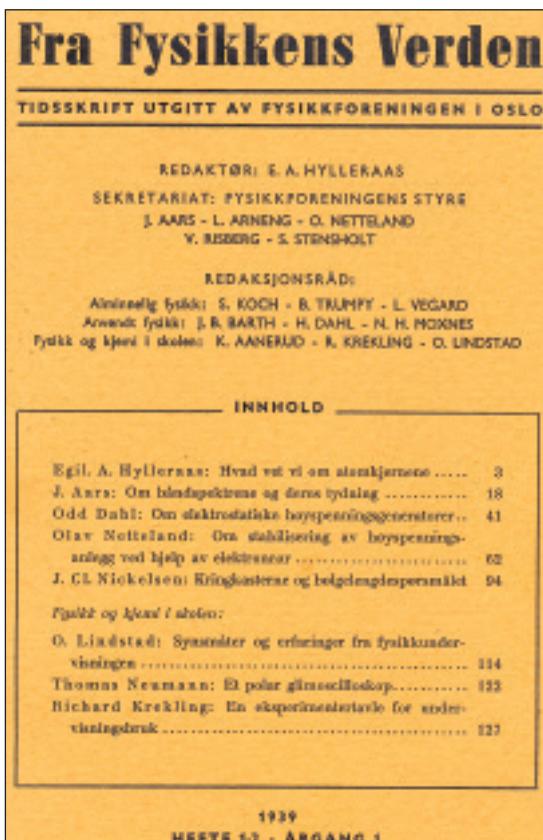


# Fra Fysikkens Verden



Framsiden til det første nummeret av FFV  
(Se artikkel: *Fra Fysikkens Verden 75 år*)

Utgiver:  
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:  
Øyvind Grøn  
Emil J. Samuelsen

Redaksjonssekretær:  
Karl Måseide

## Innhold

<b>Thormod Henriksen:</b> Fra Fysikkens Verden 75 år .....	4
<b>Egil A. Hylleraas:</b> Hvad vet vi om atomkjernene .....	12
<b>Thormod Henriksen:</b> Fysisk Selskap (1909-1924) .....	22
<b>Terje Brundtland:</b> Birkelands terrellaeksperimenter ..	26
<b>Jonas Persson:</b> Newtons första och andra lag .....	31
Frå Redaktørane .....	2
Fra Fysikkens Verden 75 år .....	
In Memoriam .....	2
Fred Kavli (1927-2013) .....	
Indeks 2013 .....	17
Fysikknytt .....	34
Nøytrinoastronomi .....	
Nytt fra NFS .....	35
Endringer i NFS fra 2014 .....	
Nye Doktorer .....	35
PhD Tonje Nesse Forland .....	

## Fra Redaktørene

### Fra Fysikkens Verden 75 år

For 75 år siden tok professor Egil A. Hylleraas og styret i Fysikkforeningen i Oslo et viktig initiativ. Det ble vedtatt å starte opp et tidsskrift som skulle gi populærvitenskapelig informasjon med profesjonell kvalitet om fysikkens utvikling, om aktuelle temaer i undervisningssammenheng og om anvendelser av fysikk i samfunnet. Publikumet man siktet mot var særlig fysikkstudenter og lærere som underviste i fysikk på gymnaset, men tanken var også å gi ”folkeopplysning” for naturvitenskapelig interesserte personer i sin alminnelighet. Tidsskriftet ble kalt Fra Fysikkens Verden (FFV).

Det første nummeret kom våren 1939 (se forsidebildet). Den første artikkelen hadde tittelen ”Hvad vet vi om atomkjernene” og var skrevet av Hylleraas. Det var en bearbeidet versjon av et foredrag han hadde holdt på Fysikkforeningens stiftelsesmøte i november 1938. Artikkelen er gjengitt i dette nummeret. Der var også en egen seksjon med overskriften: ”Fysikk og kjemi i skolen.”

Redaksjonen har i anledning jubileet invitert vår fysikhistoriker, professor Thormod Henriksen, til å skrive en ”jubileumsartikkel” for FFV til dette nummeret. Henriksen har nå også lagt ut på Internett en kopi av møteprotokollen til Fysisk Selskap, som var forløperen for Norsk Fysisk Selskap, med kommentarer og illustrasjoner (se <http://www.mn.uio.no/fysikk/om/tall-og-fakta/fysisk-selskaps-historie/fysisk-selskaps-historie.pdf>).

For å forstå nåtiden må vi kjenne fortiden. Det er viktig å se hvilken kultur vi er med på å føre videre. Fysikk og samfunn har en nær sammenheng. I tillegg til Hylleraas sin artikkel inneholder det første nummeret av FFV artikler om høyspenningsanlegg og om kringkasting. Tilsvarende har vi i vår tid hatt artikler f.eks. om miljøvennlige måter å lage elektrisk strøm på.

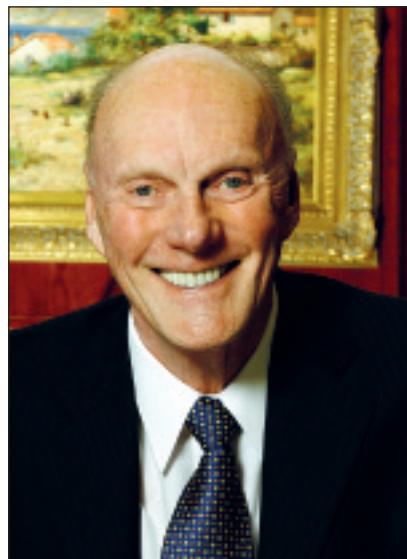
En rød tråd for FFV i alle de 75 årene bladet har eksistert er at det skal være et kontaktorgan mellom forskningsmiljøene og samfunnet med særlig fokus på utdanningsinstitusjonene. Dette er hva redaksjonen fortsatt bestreber seg på å videreføre.

Øyvind Grøn

∞

## In Memoriam

### Fred Kavli (1927–2013)



Fysikeren,ingeniøren,forretningsmannen og filantropen Fred Kavli døde 21. november 2013 i sitt hjem i Santa Barbara, California. Han vil være mest kjent for å ha etablert *The Kavli Foundation*, Kavliinstituttene i tre verdensdeler og tre vitenskapspriser innen astrofysikk, nanovitenskap og nevrovitenskap.

Fred Kavli ble den norske bondesønnen som dro til Amerika og gjorde seg rik. Han ønsket å omsette denne rikdommen til gode for menneskeheten og mente at langsiglig grunnforskning var en forutsetning. Han uttrykte dette slik: ”Grunnforskning er byggesteinen for samfunnets utvikling og bedre livskvalitet. Praktisk talt alt vi bruker i dagliglivet er forbedret eller utviklet gjennom grunnforskning. Næringslivet og politikerne har problemer med å støtte grunnforskning da det ofte er vanskelig å se nytteverdien, og det er en stor risiko for å mislykkes. Derfor mangler ofte pengene.”

Fred Kavli ble født og vokste opp på gården Moen i Eresfjord i Møre og Romsdal. Allerede som tenåring under krigen viste han sitt talent som gründer og forretningsmann. I bygda var det biler med gassgeneratorer som gikk på knott, små trebiter. Sammen med storebrøren Aslak, laget han en vellykket virksomhet med produksjon og distribusjon av knott.

Kavli studerte ved Norges tekniske høgskole (NTH) på linjen for teknisk fysikk, og ble uteksaminert som sivilingeniør i 1955. Kort tid etter

reiste han til Amerika. Han arbeidet først i Canada, og fra 1956 i California. To år senere rykket han inn en liten ennonse i en avis: "Ingeniør søker investor." Investoren dukket opp, og det ledet til dannelsen av et nytt selskap, *Kavlico Corporation*.

Kavlico utviklet en rekke svært avanserte sensorer for kontroll av et bredt spekter av mekaniske funksjoner, helt fra det å spare brensel og redusere forurensning fra bilmotorer til det å drive oppvaskmaskiner. Sensorene er også blitt brukt i Trident- og Poseidon-rakettene, på romfergen og i den internasjonale romstasjonen. I 2000 hadde selskapet 1500 ansatte. Kavli, som eneeier, solgte det samme år for 340 millioner dollar.

Kavli brukte mesteparten av sin formue til opprettelse av stiftelsen *Kavli Foundation*, med siktemål å støtte langsigktig grunnforskning innen astrofysikk, nanovitenskap og nevrovitenskap. Han begrundet valget av disse fundamentale vitenskapene slik: "Kavliinstituttene vil forfølge vitenskap ved astronomiske skalaer – universet, på de mest ørsmå skalaer – atomer og molekyler, og i det mest komplekse av alle ting – den menneskelige hjerne. ... Jeg har lagt vekt på disse områdene, fordi jeg tror de gir størst mulighet for store vitenskapelige gjennombrudd som vil gi langsiktige fordeler for å bedre livet for menneskeheten."

Han utdypet dette senere slik: "Kavli Foundation støtter grunnleggende vitenskap fordi vi tror på dens langtrekkende nytte for menneskeheten. Vi ser etter nytteverdier som kan ligge langt inne i fremtiden, nytte som kan være vanskelig å forutsi, men som vi har sett i det siste, nytten av vitenskap har blitt bevist over tid. Fruktene av forskningen er ikke alltid øyeblikkelige og er ofte ikke forutsigbare. Ofte er fordelene et resultat av uforutsigbare utfall av en leting som i utgangspunktet var motivert utelukkende av intellektuell nysgjerrighet."

Kavli opprettet 17 Kavliinstitutter i tre verdensdeler ved noen av verdens ledende universiteter. Ett av dem er Kavliinstituttet i nevrovitenskap ved NTNU. Hvert institutt har mottatt ca. 7,5 mill. \$ eller mer, med en binding om at verstsuniversitet skal finne andre finansieringskilder for å matche dette beløpet. Pengene fungerer som et legat som skal gi en avkastning på omrent 400 000 \$ per år til forskning. Etter få år har kvaliteten på Kavliinstituttene blitt manifestert ved at flere forskere tilknyttet instituttene er blitt tildelt nobelpriser.

I 2005 fikk Fred Kavli også opprettet tre priser innenfor grunnforskning på områdene astrofysikk, nanovitenskap og neurovitenskap. Prisene er på

én million dollar hver og deles ut hvert annet år av Det Norske Videnskaps-Akadem i samarbeid med Kavli Foundation i USA og Kunnskapsdepartementet. *Time Magazine* kalte Kavli "Den nye Nobel" etter at han hadde etablert Kavliprisene. Men, som han uttrykte det: "Poenget med prisene er å skape synlighet for vitenskap."

Kavlis fasinasjon for vitenskap og visjonær satsing startet, ifølge han selv, allerede under hans oppevakt i Eresfjord. Under utdelingen av de første Kavliprisene i Oslo Konserthus i 2006, uttrykte han dette slik: "Jeg pleide å gå på ski over de enorme hvite vidder med stille og ensomme fjelltopper. Til tider, ville himmelen være flammer med nordlys, skiftende og dansende over himmelen og ned til de hvitkledde fjelltoppene. I stillhet og ensomhet ... grunnet jeg på universets mysterier, planeten, naturen og mennesket. Jeg grubler fortsatt."

Fred Kavli ble hedret med en lang rekke æresbevisninger internasjonalt, og nasjonalt ble han utnevnt til æresdoktor ved NTNU i 2008, da de første Kavliprisene ble utdelt. I 2011 ble han utnevnt til æresdoktor ved Universitetet i Oslo i forbindelse med universitetets 200-årsjubileum. I 2006 ble Fred Kavli utnevnt til Kommandør med stjerne av Den Kongelige Norske Fortjenstorden for fremragende innsats for Norge og for menneskeheten.

Fred Kavli kom til slutt hjem til barndomsbygda Eresfjord og ble begravet på Sira kirkegård den 19. desember i 2013, på samme sted som sin bror, Aslak.

Kirsti Strøm Bull, preses i Det Norske Videnskaps-Akadem der Fred Kavli var æresmedlem, var en av talerne i begravelsen. Hun sa:

"La meg avslutte min takk til Fred Kavli med noen ord fra en sambygding, Bjørnstjerne Bjørnson. Ordene er hentet fra et dikt han skrev nettopp ut fra en erkjennelse naturvitenskapen hadde gitt ham. De er fra hans Salme II som åpner slik: "Ære det evige forår i livet, som allting har skapt." I 2. verset heter det:

*Intet så smått at ei finnes et mindre,  
ingen kan se.*

*Intet så stort at ei finnes et større  
bortenfor det.*

*Krypet i jord –  
berge jo bygge det kan.  
Støvet som før,  
eller det skyllende sand,  
riker har grunnlagt en gang.*

Vi minnes Fred Kavli i takknemlighet!"

*Arne T. Skjeltorp*

# Fra Fysikkens Verden 75 år

Thormod Henriksen \*

Det første heftet av **Fra Fysikkens Verden** (FFV) kom ut våren 1939 – for 75 år siden (se framsidebildet). Bladet ble startet opp av Fysikkforeningen ved Universitetet i Oslo, som også stod som utgiver de første årene. Nå er det Norsk Fysisk Selskap (NFS) som gir ut FFV som medlemsblad. Men alle kan abonnere på bladet. Tallet på abonnenter er nå ca. 1450. FFV kommer ut fire ganger i året med noe varierende sidetall som i gjennomsnitt har vært 31,5 per blad de siste 21 årene. Her vil vi fortelle hvordan FFV kom i gang og si litt om de personene som har stått for utgivelsen av bladet i disse 75 årene.

