

Meaning and Mystery of Einstein's Theory

BY

ADRIAAN D. FOKKER

(Innsendt til Generalsekretæren 23de august 1963 av herr Wergeland)

In two papers on the principles of relativity and of equivalence in the Einstein gravitation theory (D. Kgl. Norske Vid. Selskabs Forhandl. 36, 1963, 4-5) V. Fock puts forward some criticisms on the use of the words relativity and equivalence referring to absolute relations and to partly equivalent similarity. In the main I fully agree with him. I myself in the past also spoke of relativity theory. Nowadays I prefer to say chronogeometry. The following is a reflection on his remarks from my point of view.

It is amazing to see how the absence of a very very slight effect in the Michelson-Morley experiment has brought about a fundamental change of scientific attitude. The physical world is no longer considered to be a collection of separate states, spatial states existing one after the other in temporal succession. The world is an unbroken stream of events. With St. Augustine we say that the past no longer exists, that the future does not exist as yet; therefore nothing exists, never and nowhere. But the past and the future, the presence and the elsewhere altogether constitute the stream of occurring events. There is no being in the world, but a continuous becoming. This is expressed by Fock by writing that the basic idea of Einstein's theory is the «unification of time and space into a unique four-dimensional manifold». The same idea has been expressed by Hermann Minkowski in the early days of the theory.

At an early date Alfred A. Robb objected against the inconsiderate use of the word relativity, with confusions similar to the one pointed out by Fock (l. c., p. 19). He wrote on the absolute relations of space and time*). His ideas have not

*) 1921, Cambridge University Press. Later: *Geometry of time and space*, 1936, Cambridge University Press.



Det Kongelige Norske
Videnskabs Selskabs Skrifter
(Kgl. Norske Vidensk. Selsk. Skr. 2011 (4), 93-102)

Adriaan Fokker
Meaning and Mystery of Einstein's Theory
DKNVS Forhandlinger 1963¹

Per Chr. Hemmer og Ola Kai Ledang

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Adriaan Daniel Fokker (1887-1972) var født i Buitenzorg (Sorgenfri), senere Bogor, på Java i Indonesia, det daværende Nederlandsk Ost-India, der hans far var en fremtredende forretningsmann. (Mange vil forbinde etternavnet med flytyper som Fokker Friendship og Fokker Fellowship. Flykonstruktøren Anthony Fokker, også født i Indonesia, var Adriaans fetter.) Utdannelsen tok Fokker i Nederland. Moren ønsket at han skulle bli sivilingeniør, og han studerte ved bergavdelingen ved den tekniske høgskolen i Delft. Samtidig hadde han kontakt med den kjente fysikeren Hendrik Lorentz i Leiden, og tok i 1913 doktorgraden i fysikk ved universitetet i Leiden.



Adriaan Fokker

I fysikk er Fokkers navn best kjent gjennom *Fokker-Planck-likningen*. Den ble først benyttet av Fokker i hans doktoravhandling, og av Max Planck i 1917, for å beskrive brownske bevegelser. En partikkel i en gass eller væske påvirkes av krefter av ulike typer. En type er

¹ DKNVS Forhandlinger Bd. 36, 1963, nr. 34, s. 154-158.

systematiske krefter, som for eksempel tyngdekraften, en annen type skyldes støtene med de omliggende molekylerne. Den siste gir en friksjonskraft som virker mot hastigheten, pluss en stokastisk kraft med varierende størrelse og retning. I stedet for å bruke bevegelseslikninger med en stokastisk kraft, kan en beskrive partikkelens virrevandring ved hjelp av den tidsavhengige sannsynlighetstettheten $w(\mathbf{r}, \mathbf{v}; t)$ for partikkelens posisjon \mathbf{r} og hastighet \mathbf{v} . Denne sannsynlighetstettheten adlyder Fokker-Planck-likningen, som er en lineær partiell differensiallikning av annen orden. Slike Fokker-Planck-likninger for sannsynlighetsfordelinger for fluktuerende variable anvendes i mange områder i fysikk.

I 1913-14 arbeidet Fokker i Zürich som Albert Einsteins assistent. Samarbeidet ga ham et solid grunnlag i relativitetsteori. På dette feltet fikk han etter hvert en betydelig vitenskapelig produksjon, som startet med en artikkel om generell relativitet, med Einstein som medforfatter. Fokker ga også ut to bøker om relativitetsteori. Hans mest kjente arbeid i relativitetsteori er en beregning av retningsendringen for et gyroskop når det beveger seg i en lukket bane i et gravitasjonsfelt (geodetisk presesjon). Anvendt på jordas bevegelse i solas gravitasjonsfelt gir dette en målbar, men svært liten effekt.

