

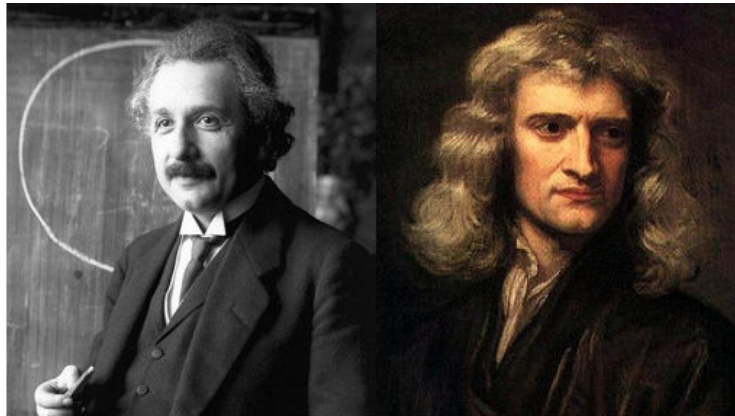
Einar H. Guðmundsson

Sólmyrkvinn sem skaut Einstein upp á stjörnuhimininnⁱ

Miðvikudaginn 19. nóvember 1919 birtist eftirfarandi frétt í símskeytadálki dagblaðsins *Vísis* undir fyrirsögninni „Þyngdarlögmálið“:

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 þyngdarlögmálskenningum. [Khöfn 18. nóv.]

Nákvæmlega sama frétt birtist í öðrum íslenskum dagblöðum daginn eftir.ⁱⁱ Engar frekari skýringar fylgdu fréttinni og það var ekki fyrr en rúmum hálfum mánuði síðar, 5. desember,



Mynd 1: Til vinstri: Albert Einstein (1879-1955) árið 1921. Til hægri: Isaac Newton (1642-1726/7) árið 1689.

sem Íslendingum bárust nánari upplýsingar. Þá birti *Morgunblaðið* fréttaskýringu undir titlinum „Byltingar í heimi vísindanna“. Í greininni sem sennilega var byggð á svipaðri umfjöllun í dönskum blöðum, einkum Politiken, segir meðal annars:

Eins og getið hefur verið um í skeytum hér í blaðinu, þá hefir prófessor einn, Einstein að nafni, gert stórmerkilegar uppgötvanir í sambandi við þyngdarlögmálið. Hafa þessar uppgötvanir vakið geisi-efirtekt og er rætt og ritað um þær í öllum blöðum.ⁱⁱⁱ

Þá er sagt frá því að „konunglega stjörnu- og eðlisfræðifélagið í London [hafi nýlega haldið] fund mikinn“ um þetta efni þar sem forseti félagsins hafi meðal annars fullyrt

að þessar skoðanir Einsteins, sem nú væru fyllilega sannaðar, væri einn stærsti sigur mannlegrar hugsunar. Og af þeim hlyti að leiða að gjörvöll heimsmynd vor hlyti að breytast.

Næst er gerð tilraun til þess að segja frá nokkrum niðurstöðum Einsteins varðandi lengdarsamdrátt, tímaþan og brautar snúning Merkúríusar. Glögg má sjá á orðalaginu hversu framandi þessar nýju hugmyndir og mæliniðurstöður hafa verið íslenskum blaðamönnum. Aðalatriðið í fréttaskýringunni er þó stutt umfjöllun um mælingu á sveigju ljóss í þyngdarsviði sólarinnar:

Þó hefur sú staðhæfing Einsteins vakið mesta athygli að hægt er að veita sólarljósið. En þó hefur það verið sannað meðal annars af tveimur stjörnufræðis rannsóknarnefndum sem athuguðu sólmyrkvann 29. maí sl. ár [...] En meðan á sólmyrkvanum stóð, ljósmynduðu menn margar þær stjörnur, sem senda ljós sitt mjög nærri sólinni til jarðarinnar. Þá kom það í ljós, að geislar þesara stjarna sveigðust mikið að sólinni um leið og þeir fóru framhjá henni, vegna aðdráttarafls hennar. Þyngdarlögmál Newtons og yfirhöfuð allar kenningar hans raskast töluvert við þetta.

Greininni lýkur á nokkrum orðum um Einstein sjálfan, meðal annars að hann sé þýskur Gyðingur og fæddur í Sviss, en starfi nú fyrir tilstilli Vilhjálms keisara við fjöllistaskólann í Berlín og hafi 18.000 þýsk mörk í árslaun.