## Fysikkforeninger ved UiO

Det hadde vært to fysikkforeninger ved Universitetet i Oslo før Norsk Fysisk Selskap ble dannet:

1. *Fysisk Selskap*, i perioden 1909 til 1924.
2. *Fysikkforeningen ved UiO*, startet i 1938.

## Fysisk selskap

Fysisk selskap ble stiftet 4. mars 1909 med 37 medlemmer. Det var professor Vilhelm Bjerkenes og amanuensis Sem Sæland – to av gigantene i norsk fysikk – som ledet an. Dette selskapet hadde i alt 116 møter frem til 21. november 1924. Det ga ikke ut noe tidsskrift, men vi har selskapets møteprotokoll. Den er håndskrevet, men er nå omformet til en pdf-fil (se egen artikkel i dette heftet).

## Fysikkforeningen ved UiO

Fra 1925 til 1938 var det ingen forening som samlet de fysikkinteresserte i Norge. Men det var fysikkutdanning både ved UiO og ved NTH i Trondheim.

Utover i 1930-årene vokste det frem et ønske om å starte en ny forening for fysikere og fysikkinteresserte. En slik forening burde tilfredsstille flere behov og gi fysikkinteresserte informasjon om fysikk

og nye begivenheter i fysikken på en så populær måte at det skulle være mulig for dem med realar-tium å forstå det meste.

Dette førte til dannelse av *Fysikkforeningen ved Universitetet i Oslo*. Den ble stiftet 25. november 1938 og hadde som oppgave: ”Ved populære foredrag, demonstrasjoner og ekskursjoner å orientere medlemmene i emner fra generell og anvendt fysikk og fra fysikkundervisningen i skolen.”

Det var hovedfagstudentene ved Fysisk institutt sammen med instituttets personale, i første rekke professor Egil A. Hylleraas, som tok initiativet til å danne Fysikkforeningen. Det første styret i foreningen bestod av: cand.mag. Vidar Risberg, amanuensis Jonathan Aars, cand.mag. Olav Netteland, cand.mag. Leif Arneng og cand.real. Sigurd Stens-holt.

Fysikkforeningen hadde jevnlige møter med foredrag og flere ekskursjoner. I vårsemestret 1939 var det 7 foredragsmøter, 2 ekskursjoner, semesterfest og deltagelse i et møte i Polyteknisk Forening. På det første møtet i Fysikkforeningen, i november 1938, holdt Egil Hylleraas et foredrag som han kalte ”*Hvad vet vi om atomkjernene*”. Dette foredraget finner vi igjen i det første nummeret av ”Fra Fysikkens Verden”, og det er gjengitt noe forkortet i dette jubileumsnummeret.

## Fra Fysikkens Verden startet

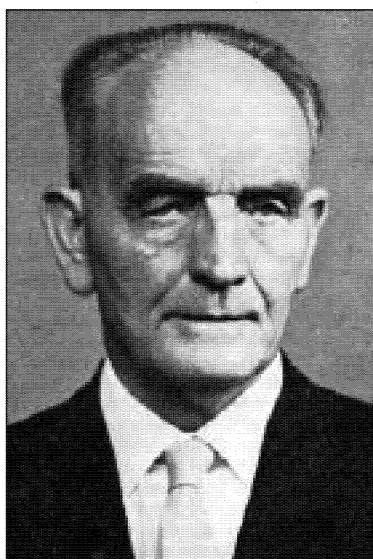
Det var i miljøet rundt Fysikkforeningen at tanken kom om å starte et tidsskrift som kunne få utbredelse også utenfor Oslo. Tanken var at en del av foredragene som ble holdt i Fysikkforeningen kunne bli artikler i tidsskriftet. Et slikt tidsskrift ble startet våren 1939 og fikk navnet ”Fra Fysikkens Verden” (FFV). Dette tidsskriftet skulle utgis av Fysikkforeningen og komme ut med 3-4 nummer i året, men skulle være et selvstendig organ. Det fikk da også et redaksjonsråd med noen medarbeidere som bodde utenfor Oslo.

Redaksjonskomiteen var i starten styret i Fysikkforeningen. Dette ble forandret fra nyttår

\* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

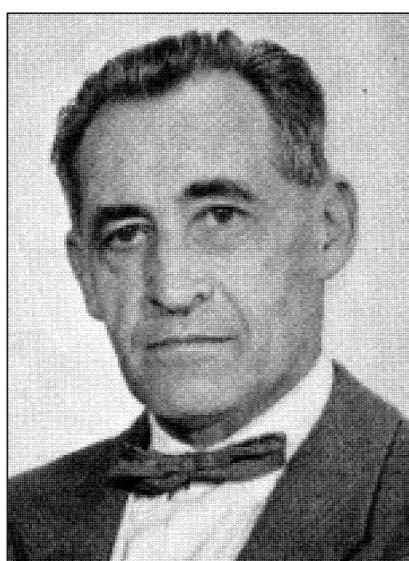
1940. Da fikk tidsskriftet en valgt redaksjonskomité. Bladet skulle komme ut med 3–4 hefter i året.

**Egil A. Hylleraas første redaktør,  
Jonatan Aars og Olav Netteland  
sekretærer**



**Egil A. Hylleraas**  
(1898 – 1965)

Egil A. Hylleraas var professor i teoretisk fysikk ved UiO. Han dannet og ledet avdeling C for teoretisk fysikk ved Fysisk institutt, og er kjent for kvantemekanisk behandling av heliumatomet. Hylleraas var en regnemester og var en mester på de hånddrevne små regnemaskinene.



**Jonatan Aars**  
(1896 – 1983)

Jonatan Aars var amanuensis ved Fysisk institutt og leder for laboratorieundervisningen til hovedfag i fysikk. Han var en mester i bruk av spektrograver.

Olav Netteland var knyttet til Radiumhospitalet som klinisk fysiker. Han kjente alle detaljer ved de gamle røntgenapparatene.

**Problemer under krigen**

Verdenskrigen kom året etter Fysikkforeningen ble startet, og foreningen måtte ta pause fra 1943 til krigens slutt. Den startet opp igjen aktiviteten i høstsemesteret 1945.

Tidsskriftet kom også tidlig i vanskeligheter økonomisk, men holt det likevel gående under krigen med bidrag fra interesserte.

I slutten av 1940-årene hadde Fysikkforeningen ca. fire møter i semesteret. Det var gjerne veletablerte fysikere som holdt foredrag i foreningen, også internasjonale størelser. Medlemstallet var omkring 60, og jubileumsfesten i 1948 samlet 96 deltagere. All virksomhet var knyttet til Universitetet i Oslo.

**Norsk Fysisk Selskap stiftet**

Etter hvert vokste det frem et ønske om å inkludere fysikere fra hele landet. Det var trolig Fysikkforeningen, der Marius Kolsrud var formann i 1949, og gruppen rundt Hylleraas som tok initiativet til å samle fysikere fra hele landet til et møte. Der skulle være både foredrag, sosialt samvær og en diskusjon om mulighetene til å danne et *Norsk Fysisk Selskap* (NFS). Selv om vi ikke kjenner detaljene, ble det arrangert to fysikermøter på Blindern som ble avgjørende for dannelsen av *Norsk Fysisk Selskap* 8. juni 1953.

**NFS overtok FFV fra 1956**

Sammen med drøftinger om et Norsk Fysisk Selskap var det en diskusjon om selskapet skulle utgi et eget norsk fysisk tidsskrift. Et utvalg bestående av professorene Egil Hylleraas, Roald Tangen og Aadne Ore ved Fysisk institutt i Oslo, skulle utrede dette spørsmålet. Det ble da bestemt at NFS ikke skulle utgi et eget tidsskrift, men skulle overta utgivelsen av *Fra Fysikkens Verden*. Det skjedde fra og med det første nummeret av årgang 18 i 1956.

## Gotfred Kvifte redaktør fra 1956

Det ble redaktørskifte i FFV da NFS overtok ansvaret for driften. Egil Hylleraas sluttet etter en kjempeinnsats gjennom 17 år, og Godfred Kvifte overtok. Kvifte var professor ved Landbrukshøgskolen på Ås (1954–1984) og drev forskning på nordlys med spektrografer i samarbeid med professor Lars Vegard ved Fysisk institutt i Oslo. Kvifte var redaktør for FFV fra 1956 til 1962, da han ble valgt til rektor ved Landbrukshøgskolen.



**Gotfred Kvifte  
(1914 – 1997)**

**Fra Fysikkens Verden**

UTGITT AV NORSK FYSISKE SELSKAP

INNHOLD	
Redaktørskifte	1
Fra Redaktøren	2
Nyn fra CERN	3
Forskningsutveksling i fysikk i U.S.A.	3
Tendenser i høyenergi-fysikken	4
Lys fra den øvre atmosfæren	18
En vindgenerator til undervisningsbruk	19
Eletroskopikk	19
Magnetohydrodynamisk konvertering av energi	19
ALFA-splutter	20
Symposiet på Göteborg	21
Fysikkmesse 1962	24
Brev fra leserne	24

*Det magnetiske feltet i et vann. Foto: D. Pines (Brookhaven National Laboratory).*

Nr. 1 - 1962  
24. utgave

Framsiden av FFV Nr. 1 – 1962

## Haakon Olsen redaktør fra 1962

Etter Gotfred Kvifte tok professor Haakon Olsen over som redaktør for FFV. Dermed flyttet redaksjonen til Trondheim. Bladet fikk da også en ”teknisk medarbeier” (egentlig redaksjonssekretær) i Hallvard Torgersen.



**Haakon A. Olsen  
(1923 – 2010)**

Bladet skiftet nå også ”layout” – bort fra det orangefargete 16 x 24 cm formatet til et cyanfarget 18,5 x 25,5 cm format. Dette formatet beholdt FFV helt til 1987 da Øivin Holter og Finn Ingebretsen overtok redaktørjobben. Men fargen på frontsiden varierte en del.

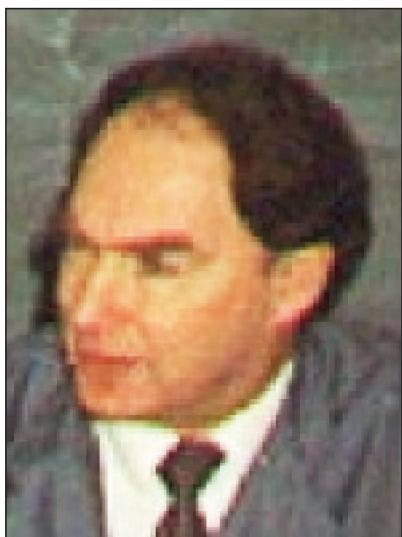
En annen permanent forandring kom også. På baksiden av bladet finner vi nå styret i NFS og redaksjonen i FFV.

Haakon Olsen var redaktør for FFV i 15 år, og var dertil styremedlem i NFS i mange år. For denne store innsatsen ble han utnevnt til æresmedlem i NFS i 1992.

Haakon Olsen var teoretisk fysiker fra NTH, og i 1965 ble han tilsatt som den første professoren i fysikk ved Lærerhøgskolen i Trondheim. Han var prorektor der i perioden 1966–69 og rektor fra 1969 til 1975. Haakon Olsen spilte en betydelig rolle i norsk fysikk helt fra 1960-tallet og frem til århundreskiftet.

## Redaksjonssekretærer

En viktig rolle for utgivelsen av FFV er også blitt lagt på skuldrene til redaksjonssekretærer. **Hallvard Torgersen** i Trondheim, hadde denne oppgaven i mange år. Han var laboratorieingeniør på NTHs avdeling for teknisk fysikk (1954–1984).



**Hallvard Torgersen**  
(1917–1996)

Senere fikk FFV flere redaksjonssekretærer som gjorde en innsats over kortere perioder, slik som **Tor Langeland** og **Bertil Grimeland** ved UiO. Fra september 1991 har **Karl Måseide** ved UiO vært redaksjonssekretær. Han er en ”altnuligmann” som retter og forbedrer artikler og gjør dem lesbare for de fleste.

### Olav Steinsvoll redaktør fra 1977

Haakon Olsen takket av som redaktør ved årsskiftet 1976/77 etter 15 år i redaktørstolen, og Olav Steinsvoll overtok. Hallvard Torgersen fortsatte som redaksjonssekretær for den nye redaktøren, og Gudrun Gressman var sekretær.

Olav Steinsvoll arbeidet ved Institutt for atomenergi (IFA, nå IFE) på Kjeller. Tormod Riste var president i NFS, og Gerd Jarret var sekretær. Begge disse var tilknyttet IFE. Dermed ble både NFS og FFV nært knyttet til IFA/IFE på Kjeller.

Olav Steinsvoll var cand.real. med hovedoppgave i dosimetri på Radiumhospitalet. På Kjeller var nøytronkilder hans spesialitet, men han spente over et langt større fagfelt og hadde mange fine innlegg i FFV også om kjernekraft, faststoffsikk og biofysikk.



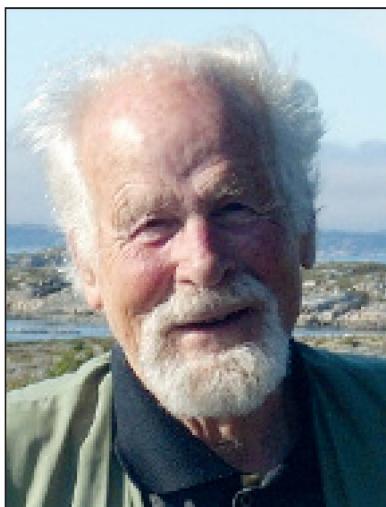
**Olav Steinsvoll**

### Hans Kolbenstvedt og Knut Jostein Knutsen ble redaktører fra 1981

Hans Kolbenstvedt og Knut Jostein Knutsen tok over som redaktører etter Olav Steinsvoll fra og med nr. 3 1981. Dermed fikk FFV to redaktører for første gang, noe tidsskriftet har hatt senere. Knut Jostein Knutsen var en av de flittigste redaktører FFV har hatt med hensyn til egne artikler og innlegg. Kolbenstvedt og Knutsen satt som redaktører for FFV til utgangen av 1986.



