

SÄRTRYCK UR:

KOSMOS

RELATIVITETS- TEORI

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDETS ÅRSBOK 2021



IVAR WALLER OCH RELATIVITETSTEORIN

© STAFFAN YNGVE



Artikeln publiceras under Creative Commons-lisensen CC BY-NC-SA 4.0
För bildmaterial med källhänvisning
gäller samma upphovsrättsliga
regler som för källan.

f SVENSKA
FYSIKER
SAMFUNDET



Staffan Yngve

Fil. dr. 1972, är professor emeritus i teoretisk fysik. Han har varit verksam som universitetslektor före befordran och haft flera uppdrag inom och utom akademien. Han har mottagit olika utmärkelser såsom Thuréuspriset. Han medverkade 1978 till institutionen för teoretisk fysiks återflyttning till den byggnad på Thunbergsvägen, som Ivar Wallers institution fått lämna 1937.



Uppsalaprofessorn Ivar Waller intresserade sig mycket tidigt för relativitetsteorin och han bidrog med viktiga insatser då ämnet ännu var ungt. Staffan Yngve ger oss ett personligt porträtt av Waller och hans relativistiska vedermödor, vilka delvis manifesterades genom en artikel i Kosmos 1922.

*Ivar Waller på äldre dagar, i en typisk pose.
Foto från Erik B. Karlsson.*

Ivar Waller och relativitetsteorin

Artikeln har sin upprinnelse i ett åtagande att efter Ivar Wallers bortgång 1991 sortera och transportera ett stort material från Wallers emeritusrum på Thunbergsvägen 3 i Uppsala till Kungliga Vetenskapsakademin. Ännu ett antal år tidigare hade jag hjälpt Waller med ett föredrag om hans kontakter med Paul Dirac under den tidiga kvantmekaniken. Vi hade också åtskilliga kontakter under min tid som prefekt vid dåvarande institutionen för teoretisk fysik, ibland kombinerade med givande diskussioner i institutionens dåvarande bibliotek om såväl kvantmekanik som allmän relativitetsteori.

Ivar Waller

Ivar Waller föddes 1898 i Flen. Större delen av uppväxten ägde rum i Göteborg men Waller kom att förlägga sina akademiska studier till Uppsala. Där kom han 1919 i kontakt med professorn i mekanik och matematisk fysik Carl Wilhelm Oséen. Oséen höll föreläsningar i allmän relativitetsteori med förutom Waller bland annat norrmannen Jørg Tofte Jebsen som åhörare. Jebsen är känd för att ha generaliserat den s.k. Schwarzschild-metriken till en centralsymmetrisk massfördelning som varierar i tiden med möjlig tillämpning på en pulse-



Figur 1: Carl Wilhelm Oséen, Fotograf: Emil J:son Finn, Signum: Kungliga biblioteket

rande stjärna. Han fick med hjälp av Oséen arbetet publicerat i Arkiv för matematik, astronomi och fysik. Tyvärr gick Jebsen bort alldeles för tidigt 1922 i tuberkulos.

Oséen insåg tidigt att han i Waller fått en sällsynt begåvad student och anförtrorde åt honom att tre år innan han doktorerade skriva en artikel om allmän relativitetsteori i Kosmos 1922 (Waller, 1922). Oséens äldre tyske kollega Arnold Sommerfeld hade året innan låtit sin unge student Wolfgang Pauli skriva en numera klassisk översiktsartikel till den tyska matematiska encyklopedin om speciell och allmän relativitetsteori.

Artikeln i Kosmos 1922

Waller snart hundra år gamla artikel är inte samma klassiker som Paulis men den är fortfarande läsvärd. Några tillägg kommer att göras för att belysa bakgrund och dåtida kunskapsläge. Tre centrala prövningsmöjligheter identifierades av Waller, vilka här kastas om för att följa den ordning de brukar uppträda i läroböcker såsom avsnittet om allmän relativitetsteori i Landau-Lifschitz *The classical theory of fields*.

En av de tre prövningsmöjligheter av den allmänna relativitetsteorin som Waller tog upp gällde en utsago, som Einstein då var ensam om, nämligen att det sker en rödförskjutning av ljus som fortplantar sig bort från ett område med ett starkt gravitationsfält. För ljus som går från solens yta till en observationspunkt på jorden gäller med r_s lika med solens radie att den relativa förändringen av våglängden blir:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{r_g}{2r_s} \quad ,$$

där r_s är massans gravitationsradie, som för solmassan är 2,95 km. Den alternativa beteckningen för gravitationsradien är Schwarzschildradien. I beaktande av att solens diameter $2r_s$ är 1 393 000 km erhålls att förhållandet mellan gravitationsradien för solen och solens diameter är $2,12 \times 10^{-6}$, dvs. det handlar om en mycket liten "Einstein-effekt". Den kan enligt Einstein kvalitativt förklaras av att en foton som ska ta sig ur ett gravitationsfält förlorar energi. Eftersom fotonens fart inte ändras innebär förlust av energi en sänkning av frekvensen och en ökning av våglängden.

