir öll þau fræðinöfn, sem í henni koma fyrir. Greinin mundi verða enn þyngrri

aflestrar, enda festast slík nýyrði ekki í málinu, fyr en þau koma í íslenskum kenslubókum.“

Fyrirlestur Ólafs er vel upp byggður og framsetningin mjög skýr. Því má ætla að hann hafi fallið í góðan jarðveg. Bæði var að Ólafur þótti frábær fyrirlesari og kennari og eins var áhugi á Einstein mikill eftir sólmyrkvamælingarnar 1919. Til vitnis um það má nefna, að til viðbótar þessum fyrirlestri Ólafs og almennum fyrirlestri hans 1922 birtust á árunum 1921 til 1922 tvær aðrar greinar um Einstein og kenningar hans í íslenskum tímaritum. Þær voru báðar þýddar, önnur úr norsku eftir eðlisfræðinginn Johan P. Holtsmark [52], hin úr þýsku eftir rithöfundinn og útgefandann Alexander Moszkowski (1851–1934).³³ Greinarnar fjalla einkum um almennu afstæðiskenninguna, ljóssveigjuna og sólmyrkvamælingarnar 1919 og afstæðileg áhrif á braut Merkúrísar. Holtsmark fer þó dýpra í efnið en Moszkowski og ræðir að auki um frumatriði takmörkuðu afstæðiskenningarinnar.

Einnig má geta þess að skáldsagan *Tímavélin* eftir H.G. Wells (1860–1946), sem upphaflega kom út í Englandi árið 1895, birtist sem framhaldssaga í *Eimreiðinni* árið 1922. Sennilegt er að hugmyndin um tímann sem fjórðu víddina hafi átt sinn þátt í því að hún var þýdd á íslensku, einmitt um þær mundir þegar áhugi manna á Einstein og afstæðiskenningunni var sem mestur [62].

6.3. Erindi fyrir stúdenta

Í byrjun febrúar 1922 hélt Ólafur Daníelsson fyrirlestur á vegum Stúdentafélagsins um „Einstein og relativitetskenninguna“. Að honum loknum flutti Ágúst H. Bjarnason erindi um Georg Brandes átræðan. Eftir fundinn mátti lesa í dagblaðinu *Vísir*:

Stúdentafundur sá er háður var í Mensa academica á laugardagskvöldið var fjölmennari en dæmi eru til um langt skeið. Var salurinn skipaður mönnum sem þykkvast, og munu sumir hafa orðið frá að hverfa. – Dr. Ólafur Daníelsson flutti all-langt erindi um afstöðukenning[u] Einsteins. Var efnið mörgum harla lítt kunnugt og eigi auðskilið í eðli sínu sem að líkindum ræður, þar sem hér er dýpra grafið

³³ Greinin eftir Moszkowski er í raun fyrsti kaflinn í bók hans um Einstein frá 1920 [61]. Árið 1923 skrifaði Helgi Pjeturss ritgerðina „Albert Einstein og framtíð vísindanna“ þar sem hann leggur útaf þessari viðtalsbók (sjá *Ennýall*, Reykjavík 1929, bls. 45–47).

til hinna torsóttustu fræða þeirrar greinar, en áður hefir tekist hinum spökustu mönnum. Því merkilegra var það, hversu Ólafur hafði ríkt vald á efninu og fékk skilmerkilega skýrt það fyrir þeim, er á hlýddu. Kendi þar og máttar tungu vorrar. Var henni jafnléttfært um flugstígu þessa sem þrátroðnar þjóðbrautir. Fékk Ólafur maklegt lof að málslokum.³⁴

Nokkrum dögum seinna birtist svo eftirfarandi bréf frá Sigurði Magnússyni í *Morgunblaðinu* undir fyrirsögninni „Einsteins–kenningin“:

Jeg var einn þeirra, er hlýddu á erindi dr. Ólafs Daníelssonar um Einsteins kenninguna og sem hann flutti að Mensa academica, síðastliðið laugardagskvöld. Þegar jeg fór þangað bjóst jeg helst við að erindið mundi að miklu leyti fara fyrir ofan garð og neðan hjá mjer og ætli það hafi ekki verið eitthvað svipað með suma aðra? En svo aðgengilegt tókst dr. Ólafi að gera það, að mjer fanst jeg hafa miklu ljósari skilning á efninu eftir en áður. Heyrði jeg fleiri líkt mæla. Þótti oss gott að hlýða á Ólaf, og mundum hafa kosið að gera það lengur.

Nokkrir hafa látið í ljósi við mig að þeir óskuðu að heyra erindi þetta, og vildi jeg beina þeirri spurningu til viðkomanda, hvort ekki mundi tiltækilegt að fá það flutt aftur, þar sem fleiri hefðu aðgang að en stúdentar einir.

Þó svo megi virðast að allur þorri fólks hjer vilji helst hlýða á eintómar gamanvísur eða annað ljettmeti (að jeg ekki segi óþverra), þá eru þó aðrir, sem betur fer, sem gjarna vilja heyra eitt-hvað, sem alvarlegri hugsun þarf við, svona til tilbreytingar.³⁵

Fyrirlesturinn virðist ekki hafa verið endurtekinn. Ólafur birti hann hins vegar sama ár í *Skírni* undir heitinu „Afstæðiskeningin“ [3].

Þegar greinin er lesin er ekki annað hægt en að taka undir orðin sem vitnað er í hér að framan. Útskýringar eru nákvæmar og skýrar og umfjöllunin bæði skemmtileg og fróðleg. Þótt öll skýringardæmin séu upphaflega komin frá Einstein eru þau löguð að íslenskum aðstæðum. Aðeins ein formúla er í greininni,

³⁴ *Vísir*, 7. febrúar 1922, bls. 2. Í fréttinni, sem undirrituð er B, er einnig sagt stuttlega frá erindi Ágústs H. Bjarnasonar.

³⁵ *Morgunblaðið*, 12. febrúar 1922, bls. 3.

stærðin $\sqrt{1 - v^2/c^2}$, og er hún að því leyti mun auðveldari aflestrar en grein Ólafs fyrir verkfræðingana, sem er full af stærðfræðiformúlum.³⁶

Ólafur byrjar á því að fjalla um afstæðan hraða og tilraun Michelsons. Þá kemur ítarleg umfjöllun um samtímahugtakið í takmörkuðu afstæðiskeningunni. Hann ræðir síðan um lengdarsamdrátt, tímaþan og afstæðilega samlagningu hraða.