**Hans Kolbenstvedt**



## Knut Jostein Knutsen (1926 – 2012)

Finn Ingebretsen og Øivin Holter  
redaktører fra 1987

Finn Ingebretsen og Øivin Holter, begge professorer ved Fysisk institutt i Oslo, tok over redigeringen av FFV etter Kolbenstvedt og Knutsen. Tor Lange-



Framsiden av FFV Nr. 3 - 2008

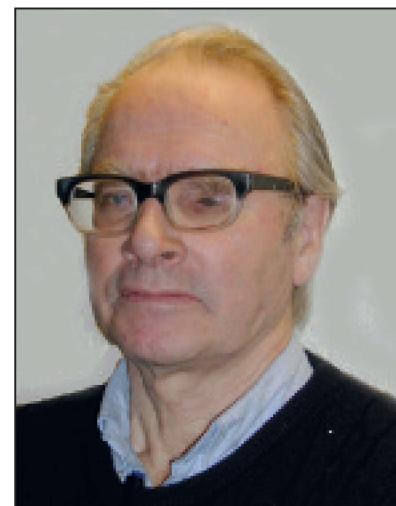
land ble redaksjonssekretær, en rolle som snart gikk videre til Bertil Grimeland og så til Karl Måseide.

Finn Ingebretsen var kjernefysiker med mange forskningsopphold i utlandet. Han var nært knyttet til Syklotonlaboratoriet på Blindern, og var også sterkt engasjert i undervisning over et bredt felt.



Finn Ingebretsen

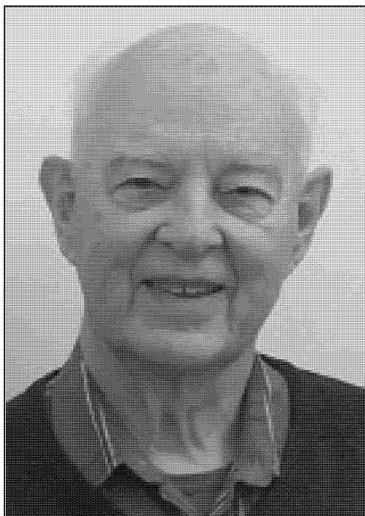
Øivin Holter var plasmafysiker med særlig interesse for ustabiliteter og bølger i plasma. Han hadde et utstrakt internasjonalt samarbeid i forskning på romplasma med data fra raketter og satellitter.



Øivin Holter  
(1934 – 2011)

I tillegg til sine spesielle fagfelt var både Ingebretsen og Holter sterkt interessert i energi- og miljøproblematikken, og sammen med Hugo Parr skrev de læreboka ”Fysikk og energiressurser”. De mente at formidling av resultater fra forskning til et bredt publikum var svært viktig.

Karl Måseide ble redaksjonssekretær i september 1991. Han var overingeniør i gruppen for kosmisk fysikk ved Fysisk institutt og arbeidet med nordlysforskning fra raketter. Han hadde også pedagogisk utdanning og erfaring fra undervisning fra grunnskole til universitet.



Karl Måseide

Holter og Ingebretsen endret FFV til A4-format med hvitt omslag, da de overtok redigeringen. Året etter gikk de over til å trykke omslaget i farger igjen. De begynte med rødt og fortsatte med orange, gult, grønt, blått, indigo og fiolett (regnuefargene) for hvert av de etterfølgende årene. Så begynte samme syklus på nytt. En forside er vist som figur 11.

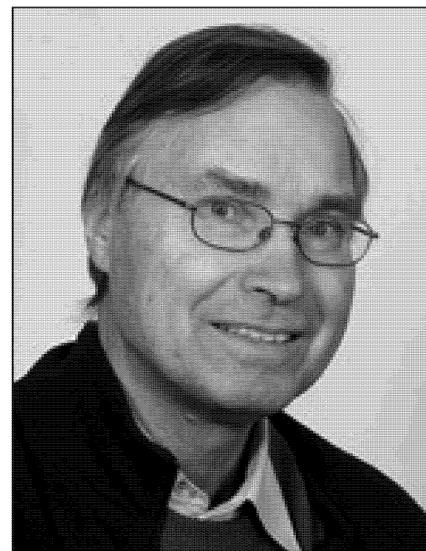
Fra og med 1992 gikk en over til å trykke bladet med to spalter som var mer praktisk for figurer. Kvaliteten på papir og trykking ble etter hvert også bedre, men en måtte være sparsom med bruk av figurer i farger av økonomiske grunner. Nå er dette problemet løst da trykkeriet tilbyr å trykke figurer i farger til samme pris som svart/hvitt. Dette vil bli en stor fordel.

På Fysikermøtet i Tromsø i 2007 ble Øivin Holter, Finn Ingebretsen og Karl Måseide utnevnt til æresmedlemmer i Norsk Fysisk Selskap for den store innsatsen de hadde gjort for Fra Fysikkens Verden, Holter og Ingebretsen som redaktører i

snart 21 år, og Måseide som redaksjonssekretær i nesten 16 år. Holter og Ingebretsen stod ut året som redaktører, og Karl Måseide sa seg villig til å fortsette ”inntil videre”.

## Redaktører etter 2008

**Øystein Elgarøy og Øyvind Grøn** overtok stafetten som redaktører etter Øivin Holter og Finn Ingebretsen ved årsskiftet 2007/2008.



Øyvind Grøn

Elgarøy er professor ved Institutt for teoretisk astrofysikk, og Grøn er professor ved Høgskolen i Oslo og Akershus, og professor II i teoretisk fysikk ved Fysisk institutt, UiO. Begge har et bredt interessefelt innen fysikken, men med spesiell interesse for kosmologi og relativitetsteori. Dette har også



Øystein Elgarøy



President Anne Borg gav æresmedlemskap til  
Finn Ingebretsen, Øivin Holter og Karl Måseide

vist seg ved de mange artiklene de har bidratt med til FFV.

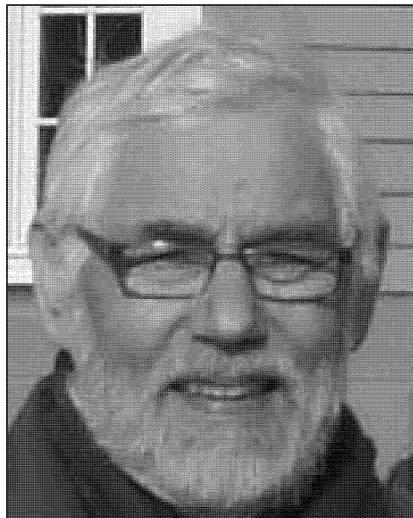
Etter to år som redaktør bad Øystein Elgarøy om avløsning, og Marit Sandstad sa seg villig til å overta etter ham.

**Marit Sandstad** kom fra samme fagmiljø som Elgarøy og Grøn, og var doktorgradsstipendiat ved Institutt for teoretisk astrofysikk. Marit Sandstad var redaktør sammen med Øyvind Grøn til og med FFV Nr. 1 – 2013, da hun bad om avløsning for å fullføre sin doktorgrad.



Marit Sandstad

**Emil J. Samuelsen** var professor emeritus da han tok imot utfordringen og ble medredaktør for FFV sammen med Øyvind Grøn etter Marit Sandstad. Han har en aktiv fortid innen faststofffysikk



Emil J. Samuelsen

ved IFE på Kjeller og ved NTNU, der han var professor fra 1982. I sin eksperimentelle forskning har Samuelsen brukt nøytroner, ramanspektroskopi og røntgen til å studere materiestrukturer. I likhet med Øyvind Grøn har også Emil J. Samuelsen vært en flittig forfatter av artikler til FFV.

## Et ”dypdykk” i FFV

I anledning av at Fra Fysikkens Verden nå er 75 år gjorde jeg et forsøk på å se hva dette tidsskriftet har gitt oss gjennom disse årene. Det ble en ”reise” som jeg skulle ønske alle som er glad i norsk fysikk kunne gjøre.

I løpet av 75 år har det kommet ut nesten 300 hefter av FFV. Hvert heft har bestått av et noe varierende antall sider, med et gjennomsnitt på 31,5 de siste 21 årene. Det er således en betydelig stoffmengde en skal gå gjennom. Siden jeg har vært medlem i NFS helt fra 1958, har jeg adskillig med hefter rundt om uten at jeg har noen systematisk samling. Jeg fant omkring 210 hefter i alt.

Jeg har bladd i disse og plusset på med en del eksemplarer fra arkivet som FFV har på Blindern. Det jeg sitter igjen med er at dette er en unik kilde til informasjon om norsk fysikk gjennom de siste 75 årene. Jeg føler meg overbevist om at de fleste med fysikk i bagasjen ville finne det uhyre interessant å lese litt hist og her i denne samlingen.

Vi finner omtale av nobelprisvinnere og deres arbeid. Ikke bare årets vinnere slik som fra de senere årene. Når vi blar gjennom de første årganger ser vi at Hylleraas skrev en rekke artikler om nobelpriser som ble gitt også i tiden før tidsskriftet startet. Han kjente personlig mange av disse prisvinnerne, så disse artiklene er vel verdt å lese.

Hvis vi ser på baksiden av de senere årgangene av FFV, er det nå gitt ”Retningslinjer for forfattere” der. Jeg siterer fra disse: ”*FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon om aktuelle tema og hendinger innen fysikk, og å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i videregående skoler og andre undervisningsinstitusjoner.*”

Jeg synes det syndes mot dette. Når en blar i tidsskriftet støter en stadig på artikler som er ment for fagfeller. De forutsetter betydelige kunnskaper og inneholder mer matematikk enn det jeg liker. Personlig liker jeg best alle de populærvitenskapelige artiklene – slike som kan forstås av de fleste, og som jeg skulle tro er av stor verdi for

skolen. Jeg liker også de mange artiklene med historisk innhold og må da særlig berømme de mange artiklene fra Olav Steinsvoll og Sven Oluf Sørensen. En kjempeapplaus til Sven Oluf som virkelig benytter sin pensjonisttilværelse til å gi oss alle litt påfyll av fysikkhistorie!

Vi finner også artikler om norske fysikere som fyller år, og der er en rekke nekrologer. For oss som har vært med en stund er dette artikler som gir en oversikt over norsk fysikk de siste 75 årene.

Jeg startet denne artikkelen med at det eksisterte en møteprotokoll fra Fysisk selskap for perioden 1909 til 1924. Tar vi med denne protokollen, får vi et blikk inn i norsk fysikk gjennom 100 år. Jeg håper at innen ett år vil det meste av dette være å finne på nettet.

I flere av de tidlige årgangene av FFV var det også trykt eksamensoppgaver for UiO, UiB og NTH. I starten var det få eller ingen doktorgradsamtaler i FFV, men i senere år har det blitt en fast spalte med omtaler og bilder av mange som tar doktorgrad i fysikk. Slik kan vi følge med i dagens og fremtidens fysikk i Norge.

Det har alltid vært bokomtaler i FFV, og det er fint. I den senere tid er det i stor grad Henning Knusten som skriver om nye bøker. Han har mange fine innlegg i FFV. Når jeg nevner Henning ved navn er det fordi jeg i utgangspunktet hadde en målsetting om å trekke frem de ivrigste skribentene i tidsskriftet. Jeg har ikke gjort noen oppstilling, men Henning kommer høyt opp på listen. Jeg ser at noen av redaktørene også har vært ivrige med å skrive innlegg. Det startet med Hylleraas og fortsatte især med Olav Steinsvoll, Knut Jostein Knutsen, og nå Øivind Grøn og Emil J. Samuelsen. Stå på videre, dette er bra!

## Fra Fysikkens Verden på nett

I det dypdykket jeg gjorde satt jeg hele tiden med det ønsket at FFV måtte bli lettere tilgjengelig. Det skulle ikke være nødvendig å være medlem i NFS i 55 år, eller klatre opp til hyllene under "Store fysiske" på Blindern, for å lese de mange eksemplarene av FFV. Det burde være mulig å finne gamle eksemplarer på nettet slik at de til enhver tid bare var et tastetrykk unna. Det er derfor mer enn et ønske at vi må tilstrebe å få FFV på nett.

På årsmøtet til NFS i 2012 var daværende president Per Osland og FFVs redaktør Øyvind Grøn enige om at pdf-filene fra trykkeriet måtte publiseres fortløpende på nettsiden til NFS. De hevdet da at

gamle numre også burde gjøres tilgjengelig. Dette har min fulle støtte, og jeg ville tro også støtte fra de aller fleste av FFVs lesere.

Finn Ingebretsen begynte med å legge stikkord for sentrale artikler i FFV på bladets hjemmeside fra tiden da han og Øivin Holter begynte som redaktører i 1987. Fra 2004, og et par nummer før, kunne trykkeriet levere pdf-filer av bladet. Disse filene ble da også lagt inn på FFVs hjemmeside selv om systematikken ikke har vært helt perfekt. Men nesten alle numre av FFV for de siste 10 årene finnes nå på Internett, og dette vil fortsette.