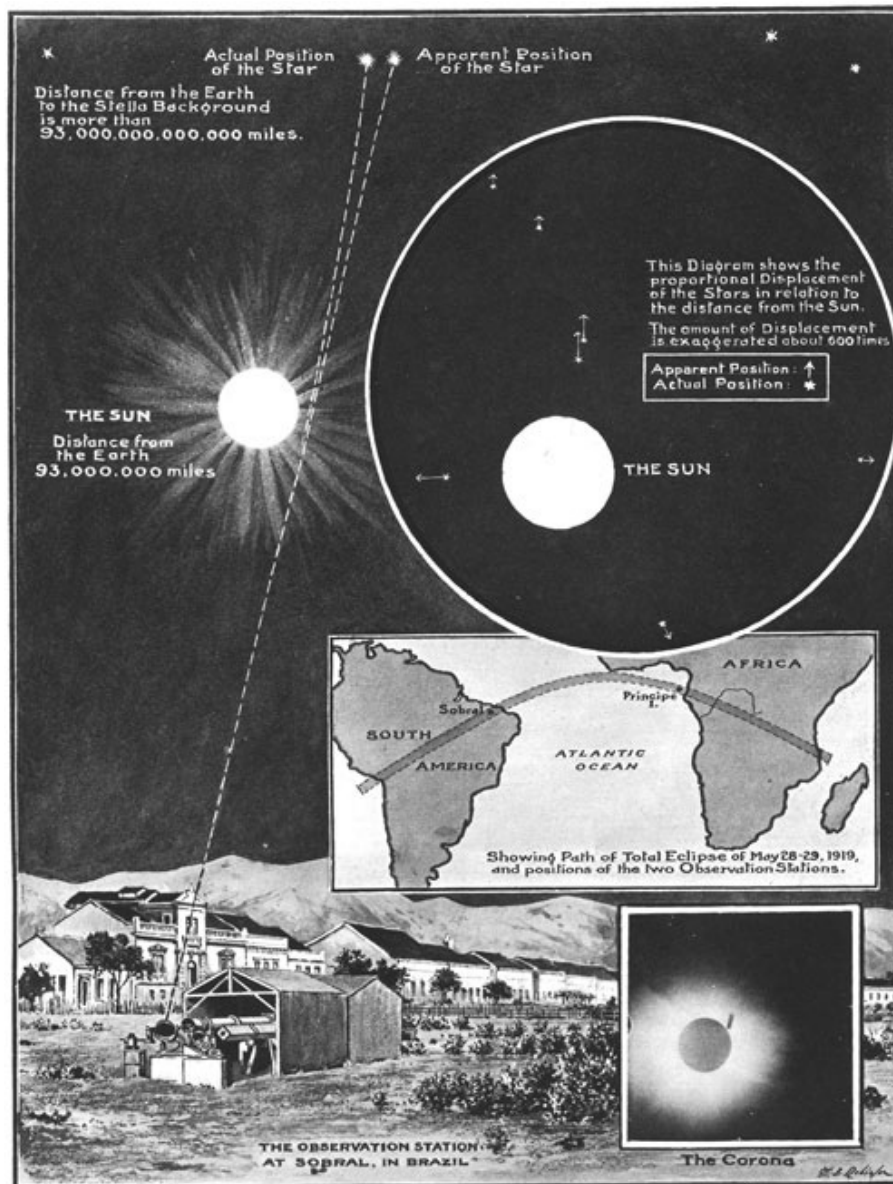
Af ástæðum, sem ekki eru enn að fullu ljósar, urðu fréttirnar sem bárust út um heim allan frá London í nóvember 1919 til þess að Einstein varð viðfrægur á örfáum dögum. Á næstu mánuðum héldu íslensk dagblöð, einkum *Morgunblaðið* og *Alþýðublaðið*, því áfram að segja frá hinni nýju stjörnu, ævi hennar og högum. Í fyrstu voru fréttir af frægð Einsteins og andstöðunni gegn honum í Þýskalandi mest áberandi, en þegar líða tók á sumarið 1920 fóru nánari upplýsingar um kenningar hans, bæði takmörkuðu afstæðiskenninguna og þá almennu, að berast til landsins. Um þá þróun verður nánar rætt síðar í greininni, eftir að sólmyrkvamælingunum og fundinum fræga í London hafa verið gerð nokkur skil.

Myrkvamælingarnar og fundurinn í London

Fundurinn, sem átti eftir að hafa svo mikla þýðingu fyrir Einstein og viðtökurnar á kenningum hans, var haldinn 6. nóvember 1919. Að honum stóðu tvö félög, Konunglega breska vísindafélagið (the Royal Society) og Konunglega breska stjarnfræðifélagið (the Royal Astronomical Society). Fundarstjóri var forseti vísindafélagsins, J. J. Thomson prófessor í Cambridge, sem fengið hafði Nóbelsverðlaunin í eðlisfræði árið 1906. Aðeins eitt mál var á dagskrá: Niðurstöður mælinga á sveigju ljóssins í tengslum við sólmyrkvann 29. maí 1919. Bretar höfðu gert út tvo leiðangra á fjarlægur slóðir til að fylgjast með myrkvanum og mæla hversu mikið ljós sveigði af beinni braut við það að fara fram hjá sólinni. Tilgangur mælinganna var fyrst og fremst sá að kanna, hvort sveigjan væri í samræmi við útreikninga Einsteins sem byggðir voru á þyngdarfræði hans (almennu afstæðiskenningunni).