Í seinni hluta greinarinnar fjallar Ólafur um frumatriði almennu afstæðiskeningarinnar, þótt ekki komist hann ýkja langt. Jafngildislögmálinu eru gerð ágætis skil og einnig ljóssveigjunni. Hins vegar er hvorki minnst á þyngdarrauðvikið né hina þekktu skýringu Einsteins á óreglunni í brautarsnúningi Merkúrífusar. Í lokin fer Ólafur svo örfáum orðum í anda Helmholtz um undirstöður rúmfræðinnar og nefnir að hugtakið stinnur hlutur („fastur líkami“) missi merkingu sína í afstæðiskeningunni. Þá minnst hann einnig lauslega á fjórvítt tímarúm.

Frásögn Ólafs í síðustu grein hans um afstæðiskeningar Einsteins er svipuð og finna má víða í erlendum ritum og bókum frá þessum tíma. Á þessu virðist þó vera ein undantekning. Í umfjölluninni um jafngildislögmálið segir á bls. 48:

Hver athugandi getur því á hvaða augnabliki, sem er talið sig kyrran, og skoðað heiminn frá sínu sjónarmiði. Og öll sjónarmið eru jafnrjethá, ef svo má að orði kveða. Sá sem athugar stjörnurnar á vetrarkvöldi getur t.d. alveg eins hugsað sjer að jörðin sje kyr og stjörnugeimurinn snúist kringum hana, eins og hitt, að jörðin snúist um sjálfa sig og stjörnurnar sjeu kyrrar.

³⁶ Samkvæmt takmörkuðu afstæðiskeningunni virðist sérhverjum athuganda að klukkan, sem hreyfast miðað við hann með jöfnum hraða, gangi hægar en hans eigin klukka. Honum virðist einnig að klukkurnar og allir aðrir hlutir á hreyfingu dragist saman í hreyfingarstefnu sína. Samdrættinum og seinkuninni er lýst með stærðinni $\sqrt{1 - v^2/c^2}$, þar sem v er afstæði hraðinn og $c = 300.000 \text{ km/sek} = 1.080.000.000 \text{ km/klst}$ er ljóshraðinn. Ferningsrótin er stærri en 0 þar sem v er ávallt minni en c , og verður stærst 1 ef $v = 0$. Í grein sinni frá 1922 tekur Ólafur dæmi með $v = 360 \text{ km/klst}$, sem telst mikill hraði í daglegu umhverfi okkar en lítill miðað við ljóshraðann. Í þessu tilviki er $\sqrt{1 - v^2/c^2} = 1 - 1/18.000.000.000.000 \approx 1$, sem útskýrir hvers vegna við verðum ekki vör við afstæðileg hrif í daglegu lífi (sjá nánar hjá [3], bls. 45).

Neðanmáls útskýrir Ólafur þetta frekar:

Til þess að sýna, að þetta sje annað og meira, en orðaleikur, ætla jeg að taka eftirfarandi dæmi: Það er kunnugt, að þyngd sama hlutar er minni á miðjarðarlínu en á pólnum, og er það meðal annars kent snúningi jarðarinnar. Þetta er skýrt svo: Sje hluturinn veginn (á gormvigt) á pólnum, gengur öll þyngd hans til þess eins, að teygja úr gorminum. En sje hann veginn á miðjarðarlínu, gengur nokkur hluti þyngdar hans aðeins til þess að halda honum við jörðina, því að vegna snúningsins mundi hann þeytast burtu af yfirborðinu ella. Það sem eftir er af þyngd hans fer þá til þess að teygja úr gorminum. Það er þá eins og á jörðunni (og mest um miðjarðarlínuna) verki kraftar út frá jarðarásnum, sem draga úr þyngd hlutanna. Þetta er nú ofurskiljanlegt. En hvernig á að skýra þessa krafta út frá jarðarásnum, ef jörðin stendur kyr? Jeg get ekki gert mjer von um að allir lesendur „*Skírnis*“ skilji skýringuna, en hún er hjerumbil á þessa leið:

Það er sannað í affræðinni að materiel kúluskel, sem öll er jafnþykk og jafnþung í sjer, hefir enga þyngdarverkun inn á við, þ.e. hvar sem massapunktur er innan í henni verkar enginn þyngdarkraftur á hann frá kúluskelinni. Jeg hugsu mjer nú stjörnugeiminn sem homogena materiella kúluskel. Ef nú jörðin snerist ekki, væri það eins og engir þyngdarkraftar frá umheiminum verkuðu á hana, eða rjettara sagt resultantinn af öllum þeim kröftum væri 0. „En nú snýst jörðin, segir einhver við mig“. Það er eftir því hvernig það er tekið, segi jeg. Jeg get eins skoðað hana kyrra og sagt að himinkúlan snúist utanum hana. Af því leiðir, að massarnir í ekvatorialbelti himinkúlunnar hljóta að aukast – frá mjer skoðað ... En þá er himinkúlan, frá mjer skoðað, ekki lengur homogen, heldur verkar hún eins og mat[e]riel hringur, sem snýst utan um jörðina þar sem ekvatorialbelti himinkúlunnar er. Þyngdarverkunin frá þessum hring dregur þá úr þyngd hlutanna á jörðunni á sama hátt og snúningur hennar gerir það.

Þótt Ólafur nefni það ekki berum orðum er dæmið, sem hann tekur, ein útgáfan af svokölluðu Machs–lögmalı.

Það hefur mikið verið til umræðu allt frá því austurríski eðlisfræðingurinn og vísindaheimspekingurinn Ernst Mach (1838–1916) kynnti það í heimspekilegri og sögulegri gagnrýni sinni á grundvöll affræðinnar, sem hann birti í bókarformi árið 1883 [63].³⁷ Mach taldi að hugmynd Newtons um algilt rúm væri röng og að tregða hluta á hverjum stað væru ákvörðuð af massadreifingu alheimsins. Í fyrstu var Einstein þess fullviss að honum hefði tekist að taka tillit til hugmynda Machs í almennu afstæðiskenningunni. Smám saman skipti hann þó um skoðun og að lokum taldi hann að svo væri ekki. Þrátt fyrir sinnaskipti Einsteins hefur þetta efni verið til umræðu í hópi fræðimanna allar götur síðan [64].