Dette er utmerket! Men vi ønsker at alle de nærmere 300 nummer av FFV snart må komme på nett, og kanskje at de også kunne gjøres søkbare. Jeg vil oppfordre styret i NFS til å satse på å få alle nummer av FFV på Internett i jubileumsåret. Mottoet må være: *Hele FFV på nett!*

∞

**Husk å melde  
adresseforandring!  
til sekretæren  
i NFS!**

# Hvad vet vi om atomkjernene (1939)

Egil A. Hylleraas \*

## Den aller første artikkelen i FFV

Vi skrur tiden tilbake 75 år og ser da at det da var to store begivenheter innen norsk fysikk. Høsten 1938 ble Fysikkforeningen ved Universitetet i Oslo dannet, og våren 1939 kom det aller første nummeret av Fra Fysikkens Verden ut.

Det var flere kjente personer som sto i spissen for dette, men uten forkleinelse for noen kan en trygt si at Egil A. Hylleraas var den fremste. Han tok doktorgraden i 1933, og da Stortinget opprettet et professorat i teoretisk fysikk våren 1936, var Hylleraas selvskreven til dette. Han var 38 år og svært aktiv både faglig og når det gjaldt å skape et fysikermiljø i Oslo. Det gjorde han ved å bidra til dannelsen av Fysikkforeningen og FFV, og ble tidsskriftets første redaktør.

Hylleraas skrev den populærvitenskapelige boka "Atomene" i 1947, og i 1950–52 skrev han ei lærebok i "Matematisk og teoretisk fysikk" i fire bind. Som en kuriositet kan nevnes at han ga boka "Atomene" til sine hovedfagsstuderenter, som også måtte bruke hans lærebøker til fysikk hovedfag. Hylleraas ble hedret for sin vitenskapelige innsats på det som ble kalt Hylleraas-symposiet i Gainesville i Florida, i 1963.

Hylleraas var redaktør for FFV i 17 år og skrev den første artikkelen der selv (Hefte 1–2, Årgang 1, 1939). Denne artikkelen var egentlig et foredrag som Hylleraas holdt i Fysikkforeningen på dens aller første møte i november 1938, og bearbeidet til en artikkel i FFV. Vi vil gjengi denne artikkelen her i noe forkortet form. Vi har også delt artikkelen i avsnitt med overskrifter for å gjøre den mer oversiktig.

Thormod Henriksen

∞



Det systematiske studium av atomkjernenes sammensetning og av de prosesser som kan foregå i disse, er en forholdsvis ny forskningsgren innen fysikken, og den har i det siste år utviklet seg i et voldsomt tempo. Nu er det så at det tyvende århundres fysikk i det hele er noe for seg selv. Vi er liksom blitt vant til radikale omveltninger og dramatiske utviklinger i fysikken, for såvidt faller kjernefysikken og dens utvikling passende inn i rammen.

## Nye partikler

Nye eksperimentelle opdagelser har beriket vår fysikalske viden i den grad at vi må gå tilbake til århundreskiftet, til opdagelsen av virkningskvantet, av katodestråler, røntgenstråler og radioaktiviteten

for å finne noe jevnbyrdig å sammenligne med. I et kort tidsrum omkring 1932 fikk vi oppdagelsen av den tunge vannstoffisotop, *deuterium*, hvis rolle i den eksperimentelle og teoretiske kjernefysikk er meget grunnleggende, videre *neutronet*, det *positive elektron* og den kunstige eller *induserte radioaktivitet* i lette atomkjerner. Parallelt fulgte den bedringsverdige utvikling av høispennings teknikken med bygging av spesielle laboratorier for kjerneforskning. Denne forskning har i de følgende år beriket vår viden om atomkjerner og kjernreaksjoner på en helt uanet måte.

Det må villig innrømmes at den eksakte teoretiske forskning, som har fått en så sterk posisjon gjennom bølgemekanikken, ikke har kunnet følge helt med i dette kappløpet, men den kan i ethvert fall rose seg av å ha gått modig løs på problemene med de våpen som står til dens rådighet.

## Alfa-partikler

Efter at man hadde oppdaget røntgenstrålingen og katodestrålene og utviklet en eksperimenteringskunst som passet for et nøtere studium av disse fenomener, var det lett å fastslå at den såkalte radioaktive alfa-stråling bestod av positivt ladede partikler, utsendt spontant fra de radioaktive stoffer under stor energi- og varmeutvikling. Ved opsamling av slike alfa-partikler fikk man en gass, som ved spektralanalyse viste seg å være rent helium. Alfa-partiklene var derfor dobbelt ladede heliumatomer, etter hvad vi nu vet.

## Atomstruktur

Neste opgave blev å klarlegge atomenes struktur. Man visste at elektronene måtte være en integrerende bestanddel av alle atomer, men hvad som ble igjen av atomet ved eventuell fjerning av alle elektronene, hadde man bare tåkete forestillinger om. Man mente at atomresten måtte være noe forholdsvis stort, noe som elektronene kunde gjemme seg bort i og krype inn i. J.J. Thomson gav den mest moderne utforming av det. Atomene var relativt store og utstrakte materiedeler. Han antok at den positive elektrisitet dannet en kule, hvis indre eller centrum elektronene kunne finne en likevektsstilling.

Nu var det at Rutherford grep inn i utviklingen idet han fant på å skyte til måls på disse atomer. Passende projektiler mente han å ha fått i alfa-

partiklene fra de nylig oppdagede radioaktive stofrer.

Denne skyting er for så vidt av en ganske merkelig art, idet den nærmest kan sammenlignes med at man setter opp et kystbatteri og gir seg til å skyte på måfå utover havet i håp om en gang i blandt å treffe et fientlig skip. Det er som det synes en helt urasjonell fremgangsmåte, for ved skytingen i sin almindelighet pleier siktingen å spille en ikke uvesentlig rolle. Situasjonen blir imidlertid straks bedre om man bruker schrapnells, og vi tenker oss objektene fordelt tredimensjonalt, så blir også forholdene anderledes.

Skyter man på en noenlunde jevn fiskestimp med hagle, så har det ikke lenger noen hensikt å sikte så nøiaktig - Rutherford regnet i et hvert fall ut at han med sine projektiler skulle få et riktig anseelig antall treffere, idet et milligram radium leverer ikke mindre enn to billioner alfa-partikler i sekundet og atomene i de godtatt forestillinger slett ikke dannet en så rent ubetydelig skyteskive.

Desto merkeligere var det at han nesten ikke fikk noen treffere. Alfa-partiklene gikk på sett og vis uhindret gjennom materien, bortsettfra en diffus spredning på grunn av energiavgivelse til elektronene ved den sterke ionisasjon, og videre, hvilket er viktigere, en lovmessig spredning svarende til et Coulombsk centralfelt som utgikk fra atomets centrum. Dette siste viste at hele atomets positive elektrisitet var samlet i atomets centrum, og ladningen kunne bestemmes ut fra Rutherfords bekjente spredningsformel i forbindelse med de senere nøiaktigere utførte forsøk.

Rutherfords første resultat var derfor at atomene var så å si *tomme*. Men et sted måtte atomenes masse sitte, og det var da ingen annen mulighet enn at også den måtte sitte i atomets midtpunkt. Det kunde synes som om man her hadde funnet idealet av det man i matematikken og mekanikken kaller det matrielle punkt, men dette ville nesten ha vært for meget av det gode, og, heldigvis får vi si, fant Rutherford og medarbeidere også ekstraordinære avbøininger som svarte til virkelige fulltreffere. Det som var truffet, det var det som vi nu kaller atomkjernene og som viste seg å ha en utstrekning på bare  $10^{-13}$  til  $10^{-12}$  cm 10 til 100 tusen ganger mindre enn det som vi regner som selve atomenes dimensjoner, som igjen svarer til dimensjonene av elektronbanene.

Bortsett fra denne endelige størrelse av atomkjernene, som er av så fundamental betydning for kjernefysikken, er atomkjernene vesentlig bestemt

ved sin ladning og vekt. Den siste bestemmer som bekjent også atomets vekt, idet vekten av elektronene er ubetydelig i forhold til vekten av kjernen.

Ladningen av kjernen bestemmer hele atomet, særlig da i spektroskopisk henseende, idet man i første tilnærming kan betrakte kjernens vekt som uendelig stor i forhold til elektronene. Bare ved meget lette kjerner må man ta kjernens medbevegelse i betrakting. Kjerneladningen bestemmer atomets art og dets plass i det periodiske system. Kjemisk har vekten av kjernen betydning, idet det er denne som bestemmer atomvekten. Men det er ikke noe i veien for at atomer og atomkjerner av samme grunnstoff kan ha forskjellige vekter, tvert imot er dette regelen. Atomer med samme kjerneladning men forskjellige, nesten nøyaktig heltallige atomvekter, kalles isotoper. Av disse finner man de fleste blandt atomer med like atomnummere og kjerneladning, tallrikest i midten av atomrekken, sparsommere øverst og nederst. Blant atomer med ulike atomnummere finner man aldri mer enn to stabile isotoper, bortsett fra vannstoff, som har tre, nemlig, proton, neutron og triton. Om tritonet er særlig stabilt kan kanskje være et spørsmål, i ethvert fall reagerer det ganske sikkert overordentlig lett med de aller fleste atomkjerner ved sammenstøt.

## Atomkjernen

At atomkjernene var sammensatt av mindre enheter, var man ganske tidlig klar over. Ikke minst isotopene gjorde denne antagelse nødvendig, og radioaktiviteten og de kunstige atomkjernesprengninger beviste dette direkte. Det ble nu lenge god latin at atomkjernene skulde være dannet av protoner og elektroner, som rimelig kunne være, da man ikke kjente andre elementære matrielle partikler. Ut fra den klassiske elektronteori hadde man også for lengst vennet seg til den tanke at all materie var av elektrisk eller elektromagnetisk oprinnelse. Det lå da besnærende nær å anta at man i protonet og elektronet hadde funnet urformen for de to elektriske substanser og dermed for alt materielt stoff. Naturen eller naturlovene skulde etter dette være usymmetriske med hensyn på den positive og negative elektrisitet, i strid med den alminnelige fenomenologiske beskrivelse av elektriske og magnetiske fenomener. Som vi snart skal høre har oppdagelsen av det positive elektron igjen ført til en grundig revisjon av den polære opfatning av elektrisiteten.

Proton-elektron-hypotesen for atomkjernene hadde mange iøinefallende svakheter. Det fantes ingen teori som på noen måte kunde forklare eller endog bare sannsynliggjøre elektronenes binding til protonene i atomkjernen. Videre var det magnetiske moment for atomkjernene, som man særlig kjenner fra den såkalte hyperfinstruktur av spektrallinjene, av en helt annen størrelsesorden enn elektronenes, jevnt over 1000 ganger mindre, og det var vanskelig å skjønne hvordan elektronene så totalt skulle miste sitt magnetiske moment ved binding til atomkjernen. Ikke mindre viktig var atomkjernenes mekaniske dreiemomenter eller impulsmomenter, som kan fastlegges ved intensitetsfordelingen i båndspektrer, og som blant annet ligger til grunn for eksistensen av de to sorter vannstoffmolekyler, para og orthovannstoff, som har trekk felles med de to modifikasjoner av helium, para- og orthohelium.

Den kvanteteoretiske enhet for impulsmoment eller spinn, er Plancks konstant dividert med  $2\pi$ . Med denne enhet er elektronets spinn lik  $1/2$ , likeledes protonets. Ved opbygning av atomkjernene av elektroner og protoner skulde kjernespinnet bli hel- eller halvtallig etter som man hadde et like eller ulike antall elektroner og protoner. Dette viser seg ikke å være tilfelle. Antar vi derimot at atomkjernene er sammensatt av protoner og neutroner, som også har spinn  $1/2$ , så passer multiplisiteten av kjernens spinn helt undtagelsesfritt.

Oppdagelsen av neutronet var et fullstendig slag for proton-elektronhypotesen i kjernefysikken, men den var samtidig en stor lettelse, idet den bare avliver en allerede i og for seg umulig hypotese og dermed for første gang gir en forståelse av opbygningsprinsippet for atomkjernene. Selve neutronstrålingen blev først oppdaget av Bothe og Becker ved bombardement av beryllium med polonium-alfapartikler, en prosess som gav en forbausende sterke gammastråling ved opfangning av alfapartikler i berylliumkjernen, uten at den nye kjerne syntes å avgive noen lettere partikkel. Chadwick viste imidlertid at den utsendte sekundærstråling kunde gi protoner og kvelstoffkjerner sterke rekylstøt, og av den målte rekylenergi kunde han vise at det ikke dreiet seg om en Compton-prosess fra gammavanta, men at det som støtte mot proton- og kvelstoffkjernene var materielle partikler med masse omtrent lik protonets. Samtidig viste den totalt manglende ionisasjonsevne at partiklene ikke hadde noen elektrisk ladning, og den nye elementærpartikkel ble derfor kalt *neutron*.

Hermed var i virkeligheten grunnen lagt for en mere rasjonell kjernefysikk. Heisenberg grep så å si ballen i luften og formulerete klart en teori for atomkjernenes opbygning av protoner og neutroner.

## Bindingsenergi

De elementære bindingskrefter mellom disse partikler visste man imidlertid litet eller intet om, man skjønte bare at de måtte ha en meget kort rekkevidde av størrelsesorden som atomkjernene selv. Styrken kunde man i noen grad utelede av bindingsenergien. Hvis nemlig den såkalte massedefekt er kjent, differansen mellom protonenes og neutronenes samlede masse og den resulterende kjernemasse, kan bindingsenergien uteles av den kjente Einsteinske lov om ekvivalens mellom masse og energi. Den teoretiske kjernefysikks oppgave er derfor nu i utpreget grad den å utelede de elementære krefter mellom kjernepartiklene på grunnlag av de stadig nye og sikrere data fra den eksperimentelle kjerneforskning.