Samkvæmt kenningum Newtons má hugsa sér ljósgeisla sem straum agna, sem þyngdarkraftur sólarinnar sveigir um ákveðið horn frá upphaflegri stefnu (sjá mynd 2). Hornið má auðveldlega reikna út frá þyngdarlögmáli Newtons. Í þyngdarfræði Einsteins er það hins vegar sveigja rúmsins umhverfis sólina sem veldur stefnubreytingu ljósbylgna (eða ljóseinda) og sveigjuhornið er tvöfalt stærra en það sem fyrrnefnd kenning Newtons segir til um.^{iv} Einnig er rétt að hafa í huga, að ef þyngdarlögmáli Newtons er beitt á sígildar ljósbylgjur í stað agna er niðurstaðan sú að ljósgeislarnir breyta alls ekki um stefnu. Með því að mæla ljóssveigjuna má því greina á milli kenninga þeirra Newtons og Einsteins um þyngdaraflið.^v

Ástæða þess að sólin varð fyrir valinu við mælingarnar er einföld: Sveigjuhornið er almennt það lítið að vonlaust er að mæla það nema sveigjuvaldurinn sé mjög massamikill. Sólin er eina fyrribærið í sólkerfinu sem hefur nægan massa til að valda mælanlegri sveigju, en aðeins ef ljósgeislar á leið til jarðar frá fjarlægum stjörnum fara mjög nálægt sólaryfirborðinu. Gífurleg birta sólar kemur þó í veg fyrir að hægt sé að framkvæma slíkar mælingar við venjulegar aðstæður enda sjást stjörnurnar ekki að degi til. Þær birtast hins vegar við almyrkva á sólu, þegar tunglið skyggir fullkomlega á sólarkringluna. Við slíkar aðstæður má reyna að mæla ljóssveigjuna og það var það sem Bretarnir gerðu 29. maí 1919 (sjá mynd 2).

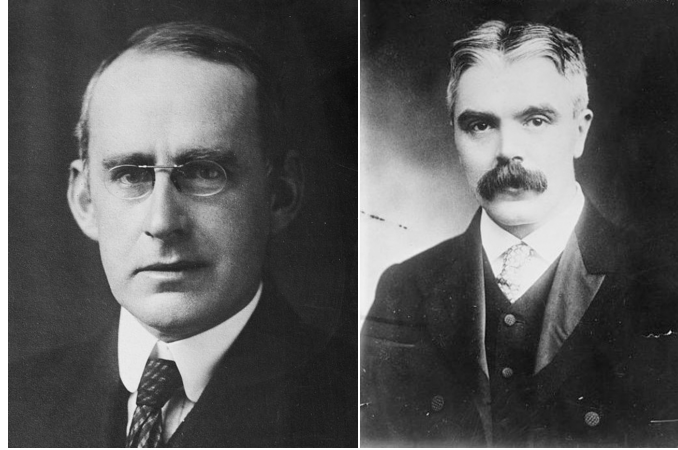


Mynd 2: Myndin, sem birtist fyrst í tímaritinu *The Illustrated London News* 22. nóvember 1919, lýsir vel helstu atriðum er tengjast sólmyrkvanum 29. maí 1919 og fyrstu mælingunum á sveigju ljóssins. Í neðra horninu vinstra megin eru mælitæki stjörnufræðinganna. Þau nema ljós frá fjarlægri stjörnu sem er bak við sólina. Vegna ljóssveigjunnar virðist stjarnan hafa færst til. Í hringnum hægra megin er sýnt nánar hvernig sveigjan færir nokkrar stjörnur til á hvelfingunni. Fyrir neðan hringinn má sjá braut almyrkvans frá Suður Ameríku til Afríku og staðsetningu mælistöðvanna tveggja, annars vegar í Sobral í Brasilíu og hins vegar á eyjunni Principe fyrir utan vesturströnd Afríku. Neðst hægra megin er svo ljósmynd af kórónu sólar.

Það var Sir Frank W. Dyson, konunglegur stjörnufræðingur Englands (the Astronomer Royal), sem átti frumkvæðið að mælingunum. Hann fékk fljótlega ýmsa aðra stjörnufræðinga í lið með sér við undirbúningsvinnuna, þar á meðal helsta málsvara Einsteins í hinum enskumælandi heimi, Arthur S. Eddington prófessor í stjörnufræði við Cambridge-háskóla, sem þá þegar hafði lagt mikla vinnu í að kynna almennu afstæðiskenninguna fyrir lærdum sem leikum í Englandi.