Árið 1918 notaði austurríski eðlisfræðingurinn Hans Thirring (1888–1976) svokallaða veiksviðsnálgun á sviðsjöfnum Einsteins til þess að reikna út þyngdararviðið innan í þunnri einsleitri kúluskel sem snýst um fastan ás með jöfnum hraða. Niðurstaða hans var sú að vegna snúningsins yrðu hlutir inni í kúlunni fyrir þyngdarhrifum frá skelinni sem hefðu sömu einkenni og miðflóttakraftur og Corioliskraftur. Þessir kraftar eru þó miklu veikari en þeir tregðukraftar sem hlutur á braut um miðju kyrrstæðrar kúluskeljar verður fyrir samkvæmt kenningum Newtons [65]. Hins vegar virðist sennilegt að snúningsáhrifin fari vaxandi með þykkt, og þar með massa, skeljarinnar og stefni á rétt gildi þegar skelin verður óendanlega þykk. Slík niðurstaða væri í samræmi við Machs–lögmál. Vegna þess hversu flóknir reikningar eru í almennu afstæðiskenningunni hefur þó engum tekist að sanna þessa tilgátu.³⁸

Ekki er vitað hvort Ólafur hefur lesið grein Thirringa á sínum tíma eða haft af henni spurnir. Hann virðist einfaldlega taka hugmyndina um kúluskelina sem sjálfsagðan hlut. Í þessu sambandi er það athyglisvert, að sú hugmynd að rekja megi þyngdarhrifin inni í kúluskel eingöngu til hraðaháðrar massadreifingar virðist ekki hafa verið rædd fyrir alvöru í hópi fræðimanna fyrr en árið 1970, þegar sýnt var fram á að hún útskýrir niðurstöður Thirringa [67].

7. Lokaorð

Skírnisgrein Ólafs árið 1922 var það síðasta sem hann lét frá sér fara opinberlega um afstæðiskenningarnar

³⁷ Nafnið Machs–lögmál (e. Mach's principle; þ. Machsches Prinzip) er komið frá Einstein. Lesa má um hugmyndir Machs í flestum bókum um afstæðiskenninguna.

³⁸ Sjá í þessu sambandi [66].

tvær. Á næstu árum hefur hann þó væntanlega oft frætt nemendur sína í Menntaskólanum um þetta áhuga-verða efni. Til dæmis man Einar B. Pálsson verkfræðingur vel eftir stjórnufræðitíma hjá Ólafi veturinn 1929–30, þar sem Ólafur sagði Einari og bekkjarbræðrum hans frá kenningum Einsteins og „opnaði þeim þar með alveg nýjan heim“.³⁹

Svo virðist sem ekki hafi verið fjallað aftur um kenningar Einsteins á prenti hér á landi fyrr en 1926. Þá um vorið hélt Þorkell Þorkelsson fyrirlestur fyrir félag sína í Verkfræðingafélaginu og birtist hann síðar sama ár í tímariti félagsins undir nafninu „Afstæðiskenningin og tilraun Michelsons“ [68]. Þorkell byrjar á því að vísa í greinar Ólafs en bætir jafnframt við ýmsu sem þar er ekki að finna. Aðaltilgangur hans er þó sá að greina frá ýmsum mælingum sem gerðar höfðu verið til að kanna sannleiksgildi afstæðiskenningarinnar. Meðal annars fjallar hann um mælingar á afstæðilegum massa, brautarsnúningi Merkúrísar, ljóssveigju og þyngdarrauðviki. Seinni hluti greinarinnar er svo umfjöllun um hina upphaflegu tilraun Michelsons og endurteknningar á henni. Þar koma við sögu auk Michelsons, menn eins og Edward W. Morley (1838–1923) og Deyton C. Miller (1886–1941) og eru niðurstöðum Millers gerð sérstök skil, enda voru þær í mótsögn við afstæðiskenninguna. Síðar kom þó í ljós að mælingum hans var ekki treystandi.⁴⁰

Sama ár og grein Þorkels kom út, birtist einnig stutt umfjöllun um Einstein og kenningar hans í eftirmála bókarinnar *Himingeimurinn* eftir Ágúst H. Bjarnason [71]. Þar er aðallega stuðst við *The A.B.C. of Relativity* eftir Bertrand Russell (1872–1970) frá 1925 og bók Eddingtons frá 1920 [43].

Árið 1931 kom svo út yfirlitsrit Ágústss um *Heimsmynd vísindanna* [72]. Þar fjallar hann meðal annars um afstæðiskenningar Einsteins og styðst nú einkum við bók Einsteins frá 1917 [4] og *The Universe Around Us* eftir James Jeans (1877–1946) frá 1929.⁴¹

³⁹ Viðtal við Einar B. Pálsson, prófessor emeritus við Háskóla Íslands, 12. ágúst 2003.

⁴⁰ Fjallað var um mælingar til staðfestingar afstæðiskenningunnar í lok kafla 5.1. Sjá einnig Einstein [4], bls. 150–159 og eftirmálann, bls. 185–194. Nýlegt yfirlit um þetta efni má finna hjá [69]. Sjá einnig [70], bls. 603–609.

⁴¹ Eitt og annað hefur þó skolest til í endursögn Ágústss eins og lesa má um í ritdómi Trausta Einarssonar í *Eimreiðinni* (37. árg., 1931, bls. 305–313).

Árið 1931 birtust einnig tvær tímaritsgreinar þar sem Einstein ber á góma. Önnur er heimspekileg hugleiðing um efni og efnishyggju eftir Ásgeir Magnússon (1886–1969), en hin almennt spjall um Einstein og frægð hans eftir Svein Sigurðsson (1890–1972) [73].