## Betastråling

En viss vanskelighet for proton-neutronhypotesen som vi ikke bør forbigå i taushet danner den radioaktive beta-strålingen. Man må jo med full grunn ha rett til å spørre hvordan et kompleks av protoner og neutroner alene er i stand til å utsende elektroner. Hertil er å bemerke at man nu anskuer saken slik at elektronet dannes i det øieblikk det utsendes, på samme måte som et lyskvant dannes i emmisjonsøieblikket. Lyskvantet er jo også tilstede i det "angeregte" atom i form av kinetisk og potensiell energi for elektronet, men her pleier vi ikke å regne med det som et lyskvant, vi sier bare at atomet er i en annen energitilstand. Ved visse støtprosesser kan nemlig denne energi også avgis i helt andre former.

Den forandring som inntrer i kjernen er da at et neutron går over i et proton. Proton og neutron er med andre ord bare forskjellige tilstandsformer av en og samme elementærpartikkelen. Der er ikke større forskjell på et neutron og et proton enn på en millionær og en tigger. Den ene har kapital, elektrisitetsladningen, den andre ikke. I det øieblikk protonet mister kapitalen, den positive elementærladningen, gjerne ved overtagelse av tilsvarende gjeld, den negative ladning, er det en tigger, respektive neutron, mens neutronet som kanskje har brukt sin kapital til å dekke gjeld blir millionær i det øieb-

likk det fritas for gjelden, det negative elektron.

Hvor et proton og et neutron er tilstede samtidig mener man for øvrig at millionæren og tiggeren uavlatelig spiller kort om gjelden og at rollene stadig skifter. Karakteristisk for kvantemekanikken er nu at den så å si mener at denne gjeld ingen som helst betydning har uten i det øieblikk den skifter over. Elektronet er den største del av tiden enillusjon, bare i det øieblikk rollene skal skiftes, må det materialisere seg. Man mener videre at vekselvirkningskraftene mellom elementær-partiklene i atomkjernene nettop har sin opprinnelse i denne besynderlige utveksling av elektrisk ladning mellom protoner og neutroner.

## Nøytrino

I forbindelse med betastrålingen er der enda en vanskelighet å nevne. Betastrålingen har nemlig et kontinuerlig energispektrum, til tross for at atomkjernen under prosessen mister en ganske bestemt energimengde. Her kommer den i hele fysikken så grundig verifiserte energi- og impulssats i faresonen. Det samme gjelder impulsmomentet som burde endre seg med en halv enhet, mens det enten slett ikke endrer seg eller endrer seg med en hel enhet. Man har da grep til å innføre en ny hypotetisk elementærpartikkelen, lydende navnet neutrino, hvis egenskaper en kan definere temmelig godt på basis av at energi- og impulssats fremdeles skal gjelde. Det har ladningen null, spinn  $1/2$  og masse uhyre liten, sannsynligvis en restmasse lik null, slik at det kommer i klasse med lyskvantene. Det turde derfor kanskje være riktigst å oppfatte neutrinoet som en ny art strålingskvant uten elektromagnetisk felt. I alle tilfelle er neutrinoenes egenskaper slike at man foreløpig har små utsikter til å påvise deres eksistens direkte ved eksperimenter. Neutrinoet er derfor ennu den mest hypotetiske elementærpartikkelen en opererer med, og som vi derfor foreløpig kan tillate oss å stille oss noe avventende overfor. Ved betastrålingen skulde der altså samtidig med elektronet sendes ut et neutrino, som opptar den overskytende energi og impuls og samtidig nøytraliserer eller fordobler den spinnendring det flyktende elektron vilde bevirke for seg alene.

## Positron

Som vi ser blir vi her sittende fast i utredningen om elementærpartikler, men overblikket er ikke

fullstendig før vi også har omtalt oppdagelsen av det positive elektron, også kalt *positronet*. Dette blev opdaget som en bestandel av den kosmiske stråling av Anderson i Pasadena, og samtidig også av Blackett i Cambridge. En eiendommelighet ved dannelsen av positive elektroner er at de ofte opstår samtidig med et negativt elektron. Vi får da et elektronpar, som ofte er blitt iaktatt. Det er ved hjelp av det kjente Wilsonske tåkekammer man kan fotografera banene for slike elektronpar, og banene for dem utgår da tydelig fra samme punkt, for eksempel i en blyplate, og avbøiningen i et anlagt magnetfelt viser utvetydelig at den ene partikkel er positiv, den andre negativ og videre at de har samme masse. Elektronpar kan også frembringes ved hjelp av hårde gammastråler, og man har funnet at den energi som medgår er temmelig nøyaktig 1 MeV og er lik nyskapingen av to elektronmasser. Likeledes mener man å ha iakttatt annihilering av elektronpar under dannelsen, ikke av ett, men av to lyskvanta, hver på en halv million elektronvolt energi. (Idag grunnlaget for PET).

Det underlige er nu at man allerede før oppdagelsen av positronet hadde en fullt ferdig teori både for positronets eksistens og for pardannelse av elektroner, nemlig gjennom de løsninger som fremkom av Diracs relativistiske ligninger for elektronet. På forhånd hadde denne teori gjort rede for elektronets spinn og for dets magnetiske moment i minste detalj. Man kunde da vanskelig gå forbi den ting at man av denne ligning fikk et dobbelt sett løsninger, et med positiv og ett med negativ nullenergi for elektronet, i alle tilfelle med absoluttverdi  $m_0c^2$ , elektronets masse ganger kvadratet av lyshastigheten. I tillegg hertil fikk man videre henholdsvis positiv og negativ kinetisk energi. Elektrontilstandene var med andre ord fullkomne speilbilleder. Dirac mente ved sine løsninger først å ha funnet en sammenheng mellom elektronet og protonet, men dette holdt ikke stikk. Det man hadde funnet var en sammenheng mellom elektronet og positronet, altså det positive elektron.

Det nokså eiendommelige resonnement lyder slik: Av Diracs ligning følger at der gis et uendelig antall mulige energitilstander for elektronene, en sort med positiv og en annen sort med negativ kinetisk energi og totalenergi. De negative tilstander er alle normalt besatt med elektroner, og i så fall merker man ikke noe til disse elektroners tilstedevarsel. Der er med andre ord en viss likhet mellom disse og elektronene i et atom, som man jo også merker lite til, da deres primære opgave i første om-

gang er den å nøytraliser kjerneladningen. Først når et av disse elektroner bringes over i en positiv energitilstand inntrer der en fysikalisk effekt. Vi får et vanlig elektron og dessuten et "elektronhull", og dette elektronhull representerer nu etter teorien det positive elektron. Alt sammen koster et lyskvant på minst 1 million elektronvolt eller  $2m_e c^2$ , og vi har her teorien for pardannelse av elektroner. Vi må se litt nærmere på hvordan dette elektronhull, eller den ubesatte negative energitilstand, oppfører seg før vi godtar den litt pussige beskrivelsesmåte.

La oss bruke det bilde at der i et teater holdes to forestillinger samtidig, en i en oversal og en i underkjelleren. Av magiske krefter slynges nu en av tilskuerne i det tett besatte parkett i underetasjen opp i de nesten folketomme logerad i oversalen, og man noterer ham der som en ny og sjeldent tilskuer. I underetasjen derimot er det den tomme plass som faller i øinene. Hvis nu sidemennene mener å kunne sitte bedre ved å flytte litt på seg, så vil man se den tomme plass flytte på seg i motsatt retning av den tilskuerne beveger seg.

På lignende måte går det med elektronhullet om vi anlegger et negativt felt. De reelle elektroner vil gå i det negative felts retning og skyve hullet bakover. Gamow har av lett forståelige grunner foreslått å kalte slike elektronhull, som beveger seg bakover når man vil trekke dem fremover, for "eselektroner". Opførselen blir imidlertid helt normal når vi sier at elektronhullet er et positivt elektron, da det jo akselereres i det positive elektriske felts retning, og det får da også regnet på denne måte en positiv kinetisk energi. Hvad selve ladningen angår skjønner vi at denne må arte seg som positiv, idet utgangstilstanden var nøytral og fjernelsen av en negativ ladning gir positiv ladning som resultat.

## Mesoner

Hermed har vi en nesten fullstendig oversikt over de kjente elementærpartikler som optrer ved kjerneprosesser, men også bare nesten, for i det siste har man med sikkerhet ment å ha fundet ladede partikler, positive og negative, som er 100 - 200 ganger tyngre enn elektronene og 10 - 120 ganger lettere enn protonet. De kalles tunge elektroner eller barytroner, også yukon etter japaneren Yukawa, som allerede før den eksperimentelle oppdagelse på rent spekulativ basis hadde utarbeidet en vanskelig forståelig teori nettopp for slike eventuelle tunge partikler eller kvanta. Disse tunge elektroner kan ikke

# Fra Fysikkens Verden

75. årgang  
2013

**Norsk Fysisk Selskap**  
Oslo 2013

---

ISSN-0015-9247

## Innhold FFV 2013

Nr. 1:	Nr. 2:
Fra Redaktørene .....	Fra Redaktørene .....
<i>Marit Sandstad</i>	<i>Øyvind Grøn</i>
FFV Gratulerer .....	FFV Gratulerer .....
<i>Birkelandprisen til Yun Cheng</i>	<i>Per Osland 70 år</i>
<i>Jan S. Vaagen</i>	<i>Lipniacka, Olaussen, Raklev og Øverbø</i>
In Memoriam .....	Undervisningspris til Karl Torstein Hetland
<i>Morten Trudeng</i>	<i>Morten Trudeng</i>
Torleiv Buran (1938–2012)	Nytt fra NFS .....
<i>B. Stugu, L. Bugge, A. Read, O. Røhne,</i>	<i>Norsk Fysisk Selskap 60 år</i>
<i>F. Ould-Saada og S. Stapnes</i>	Redaktørskifte
Polarisering av lys	Didaktikk på avveier
<i>Arnt Inge Vistnes</i>	<i>Per Osland</i>
Kvantekryptografi	Saltkraft - fornybar energy
<i>Lars Lydersen og Johannes Skaar</i>	med osmotiske membraner
Indeks FFV 2012 .....	<i>W.R. Thelin, E. Sivertsen, T. Holt, G. Brekke</i> ... 38
Negativ absolutt-temperatur	Corioliskraften
<i>Øyvind Grøn</i>	<i>Øyvind Grøn og Arnt Inge Vistnes</i> ..... 43
Fysikknytt .....	Niels Bohrs vei til en kvanteteori
Raskt roterende svart hull	for atomets struktur: 1911–1913
<i>Øyvind Grøn</i>	<i>Reidun Renstrøm</i> ..... 47
Fysikk i skolen .....	Braggs lov i 100 år
Spanande fysikkoppgåve i statikk	<i>Emil J. Samuelsen og Dag W. Breiby</i> ..... 54
<i>Per Vassbotn</i>	Fysikknytt .....
Hva skjer .....	Pioneeranomalien er oppklart
Åpningen av Bohr-året 2013	<i>Øyvind Grøn</i>
<i>Ellen K. Henriksen og Carl Angell</i>	Krystallografi utan krystall
Yaras Birkelandpris 2013	<i>Emil J. Samuelsen</i>
<i>Anne Marie Astad</i>	Hva skjer .....
Nytt fra NFS .....	<i>Fysikkolympiaden 2012/2013</i>
Fysikermøtet 2013	<i>Carl Angell</i>
<i>Anna Lipniacka</i>	Bokomtale .....
Prisutdelinger ved Fysikermøtet	P. Brekke og F. Broms: Nordlyset - en guide
<i>Per Osland</i>	Forlaget Press, 2013.
Nordisk fysikermøte i Lund	<i>Johan Stadsnes</i>
<i>Per Osland</i>	Trim i FFV .....
Nye medlemmer	63
Nye Doktorer .....	
<i>PhD Peter Lundgaard Rosendahl</i>	
Trim i FFV .....	
<i>31</i>	<i>31</i>

**Nr. 3:**

Fra Redaktørene .....	66
<i>Øyvind Grøn</i>	
In Memoriam .....	66
Rolf Nordhagen jr (1927–2013)	
<i>T. Engeland, E. Osnes og T.B. Skaali</i>	
FFV Gratulerer .....	67
Martin Landrøs pris 2011 og 2012	
til Anders Kvellestad	
og Thomas Kvalheim Eriksen	
<i>Åshild Fredriksen</i>	
Første kosmologiske resultater fra Planck-satellitten	
<i>Y. Akrami, P. Bull, H. Dahle m.fl.</i> .....	68
Møte med Niels Bohr	
og hans forsvar for usikkerhetsrelasjonen	
<i>Sven Oluf Sørensen</i> .....	74
Casimirkraften og dens temperaturavhengighet	
<i>Iver Brevik og Johan S. Høye</i> .....	78
Kule på roterende skive	
<i>E.H. Hauge</i> .....	82
Kommentarer .....	84
Corioliskraft og rullende kule	
<i>Arnt Inge Vistnes og Øyvind Grøn</i>	
Fysikkoppgåve i statikk	
<i>Per Jerstad</i>	
Fysikknytt .....	88
Biermannbatteriet og kosmiske magnetfelt	
<i>Øyvind Grøn</i>	
Kontaktfri manipulering ved hjelp av lydbølger	
<i>Øyvind Grøn</i>	
Ny test av relativitetsteorien	
<i>Øyvind Frøn</i>	
Gravitasjon og tidrommets krumning	
<i>Øyvind Grøn</i>	
Hva skjer .....	90
Fysikkolympiaden 2013	
<i>Øyvind Guldahl</i>	
Bokomtale .....	92
Kristian Fossheim: Superconductivity: Discoveries and Discovers. Springer, 2013.	
<i>Hugo Parr</i>	
Nye Doktorer .....	93
PhD Morteza Esmareili	
Trim i FFV .....	93
Nytt fra NFS .....	94
Fysikermøtet 2013	
<i>Per Osland</i>	
Nye medlemmer .....	95