Waller började med att konstatera att de betraktade absorptionslinjerna från solen härrör från gaser, som är utsatta för tryck, vilket resulterar i s.k. tryckskift, som man vill minimera. Detta

kunde åstadkommas genom att inskränka undersökningen till vissa kväveband vilka är ytterst litet beroende av trycket. Med vidtagande av särskilda försiktighetsmått erhöles i det av Waller reviderade materialet en genomsnittlig förskjutning, vilken stämde med den Einsteins teori fordrade. Waller avslutade denna del med kommentaren:

”På grund av knappheten i det förefintliga materialet torde dock kontrollen av denna Einsteineffekt än så länge få anses mycket osäker”.

Inför nästa provningsmöjlighet, som i Wallers ordning var den första, har föreliggande författare fallit för frestelsen att utveckla historien något mer än vad Waller gör. Tycho Brahes observatorium på Ven är utnämnt till *EPS historic site* av det europeiska fysikersamfundet. Där utförde Tycho fram till sin död 1601 observationer med obehäpnat öga, vilka Johannes Kepler, död 1630, använde för att formulera sina tre berömda lagar. Keplers första lag utsäger att planetbanan är en ellips innebärande att summan av avstånden från planeten till de två brännpunkterna är konstant. Solen befinner sig i ena brännpunkten.

Galileo Galilei var en tidig användare av teleskopet med vilket han bland annat kunde studera Jupiters månar. Han fick som strong senior tillbringa tio år i av kyrkan påbjuden husarrest fram till sin död 1642, 77 år gammal. Ole Rømer förde traditionen från Tycho Brahe vidare och genomförde på 1670-talet observationer av Jupiter, vilka ledde till att (enligt vissa källor) Christiaan Huygens kunde genomföra den första bestämningen av ljusets hastighet c , dock till ett för lågt värde på cirka 212 000 km/s. Viktigare än det exakta numeriska värdet var belägget för att ljusfarten inte är oändlig. Ljusfarten i vakuum blev senare en central storhet i relativitetsteorin. Huygens är kanske mest känd för sin vågteori för ljuset, vilken användes av Einstein i en av hans artiklar om allmän relativitetsteori, som vi återkommer till nedan. Tyvärr förstördes Rømers instrument, som hade varit av stort vetenskapshistoriskt intresse, i den stora branden i Köpenhamn 1728.

1687 utkom Newtons *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* med Newtons lagar, inklusive gravitationslagen, och där gravitationskonstanten G infördes. 1704 utkom hans *Opticks*, där ljuspartiklar beskrivs som *weightless*, ehuru frågan ställs mot slutet om de möjligen kunde påverkas av gravitation. 1796 bestämde Cavendish gravitationskonstanten G i ett berömt experiment, som

många studenter genom åren fått genomföra som en laboration i mekanik.

På 1800-talet fanns förutsättningar för att göra noggrannare observationer och beräkningar av planeternas rörelser. Leverrier kartlade Merkurius rörelse 1837 och övergick sedan till den 1781 upptäckta planeten Uranus. Han fann därvidlag störningar i Uranus bana i jämförelse med Keplerbanan, vilket ledde till upptäckten av Neptunus 1846. Leverrier återgick därefter till noggranna studier av Merkurius bana och fick inte beräkningarna att stämma med observationer. Astronomen Newcomb tog sig också an problemet och jämförde Merkurius teoretiskt förväntade s.k. perihelförskjutning, med observationer. Det kvarstod då en oförklarad rest om $(2,00 \pm 0,10) \times 10^{-4}$ radianer på 100 år. Detta svarar mot en rest i den ackumulerade förskjutningen efter det att Merkurius gjort drygt fyrahundra varv runt solen. Olika tänkbara förklaringar fördes fram av Leverrier, Newcomb m.fl. Bägge nämnda spekulerade i möjligheten av en störande massa mellan Merkurius och solen. Newcomb, som var utländsk ledamot av Kungliga Vetenskapssocieteten i Uppsala, framförde även att avvikelser av solens massfördelning från sfärisk symmetri skulle kunna vara av betydelse.