Um 1930 voru Íslendingar búnir að fá all nákvæmar fréttir af Einstein og kenningum hans um rúm, tíma og þyngd. Á árunum 1915 til 1922 höfðu einnig birst í íslenskum tímaritum frásagnir af öðrum áhugaverðum fyrirbærum í heimi eðlisfræði og efnafræði, svo sem Röntgengeislum, geislavirkni, rafeindum, atómum og sameindum. Þar héldu meðal annars á penna Ágúst H. Bjarnason, Þorkell Þorkelsson og Gunnlaugur Claessen læknir (1881–1948). Árin 1924 og 1925 skrifaði Trausti Ólafsson efnaverkfræðingur (1891–1961) svo fyrstu íslensku greinarnar um Niels Bohr og atómkenningar hans og 1931 fjallaði Ágúst H. Bjarnason meðal annars um atómeðlisfræði og skammtafræði í ritinu *Heimsmynd vísindanna*.⁴²

Á kreppuárunum urðu nokkur kaflaskil í uppbyggingu raunvísinda á Íslandi. Þá lauk ný kynslóð menntamanna háskólanámi í stærðfræði, stjórnufræði og eðlisfræði, hópur sem átti eftir að hafa talsverð áhrif hér á landi á næstu árum og áratugum. Fyrstur kom heim stærðfræðingurinn Sigurkarl Stefánsson (1902–1995) árið 1928 og ári síðar stjórnufræðingurinn Steinþór Sigurðsson (1904–1947), báðir frá Kaupmannahöfn. Í Göttingen lauk stærðfræðingurinn Leifur Ásgeirsson (1903–1990) doktorsprófi árið 1933 og stjórnufræðingurinn Trausti Einarsson (1907–1984) ári síðar.⁴³ Flestir þeirra höfðu lært frumatriði stærðfræðilegra vísinda hjá þeim Ólafi Danielssyni og Þorkatli Þorkelsyni og í náminu erlendis höfðu þeir allir kynnst hinum nýju og byltingakenndu hugmyndum eðlisfræðinga, sem fram komu bæði í skammtakenningu og afstæðiskenningu. Eftir að þessir menn voru komnir heim má segja að stærðfræðileg vísindi hafi endanlega verið búin að nema land á Íslandi. Meðal annars fyrir tilstilli þeirra og nemenda þeirra öðluð-

⁴² Í annarri grein verður fjallað nánar um þessar ritsmíðar og annað er tengist almennri kynningu hér á landi á eðlisfræði og efnafræði atóma og sameinda sem og kjarneðlisfræði og skammtafræði á fyrri hluta tuttugustu aldar [75].

⁴³ Björn Franzson (1906–1974) stundaði nám í eðlisfræði og stærðfræði í Danmörku og Þýskalandi á árunum 1927–30 en lauk ekki prófi. Hann er höfundur bókarinnar *Efnisheimurinn*, sem kom út í Reykjavík 1938. Þar er m.a. fjallað um afstæðiskenninguna.

ust stærðfræði og eðlisfræði og skyldar greinar smám saman fastan sess í íslensku fræðasamfélagi. Sú saga verður þó ekki rakin hér, enda hafa henni þegar verið gerð nokkur skil á öðrum vettvangi [8, 74].

Skúli Sigurðsson færir *Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte* í Berlín bestu þakkir fyrir gestrisni. Einnig fá Gunnlaugur Björnsson stjarnfræðingur, Sven Þ. Sigurðsson reiknifræðingur og tveir ónafngreindir ritrynar þakkir fyrir gagnlegar ábendingar. Mynd 1 er tekin úr [14], bls. 4, og myndir 2 og 3 af vefsíðunni *The MacTutor History of Mathematics archive*: www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/index.html.

Heimildir

- [1] Ólafur Daníelsson: Ýmsar skoðanir á eðli rúmsins. *Skírnir*, 87, 1913, bls. 361-370.
- [2] Ólafur Dan Daníelsson: Um tímarúm Minkowskis í sambandi við afstæðiskenninguna þrengri. (Að miklu leyti eftir fyrirlestri Minkowskis: Raum und Zeit). *Tímarit Verkfræðingafélags Íslands*, 6, 1921, bls. 14-19.
- [3] Ólafur Daníelsson: Afstæðiskenningin. (Fyrirlestur fluttur á Mensa academica 4. febr. 1922). *Skírnir*, 96, 1922, bls. 34-52.
- [4] Einstein, A.: *Afstæðiskenningin*. Reykjavík 1970. 2. útg. (endursk.) 1978. Inngangur eftir Magnús Magnússon. Eftirmáli: Um staðfestingu afstæðiskenningarinnar á síðari árum, eftir Þorstein Sæmundsson og Þorstein Vilhjálmsson. Þetta er þýðing Þorsteins Halldórssonar á bók Einsteins: *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie. Gemeinverständlich*. Braunschweig 1917. Heldur nútímalegri framsetningu á afstæðiskenningunni er að finna í eftirfarandi bók: Hawking, S.: *Saga tímans*. Þýðandi Guðmundur Arnlaugsson. Inngangur eftir Lárus Thorlacius. Reykjavík 1990. Sjá einnig ritdóm Skúla Sigurðssonar um bók Hawkings: *Hugur*, 3-4, 1990/91, bls. 112-117. Þá má benda á aðgengilega umfjöllun í kaflanum Afstæðiskenningin og ljóshraðinn í bókinni: *Af hverju er himinninn blár: Spurningar og svör af Vísindavefnum*. Ritstj. Þorsteinn Vilhjálmsson og Jón Gunnar Þorsteinsson. Reykjavík 2003, bls. 225-230. Sjá einnig umfjöllun hjá Stachel, J.: Einstein on the Theory of Relativity. Í bókinni: *The Collected Papers of Albert Einstein*. 2. bindi: *The Swiss Years: Writings, 1900-1909*. Princeton 1989, bls. 253-274.
- [5] Galison, P.: Minkowski's Space-Time: From Visual Thinking to the Absolute World. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 10, 1979, bls. 85-121; Walter, S.: Minkowski, Mathematicians, and the Mathematical Theory of Relativity. Í bókinni: *The Expanding Worlds of Relativity*. Einstein Studies, 7. Ritstj. Goenner, H. og fl. Boston 1999, bls. 45-86.
- [6] Um sögu raunvísinda á Íslandi má t.d. lesa í eftirtöldum greinum Einars H. Guðmundssonar og ritum sem þar er vitnað í: Tycho Brahe og Íslendingar. *Lesbók Morgunblaðsins*, 14. desember 1996, bls. 4-6; Gísli Einarsson skólameistari og vísindaáhugi á Íslandi á 17. öld. *Saga*, 36, 1998, bls. 185-231; Johnsonius og Lievog: Konunglegir stjórnumeistarar á Íslandi á 18. öld. Í *Eðlisfræði á Íslandi IV*. Ritstj. Jakob Yngvason og Þorsteinn Vilhjálmsson. Reykjavík 1989, bls. 110-125; Stefán Björnsson reiknimeistari. *Fréttabréf íslenska stærðfræðafélagsins*, 7, 1, 1995, bls. 8-27; Ferhyrningar, halastjörnur og grunnmaskínur: Tveggja alda ártíð Stefáns Björnssonar. *Lesbók Morgunblaðsins*, 17. október 1998, bls. 8-9; Repp gegn Ørsted. Í *Eðlisfræði á Íslandi X*. Ritstj. Ari Ólafsson. Reykjavík 2002, bls. 219-239. Sjá einnig [7] og grein Þorsteins Vilhjálmssonar: Raunvísindi á miðöldum. Í bókinni: *Íslensk þjóðmenning VII*. Reykjavík 1990, bls. 1-50.
- [7] Einar H. Guðmundsson: Björn Gunnlaugsson og náttúruspekin í Njólu. *Ritmennt*, 8, 2003, bls. 9-78.
- [8] Jón Guðnason: *Verkfræðingafélag Íslands 1912-1962*. Reykjavík 1962; Sveinbjörn Björnsson: Menntun íslenskra verkfræðinga. Í ritinu: *Verkfræðingatal I*. Ritstj. Þorsteinn Jónsson. Reykjavík 1996, bls. 12-22.
- [9] Heimir Þorleifsson: *Saga Reykjavíkurskóla I-IV*. Reykjavík 1975-84.
- [10] Kristín Bjarnadóttir: Þegar Lærði skólinn í Reykjavík varð að máladeild. *RAUST*, 2, 2, 2004, bls. 17-24.
- [11] Buchwald, J.Z. og Warwick, A. ritstj.: *Histories of the Electron: The Birth of Microphysics*. Cambridge 2001. Sjá einnig ritdóm um bókina eftir Hunt, B.J.: *The British Journal for the History of Science*, 38, 2005, bls. 117-118.
- [12] Ágúst H. Bjarnason: Harald Høffding. *Almanak Hins íslenska þjóðvinafélags*, 1905, bls. 25-34. Fjallað er ítarlega um Høffding hjá Koch, C.H.: *Dansk Filosofi i Positivismens Tidsalder 1880-1950*. Kaupmannahöfn 2004, bls. 31-87. Þetta er 5. og síðasta bindi ritverksins *Den Danske Filosofis Historie*. Ritstj. Ebbesen, S. og Koch, C.H. Kaupmannahöfn 2002-2004. Sjá einnig Koch, C.H.: To generationer i københavnsk filosofi: Post-spekulationens og positivismens tidsalder 1880-1945. Í bókinni: *Videnskabernes København*. Ritstj. Søderqvist, T. og fl. Frederiksberg 1998, bls. 25-42.
- [13] Davíð Kristinsson: Íslenskur Nietzsche við aldamót. *Hugur*, 15, 2003, bls. 84-149.