Fokker ble etter hvert misfornøyd med betegnelsen «relativitetsteori», og foretrakk i stedet å kalle det «kronogeometri». Han argumenterte standhaftig, også i artikkelen i DKNVSS Forhandlinger, for at verden ikke er 4-dimensjonal, men 3+1-dimensjonal. Han hevdet at romlige og tidsmessige relasjoner er fullstendig forskjellige, og at det er en «irrelevant trivialitet» å sette $ict=x_0$. Fokkers argumenter endrer ikke relativitetsteoriens kvantitative prediksjoner, de er mer filosofiske og har med måten hendelsene omtales på. At Fokkers artikkel er publisert i DKNVS skyldes at han fant en meningsfelle i Vladimir Fock som tidligere samme år hadde offentliggjort artikkelen *The principles of relativity and of the equivalence in the Einsteinian gravitation* i DKNVSS Forhandlinger. Fokkers synspunkter har ikke fått alminnelig gjennomslag blant fysikere.

Etter oppholdet hos Einstein fortsatte Fokker sin videreutdanning i fysikk hos de to seinere nobelpristagerne Ernest Rutherford og William Bragg i England. Fra 1914 til 1921, avbrutt av militærtjeneste under første verdenskrig, var han privatdosent i Leiden, en ulønnet stilling det var mulig for ham å ta fordi familien var svært velstående. I Leiden dominerte Hendrik Lorentz og Paul Ehrenfest den teoretiske fysikken. I en forlengelse av Lorentz' kjente utledning av Maxwells makroskopiske likninger for elektrodynamikk fra mikroskopisk teori, studerte Fokker bidragene til den elektriske strøm fra magnetiske dipoler og elektriske kvadrupoler.

Etter en kort periode som fysikklærer i gymnaset ble han i 1923 ansatt som professor i Delft, men etter fem år foretrakk han å etterfølge Lorentz som

konservator ved Teyler-stiftelsen i Haarlem. Stillingen var koplet til et spesialprofessorat i fysikk ved universitetet i Leiden. Til Teyler-stiftelsen er knyttet et vitenskapelig museum, Nederlands eldste, med et vitenskapelig program i tillegg til museumsvirksomheten. Fra 1928 til han gikk av i 1955 var Fokker ansatt her.

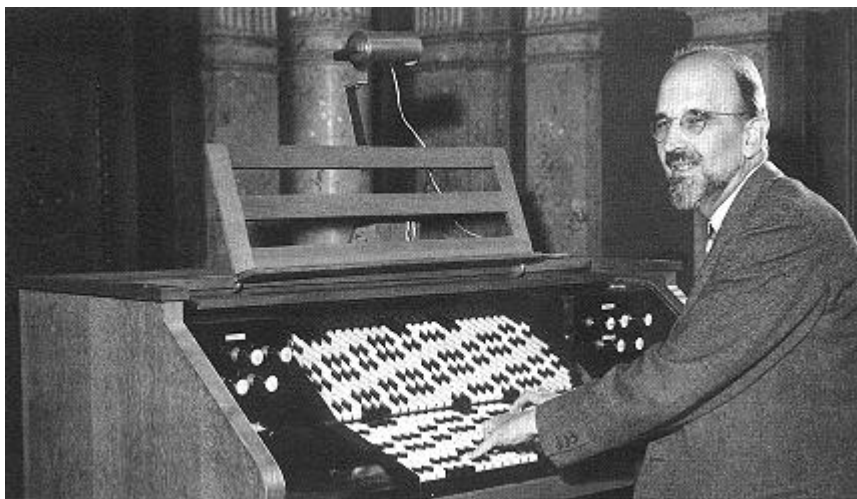
Fokker var en av stifterne av det nederlandske tidsskriftet *Physica*. Da dette tidsskriftet i 1933 ble delt i et nederlandsk-språklig tidsskrift, og et internasjonalt orientert tidsskrift for originalpublikasjoner var han i en årrekke redaktør av sistnevnte.

I 1942 skjedde det en omveltning i Fokkers liv ved at fysikk vek plassen for musikk som hovedinteresse. Et forspill skjedde mens han var professor i Delft. Etter ønske fra kolleger foreleste han akustikk for arkitektstudentene, og det ledet til at han studerte romakustikk. Bl.a. var han konsulent for flere kirker der det ved hjelp av lydreflektorer ble mulig å høre prekenen klart samtidig som musikken hadde en passende etterklangstid.