**Nr. 4:**

Frå Redaktørane .....	98
<i>Emil J. Samuelsen</i>	
In Memoriam .....	98
Øystein H. Fischer (1942–2013)	
<i>Grepstad, Tybell, Fossheim, Sudbø, Hemmer</i>	
FFV Gratulerer .....	100
Per Chr. hemmer 80 år	
<i>Eivind Huis Hauge og Emil J. Samuelsen</i>	
Nobelprisen i fysikk 2013	
<i>Farid Ould Saada, Are Raklev og Alex Read</i> ....	101
Romelven, treg draeffekt	
og rotasjonsbevegelsens relativitet	
<i>Øyvind Grøn</i> .....	104
Friksjon og gli – både enkelt og komplisert	
<i>Emil J. Samuelsen</i> .....	111
Hva skjer .....	116
Birkelandforelesningen 2013	
<i>Jan A. Holtet</i>	
Yaras Birkelandspris 2014	
<i>Åshild Fredriksen</i>	
Konferanse om kvinner i fysikk	
<i>Åshild Fredriksen</i>	
Bokomtale .....	118
A.I. Vistnes: Lærebok i "Svingninger og bølger"	
<i>Ola Hunderi</i>	
Trim i FFV .....	118
Nye Doktorer .....	119
PhD Marit Sandstad	

∞

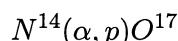
## Forfatterregister 2013

<i>Akrami, Y., P. Bull, H. Dahle mfl:</i>		<i>Lydersen, Lars og Johannes Skaar:</i>	
Første kosmologiske resultat fra Planck-satellitten .....	68	Kvantekryptografi .....	10
<i>Angell, Carl:</i>		<i>Osland, Per:</i>	
Hva skjer: Fysikkolympiaden 2012/2013 .....	61	Nytt fra NFS: Prisutdelinger ved Fysikermøtet.	
<i>Astad, Anne-Marie:</i>		Nordisk fysikermøte i Lund .....	30
Hva skjer: Yaras Birkelandpris 2013 .....	29	<i>Osland, Per:</i>	
<i>Brevik, Iver og Johan S. Høyre:</i>		Nytt fra NFS: Norsk Fysisk Selskap 60 år.	
Casimirkrafta og dens temperaturavhengighet .....	78	Redaltørskifte, og Didaktikk på avveier .....	36
<i>Engeland, T., E. Osnes og T.B. Skaala:</i>		<i>Osland, Per:</i>	
In Memoriam: Rolf Nordhagen jr (1927-2013) .....	66	Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2013 .....	94
<i>Fredriksen, Åshild:</i>		<i>Ould-Saada, Farid, Are Raklev og Alex Read:</i>	
FFV Gratulerer: Martin Landrøs pris 2011 og 2012 ..	67	Nobelprisen i fysikk 2013 .....	101
<i>Fredriksen, Åshild:</i>		<i>Parr, Hugo:</i>	
Hva skjer: Yaras Birkelandpeis 2014 .....	117	Bokomtale: Kristian Fossheim: Superconductivity: Discoveries and Discoverers. Springer, 2013 .....	92
<i>Fredriksen, Åshild:</i>		<i>Renstrøm, Reidun:</i>	
Hva skjer: Konferanse om kvinner i fysikk .....	117	Niels Bohrs vei til en kvanteteori for atomet .....	47
<i>Grepstad, Tybell, Fossheim, Sudbø og Hemmer:</i>		<i>Samuelsen, Emil J.:</i>	
In Memoriam: Øystein H. Fischer (1942-2013) .....	98	Fysikknytt: Krystallografi utan krystall .....	60
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Samuelsen, Emil J.:</i>	
Negativ absolutt-temperatur .....	19	Frå Redaktørene .....	98
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Samuelsen, Emil J.:</i>	
Fysikknytt: Raskt roterende svart hull .....	24	Friksjon og gli - både enkelt og komplisert .....	111
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Samuelsen, Emil J. og Dag W. Breiby:</i>	
Fra Redaktørene .....	34	Braggs lov I 100 år .....	54
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Sandstad, Marit:</i>	
Fysikknytt: Pioneeranomalien er oppklart .....	59	Fra Redaktørene .....	2
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Stadsnes, Johan:</i>	
Fra Redaktørene .....	66	Bokomtale: Pål Brekke og Fredrik Broms: Nordlyset - en guide. Forlaget Predd, 2013 .....	64
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Stugu, Bugge, Read, Røhne, Ould-Saada og Stapnes:</i>	
Fysikknytt: Biermannbatteriet og kosmiske magnetfelt	85	In Memoriam: Torleif Buran (1938-2012) .....	2
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Sørensen, Sven Oluf:</i>	
Fysikknytt: Kontaktfri manipulering vha lydbølger ..	87	Møte med Niels Bohr og hans forsvar for usikkerhetsrelasjonen .....	74
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Thelin, W.R., E. Sivertsen, T. Holt og G. Brekke:</i>	
Fysikknytt: Ny test av relativitetsteorien .....	88	Saltkraft - fornybar energi med osmotiske membraner .....	38
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Trudeng, Morten:</i>	
Fysikknytt: Gravitasjon og tidrummets krumning ..	89	FFV Gratulerer: Undervisningspris til Karl Torstein Hetland .....	36
<i>Grøn, Øyvind:</i>		<i>Vassbostn, Per:</i>	
Romelven, treg draeffekt og rotasjonsbevegelse .....	104	Fysikk i skolen: Spanande fysikkoppgåve i statikk ..	26
<i>Grøn, Øyvind og Arnt Inge Vistnes:</i>		<i>Vistnes, Arnt Inge:</i>	
Corioliskraften .....	43	Polarisering av lys .....	4
<i>Guldahl, Øyvind:</i>		<i>Vaagen, Jan S.:</i>	
Hva skjer: Fysikkolympiaden 2013 .....	90	FFV Gratulerer: Birkelandprisen til Yun Cheng .....	2
<i>Hauge, E.H.:</i>		 $\infty$	
Kule på roterende skive .....	82		
<i>Hauge, Eivind Huis og Emil J. Samuelsen:</i>			
FFV Gratulerer: Per Chr. Hemmer 80 år .....	100		
<i>Henriksen, Ellen K. og Carl Angell:</i>			
Hva skjer: Åpningen av Bohr-året 2013 .....	29		
<i>Holtet, Jan A.:</i>			
Hva skjer: Birkelandforelesningen 2013 .....	116		
<i>Hunderi, Ola:</i>			
Bokomtale: Arnt Inge Vistnes:			
Lærebok i "Svingninger og bølger" .....	118		
<i>Jerstad, Per:</i>			
Kommentar: Fysikkoppgåve i statikk .....	84		
<i>Lipniacka, Anna:</i>			
Nytt fr NFS: Fysikermøtet 2013 .....	30		
<i>Lipniacka, A., K. Olaussen, A. Raklev og I. Øvrebø:</i>			
FFV Gratulerer: Per Osland 70 år .....	34		

være bestandige i atomkjernene, ellers ville de raskt bringe forstyrrelse i de smukke heltallige atomvekter. Man er heller ikke kommet langt i studiet av dem, og vi vil her foreløpig henvise dem til rarietetskuffen sammen med det hypotetiske neutrino.

## Kjernreaksjoner

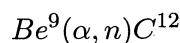
Vi skal nu tilsist ganske summarisk streife de viktigste kjernreaksjoner. Rutherford var som nevnt den som innledet beskytningen av atomkjernene med de energirike alfabartikler. Den første virkelige fulltreffer registrertes først i 1919, ved den såkalte sprengning av kvelstoffkjernen med utsendelse av protoner. Her blev det for første gang ført bevis for at atomkjernene inneholdt protoner ved siden av alfabartikler, som jo av energetiske grunner er et meget sannsynlig mellomprodukt. For øvrig er det ved dette eksempel slett ikke tale om en kjerne-sprengning, men om det motsatte, en kjerneopbygning. Alfabartikelen optas av kvelstoffkjernen og blir i den, mens kjernen samtidig avgir proton. Det som blir igjen, er da en kjerne med en enhet høyere kjerneladning og tre enheter høyere vekt, altså surstoff-isotopen O<sup>17</sup>. Vi betegner denne prosess med:



som betyr at alfabartikkelen trenger inn i kvelstoffkjernen, som igjen avgir et proton og går over i O<sup>17</sup>.

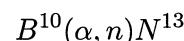
Slike prosesser kjenner man en del av, men ikke så overvettes mange, da alfabartikler ikke har så lett for å ramme selv lettere atomkjerner. De tyngre atomers kjernefelter greier de slett ikke å forsvare. Interessant er det nu videre å merke seg at denne prosess ofte er ledsaget av gammastråling, hvilket viser at en atomkjerne også kan ha angeregte tilstander. Gammastrålingskvantene gir differansen mellom to slike energinivåer, og samtidig deler de utsendte protoner seg i to eller flere grupper med de samme energidifferanser, slik at der ikke er noen tvil mulig om at denne tydning er riktig. For denne art gammastråling har man da også i Gamows teori en fullt tilfredsstillende beskrivelse.

En annen art av prosesser har vi når kjernen oppfanger en alfabartikkkel og etterpå utsender et neutron. Det var ved prosessen:

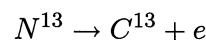


at neutronet ble opdaget, og denne beryllium-stråling er fremdeles en viktig neutronkilde. Pros-

essen fører til en stabil kjerne C<sup>12</sup> og er ledsaget av en etterfølgende gammastråling som forklares nøiaktig som ved alfa-prosessene. Denne art alfa-neutron-prosess, som ser temmelig ordinær ut, hører imidlertid til undtagelsene. Den hyppigste form er den hvor resultatet er en ustabil kjerne, for eksempel prosesser av typen:



Her får man en kvelstoffkjerne som har stor ladning i forhold til sin vekt, da den har optatt to ladninger og bare tre vekteneheter. Den skiller seg nu av med en overflødig ladning på en høist eindommelig måte, idet den spontant avgir et positivt elektron, et positron etter ligningen:



Dette er et klassisk eksempel på den såkalte kunstige eller induserte radioaktivitet, og N<sup>13</sup> kalles radiokvelstoff. Det var Irene Curie og Joliot som først iakttok denne kunstige radioaktivitet, og som desuten ved raske kjemiske eksperimenter førte fullstendig bevis for at de angitte reaksjoner er riktige. Et slikt bevis var nemlig ikke tidligere ført for de kjente alfa-protonprosesser, man antok bare at det måtte være så.

Hvad den siste art prosesser angår, alfa-neutron-prosessen med etterfølgende positronutsendelse, så skiller de seg ikke meget fra alfa-protonprosesserne. Man kan si at protonet bare utsendes i to rater, først massen som neutron, dernest ladningen som positron.

## Fisjonsprosessen antydes

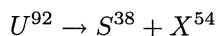
Utenom disse prosesser med alfa-partikler som skyts, har vi en hel rekke andre som oftest fører til indusert radioaktivitet. Særdeles viktige er f.eks. neutron-alfa og neutron-protonprosessene (n, α), (n, p) og endelig (n, -), hvor ingen tung partikkkel utsendes.

Neutroner går jo like lett inn i tunge som i lette atomkjerner, og med neutroner har f. eks. Fermi og hans medarbeidere aktivert uran-kjernen, og fått dannet enda høyere elementer, som ikke finnes i naturen.

### Fotnote i artikkelen:

Spørsmålet om de såkalte ”Transuraner” er i det siste blitt dobbelt interessant derved at de fleste som fra først av ble tatt som sådanne har vist seg å være meget lavere

elementer, bl.a. barium. Urankjernen er med andre ord blitt kløvet i meget store deler, sannsynlig:



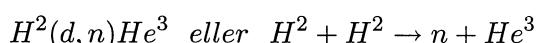
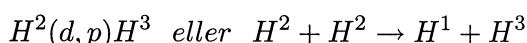
ifølge arbeider av Otto Hahn, Lise Meitner og R. Frisch.  
(NB! Da Hylleraas holdt foredraget kjente en ikke fisjon. Men da han skrev artikkelen var fisjon et faktum.)

## Andre kjernreaksjoner – fusjon

Vi kan videre nevne omdannelser ved hjelp av protoner, f.eks.



Enda viktigere er nesten omdannelser ved hjelp av tunge vannstoffkjerner, deutroner. Særlig interessante eksempler er:



Den siste prosess gir den mest effektive neutronkilde man kjenner. For øvrig viser disse to prosesser at kjerneprosesser slett ikke alltid er entydig bestemt, men at energien for de benyttede projektiler spiller en rolle, svarende til at temperaturen

spiller en avgjørende rolle for kjemiske reaksjoners forløp.