- [14] Guðmundur Arnlaugsson og Sigurður Helgason: *Stærðfræðingurinn Ólafur Dan Daníelsson: Saga brautryðjanda*. Reykjavík 1996.
- [15] Jón Ragnar Stefánsson: Af doktorsvörn Ólafs Daníelssonar. *Fréttabréf íslenska stærðfræðafélagsins*, 7, 1, 1995, bls. 58–63.
- [16] Bohr, H.: Et Tilbageblik. *Matematisk Tidsskrift A*, 1947, bls. 1–27. Ensk þýðing: Looking Backward. *Harald Bohr: Collected Mathematical Works*. Kaupmannahöfn 1952, 1. bindi (af þremur), bls. xiii–xxxiv.
- [17] Skúli Sigurðsson: Equivalence, Pragmatic Platonism, and Discovery of the Calculus. Í bókinni: *The Invention of Physical Science: Intersections of Mathematics, Theology and Natural Philosophy Since the Seventeenth Century. Essays in Honor of Erwin N. Hiebert*. Boston Studies Philosophy of Science, 139. Ritstj. Nye, M.J. og fl. Dordrecht 1992, bls. 97–116.
- [18] Leó Kristjánsson: Nikulás Runólfsson: Fyrsti íslenski eðlisfræðingurinn. *Tímarit Háskóla Íslands*, 2, 1987, bls. 44–50.
- [19] Einstein, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik*, 17, 1905, bls. 891–921. Ensk þýðing í [24], bls. 35–60. Einstein, A.: Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? *Annalen der Physik*, 18, 1905, bls. 639–641. Ensk þýðing í [24], bls. 68–71. Sjá einnig [25].
- [20] Minkowski, H.: Raum und Zeit. Fyrirlestur haldinn í Köln árið 1908. Prentaður í *Physikalische Zeitschrift*, 20, 1909, bls. 104–111. Ensk þýðing í [24], bls. 73–91. Athugasemdir eftir A. Sommerfeld, bls. 92–96.
- [21] Stachel, J.: History of Relativity. Í ritverkinu: *Twentieth Century Physics*. Ritstj. Brown, L.M. og fl. New York 1995. 4. kafli í fyrsta bindi, bls. 249–356. Sjá einnig Pais, A.: „*Subtle is the Lord ...*“: *The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford 1982, og ritgerð Magnúsar Magnússonar um Einstein í [4].
- [22] Hunt, B.J.: Electrical Theory and Practice in the Nineteenth Century. Í ritverkinu: *The Cambridge History of Science*. 5. bindi: *The Modern Physical and Mathematical Sciences*. Ritstj. Nye, M.J. Cambridge 2003, bls. 311–327. Við lestur greinar Hunts er ljóst hvað lagning ritsímastrengja á sjávarbotni á seinni hluta nítjándu aldar hafði mikil áhrif á þróun rafsegulfræði Maxwells. Sjá einnig grein Skúla Sigurðssonar: Rafhlöður, rafsegulfræði og rafvæðing. *Eðlisfræði á Íslandi VI*. Ritstj. Grímur Björnsson. Reykjavík 1992, bls. 119–135.
- [23] Einstein A.: Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. *Annalen der Physik*, 49, 1916, bls. 769–822. Ensk þýðing í [24], bls. 109–164.
- [24] Lorentz, H.A., Einstein, A., Minkowski, H. og Weyl, H.: *The Principle of Relativity: A Collection of Original Memoirs on the Special and General Theory of Relativity*. New York 1923. Endurútgefin hjá Dover 1952.
- [25] Stachel, J. ritstj.: *Einstein's Miraculous Year: Five Papers That Changed the Face of Physics*. Princeton 1998. Sjá einnig grein Einars H. Guðmundssonar: Albert Einstein og greinar hans frá 1905. *Verpill 2005*, bls. 24–27.
- [26] Einar H. Guðmundsson og Páll Jakobsson: Þyngdarlinnur og lögmál Fermats. *Eðlisfræði á Íslandi IX*. Ritstj. Ari Ólafsson. Reykjavík 1999, bls. 37–57.
- [27] Einar H. Guðmundsson: Þyngdargeislun. *RAUST*, 1, 1, 2003, bls. 45–55.
- [28] Einstein, A.: Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, Sitzung der physikalisch–mathematischen Klasse*, 1917, bls. 142–152. Ensk þýðing í [24], bls. 175–188.
- [29] Einar H. Guðmundsson: Endimörk hins sýnilega heims. *Morgunblaðið*, 24. júní 2001, bls. B4; Einar H. Guðmundsson og Gunnlaugur Björnsson: Hulduorka og þróun hins sýnilega heims. *Eðlisfræði á Íslandi X*. Ritstj. Ari Ólafsson. Reykjavík 2002, bls. 59–63. Sjá einnig Earman, J.: Lambda: The Constant That Refuses to Die. *Archive for History of Exact Sciences*, 55, 2001, bls. 189–220.
- [30] Stanley, M.: „An Expedition to Heal the Wounds of War“: The 1919 Eclipse and Eddington as Quaker Adventurer. *Isis*, 94, 2003, bls. 57–89; Hentschel, K.: To the Editor. *Isis*, 94, 2003, bls. 677–678; Stanley, M.: In Reply. *Isis*, 94, 2003, bls. 678. Sjá einnig Sponsel, A.: Constructing a „Revolution in Science“: The Campaign to Promote a Favourable Reception for the 1919 Solar Eclipse Experiments. *The British Journal for the History of Science*, 35, 2002, bls. 439–467.
- [31] Warwick, A.: *Masters of Theory: Cambridge and the Rise of Mathematical Physics*. Chicago 2003.
- [32] Miller, A.I.: *Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and Early Interpretation (1905–1911)*. Reading 1981.
- [33] Goldberg, S.: *Understanding Relativity: Origin and Impact of a Scientific Revolution*. Boston 1984.
- [34] Kragh, H.: *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton 1999.
- [35] von Laue, M.: *Das Relativitätsprinzip*. Braunschweig 1911; Cohn, E.: *Physikalisches über Raum und Zeit*. Leipzig 1911.
- [36] Einstein, A.: Vom Relativitäts–Prinzip. *Vossische Zeitung*, 26. apríl 1914.
- [37] Weyl, H.: *Raum–Zeit–Materie*. Berlín 1918. Fjórða útg. frá 1921 í enskri þýðingu frá Dover (1922); Weyl,