Waller noterade att den av Newcomb framräknade resten kunde förklaras av Einsteins teori. Waller gick sedan igenom alternativa förklaringar, där han främst lyfte fram den tidigare nämnda hypotesen om en ”för ändamålet lämplig avplattning” av solen. Han menade dock att det saknades observationellt stöd för en avvikelse från sfärisk symmetri som skulle ge väsentliga bidrag. Wallers slutsats är tydlig:

”Resultatet beträffande Merkuribanan måste även med de reservationer för någon osäkerhet i det Newcomb’ska värdet, varom vi längre fram skola tala, betecknas som en stor framgång för den allmänna relativitetsteorien. Klart framstår detta, om vi kasta en blick på de mer eller mindre otillfredsställande hypotesbildningar, genom vilka man sökt förklara anomalien i fråga”.

Keplerproblemet

Vi gör nu en avvikelse för att diskutera några samband av intresse. Det s.k. Keplerproblemet innebär att vi betraktar en ”planet” med massa m som rör sig runt en sfäriskt symmetrisk, icke-roterande

”sol” med massa M . Den teoretiska planeten är fri från påverkan av andra planeter, endast den Newtonska gravitationen från den teoretiska solen bidrar till rörelsen. Genom att utnyttja att planetens rörelsemängdsmoment L är bevarat, vilket är ekvivalent med Keplers andra lag, samt att mekaniska energin E är bevarad erhålls efter en del räknande bankurvan. Den har olika utseende beroende på om den mekaniska energin är negativ, positiv eller noll.

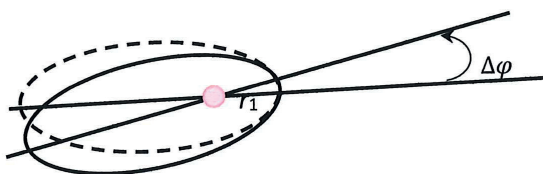
Om $E < 0$ fås en elliptisk bankurva för planetens rörelse med minsta avstånd till solens centrum lika med r_1 och största avstånd lika med r_2 . Detta känner vi som Keplers första lag. För $E > 0$ fås en hyperbelbana och $E = 0$ ger en parabelbana. Det går att hitta ett matematiskt uttryck i elementära matematiska funktioner som täcker alla tre fallen. Intressant är att $E > 0$ formellt svarar mot negativt r_2 och $E = 0$ formellt svarar mot att r_2 går mot oändligheten, och att alla tre fallen täcks av ett matematiskt uttryck innehållande parametrarna r_1 och r_2 samt vinkeln φ som radius vektor bildar med en utgångsriktning och radius längd r .

För motsvarande ”planets” bana runt en ”sol” i Einsteins gravitationsteori gäller att den relativistiska energin och det relativistiska rörelsemängdsmomentet är bevarade, där det sistnämnda bevarandet svarar mot en generalisering av Keplers andra lag. Förutom r_1 och r_2 tillkommer gravitationsradien r_g . Det lyckades inte under tiden före tillkännagivandet av Einsteins nobelpris 1922 att få fram ett samband uttryckt i elementära matematiska funktioner gemensamt för ”positiva och negativa r_2 ” ens om gravitationsradien $r_g = 2MG/c^2$ är mycket mindre än r_1 . Däremot kunde Einstein i ett arbete publicerat 25 november 1915 i *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie* (för tillräckligt små r_g och positiva r_2) bestämma den s.k. perihelförskjutningen $\Delta\varphi$, illustrerad i Figur 2. $\Delta\varphi$ svarar mot rörelsen från minsta avstånd till största avstånd från solen och åter till minsta avstånd. Einstein fick i sitt arbete fram ett korrekt värde till och med första ordningen i r_g :

$$\Delta\varphi = \frac{3\pi r_g}{2} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) .$$

Den approximation, som Einstein gjorde, skulle dock inte ha varit tillräckligt noggrann för att bestämma ett enkelt analytiskt uttryck för bankurvan. I varje fall skulle den inte räcka för att med en partikelmodell bestämma ljusets avböjning som vi återkommer till nedan. Något som liknar det uttryck i elementära funktioner som

erhålls i en kurs i klassisk mekanik och är giltigt för alla rimliga r_1 och r_2 och små r_g fanns inte tillgängligt vid tiden för Wallers artikel.