I det hele har neutroner, protoner og fremfor alt deutroner en utpreget reaksjonsevne med alle arter atomkjerner og med hverandre, og det er ikke fritt for at man her begynner å ane noe om selve syntetiseringen av tunge elementer i naturen ut fra lettere elementer eller fra elementære kjernepartikler. En samling av protoner og deutroner eller av den ene sort danner utvilsomt i kjerneteoretisk forstand en eksplosiv blanding, som under egnede fysikalske forhold med veldig energi og varmeutvikling ville kunne gå over i tyngre elementer, særlig helium. Betingelsen er bare at blandingen er tilstrekkelig koncentrert og at temperaturen er over ”antendelsestemperaturen”. For en blanding av litium- og vannstoffkjerner er denne beregnet til 76 millioner grader, mens en antendelse ville bringe den opp i 150 millioner grader.

Den fornødne massekonstrasjon og antendelsestemperatur for slike kjerneprosesser turde kanskje nåes i visse stjerner, og gir nye og store muligheter for en dypere forståelse også av visse astrophysiske problemer.

Universitetets fysiske institutt,  
Blindern, Oslo, mai 1939.

∞

## Fysisk Selskap (1909–1924)

Thormod Henriksen \*

Det er trolig ikke mange av dagens fysikere som vet at for 100 år siden eksisterte det et Fysisk selskap ved Universitetet i Oslo, som på den tiden het ”Det Kongelige Frederiks Universitet”, og byen het Kristiania. Dette selskapet var i virksomhet fra 1909 til 1924 og hadde 116 møter med foredrag.

Det hele startet med at Vilhelm Bjerknes og Sem Sæland laget en indbydelse i mars 1909 som de sendte til en rekke fysikkinteresserte personer. I møteprotokollen står dette slik:

Paa foranledning av Hr. professor V. Bjerknes og Amanuensis Sem Sæland blev der til en række fysikk interessererde personer i og omkring Kristiania utstedt indbydelse til avholdelse av et konstituerende møde for et vordende fysisk selskab:

torsdag d. 4. mars 1909 kl. 6 1/4 e.m.  
paa det fysiske auditorium.

Det var 26 personer til stede og professor Bjerknes redegjorde for selskabets dannelse og plan. Han paapekte det store gjennembrud i tidens fysikk – betegnet ved navne som Maxwell og Hertz, ved

\* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo

opdagelser av katode- og Røntgenstraaler samt radioaktiviteten.

Selskapet som ble dannet den dagen besto i 15 år.

## Hensikten med selskapet

La oss sakse litt fra selskapets lover:

1. *Selskabets formaal er at fremme og understøtte interessen for fysisk videnskab.*
2. *Dette formaal søges naaet ved regelmæssige møder, hvor originalundersøgelser eller referater av aktuelle og klassiske arbeider paa fysikens omraade meddeles og diskuteres.*
3. *Optagelse af medlemmer sker ved indvotering med simpel stemmeflerhed efter forudgaaende forslag eller anmeldelse til styret der fremlægger samme til avgjørelse i første regulære møde.*

*Ved siden av de ordinære medlemmer har alle som ved Kristiania universitet studerer fysikk som hoved- eller bifag adgang til selskabets møder med samme rettigheder som et ordinært medlem undtagen stemmeret i Selskabets anliggender og uden forpligtelse til at erlægge contingent. (Contingenten var 1 kr per semester!)*

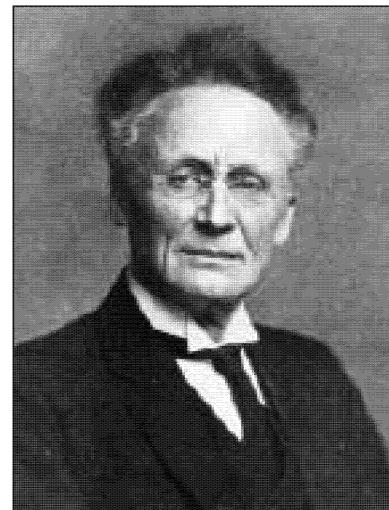
4. *Selskabets ledelse besørges av et styre bestaaende av 3 medlemmer - formand, viceformand og sekretær, der vælges for et aar ad gangen i aarets sidste møde. Ingen er pligtig til at fungere som styremedlem i længere tid end 1 aar ad gangen, og aarligt ombytte av formand og viceformand bør finde sted.*

*Formanden og i hans forfald viceformanden eller sekretæren leder selskabets møder. Sekretæren fungerer ogsaa som kasserer.*

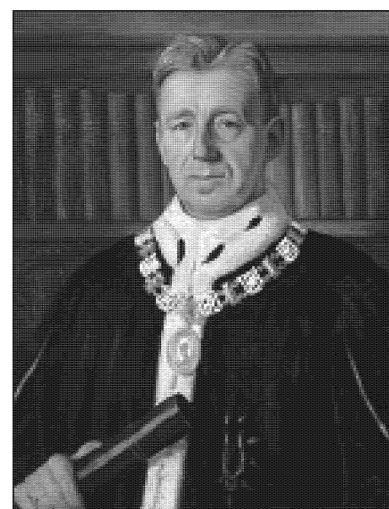
Det første styret hadde følgende sammensetning:

*Formand: Professor Oscar Emil Schiøtz,  
Viseformand: Professor Vilhelm Bjerknes,  
Sekretær: Amanuensis Sem Sæland.*

Dette første fysiske selskapet i Norge drev bare med møtevirksomhet der en inviterte foredragsholdere. Det ble i alt holdt 116 møter frem til 21. november 1924. Selskapet ble aldri formelt oppløst.



Vilhelm Bjerknes



Sem Sæland

## Møteprotokollen

Det ble skrevet referat fra alle de møter selskapet hadde. Vi har derfor en møteprotokoll som viser hvem som holdt foredrag og hvilke emner som ble diskutert. Protokollen er en rikholidig kilde til å se hva som foregikk i Norge innen fysikk, ja, også innen kjemi, meteorologi og geofysikk, for 100 år siden.

Møteprotokollen er nå å finne på nett. Du kan selv klikke deg inn og se referat fra alle de 116 møtene. Adressen er:

[www.mn.uio.no/fysikk/om/tall-og-fakta/historie/](http://www.mn.uio.no/fysikk/om/tall-og-fakta/historie/)  
Du finner der pdf-fila til selskapet. Du kan også finne møteprotokollen i sammenheng med artikler av Lars Vegard og Ellen Gleditsch, og du kan enkelt "google" den ved å skrive: *Fysisk selskap*. Du må styre klar av NFS.

Møteprotokollen var håndskrevet. Det var formannen eller sekretæren som skrev et referat fra

hvert møte. Den håndskrevne protokollen ble gjort om til et word-document som er utgangspunktet for nettutgaven. Språket i møteprotokollen er ikke endret, men en del skrivefeil er rettet.

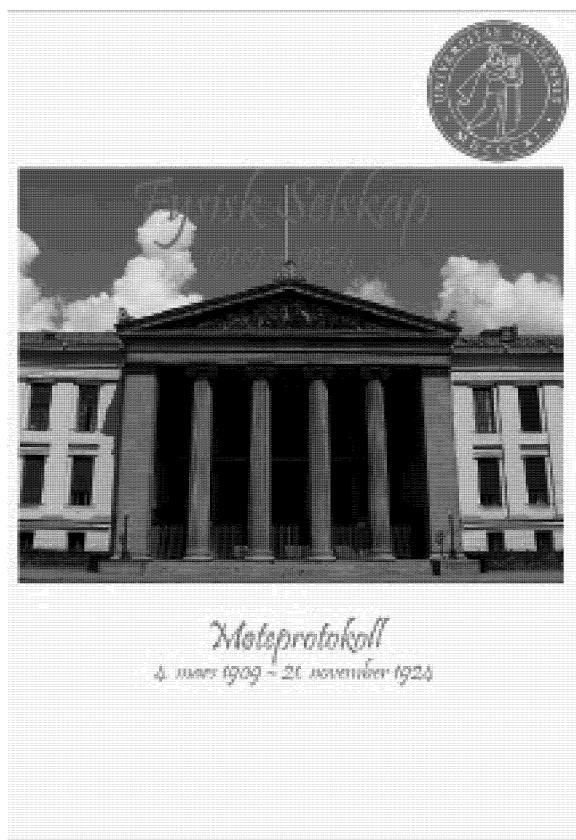
Møteprotokollen viser at *V. Bjerknes* hadde 8 foredrag. Han hadde også foredrag i den perioden han var i Leipzig. Det var flere meteorologer som bidro med foredrag, blant andre *Th. Hesselberg* (7 foredrag).

Det var uten tvil *Lars Vegard* som var den ivrigste foredragsholder. Hele 23 foredrag fra ham kan vi finne i protokollen. Av andre gjengangere har vi *Olav Devik* (6), *Carl Størmer* (4), *Werner Weren-skjold* (5), *Ellen Gleditsch* (6) og *Peter J. Holtsmark* (6).

Som en ser var det i første rekke de etablerte som holdt foredrag, men de lot også studentene slippe til.

Allerede høsten 1909 var det foredrag av stud.real. **Olaf Devik** som refererte en avhandling "Om ætherens tæthet" av Oliver Lodge.

En annen av "kjempene" i norsk fysikk som vi ofte fant på møtene med foredrag var *Johan Holtsmark*. Han var bare 19 år da han første gang holdt foredrag, i oktober 1913.



Forsiden av møteprotokollen for Fysisk selskapp slik du møter den på nettet. Denne siden knytter møtene til Universitetet i Oslo som da het "Det Kongelige Frederiks Universitet" i Kristiania.

Det var stor spennvidde i foredragene, blant annet var det flere foredrag i meteorologi. Også geofysikk og kjemi var med. Vi kan her nevne foredragsholdere som *Werner Weren-skjold*, *Victor Goldschmidt* og *Ellen Gleditsch*.

## Noen glimt fra møteprotokollen

Det var bare én kvinne, *Ellen Gleditsch*, som holdt foredrag i Fysisk selskap. Til gjengjeld holdt hun i alt 6. Vi gjengir her referatet fra det første av hennes foredrag som hun holdt 12. november 1912.

### Program:

**Universitetsstipendiat Frk. Gleditsch:  
Om radioaktive transformationer.**

*Efter én liten historisk oversigt over de radioaktive fænomener gav foredragsholderen i korte træk en beskrivelse av de radioaktive transformationer og redegjorde for de love, hvorefter transformationerne foregår.*



Ellen Gleditsch

Derefter gikk Frøkenen over til at omtale de teorier, der var opstillet for at forklare fænomenene, og nævnte da, hvorledes Rutherford, der var den første som gav en teori, for at faa en forklaring; måtte gjøre visse antagelser om de utsendte partikler, først længe efter blev det paavist, at disse hans forutsætninger var rigtige.

Endelig gav foredragsholderen tilslut en del eksempler paa, hvorledes teorien fuldstændig forklarer at det ene stof dannes av det andet inden de enkelte familier ved at der stadig gives av elektrisk ladede partikler.

Ellen Gleditsch var nettopp kommet hjem fra et 5 år langt opphold hos Marie Curie i Paris, da hun holdt dette foredraget. Hun var da 33 år og hadde tatt graden "Licencie es Sciences" i Paris.

Gleditsch kom tilbake og holdt et nytt foredrag i oktober 1915, der hun fortalte om sine arbeider med å bestemme halveringstiden for radium. I to ulike forsøk hadde hun funnet tidene 1642 og 1674 år, hvilket må sies å være bemerkelsesverdig godt.

Av de mange foredragene til *Lars Vegard* er det interessant å trekke frem ett fra 1912, "Om røntgenstrålenees avbøyning i krystaller".



Lars Vegard

Vegard gav her et resumé av Max von Laues eksperimenter som førte til at von Laue fikk Nobelprisen i fysikk i 1914. Vi vet også at det var Vegard som formidlet disse resultatene videre til William Bragg, som han kjente fra sitt opphold i Leeds i 1909. Far og sønn Bragg (som var 10 år yngre enn Vegard) fikk Nobelprisen i fysikk i 1915.

Ellers kan vi nevne at Lars Vegard også holdt noen interessante foredrag i Fysisk selskap i 1923 og 1924, der han hevdet at det grønne nordlyset kom fra faste krystaller av nitrogen i atmosfæren. For å bevise dette dro Vegard til Leiden og kulde-laboratoriet til Kamerlingh Onnes. Der var det mulig å bestråle frosset nitrogen med elektroner. Det ble da utstrålt lys som de sammenliknet med nordlysspektrene. Vegard trodde da at han hadde funnet årsaken til nordlysets grønne spektrallinje. Men det viste seg senere at den grønne nordlyslinjen stammer fra oksygenatomer i atmosfæren.

Dette som fra Vegards side var en feiltolkning, gjorde ham til en pionér i radikalforskning og "trapping" av radikaler ved lave temperaturer. Vegard fikk gleden av å bli "gjenoppdaget" av radikalforskerne på slutten av 1950-tallet. Den gang forsket amerikanerne på "trapping" av radikaler ved lave temperaturer. Noen trodde nemlig at Sputnik og de første sovjet-rakettene var drevet av radikaler, som når de frigjøres kan utløse store energimngder. I 1959 ble Vegard (79 år gammel) invitert som æresgjest til en stor internasjonal radikal-kongress i Washington.

Det kan også være interessant å trekke frem et annet foredrag. Den 16. november 1917 holdt cand.real. K. Hansen et foredrag med tittelen "Luftens emenationsgehalt", der han bestemte radioaktiviteten i luft som funksjon av meteorologiske forhold. Dette er ganske enkelt en radonmåling. Han fant at lufttrykk og vind var svært viktige, mens temperaturen spilte en mindre rolle for radonmengden. I regnvær minket radonmengden.

Ser vi nærmere på målingen og gjør de om til becquerel pr kubikkmeter luft, så varierer det fra 1,07 til 13,7 Bq/m<sup>3</sup>. Såvidt jeg kan se er dette de første radonmålinger i Norge.