Til að ná sem bestum árangri við myrkvarannsóknir þarf hagstæð veðurskilyrði. Því var ákveðið að fylgjast með almyrkvanum frá tveimur mismunandi stöðum, í þeirri von að

veður yrði gott að minnsta kosti á öðrum þeirra. Fyrir valinu urðu þorpið Sobral í Brasilíu og eyjan Principe við vesturströnd Afríku (sjá mynd 2). Til Principe fóru Eddington og aðstoðarmaður hans, E. T. Cottingham, en stjörnufræðingarnir A. C. Crommelin og C. R. Davidson héldu til Sobral.



Mynd 3: Frá vinstri til hægri: Arthur S. Eddington (1882-1944) og Frank W. Dyson (1868-1939).

Bæði stjarnfræðilegar og landfræðilegar aðstæður voru sérlega hagstæðar fyrir mælingarnar. Sólin var stödd í Nautsmerki, nálægt stjörnuþyrpingunni Regnstirninu, þannig að margar stjörnur voru í bakgrunni. Að auki var sól almyrkvuð í nær 7 mínútur, sem er óvenju langur tími þegar um almyrkva er að ræða. Ætlun leiðangursmanna var að ná eins mörgum myndum og mögulegt var af stjörnunum í bakgrunni almyrkvaðrar sólar. Með samanburði við ljósmyndir teknar af sama stað á stjörnuhimninum á öðrum árstíma, þegar sólin er víðs fjarri, má finna hliðrunina eða sveigjuna sem sólin veldur á stjörnuljósinu (sjá mynd 2). Þetta var reyndar ekki auðvelt verk árið 1919, því með þeim sjónaukum sem leiðangursmenn höfðu í farteskinu svaraði ljóssveigja um 1,75 bogasekúndur til hámarkshliðrunar á ljósmyndaplötunum um aðeins 1/20 úr millimetra. Að auki þurfti að taka tillit til og leiðréttu fyrir óróa í andrúmslofti og bjögun ljósmyndaplatna, skekkjuvalda sem stjörnufræðingarnir vissu af og kunnu að taka tillit til við úrvinnsluna.

Þegar á hólminn var komið fengust aðeins örfáar nothæfar niðurstöður úr mælingunum. Á Principe var ástæðan óhagstætt veðurfar, en þótt veðrið væri ágætt í Sobral reyndist aðalsjónaukinn þar ekki hafa verið í fókusi rétt á meðan á myrkvanum stóð. Eftir mikla yfirlegu treystu þeir Eddington og Dyson sér þó að lokum til að birta niðurstöður fyrir ljóssveigjuna og reyndust þær vera í allgóðu samræmi við útreikninga Einsteins.^{vi}

Niðurstöðurnar voru birtar formlega á fundinum fræga í London, 6. nóvember 1919. Þeir Dyson, Crommelin og Eddington lýstu mælingunum og úrvinnslunni í smáatriðum og Eddington fjallaði síðan um það, hvaða afleiðingar nýju niðurstöðurnar og kenningar Einsteins gætu haft í för með sér fyrir eðlisfræðina. Í kjölfarið lýsti fundarstjórinn, J. J. Thomson, því yfir, að þetta væru mikilvægustu niðurstöður í þyngdarfræði síðan á dögum Newtons. Ennfremur að rökstuðningur Einsteins hefði greinilega reynst réttur, bæði hvað varðaði ljóssveigjuna og brautarsnúning Merkúrísar og því væri um að ræða einn mesta árangur mannlegrar hugsunar fyrr og síðar.

Þeir Eddington og Dyson höfðu séð til þess að almenningur í Bretlandi var vel upplýstur, bæði um leiðangrana til Principe og Sobral og tilganginn með mælingunum. Á fundinum voru því, auk fjölda vísindamanna, nokkrir blaðamenn sem fylgdust vel með spennunni í salnum og öllu sem þar fór fram. Dagblaðið *The Times* í London gat því birt

fréttir af fundinum strax daginn eftir, 7. nóvember, undir fyrirsögninni „Revolution in Science/New Theory of the Universe/Newtonian Ideas Overthrown.“ Áfram var haldið 8. nóvember með greininni „Revolution In Science/Einstein V. Newton“ og tveimur dögum síðar birti bandaríska blaðið *The New York Times* svo fréttina „Lights All Askew In The Heavens/Men Of Science More Or Less Agog Over Results Of Eclipse Observations/Einstein Theory Triumphs.“ Önnur dagblöð og tímarit víða um heim fylgdu fljótlega í kjölfarið, meðal annars Politiken 18. nóvember og Morgunblaðið 5. desember, eins og áður hefur komið fram. Einstein varð þannig heimsfrægur á ótrúlega skömmum tíma og kenningar hans, skoðanir og einkalíf hafa æ síðan verið til umfjöllunar í fjölmiðlum, lærðum ritgerðum og bókum.^{vii}