Figur 2: Illustration av perihelförskjutningen

Någon mer ingående presentation av banrörelsen finns inte heller i Wallers arbete trots att en sådan beskrivning gjorts sex år tidigare av Johannes Droste i en doktorsavhandling handledt av H. A. Lorentz. Drostes beskrivning med utnyttjande av elliptiska integraler var inte särskilt lättillgänglig för en genomsnittlig fysiker men skulle inte ha berett problem för Waller. Troligen kände Waller vid den tiden inte till Drostes avhandling, vilket måhända kan ses som en återspeglning av att Albert Einstein inte var världsmästare på att referera till andras arbeten. Einstein nämnde inte heller i sina arbeten den ovan nämnde Jebsen. ”Den finske Einstein”, Gunnar Nordström, mest känd för teorin för det som vi nu känner som Reissner-Nordström svarta hål utpekades dock av Einstein som den ende som jämte Einstein själv hade riktigt gångbara idéer för gravitationen och den krökta rum-tiden.

I en verklig planetrörelse tillkommer ett antal faktorer. Solens rotation kunde enligt Waller ha bidragit om solen roterat mycket snabbare, en effekt som även Einstein varit medveten om. Som tidigare nämnts skulle även en avvikelse från sfärisk symmetri ha kunnat ge bidrag. Den stora avvikelsen från den idealiserade modell, som Einstein använt för att räkna fram den allmänna relativitetsteoriens bidrag till perihelförskjutningen kommer som framhålls i Wallers artikel från de andra planeternas bidrag. I fallet Merkurius ger dessa upphov till en perihelförskjutning som enligt vad som tidigare förklarats är klart större än det bidrag som Einsteins allmänna relativitetsteori ger, men Einsteins beräkning förklarade en diskrepans som varit ett öppet problem sedan 1895.

En ljusstråles avböjning

Waller övergick, efter att ha gått igenom ett antal förklaringar som i våra dagar passerat bäst-före-datum,

”till den prövningsmöjlighet av allmänna relativitetsteorien, som grundar sig på att densamma fordrar en avböjning av riktningen hos en ljusstråle, som stryker förbi solen”.

Redan 1801 hade den tyske astronomen Johann Georg von Soldner gjort en beräkning av hur ljus från en avlägsen stjärna skulle böjas av om ljuset passerade nära solens yta. Fenomenet skulle endast gå att observera under solförmörkelse eftersom stjärnan annars inte skulle vara möjlig att observera. Utgående från Newtons partikelteori för ljus fann Soldner att ljuspartikeln skulle följa en hyperbelbana. Även för strykande passage skulle dock ljusbanan endast svagt avvika från en rät linje och Soldners beräkning gav en avböjning r_g/r_s i radianer.

Einstein behandlade ljusets avböjning i sitt huvudarbete om den allmänna relativitetsteorin publicerat i *Annalen der Physik* 1916. Med användande av Huygens princip bestämde han avböjningen till $2r_g/r_s$, dubbelt så stor som den Soldner hade fått fram. Drosté skrev i sin avhandling att Einstein 1915-16 använt en tillräckligt god approximation för banrörelsen i fallet liten gravitationsradie. Detta får nog betraktas som en sanning med modifikation. Ljusstrålen kan i approximationen för geometrisk optik ses som en ström av masslösa fotoner, även om Einstein inte använde begreppet foton. Hade Einstein använt denna modell av eget signum och tagit hjälp av samma approximation som han använde när han räknade fram perihelförskjutningen skulle han inte fått en korrekt avböjning av strömmen fotoner.

Notera att gravitationsradien för solen är 2,95 km att jämföra med solens radie $r_s = 696\,000$ km. I Wallers artikel finner man en noggrann redogörelse för hur planen att mäta den beskrivna ringa avböjningen realiserades i maj 1919 i form av två expeditioner i anslutning till en solförmörkelse. Omsorgsfullt redogörs för expeditionernas och forskarnas svårigheter liksom för eventuella alternativa förklaringar till uppmätt avböjning. Konklusionen var:

”Kanske måste dock den bekräftelse Einsteins teori här tycks ha vunnit tillmätas större vikt än den förra beträffande Merkuriperiheliets rörelse.”

Waller konstaterade att Einsteins teori är sammanhängande och mycket tilltalande. Den innehåller bara tidigare kända naturkonstanter och kräver inte som många andra teorier anpassning av till synes godtyckligt valda parametrar.

Sammanfattningsvis gjorde Waller (1922) beträffande de tre prövningsmöjligheterna utsagan att man torde

”ha svårt att tro, att det för densamma mer eller mindre gynnsamma resultatet i alla tre fallen skall vara dikterat av slumpen”.

Waller bedömning var klart mer positiv till utfallet av prövningsmöjligheterna än Manne Siegbahns i en året innan utgiven skrift *Elektricitet, materia, energi*. Manne Siegbahn flyttade 1922 sin verksamhet från Lund till Uppsala, något som medförde att Uppsala universitet 1925 kunde ta åt sig äran av det från 1924 uppskjutna Nobelpriset i fysik, som tilldelades Manne Siegbahn.