Redusert akademisk aktivitet under den tyske okkupasjonen førte til at Fokker vendte seg mot musikkteoretiske problemstillinger, et arbeid som kom til å fange hans interesse i mange år. Utgangspunktet var diskusjonen omkring den tempererte skalaen (med 12 like store halvtonetrinn i oktaven), som hadde fått gjennomslag i europeisk kunstmusikk på 1700-tallet. Tallrike musikkteoretikere har pekt på at konsonansene i europeisk musikkpraksis (samklanger av ters og kvint), blir sjenerende urene ved temperering, og mange har foreslått ulike andre og mer komplekse stemmesystemer. Fokker fattet interesse for Eulers og Huygens matematiske modeller, spesielt sistnevntes 31-deling av oktaven. Fokkers lærebok *Just intonation and the combination of harmonic diatonic melodic groups* (1949) gir en stringent systematisk analyse og tolkning av såvel eldre som nyere vestlig musikk, med subtil bruk av mikrotonale avvik fra konvensjonell musikkknottasjon. Seinere utvikler og utdyper Fokker Huygens teorier omkring mikrotonal inndeling av oktaven i 31 like store deler, der den minste enheten utgjør $1/5$ av heltonetrinnet. I dette systemet oppnås tilnærmet rene terser og kvinter, og det blir differensiert mellom store ($3/5$) og små ($2/5$) halvtonetrinn i samsvar med eldre musikkpraksis. Videre innføres en såkalt harmonisk septim ($4/7$), som ikke eksisterer i det etablerte diatoniske systemet og derfor heller ikke på konvensjonelle tasteinstrumenter.

Mens *Just intonation* kan leses som et pedagogisk opplegg for innøving i bruk av stemmesystem bygd på 31-inndeling av oktaven, gir Fokkers bok *Neue Musik mit 31 Tönen* (1966) en konsis redegjørelse for ny musikk og tasteinstrument der 31-tonesystemet blir klanglig realisert. Allerede under krigen hadde han fått bygd et orgel med vanlig kromatisk 12-tone klaviatur, stemt etter Eulers tonale inndeling i *genera*, som er en videreutvikling av eldre tiders såkalte

middeltonetemperatur og derfor velegnet til framføring av eldre orgelmusikk. Dette ble fulgt opp med konstruksjon og bygging av et mikrotonalt pipeorgel, der den tilnærmet reinstemte skalaen er realisert ved hjelp av Fokkers imponerende spillepult (se bilde) med to 31-trinns manualer. Fokker-orglet ble tatt i bruk i 1951 og er seinere anvendt ved regelmessige konserter i Haarlem. En elektronisk videreutvikling, kalt Archiphone, ble introdusert i 1970 og finnes, foruten ved Huygens-Fokker Foundation (Haarlem), også ved universitet i Australia (Blackheath, New South Wales) og USA (St.Louis, Missouri).



Fokker med sitt orgel (Foto: Huygens-Fokker Foundation)

Fokkers teoretiske og praktiske innsats vedrørende temperering og reinstemming er preget av stor musikkfaglig innsikt, skarpsindighet og analytisk evne. Både for komponister, utøvere og musikologer byr arbeidet med mikrotonalitet på interessante perspektiv og muligheter, samtidig som kompleksiteten gjør resultatene vanskelig tilgjengelige så vel teoretisk som praktisk. Derfor er Fokker relativt lite kjent innenfor musikkvitenskapelig litteratur.

Summary

Adriaan Daniel Fokker (1887-1972) was born in Buitenzorg (now Bogor) on Java in Indonesia, then Dutch East India, where his father was a successful businessman. Fokker was educated in the Netherlands as a mining engineer from Delft University of Technology, and as a physicist from the Leiden University. In Leiden he earned his doctorate in 1913.

In physics Fokker's name is best known through the *Fokker-Planck equation*. The Fokker-Planck equation is a partial differential equation of second order, which describes the time evolution of the probability distribution of a physical variable subjected to a stochastic force, in addition to friction and possibly other driving forces. The prototypical example is Brownian motion. The Fokker-Planck equation was contained in Fokker's thesis, and was independently derived by Max Planck.

During 1913-14 Fokker worked in Zürich as Albert Einstein's assistant, and published an article in general relativity with Einstein as coauthor. He kept a lifelong interest in relativity, as witnessed by his 1963 article in the proceedings of the DKNVS. His best known contribution in this field is a determination of the change of direction when a gyroscope (like the Earth) moves in a closed orbit in a gravitational field.

In 1923 Fokker was appointed professor of physics at Delft University of Technology. However, after five years he preferred to succeed Lorentz as curator at the Teyler Museum in Haarlem, a position that was combined with a special professorship at Leiden University.

During reduction of academic activity under the German occupation, Fokker turned to music theory, tuning practice and microtonality, in particular issues related to just intonation and the compromises embodied in equal temperament. His chief interests were the theories of Euler and Huygens. During the war, he constructed and had built a 12-key pipe organ with mean-tone tuning according to the principles of Euler's *Generibus musicis*. Later on, he had a 31-key organ built that realised an approximate pure tuned scale, based on Huygens's microtonal scale of 5th-tones. Concerts involving the Fokker organ were given regularly since 1951. An electronic version (called Archiphone) with essentially the same keyboard layout, was introduced in 1970. Now two Archiphones are at the Huygens-Fokker Foundation (Haarlem), one in Australia and one in USA.

Through his sharp and discerning contributions to musicology, Fokker has explored and demonstrated some interesting perspectives and possibilities of microtonality, of major interest to composers and performers. The complexity of his writings is perhaps the main reason why he is relatively little known to musicologists.