Fyrir fundinn í London voru kenningar Einsteins lítið sem ekkert til umræðu nema í tiltölulega fámennum hópi eðlisfræðinga og stjörnufræðinga. Þar var hann reyndar vel þekktur vegna fimm greina sem hann birti árið 1905, þá 26 ára gamall. Fullyrða má að þessar merku greinar, sem fjalla um eðli rúms og tíma, ljóss og efnis, hafi valdið þáttaskilum í þróun eðlisfræðinnar á tuttugustu öld.^{viii} Í einni greinanna er takmarkaða afstæðiskenningin kynnt til sögunnar því sem næst fullsköpuð. Þar er gengið út frá því að hraði ljóssins (og annarra rafsegulbylgna) í tómi sé hinn sami fyrir alla athugendur, sem hreyfast með jöfnum innbyrðis hraða. Af því leiðir að ljósvakinn er óþarfur og rúm og tími eru afstæð hugtök. Algildur tími og algilt rúm í skilningi Newtons eru því ekki til.

Þar sem kenning Einsteins frá 1905 er takmörkuð við athugendur, sem ferðast með jöfnum afstæðum hraða, tók hann fljótlega til við að útvíkka hana, þannig að hún næði til allrar hreyfingar. Að auki vildi hann láta kenninguna gefa fullkomna lýsingu á þyngdinni, sem hin takmarkaða gerir ekki. Þetta reyndist mun erfiðara en hann taldi í fyrstu, en í nóvembermánuði 1915 tókst honum loks að móta kenningu, sem hann var ánægður með og við þekkjum undir nafninu almenna afstæðiskenningin. Þetta var kenningin sem Eddington heillaðist af og var óþreytandi við að kynna. Það var fyrst og fremst kynningarstarf hans sem leiddi til ljóssveigjumælinganna árið 1919.

Hér gefst ekki rúm til að kafa dýpra í afstæðiskenningar Einsteins. Á erlendum tungumálum hefur verið gefinn út fjöldi rita um efnið fyrir almenna lesendur, en fæst þeirra hafa verið þýdd á íslensku. Einstein skrifaði sjálfur bók um kenningar sínar árið 1917. Hún kom á íslensku árið 1970 undir nafninu *Afstæðiskenningin*. Árið 1990 kom svo *Saga tímans*, þýðing á bók Hawkings frá 1988, sem fjallar um þróun almennu afstæðiskenningarinnar á tuttugustu öld. Full ástæða er til að mæla með báðum bókunum.^{ix}

Afstæðiskenningin á Íslandi fram til 1930

Árið 1913 var í fyrsta sinn fjallað um takmörkuðu afstæðiskenninguna hér á landi. Það var í greininni „Ýmsar skoðanir á eðli rúmsins“ eftir Ólaf Dan Daníelsson stærðfræðing, sem birtist í tímaritinu *Skirni*.^x Ólafur ræðir þar bæði um heimspekilegar undirstöður rúmfræðinnar og afstæðiskenninguna, án þess þó að minnast einu orði á Einstein. Greinin var ætluð almenningi, en ekki er að sjá að hún hafi vakið mikil viðbrögð hjá landsmönnum. Þorvaldur Thoroddsen vísaði þó í hana neðanmáls í grein um stjörnufræði árið 1917.^{xi}

Ekki virðist hafa verið fjallað aftur um afstæðiskenninguna hér heima fyrr en eftir að fréttir bárust af sólmyrkvamælingunum í nóvember 1919. Eins og þegar hefur komið fram voru fyrstu viðbrögð mikil umfjöllun um Einstein sjálfan, skoðanir hans, yfirlýsingar og athafnir. Slíkur frétttaflutningur hélt áfram áratugum saman, en inn á milli birtust einnig ritsmíðar þar sem reynt var að útskýra kenningar meistarans í einföldu máli.

Fyrsta erlenda alþýðuritið um afstæðiskenninguna sem hingað barst var *Vort fysiske Verdensbillede og Einsteins Relativitetsteori* eftir danska eðlisfræðinginn Helge Holst. Sala á bókinni hófst síðla sumars 1920 og hún virðist hafa selst í talsverðu upplagi (sjá mynd 4).^{xii}

Bókaversl. Ársæls Árnasonar, Reykjavík.

Nýkomið:

Helge Holst: Vort fysiske Verdensbillede og Einsteins Relativitetsteori. Verð 5,20.

Margur rak upp stór augu er hingað barst fréttin um að Þjóðverjinn Einstein hefði sýnt fram á að kenningar Newtons, sem öll eðlisfræði hafði hingað til verið byggð á, væru rangar. Þetta er alþýðlega skrifuð bók um þessa merkilegu nýjung; hefir þegar selst afarmikið hér í Reykjavík.

Arnfred: Elektriciteten i Landbrugets Tjeneste. Verð 2,20.

Om udnyttelse av mindre vandfald; udgit efter offentlig foranstaltning. Norsk bók, sem ætti að koma sér sérlega vel hér. Verð 3,60.

Olden: Elektriciteten og dens anvendelse i det daglige liv. Verð 1,80.