I en artikel i Fysikaktuellt nr 4, 2007 tar Karl Grandin (2007) upp det tidiga motståndet mot Einstein och relativitetsteorin. En trist historia är att Svenska fysikersamfundets förste kassör, amatörfysikern och juristen Sten Lothigius, spred brev och skrifter om Einstein och relativitetsteorin, som inte bara uttryckte animositet utan ibland även otäck antisemitism.

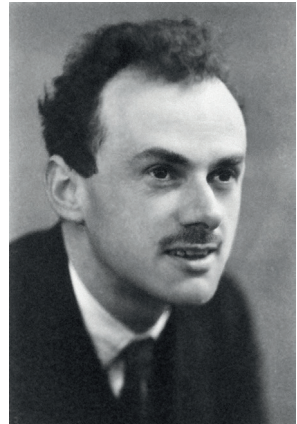
Ivar Waller och relativitetsteorin

De närmaste fem åren efter publiceringen av den refererade uppsatsen i Kosmos var Waller främst inriktad på icke-relativistisk fysik inklusive icke-relativistisk kvantmekanik. Waller kom att träffa engelsmannen Dirac på Bohrs institut i Köpenhamn och annorstädes. Han fångades tidigt av Diracs variant av en relativistisk formulering av kvantmekaniken, där ”relativistisk” innebär förenlighet med den speciella relativitetsteorin. I ett brev till Oséen skrev Waller: ”Dirac synes verkligen nu inta ledarplatsen inom kvantmekaniken. Det är märkligt, då man hör, att han blott är 25 år” (född 1902 kan tilläggas).

Diracs banbrytande arbete ”*The quantum theory of the electron*” trycktes 1928 (inte långt efter Wallers brev till Oséen) i *Proceedings of the Royal Society of London*. Teorin tillämpades på problemet väteatomen av Dirac själv samt av Walter Gordon (även tillsammans med svensken Oskar Klein känd för den relativistiska Klein-Gordonekvationen) och Charles Darwin (sonson till evolutionslärans fader), där de senare i princip samtidigt och oberoende av varandra finner matematiskt exakta lösningar. Waller arbetade

med andra krävande problem involverande användning av eller i nära anslutning till Diracs arbeten med resultat som publiceras 1929–1930. I sin bok från 1993 *"Dreams of a final theory"* nämner Steven Weinberg på sidan 85 Ivar Waller vid sidan av Heisenberg, Pauli och Oppenheimer som en tidig skarp analytiker av möjligheter och svårigheter med Diracs teori. Klein var 1929 först med en utveckling av teorin för Comptonspridning tillsammans med Nishina under vistelse hos Bohr i Köpenhamn, ett arbete som betraktas som något av ett pionjärarbete inom den äldre kvantelektrodynamiken. Pauli som var granskare för ett motsvarande senare arbete av Waller med användning av Diracekvationen ansåg att Wallers arbete innebar ett viktigt bidrag. Waller sökte en efter Fredholm ledigbliven professur vid dåvarande Stockholms högskola men tjänsten gick 1930 till Klein.

En tidslinje för Wallers kontakter med Dirac har redan dragits av vetenskapshistorikern Karl Grandin i dennes doktorsavhandling 1999 föregående av en artikel av samme författare i Kosmos 1995 (Grandin, 1995). Den 2 november 1929 tillskrev Waller Dirac för att fråga om några företeelser i Diracs teori, särskilt existensen av till synes ofysikaliska lösningar svarande mot negativ relativistisk energi. Dessa lösningar uppfyller problemets randvillkor och behövde enligt Waller medtas i en s.k. störningsräkning för att nå överensstämmelse med resultatet av experimentella mätningar av Frank m.fl. Dirac svarade den 18 november



Figur 3: Paul Dirac (Foto: Nobelstiftelsen)

"It therefore seems to me that (A) would be approximately correct if one neglects the negative energy terms. In any case I think the negative energy terms are very small when one takes the proper retardation effects into account in calculating the matrix elements".

Waller förtydligade sig i ett brev till Dirac den 26 november. Dock hann Dirac innan han mottagit detta skicka iväg ett nytt brev till Waller den 27 november (föregånget av ett berömt brev till Bohr), där han i princip ger Waller rätt att de negativa energi-

värdena kan behöva tas med och att han funnit en lösning på denna till synes paradoxala kvantbokföring. Först publicerade Dirac 1930 ett av bland andra Oppenheimer hårt kritiserat arbete åtföljt av en mer utarbetad artikel 1931.