- H.: *Space-Time-Matter*. New York 1952. Fimmta og seinasta útgáfan kom út árið 1923, en hefur ekki verið gefin út í enskri þýðingu. Útgáfur 1 og 2 (1919) eru eins, en mikill munur er á útgáfum 3 (1919), 4 og 5.
- [38] Skúli Sigurðsson: *Hermann Weyl, Mathematics and Physics, 1900–1927*. Doktorsritgerð í vísindasögu. Harvard-háskóli 1991. Sjá einnig eftirtaldar greinar eftir Skúla: Afstæðiskenning, alheimskenning og vísindin í Göttingen. *Fréttabréf íslenska stærðfræðafélagsins*, 4, 1, 1992, bls. 11–23; Journeys in Spacetime. Í bókinni: *Hermann Weyl's Raum-Zeit-Materie and a General Introduction to His Scientific Work*. Ritstj. Scholz, E. Basel 2001, bls. 15–47.
- [39] Born, M.: *Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen*. Berlín 1920. Endurskoðuð útgáfa á ensku frá Dover: *Einstein's Theory of Relativity*. New York 1962; Pauli, W.: Relativitätstheorie. Í *Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften. Fünfter Band in drei Teilen. Physik. Zweiter Teil*. Ritstj. Sommerfeld, A. Leipzig 1904–1922, bls. 539–775. Ensk þýðing frá Dover: *Theory of Relativity*. New York 1981; von Laue, M.: *Die Relativitätstheorie, zweiter Band. Die allgemeine Relativitätstheorie und Einsteins Lehre von der Schwerkraft*. Braunschweig 1921.
- [40] Hentschel, K.: *Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins*. Science Networks, Historical Studies, 6. Basel 1990. Sjá einnig ítardóm Skúla Sigurðssonar um bók Hentschels: Einsteinian Fixations. *Annals of Science*, 49, 1992, bls. 577–583.
- [41] Goenner, H.: The Reaction to Relativity Theory I: The Anti-Einstein Campaign in Germany in 1920. *Science in Context*, 6, 1993, bls. 107–133.
- [42] Glick, T.F. ritstj.: *The Comparative Reception of Relativity*. Boston Studies Philosophy of Science, 103. Dordrecht 1987.
- [43] Cunningham, E.: *The Principle of Relativity*. Cambridge 1914; Eddington, A.S.: *Space, Time and Gravitation*. Cambridge 1920.
- [44] Carmichael, R.D.: *The Theory of Relativity*. New York 1912.
- [45] Langevin, P.: L'évolution de l'espace et du temps. *Scientia*, 10, 1911, bls. 31–54.
- [46] Galison, P.: *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps: Empires of Time*. New York 2003. Sjá einnig ritdóm Skúla Sigurðssonar um þýska útgáfu bókar Galisons: *Physik Journal*, 4, 3, 2005, bls. 98.
- [47] Will, C.M.: *Theory and Experiment in Gravitational Physics*. Cambridge 1981. 2. útg. (endursk.) 1993; Will, C.M.: *Was Einstein Right? Putting General Relativity to the Test*. Oxford 1988; Everitt, C.W.F.: Background to History: The Transition from Little Physics to Big Physics in the Gravity Probe B Relativity Gyroscope Program. Í bókinni: *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*. Ritstj. Galison, P. og Hevly, B. Stanford 1992, bls. 212–235; Thorne, K.S.: *Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy*. New York 1994. Um þessa þróun má einnig lesa hjá Hawking [4] og í eftirfarandi heimildum: Weinberg, S.: *Ár var alda*. Þýðandi Guðmundur Arnlaugsson. Inngangur eftir Einar H. Guðmundsson. Reykjavík 1998; Einar H. Guðmundsson: Heimsmynd stjarnvísinda: Sannleikur eða skáldskapur? Í bókinni: *Er vit í vísindum*. Ritstj. Andri Steinþór Björnsson og fl. Reykjavík 1996, bls. 39–68; Lárus Thorlacius: Svarthol og skammtafræði. *RAUST*, 2, 2, 2004, bls. 93–108.
- [48] Nordström, G.: Rum och tid enligt Einstein och Minkowski. *Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societeten's Förhandlingar*, 52, A:4, 1909–1910, bls. 1–31. Fyrsta finnska ritsmíðin um afstæðiskenninguna. Sjá einnig Isaksson, E.: Der finnische Physiker Gunnar Nordström und sein Beitrag zur Entstehung der allgemeinen Relativitätstheorie Albert Einsteins. *NTM-Schriften. Gesch. Naturwiss., Technik, Med.*, 22, 1, 1985, bls. 29–52.
- [49] Holm, R.: Rum, tid och eter i den moderna fysiken. *Populär naturvetenskaplig revy*, 4, 1912, bls. 169–183. Fyrsta alþýðlega greinin um afstæðiskenninguna á sænsku; Grenander, M.: *Einsteins relativitetsteori: En revolution inom vetenskapen*. Stokkhólmi 1920. Fyrsta sænska bókin um afstæðiskenninguna fyrir leikmenn.
- [50] Gieser, S.: Philosophy and Modern Physics in Sweden: C.W. Oseen, Oskar Klein, and the Intellectual Traditions of Uppsala and Lund, 1920–1940. Í bókinni: *Center on the Periphery: Historical Aspects of 20th-Century Swedish Physics*. Ritstj. Lindqvist, S. Canton 1993, bls. 24–41. Sjá einnig Silverbark, T.: *Fysikens filosofi: Diskussioner om Einstein, relativitetsteorin och kvantfysiken i Sverige 1910–1970*. Stokkhólmi 1999.
- [51] Pedersen, O.: Relativitetsprincippet indførelse i Danmark. *Fysisk Tidsskrift*, 72, 1974, bls. 124–134; Hansen, H.M.: Relativitetsprincippet. *Fysisk Tidsskrift*, 10, 1912, bls. 251–281. Fyrsta fræðilega yfirlitið um afstæðiskenninguna á dönsku; Holst, H.: *Vort fysiske Verdensbillede og Einsteins Relativitetsteori*. Kaupmannahöfn 1920. Fyrsta danska bókin um afstæðiskenninguna. Aukin og endurbætt útgáfa greina sem birtust upphaflega í tímaritinu *Tilskueren* í nóv. og des. 1919. W. Pauli bendir á þessa bók sem ítarefni í hinni þekktu yfirlitsgrein um afstæðiskenninguna [39]. Holst virðist auk þess hafa verið fyrsti Daninn sem birti fræðigrein um afstæðiskenninguna (sjá t.d. tilvísanir í grein Paulis); Kramers, H.A.: Relativitetsteorien. *Salmonsens Konversations Leksikon*, 2. útg., 19. bindi,