Kortfattet veiledning i bygningsvæsen paa landet, av landbruksdirektør G. Tandberg, omarbeidet av arkitekt Ivar Næss. 5. utgave. Verð ib. 21,00.

Norsk lyrik, i udvalg ved Kristian Winterhjem. Úrval af kvæðum bestu skálda Noregs. Verð ib. 6,00.

Þækur sendar með póströfu hvert á land sem er.

Mynd 4: Auglýsing á forsiðu *Tímans*, 28. ágúst 1920. Bók Holsts mun hafa verið fyrsta ritið um kenningar Einsteins sem kom í íslenskar bókabúðir.

Í febrúar 1921 hélt Ólafur Dan Daniélsson fræðilegt erindi um takmörkuðu afstæðiskenninguna fyrir félagi sína í Verkfræðingafélagi Íslands. Erindið birtist síðar á prenti.^{xiii} Ári síðar, í byrjun febrúar 1922, hélt hann svo almennan fyrirlestur um báðar kenningar Einsteins í Mensa academica undir heitinu „Einstein og relativitetskenningin“. Erindið þótti takast með afbrigðum vel:

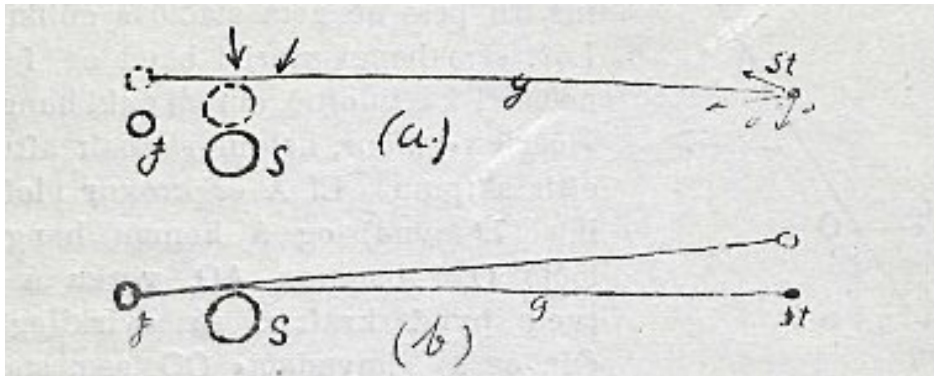
Dr. Ólafur Daniélsson flutti all-langt erindi um afstöðukenning[u] Einsteins. Var efnið mörgum harla lítt kunnugt og eigi auðskilið í eðli sínu [...] Því merkilegra var það, hversu Ólafur hafði ríkt vald á efninu og fékk skilmerkilega skýrt það fyrir þeim, er á hlýddu. Kendi þar og máttar tungu vorrar [...] Fékk Ólafur maklegt lof að málslokum.^{xiv}

Fyrirlestur Ólafs birtist í heild í *Skírni* sama ár og á mynd 5 má sjá örlítið brot úr honum. Um er að ræða fyrstu frumsömdu ritsmiðina um almennu afstæðiskenninguna eftir íslenskan höfund. Þá ber að geta þess, að Ólafur er höfundur íslenska orðsins *afstæðiskenning*.^{xv}

Á árunum 1921 til 1922 birtust einnig í íslenskum tímaritum tvær þýddar greinar um Einstein og kenningar hans. Önnur var eftir norska eðlisfræðinginn J. P. Holtmark og hin eftir þýska rithöfundinn og útgefandann A. Moszkowski. Greinarnar fjalla báðar um almennu afstæðiskenninguna, þar á meðal brautarsnúning Merkúriusar, ljóssveigjuna og sólmyrkvamælingarnar 1919.^{xvi}

Árið 1926 hélt Þorkell Þorkelsson eðlisfræðingur fræðilegt erindi í Verkfræðingafélaginu um ýmsar mælingar og tilraunir sem gerðar höfðu verið árin þar á

undan til að kanna sannleiksgildi kenninga Einsteins. Meðal annars fjallaði hann um mælingar á afstæðilegum massa, brautarsnúningi Merkúrísar, ljóssveigjunni og þyngdarrauðviki.^{xvii}