Dirac föreslog följande för att lösa frågan om den paradoxala kvantbokföringen. I det som kallas "vakuum" är alla tillstånd med negativ energi besatta av en elektron. Pauliprincipen gör då att tillägg av en elektron nödvändigtvis måste innebära att den elektronen är i ett positivt energitillstånd. "Vakuum" är en s.k. fullständigt degenererad "oändlig" Fermi-Dirac-gas, som dessutom ska vara omöjlig att observera och inte ge upphov till några gravitationella eller elektromagnetiska effekter. Detta innebär att den observerade laddningen hos systemet "vakuum" plus elektron är skillnaden mellan systemets totala laddning och laddningen hos "vakuum", dvs. lika med elektronens laddning. Om det i stället saknas en elektron i Diracs "vakuum" leder principen om mätbarhet oss till att systemet har en laddning, som är omvänd mot den som elektronen har. Den kommer också att ha positiv energi och rörelsemängd i "rätt" riktning. Hålet rör sig därför i 1931 års version av teorin som en partikel med massa lika med elektronens massa och laddning till beloppet lika med elektronladdningen men med motsatt tecken. Här kan man skymta en intressant partikel i Diracs matematik låt vara att den inte avslöjar sig enkelt. Den upptäcktes redan 1932 av Carl Anderson som benämnde den "*positively charged electron*" en beteckning som senare blev "positron", där det ska påpekas att Diracs första spekulation 1930 var att det var den då kända protonen som oaktat stor masskillnad anades.

Svårigheterna med Diracs "hålteori" finns antydda ovan och beskrivs på två sidor i andra delen av Messiahs *Quantum Mechanics*. I motiveringen till att Dirac fick dela 1933 års Nobelpris i fysik med Schrödinger "*for the discovery of new productive forms of atomic theory*" finns inte hålteorin omnämnd. Nobelkommitténs föredragande var Oséen. Det är högst sannolikt att Oséen haft hjälp av Ivar Waller, som var den i hans närhet som kände till Diracs arbeten bäst. Att Dirac formulerat en ekvation, som uppfyller relativitetsteorins krav och inkluderar elektronens spinn räckte för Waller och Oséen. Dirac lyfte dock fram hålteorin i sin Nobelföreläsning den 12 december samma år där han också berättade om positronen.

Waller i Uppsala

Waller var inte utan beundrarinnor. Efter Wallers död 1991 utbrast Lady Bertha Jeffreys född Swirles under mingel i anslutning till en konferens i Cambridge: *"Oh Waller, he was such a handsome man!"*. Bertha var en välkänd pionjär inom kvantmekaniken inklusive den relativistiska kvantmekaniken, även om hon kanske är mest känd för en lärobok i Fysikens matematiska metoder författad tillsammans med Sir Harold Jeffreys. Den av Wallers beundrarinnor som drog längsta strået var diplomingenjören Irène Glucksmann, som från 1932 blev hans ledsagerska livet ut.

Samma år som Dirac erhöll Nobelpriset bildades Nobelinstitutet för teoretisk fysik i Stockholm med Oséen som föreståndare, vilket innebar att professuren i Uppsala blev ledig. Annorlunda uttryckt användes medel från Nobelstiftelsen för att frigöra en tjänst som professor i mekanik och matematisk fysik, som var mer eller mindre vikt för Waller. Efter det att en uppenbart chanslös Hil-ding Faxén, som också doktorerat för Oséen, dragit tillbaka sin kandidatur kvarstod Waller som ensam sökande och given efterträdare till Oséen 1934. Faxén är kanske mest känd för att tillsammans med den norske fysikern Johan Peter Holtsmark ha tagit fram Faxén-Holtsmarks formel för den s.k. spridningsamplituden i kvantmekanik.

Vetenskapsakademiens Nobelinstitut för teoretisk fysik var inte först i sitt slag. Redan 29 år tidigare har ett motsvarande arrangemang gjorts i fysikalisk kemi för Svante Arrhenius. Bara två år efter Oséens institut tillkom Vetenskapsakademiens forskningsinstitut för experimentell fysik med Manne Siegbahn som föreståndare. Det senare var dock inte ett renodlat Nobelinstitut utan drevs med finansiering från flera håll, bland annat Knut och Alice Wallenbergs Stiftelse. 1964 blev institutet helstatligt under namnet Forskningsinstitutet för atomfysik.