- 1925, bls. 1077–1081. Bók Møllers, C.: *The Theory of Relativity* (Oxford 1952) var lengi ein helsta kennslubókin í afstæðiskenningunni, og er enn í hana vitnað.
- [52] Holtsmark, J.P.: Einsteinskening. *Andvari*, 46, 1921, bls. 86–107. Þýðing á greininni: Einsteins relativitetsteori. *Samtíden*, 31, 1920, bls. 321–336. Þýðanda er ekki getið. Schjelderup, K.: *Religionens sandhet i lys av den relativitetsteoretiske virkelighetsopfatning*. Doktorsritgerð í guðfræði. Kristjánía 1921; Wereide, Th.: *Relativitetsprinsippet eller tidsrummets struktur*. 1922. Fyrsta alþýðlega bókin um afstæðiskeninguna á norsku. Schjelderup, H.K.: *Relativitetsteoriens verdensbillede*. Kristjánía 1924. Við þökkum Helge Kragh fyrir upplýsingar varðandi viðtökusögu afstæðiskeningarinnar í Noregi.
- [53] Nikulás Runólfsson: Merkileg uppgötvun. *Eimreiðin*, 2, 1896, bls. 72-73; Jón Þorláksson: Framfarir náttúruvísindanna á síðustu árum. *Eimreiðin*, 5, 1899, bls. 88-97.
- [54] Þorvaldur Thoroddsen: Vísindalegar nýjungar og stefnubreytingar nútímans. I: Skoðanir nútímans um frumefni og náttúruleg. *Eimreiðin*, 16, 1910, bls. 1-13; Ágúst H. Bjarnason: Efniskeningin nýja. *Skírnir*, 84, 1910, bls. 261-274.
- [55] Steindór J. Erlingsson: From Haeckelian Monist to Anti-Haeckelian Vitalist: The Transformation of the Icelandic Naturalist Thorvaldur Thoroddsen (1855-1921). *The Journal of the History of Biology*, 35, 2002, bls. 443-470; Sami: Hugmyndaheimur Þorvalds Thoroddsens 1872-1910. *Skírnir*, 175, 2001, bls. 354-388; Sami: Inngangur að bókinni: *Um uppruna dýrategunda og jurta* eftir Þorvald Thoroddsen. Steindór J. Erlingsson sá um útgáfuna og ritaði skýringar. Reykjavík 1998, bls. 9-90.
- [56] Grímur Thomsen: Rúm og tími. *Tímarit hins íslenska bókmenntafélags*, 6, 1885, bls. 57-108.
- [57] von Helmholtz, H.: Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome. Hjá von Helmholtz, H.: *Vorträge und Reden*, 2. bindi, 4. útg., Braunschweig 1896, bls. 1–31.
- [58] Reichenbach, H.: *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlín 1928. Ensk þýðing frá Dover: *The Philosophy of Space and Time*. New York 1958.
- [59] Klein, F.: Über die geometrischen Grundlagen der Lorentzgruppe. *Jahresbericht der deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 19, 1910, bls. 281–300. Endurprentuð í *Physikalische Zeitschrift*, 12, 1911, bls. 17–27.
- [60] Þorvaldur Thoroddsen: Hin nýja stjörnulist. *Eimreiðin*, 22, 1916, bls. 1–2; Sami: Sírius. *Eimreiðin*, 22, 1916, bls. 92–96; Sami: Fjarlægð og hreyfing stjarna. *Eimreiðin*, 22, 1916, bls. 178–192; Sami: Heimur og geimur: Þættir úr alþýðlegri stjörnufræði. *Ársrit hins íslenska fræðafélags í Kaupmannahöfn* 1917, bls. 1–42.
- [61] Moszkowski, A.: Einstein. *Iðunn*. Nýr flokkur, 7, 1921–22, bls. 110-129. Ágúst H. Bjarnason þýddi. Þetta er lausleg þýðing á fyrsta kafla bókar Moszkowskis, *Einstein. Einblicke in seine Gedankenwelt*. Hamborg 1920.
- [62] Wells, H.G.: Tímavélin. *Eimreiðin*, 28, 1922, bls. 44f, 118f, 177f, 245f, 365f. Magnús Jónsson þýddi. Í þessari frægu skáldsögu frá 1895 notast Wells m.a. við hugmyndir bandaríska stjörnufræðingsins Simons Newcombs og fleiri um fjórvítt rúm þar sem ein víddin er tíminn. Sjá t.d. Bork, A.M.: *The Fourth Dimension in Nineteenth-Century Physics*. *Isis*, 55, 1964, bls. 326–338; Henderson, L.D.: *The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art*. Princeton 1983. Sjá einnig ritdóm Skúla Sigurðssonar um bók Hendersons: *Isis*, 80, 1989, bls. 737-738.
- [63] Mach, E.: *Die Mechanik in Ihrer Entwicklung. Historisch-Kritisch Dargestellt*. Leipzig 1883. Ensk þýðing: Mach, E.: *The Science of Mechanics: A Critical and Historical Account of Its Development*. 6. útg. La Salle, Illinois 1960.
- [64] Sjá t.d. Barbour, J.B. og Pfister, H. ritstj.: *Mach's Principle: From Newton's Bucket to Quantum Gravity*. Einstein Studies, 6. Boston 1995.
- [65] Thirring, H.: Über die Wirkung rotierender ferner Massen in der Einsteinschen Gravitationstheorie. *Physikalische Zeitschrift*, 19, 1918, bls. 156–163; Erratum: *Physikalische Zeitschrift*, 22, 1921, bls. 29. Enska þýðingu má finna hjá Mashhoon, B., Hehl, F.W. og Theiss, D.S.: On the Gravitational Effects of Rotating Masses: The Thirring–Lense Papers. *General Relativity and Gravitation*, 16, 1984, bls. 711–750. Sjá einnig nýlega umfjöllun hjá Rosenberger, L.: Das Problem der Rotation in der Allgemeinen Relativitätstheorie. Mit einem Vorwort von David E. Rowe. Sérprent nr. 208. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Berlín 2002.
- [66] Schmid, C.: The Cosmological Origin of Inertia: Mach's Principle. Sérprent: arXiv:gr-qc/0409026.
- [67] Cohen, J.M. og Sarill, W.J.: Centrifugal Force and General Relativity. *Nature*, 228, 1970, bls. 849.
- [68] Þorkell Þorkelsson: Afstæðiskeningin og tilraun Michelsons. *Tímarit Verkfræðingafélags Íslands*, 11, 1926, bls. 21-25.
- [69] Will, C.M.: Was Einstein Right? Testing Relativity at the Centenary. Sérprent: arXiv:gr-qc/0504086. Mun birtast hjá Ashtekar, A. ritstj.: *100 Years of Relativity: Spacetime Structure: Einstein and Beyond*. Singapore 2005.
- [70] Hentschel, K.: Einstein's Attitudes towards Experiments: Testing Relativity Theory 1907-1927. *Studies*