Mynd 5: Teikning Ólafs Dan Daniélssonar af ljóssveigjunni í grein hans um afstæðiskenninguna í *Skírni* árið 1922. Í greininni segir um myndina: „Frá [stjörnunni] St ganga geislar í allar áttir, og jeg skoða sjerstaklega geislann g, sem stefnir framhjá sólunni [S] og jörðunni [J]. Þegar hann kemur inn í sólkerfið, inn á það svið, þar sem þyngdarkraftur sólarinnar er merkjanlegur, er hann kominn inn á rúmsvið [...] þar sem þyngdarkraftar verka í áttina til sólarinnar. Sje nú í stað þessara þyngdarkrafta sett acceleruð hreyfing sólkerfisins í öfuga átt, hlýtur jörðin að verða fyrir einhverjum geislum, sem annars hefðu farið framhjá henni, t.d. geislanum g, eins og punktamyndin af sólunni og jörðunni sýnir. Stjarnan sjest með öðrum orðum frá jörðunni þrátt fyrir það, þó að geislinn stefndi fram hjá henni. Fyrir okkar sjónum, sem skoðum jörðina kyrra, hlýtur það að líta út eins og geislinn hafi svignað í áttina til jarðarinnar við það að fara fram hjá sólunni. Hann kemur því til jarðarinnar úr nokkuð annari stefnu, en hann upphaflega hafði, svo að stjarnan sýnist lítið eitt fjær sólu en hún er (mynd b).“

Heimspekingurinn Ágúst H. Bjarnason var mikill áhugamaður um raunvísindi og fann sig knúinn til að kynna þau íslenskum almenningi. Hann fjallaði meðal annars um afstæðiskenninguna í bókinni *Himingeimurinn* árið 1926 og studdist þar einkum við alþýðurit eftir Eddington og heimspekinginn Bertrand Russell. Nokkrum árum síðar sendi hann svo frá sér *Heimsmmynd vísindanna*, rit ætlað almenningi. Þar útskýrir hann kenningar Einsteins í nokkrum smáatriðum og styðst nú einkum við bók Einsteins sjálfs frá 1917 og alþýðurit eftir J. Jeans frá 1929.^{xviii}

Óhætt mun að fullyrða að í kringum 1930 hafi Íslendingar verið búnir að fá all nákvæmar fréttir af Einstein og kenningum hans um rúm, tíma og þyngd. Langur tími átti þó enn eftir að líða þar til íslenskir vísindamenn tóku að beita þessari nýju og byltingarkenndu eðlisfræði í verkum sínum.^{xix}

ⁱ Grein þessi er rituð í tilefni þess að í nóvember 2015 eru liðin hundrað ár frá því þyngdarfræði Einsteins, öðru nafni almenna afstæðiskenningin, sá dagsins ljós.

ⁱⁱ *Vísir*, 19. nóvember 1919, bls. 2; *Morgunblaðið*, 20. nóvember, bls. 1; *Alþýðublaðið*, 20. nóvember, bls. 3.

ⁱⁱⁱ *Morgunblaðið*, 5. desember 1919, bls. 3. Sjá einnig grein í *Fram* (Siglufirði, 29. desember 1919, bls. 1) sem virðist styðjast við sömu heimild og *Morgunblaðið*: „En Revolution i Videnskaben: Professor Einsteins epokegørende Teorier bekræftet. Newtons Tyngdelov omstødt.“ *Politiken*, 18. nóvember 1919. Danska greinin er byggð á umfjöllun enska dagblaðsins *The Times* dagana 7. og 8. nóvember 1919.

^{iv} Fyrir ljósgeisla sem rétt sleikja sólaryfirborðið er sveigjuhornið 1,75 bogasekúndur skv. afstæðiskenningunni.

^v Þeim sem vilja kynna sér þessi fræði nánar, án þess að taka námskeið í almennu afstæðiskenningunni, má benda á bókina *Was Einstein Right? Putting General Relativity to the Test* eftir C. M. Will (2. útgáfa, New York 1993). Þetta vandaða rit er ætlað upplýstum leikmönnum og fjallar ekki aðeins um ljóssveigjuna heldur einnig þyngdarrauðvik, brautarsnúning Merkúrísar og margt fleira er tengist staðfestingu almennu afstæðiskenningarinnar.