Nobelstiftelsens grundstadgar öppnade för möjligheten att inrätta Nobelinstitut som stöd för Nobelkommittéerna i deras arbete med att granska inkomna förslag om pristagare. Dock uppstod med hänvisning till Nobels ursprungstestamente viss kritik när man 1933 och 1934 avstod från att dela ut kemipris respektive fysikpris samtidigt som bara två tredjedelar av prissumman fonderades i kemiprisfonden respektive fysikpriset.

1933–1934 ägde nazisternas maktövertagande rum i Tyskland och i Italien fanns redan en fascistisk diktatur, som alltmer när-

made sig Hitlers. Några av kvantfysikens pionjärer såsom Pascual Jordan (Born-Jordan-kvantisering 1925, Dirac-Jordans transformationsteori) blev organiserade nazister medan vissa andra blev medlöpare av mer eller mindre opportunistiska skäl. Ett stort antal fysiker tvingades till flykt eller valde att lämna sitt hemland. Att Wallers hustru Irene var judinna medförde att Wallers namn kom att finnas med bland cirka 3 000 namn i ett av svenska nazister upprättat register.

En av flyktingarna från nazismen var Lise Meitner. Den plats i Kungälv där hon kom på sin teori för kärnklyvning, fission, är en av tre i Sverige belägna *EPS historic sites*, där vi tidigare nämnt Tycho Brahes observatorium. Innan Meitner föreslog fissionen var hon inne på en komplicerad teori om ”trans-uraner”, som Anders Kastberg gjort mig uppmärksam på. Det var när hon fick ta del av Otto Hahns nya data från Berlin som hon förkastade detta uppslag. Sedan åkte hon till Kungälv och träffade Frisch, och formulerade sin berömda teori, där hon använde Einsteins mest berömda formel från relativitetsteorin $E = mc^2$.

Den första disputationen under Waller ägde rum 1940 då Adolf Eriksson försvarade avhandlingen ”*An Investigation of the p-Terms for Helium*”. Denna följdes av Nils Svartholms. Svartholm lade 1945 fram Sveriges första doktorsavhandling i teoretisk kärnfysik, med titeln ”*The Binding Energies of the Lightest Atomic Nuclei*” exklusive underrubrik. Waller tog samma år plats i Nobelkommittén för fysik efter Oséen som gått bort året innan.

Waller försökte även att lotsa in sina elever på relativistiska problem. Per-Olov Löwdin, som avlagt licentiatexamen 1942 skickades strax efter kriget till Wolfgang Paulis forskargrupp för att studera frågeställningar inom kvantelektrodynamik. Nanny Nilsson, sedermera Fröman, som i sin licentiatavhandling räknat fram den diffusa spridningens bidrag vid röntgenkristallografi uppmanades av Waller att som doktorsarbete utveckla beräkningarna till högre fotonenergier. Löwdin lämnade emellertid till Paulis förtret väsentligen kvantelektrodynamiken och Nanny Frömans doktorsavhandling kom att handla om matematiska metoder med främsta tillämpning på kvantmekanik. Det viktiga uppdraget att skriva en översiktsartikel om kvantelektrodynamik i *Handbuch der Physik* gick Uppsala förbi och gavs av Pauli till lundensaren Gunnar Källén.



Figur 4: Nanny och Per Olof Fröman.

Under efterkrigstiden kom Waller utöver undervisning, handledning och arbete i Nobelkommittén att ägna mycket tid åt infrastrukturfrågor i den svenska Atomkommittén tillsammans med bland andra Hannes Alfvén, Torsten Gustafson och Manne Siegbahn. Han var även en av de första svenska ledarna vid CERN och undertecknade i juni 1953 CERN-fördraget i Paris tillsammans med Torsten Gustafson. Waller hade några år tidigare tagit viktiga kontakter för att tanken på en gemensam europeisk satsning inom kärn- och partikelfysik skulle bli verklighet.

Waller fick också som ämnesföreträdare ägna sig åt en del administrativa uppgifter t.ex. att försöka få fram investeringsmedel åt institutionen när den var lokaliserad centralt i Uppsala på Trädgårdsgatan 18. Det framgår av Kungl Maj:ts proposition nr 91 år 1962 att det i samband med flytt av Matematiska institutionen medgavs en utökning på Trädgårdsgatan av lokalerna för Wallers institution till en investeringskostnad av 19 400 kr i dåtida penningvärde. Den som i praktiken drog nytta av arbetet var hans efterträdare från 1964 Per Olof Fröman.