- in the History and Philosophy of Science*, 23, 1992, bls. 593-624.
- [71] Ágúst H. Bjarnason: *Himingeimurinn*. Akureyri 1926.
- [72] Ágúst H. Bjarnason: *Heimsmynd vísindanna*. Fylgirit *Árbókar Háskóla Íslands 1928–1929*. Reykjavík 1931.
- [73] Ásgeir Magnússon: Aldahvörf. *Iðunn*, 15, 1931, bls. 1–24; Sveinn Sigurðsson: Einstein. *Eimreiðin*, 37, 1931, bls. 265-272.
- [74] Sjá t.d. eftirfarandi rit og heimildir sem þar er vísað í: Þorsteinn I. Sigfússon ritstj.: *Í hlutarins eðli: Afmælisrit til heiðurs Þorbirni Sigurgeirssyni prófessor*. Reykjavík 1987; Jón Ragnar Stefánsson og fl. ritstj.: *Leifur Ásgeirsson: Minningarrit*. Reykjavík 1998; Guðni Jónsson: *Saga Háskóla Íslands*. Reykjavík 1961; Hilmar Garðarsson: *Saga Veðurstofu Íslands*. Reykjavík 1999.
- [75] Einar H. Guðmundsson og Skúli Sigurðsson: Grein í vinnslu.

Summary: The Icelandic mathematician Ólafur Dan Daníelsson (1877–1957) was the first Icelander to discuss novel conceptions of space, time, non-Euclidean geometry and relativity theory in 1913. In his first article on the subject he drew on the work of H. von Helmholtz, H. Minkowski and F. Klein. He did not refer to A. Einstein, H.A. Lorentz, or H. Poincaré. Daníelsson wrote two additional articles on relativity theory, space and time. The first was given to the Association of Engineers in Iceland in 1921, and the second to students at the University of Iceland in 1922. In the former Daníelsson discussed Minkowski's 1908 paper *Raum und Zeit* in considerable technical detail, whereas the latter was non-technical and intended for the general public. There he introduced the special and the general theory of relativity with due reference to Einstein. We discuss Daníelsson's articles on relativity theories, space, and time, and place his life and work in an international and Icelandic context.

Um höfundana: Einar H. Guðmundsson er prófessor í stjarnfræði við Háskóla Íslands. Skúli Sigurðsson er vísindasagnfræðingur og starfar í Þýskalandi og á Íslandi. Hann er samvinnusérfræðingur við stærðfræðistofu Raunvísindastofnunar Háskólans.

Raunvísindastofnun Háskólans
Dunhaga 3, IS-107 Reykjavík
einar@raunvis.hi.is
sksi@raunvis.hi.is
Móttekin: 24. febrúar 2005