- vi Þegar nokkuð var liðið frá fundinum í London fór að bera á orðrómi um það, að Eddington hefði verið svo sannfærður um sannleiksgildi almennu afstæðiskenningarinnar að hann hefði, meðvitað eða ómeðvitað, sérvalið mæligögn við úrvinnsluna sem voru í samræmi við útreikninga Einsteins, en sleppt þeim sem ekki þóssuðu við þá. Þær rituðu heimildir, sem til eru um vinnu þeirra Eddingtons og Dysons, sýna að þetta er ekki rétt. Endurúrvinnsla á mæligögnunum árið 1979 leiddi hið sama í ljós. Sjá t.d. D. Kennefick: „Testing Relativity from the 1919 Eclipse: a Question of Bias.“ *Physics Today* 2009, 62, bls. 37-42.; D. Kennefick: „Not Only Because of Theory: Dyson, Eddington and the Competing Myths of the 1919 Eclipse Expedition.“ Í ritinu *Einstein and the Changing World Views of Physics 1905-2005*. Boston 2009, bls. 201-232. Þá má geta þess að allar síðari tíma mælingar sýna ótvírætt að niðurstaða Einsteins um ljóssveigjuna er rétt. Sjá t.d. C. M. Will: „The 1919 Measurement of the Deflection of Light.“ Mun birtast í tímaritinu *Classical and Quantum Gravity* 2015 (vefslóð: <http://arxiv.org/abs/1409.7812>).
- vii Eftirtaldir greinar og heimildirnar, sem þar er vitnað í, kafa mun dýpra í söguna en hér er gert: M. Stanley: „An Expedition to heal the Wounds of War: the 1919 Eclipse and Eddington as Quaker Adventurer.“ *Isis* 2003, 94, bls. 57-89; A. Sponsel: „Constructing a ‘Revolution in Science’: the Campaign to Promote a Favourable Reception for the 1919 Solar Eclipse Experiment.“ *British Journal for the History of Science* 2002, 35(4), bls. 439-467. Sjá einnig B. Almassi: „Trust in Expert Testimony: Eddington’s 1919 Eclipse Expedition and the British Response to General Relativity.“ *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* 2009, 40, bls. 57-67.
- viii Fjallað er um greinar Einsteins hjá Einari H. Guðmundssyni: „Albert Einstein og greinar hans frá 1905.“ *Verpill* 2005, bls. 24-27 (vefslóð: <http://notendur.hi.is/~einar/Afstaediskening/Einstein1905.pdf>). Þess má einnig geta að allar greinarnar fimm eru væntanlegar í íslenskri þýðingu Þorsteins Vilhjálmssonar árið 2015.
- ix A. Einstein: *Afstæðiskenningin*. Þýðandi Þorsteinn Halldórsson. Reykjavík 1970. 2. útg. (endursk.) 1978; Stephen W. Hawking: *Saga tímans*. Þýðandi Guðmundur Arnlaugsson. Reykjavík 1990. Nýlega kom út alþýðlegt rit um sögu almennu afstæðiskenningarinnar á tuttugustu öld: P. G. Ferreira: *The Perfect Theory: A Century of Geniuses and the Battle over General Relativity*. London 2014. Önnur nýleg bók, ein af fjölmörgum sem fjalla um ævi Einsteins, er: Walter Isaacson: *Einstein: His Life and Universe*. London 2007.
- x Ólafur Danielsson: „Ýmsar skoðanir á eðli rúmsins.“ *Skírnir* 1913, 87, bls. 361-370. Um þessa grein Ólafs og aðrar ritsmíðar hans um afstæðiskenninguna er fjallað hjá Einari H. Guðmundssyni og Skúla Sigurðssyni: „Eðli rúms og tíma: Ólafur Dan Danielsson og greinar hans um afstæðiskenninguna.“ *Tímarit um raunvísindi og stærðfræði* 2005, 3, bls. 21-39 (vefslóð: <http://www.raust.is/2005/1/02/>). Þar er einnig rætt all ítarlega um það hvaða viðtökur afstæðiskenningin fékk í hinum ýmsu löndum í vestrænum heimi, þar á meðal á Norðurlöndum.
- xi Þorvaldur Thoroddsen: „Heimur og geimur: Þættir úr alþýðlegri stjörnufræði.“ *Ársrit hins íslenska fræðafélags í Kaupmannahöfn* 1917, bls. 1-42. Tilvitnunin er neðanmáls á bls. 33.
- xii H. Holst: *Vort fysiske Verdensbillede og Einsteins Relativitetsteori*. Kaupmannahöfn 1920.
- xiii Ólafur Dan Danielsson: „Um tímarúm Minkowskis í sambandi við afstæðiskenninguna þrengri.“ *Tímarit Verkfræðingafélags Íslands* 1921, 6, bls. 14-19.
- xiv *Vísir*, 7. febrúar 1922, bls. 2.
- xv Ólafur Danielsson: „Afstæðiskenningin.“ *Skírnir* 1922, 96, bls. 34-52. Nánar má lesa um Ólaf og kynningu hans á afstæðiskenningunni í fyrrnefndri grein Einars H. Guðmundssonar og Skúla Sigurðssonar frá 2005.
- xvi J. P. Holtsmark: „Einsteinskenning.“ *Andvari* 1921, 46, bls. 86-107; A. Moszkowski: „Einstein.“ *Iðunn*. Nýr flokkur 1921-22, 7, bls. 110-129.
- xvii Þorkell Þorkelsson: „Afstæðiskenningin og tilraun Michelsons.“ *Tímarit Verkfræðingafélags Íslands* 1926, 11, bls. 21-25.
- xviii Ágúst H. Bjarnason: *Himingeimurinn*. Akureyri 1926; Ágúst H. Bjarnason: *Heimsmynd vísindanna*. Fylgirit *Árbókar Háskóla Íslands 1928-1929*. Reykjavík 1931. Sjá einng ritdóm Trausta Einarssonar um seinni bókinna í *Eimreiðinni* 1931, 37, bls. 305-313.
- xix Nánar er um þetta fjallað í fyrrnefndri grein Einars H. Guðmundssonar og Skúla Sigurðssonar frá 2005.