En storsatsning i Uppsala diskuterades vid tiden kring Wallers pensionering, då han fortfarande hade kvar ett engagemang i CERN. En tilltänkt större synkrotronanläggning lades ut på ett slags anbudsförfarande innebärande att medlemsländerna i CERN kunde anmäla intresse. Ansvariga svenska politiker bestämde sig för att ge sig in i leken och erbjuda mark för anläggningen i skogspartiet Lunsen söder om Uppsala. Synkrotronen, vars diameter

skulle bli 2,4 km, krävde ett område på 20 kvadratkilometer, där den största höjdskillnaden inte fick vara mer än fem meter skrev Upsala Nya Tidning 1965. Lunsenområdet erbjöd dessa förutsättningar i kombination med närhet till akademien och goda infrastrukturförutsättningar i övrigt. Till den planerade anläggningen skulle knytas 4 000 anställda vilket beräknades ge en folkökning på 15 000 personer.

Kulmen för Uppsala del var ett stormöte med deltagande av lokala, regionala och nationella företrädare inklusive dåvarande inrikesminister Rune Johansson. Under en frågestund stack en lokalpolitiker in en fråga hur det gått med överklagandet av ett planerat radhusbygge i Vattholma utanför Uppsala. Medan de församlade (möjligen inkluderande Ivar Waller) drog på munnen, svarade inrikesministern att klagomålen avvisats av regeringen. Ett senare beslut att CERN skulle stanna i Genève med omnejd innebar att radhusen i Vattholma blev det enda förverkligade bygget med anknytning till stormötet.

Arvet efter Waller

Waller fortsatte efter pensioneringen med forskning och han publicerade sitt sista vetenskapliga arbete 1984 vid 86 års ålder.

Även Per Olof Fröman intresserade sig för relativistiska problem. En av hans elever, Nils Andersson, som fick ett problem i allmän relativitetsteori av Fröman, medverkar med en artikel i detta temanummer av Kosmos. Fröman intresserade sig även för tachyoner, hypotetiska partiklar med större hastighet än ljuset. De första artiklarna på området hade Arnold Sommerfeld publicerat 1904-1905 och den tidigare omnämnde Johannes Droste räknade på tachyoner i sin avhandling från 1916. I en samling uppsatser utgivna med anledning av föreningen för filosofi och specialvetenskaps hundraårsjubileum 1985 ingår en populär artikel om tachyoner av Fröman.



Figur 5: Porträtt av Waller målat på hans sextioårsdag (*Int. J. Quantum Chem.*, **35**, 701)

I samband med förberedelser inför Einsteins 100-årsdag 1979 diskuterades att genomföra en intervju i Vetenskapens Värld av Ivar Waller, som upplevt relativitetsteorins genombrott och som träffat Albert Einstein. Beklagligtvis drog sig ansvarig producent ur den del av hundraårsfirandet, som skulle involvera en intervju av Waller i institutionen för teoretisk fysiks nygamla lokaler på Thunbergsvägen 3. Här finns numera den tredje *EPS historic site* i Sverige, för övrigt på grund av tät anknytning till Anders Jonas Ångström. Det hjälpte inte att Waller året innan varit ofrivillig statist i filmen *"Boys from Brazil"* där han som representant för Nobel-Sverige flimrade förbi på en TV-skärm. Det framgick dock av kontakter med Waller för SVT:s räkning att han 57 år efter den tidigare refererade artikeln i Kosmos fortfarande kunde konstatera att Einsteins allmänna relativitetsteori var den ohotade teorin för gravitationen och som sådan central för den då 1979 framväxande moderna fysikaliska kosmologin.

Grandin skriver i en tidigare omnämnd artikel om Waller i 1995 års utgåva av Kosmos (Grandin, 1995):

”Vi har också kunnat se hur en äldre mer matematisk fysik-orienterad forskning bröts mot en modernare teoretisk fysik-forskning, och hur den senare växte fram i en internationell miljö. Ivar Waller föddes i den äldre traditionen men växte upp och verkade i och för den moderna teoretiska fysiken”.



Vidare läsning

- Grandin K. (1995). Ivar Waller och den teoretiska fysiken i Sverige under 1920- och 1930-talen, *Kosmos* 1995, 51-72.
- Grandin K. (2007). Motståndet mot Einstein i Tyskland och Sverige, *Fysikaktuellt* 4/2007, 10.
- Princeton University (u.å.). *The Collected Papers of Albert Einstein*. <https://einsteinpapers.press.princeton.edu>.
- Stawström C.-O. (1987). Hur mottogs relativitetsteorin av svenska fysiker?, *Kosmos* 1987, 115-199.
- Waller I. (1922). Prövningsmöjligheterna av Einsteins allmänna relativitetsteori, *Kosmos* 1922, 212-225.