Det ble også holdt mange andre interessante foredrag om meteorologi og nordlysundersøkelse i Fysisk selskap, der alle våre kjente forskere på den tiden deltok. I den grad det har lykkes har vi lagt inn bilder og omtale av de mange foredragsholderne. Klikk deg bare inn på møteprotokollen!

∞

HUSK Å BETALE  
KONTINGENTEN!

# Kr. Birkelands terrellaeksperimenter for nordlysstudier 1901–1913

*Terje Brundtland \**

Kr. Birkeland studerte gassutladninger i magnetfelt i 1890-årene. Disse var synlige som ”stråler” fra katoden og kunne minne om nordlys. En dansk meteorolog, Adam Paulsen, mente at nordlyset var katodestråler i atmosfæren, men kunne vanskelig forklare hvor disse kom fra. Det var kjent at det var en sammenheng mellom nordlys og solflekker. Dette ledet Birkeland til å mene at hvis nordlyset var katodestråler så måtte disse komme fra solen. Da Birkeland selv begynte å studere nordlys vinteren 1899–1900, ville han også prøve å løse dette problemet ved å sende katodestråler mot en jordmodell, kalt ”terrella”, i et vakuumkammer.

## Innledning

Kr. Birkeland (1867–1917) arbeidet med laboratoriefysikk, utrustet ekspedisjoner til Arktis, skrev artikler og bøker, var involvert i å etablere industrivirksomhet og tok ut 61 patenter. Etter Matematisk-naturvitenskapelig lærereksamten ved Universitetet i Oslo (da Kristiania) i 1890, ble han universitetsstipendiat og dro ut for å studere videre. Denne tiden tilbrakte han hos Henri Poincaré (1854–1913) i Paris, hos Heinrich Hertz (1857–1894) i Bonn, og hos Lucien de la Rive (1834–1924) og Edouard Sarasin (1843–1917) i Genève. Det var i de sistnevntes laboratorium han gjorde sine første undersøkelser av gassutladninger, et felt som kom til å bli viktig i hans videre karriere. Han returnerte til Oslo i 1895 og fortsatte med studier av katodestråler i magnetfelt der.

En dansk meteorolog, Adam Paulsen, som hadde studert nordlys på Grønland, mente da at nordlyset var katodestråler høyt oppe i atmosfæren, men hadde problemer med å forklare hvor disse kom

fra. Birkeland hadde lagt merke til at katodestråler i magnetfelt kunne likne på nordlys, og det var kjent at det var en sammenheng mellom nordlys og solflekker. Dette ledet Birkeland til å mene at hvis nordlyset virkelig var katodestråler slik Adam Paulsen mente, så måtte disse strålene skrive seg fra solen. Dette skrev Birkeland i en artikkel om sine forsøk med katodestråler i magnetfelt i 1896.

Da Birkeland selv begynte å studere nordlys vinteren 1899–1900, ville han også prøve å løse dette problemet ved å sende katodestråler mot en jordmodell, kalt ”terrella”, i et vakuumkammer. Dette var et vanskelig og imponerende eksperiment som gjorde Birkeland til en berømt fysiker på begynnelsen av 1900-tallet.

Det er nå 100 år siden Birkeland bygget sitt siste og største vakuumkammer til sine terrella-forsøk. Dette kammeret ble restaurert av forfatteren til Fysikermøtet i Tromsø i 1995, og kammeret er avbildet på 200-kronerseddelen.

## Bakgrunn

Birkelands tidlige eksperimenter med katodestråler i magnetfelt var enkle utladinger med strømmer av elektroner fra en negativ til en positiv elektrode i glassrør med redusert lufttrykk, hvor strømmen drives av en spenning mellom elektrodene. Men dette visste ikke Birkeland da, for elektronet var ennå ikke ”oppdaget”. Men han hadde lagt merke til at lys fra katodestråler i utladningsrør hadde visse likheter med nordlys, og enkelte forskere mente som nevnt, at nordlys var katodestråler i jordens øvre atmosfære.

I mars 1896 gav Birkeland en offentlig forelesning med eksperimenter, der han snakket om hvordan man fikk luftrestene i et utladningsrør til ”at gløde i Striber som Nordlys”, ved å la katodestrålene påvirkes av et magnetfelt.<sup>(1)</sup> Senere publiserer han disse undersøkelsene hvor han avsluttet artikkelen med å si at hvis nordlyset virkelig var ka-

\* Nordnorsk vitensenter, Tromsø, og

Institutt for historie og religionsvitenskap, UiT.

todestråler slik Adam Paulsen mente, så måtte disse strålene skrive seg fra solen. Da kunne nordlysets beliggenhet rundt polene og sammenhengen mellom nordlys og solflekker forklares.<sup>(2)</sup>

Birkelands siste kjente eksperimentet av denne typen ble foretatt omkring 1900 i et kuleformet utladningsrør plassert på toppen av en stor elektromagnet. Her beskrives bevegelsene og formen på utladningene som meget vakre, og ”så likt det virkelige nordlyset at det ikke kan være tvil om at de to fenomenene er nær beslektet”.<sup>(3)</sup> I dag vet vi at de er ”nær beslektet”, men der er også betydelige forskjeller, som omtalt senere under ”Et avansert eksperiment”.

## Laboratoriet

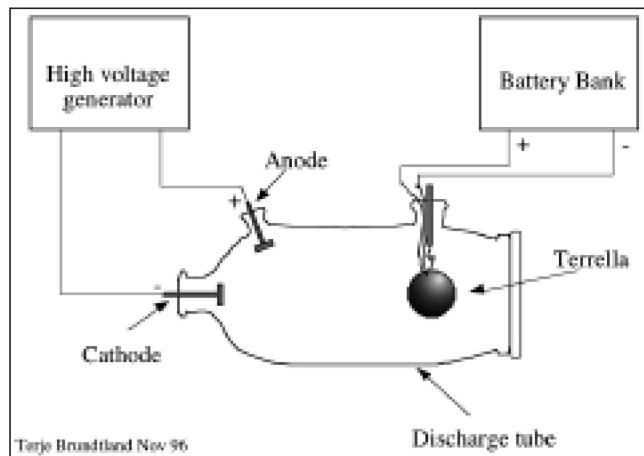
Birkeland hadde sitt laboratorium i kjelleren, og senere i første etasje, i Domus Media på Universitetet i Karl Johans gate. Det var her terrellaeksperimentene ble utført. Utladningsforsøkene ble først foretatt i evakuerte glassbeholdere, senere i kasseformede eksperimentkamre med topp og bunn av metall, og sideveggene av glass, beskrevet som ”prismatiske verdensrom”.

Alt i alt benyttet Birkeland seg av 17 forskjellige utladningsrør og kamre, fra ca. 1 til 700 liter, og 10 terrellaer fra 2 til 36 cm i diameter. Terrellaene var alle bygd opp på samme måte, bestående av en jernkjerne omgitt av viklinger av kobbertråd, plassert inne i en hul messing- eller aluminiumskule. Som oftest var spolen plassert litt på skrå i forhold til aksen for å etterligne forskjellen mellom jordens magnetiske og geografiske poler.

## Terrellaeksperimentene

Birkelands første terrellaeksperimenter ble utført i 1901 etter at han selv, sammen med tre studenter, hadde studert nordlys visuelt fra to fjelltopper i Finnmark vinteren 1899-1900, og hadde gjort samtidige magnetiske registreringer der.<sup>(3)</sup>

Birkeland publiserte ingen koblingsskjemaer for terrellaeksperimentene sine. Men ut fra beskrivelsene ble utladningene satt opp mellom en katode og en separat anode i utladningsrøret, og med terrellaoverflaten ”flyttende” (figur 1). For øvrig finnes det eksempler der terrellaoverflaten tjente som anode, som i de seneste terrellaeksperimentene. Under disse forsøkene ble form og plassering av lysfenomenene som oppsto på og rundt den magnetiserte jordmodellen, brukt som analogier til nordlyset.



**Figur 1.** Oppkobling til en nordlyssimulering. Birkeland publiserte ingen komplette koblingsdiagram, og tekstene var ofte uklare. Enkelte ganger var terrellaoverflaten koblet som anode. (Tegningen er laget ut fra beskrivelsen av et bestemt forsøk. Se ”Et avansert eksperiment”.)

Begrepet ”terrella” opptrer allerede i William Gilberts bok *De Magnete*, utgitt i 1600. Gilbert (1544–1603) beskrev jorden som en stor magnet og laget små kuler av magnetitt for å vise effekten av jordmagnetismen.

Bruk av terrellaer skulle bli karakteristisk for Birkelands senere laboratorieaktiviteter innen fysikk. Med dette utstyret simulerte Birkeland også det han mente var zodiakallys, solens korona, solflekker og Saturns ringer i laboratoriet, fenomen som lå innenfor hans definisjon av begrepet ”kosmisk fysikk”. Under slike forsøk, utført med de senere terrellaene, ble polariteten ganske enkelt byttet om slik at terrellaen ble katode (omtalt som ”the globe-cathode”). De forskjellige tilstandene ble skapt ved å manipulere trykk, utladningsspenning og magnetiseringssstrøm.

Birkeland antok at Saturns ringer bestod av partikler avgitt fra planeten gjennom en utladningsprosess som han beskrev som ”elektrisk fordampning”. Ikke bare var dette etter hans mening mekanismen bak dannelsen av ringene, men også bak dannelsen av planetens måner, som han mente bestod av støv fra ringene som hadde klumpet seg sammen på grunn av gravitasjon. Birkeland antok videre at planetene selv var blitt dannet på denne måten av stoff som var blitt slynget ut fra solen i en tilsvarende prosess. I dag vet vi at disse forestillingene er feilaktige.

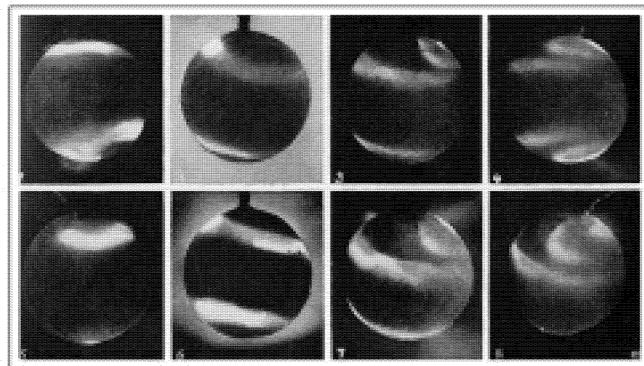
## Et avansert eksperiment

Fra 1901 til omkring 1910 handlet de fleste av Birkelands terrellaeksperimenter om nordlys. Kammeret fra 1913 er det mest kjente. Men det mest sofistikkerte og systematiske nordlyseksperimentet ble foretatt i et glassrør på 12 liter i 1908. Her ønsket Birkeland å simulere nordlys ved forskjellige årstider.<sup>(4)</sup>

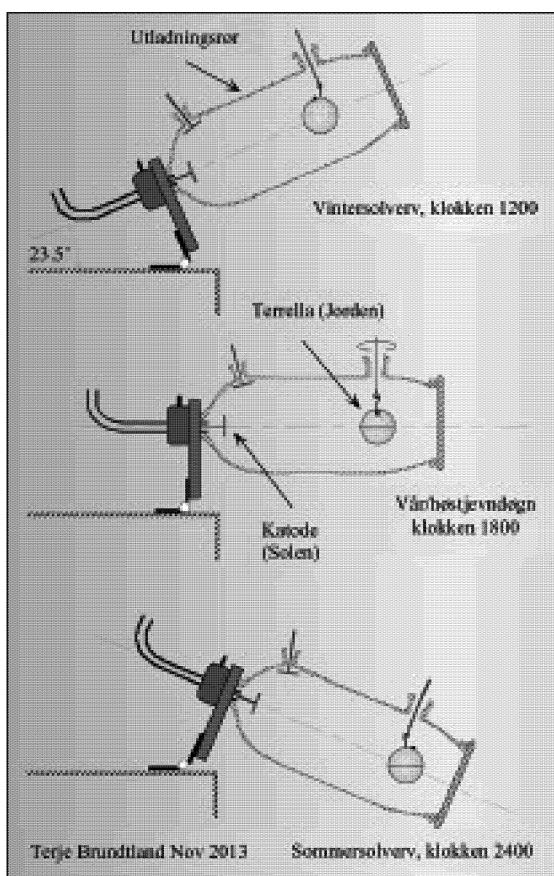
Dette utstyret var konstruert slik at Birkeland kunne simulere nordlys ved ulike årstider: vårjevndøgn, sommersolverv, høstjevndøgn og ved vintersolverv. Hver årstid ble undersøkt med den magnetiske sørpol nærmest den geografiske nordpolen i posisjoner tilsvarende klokken 6 om morgenen, middag klokken 12, klokken 6 om ettermiddagen og ved midnatt (figur 2). Under disse forsøkene dannet det seg lysende, spiralformede ringer rundt terrellaens magnetiske poler. Disse spiralene flyttet seg når terrellaen roterte og tilsvarte for Birkeland jordens nordlyssoner. Han anså disse lysspiralene som noe av det viktigste han til da hadde oppdaget gjennom terrellaeksperimentene, hvor de inngikk i hans forklaring på nordlysets vandringer gjennom døgnet. Men helt analoge med nordlyset var nok

ikke disse lysfenomenene. Det virkelige nord- og sørlyset opptrer ikke spiralformig rundt polene.

For å dokumentere disse forsøkene fotograferte Birkeland utladningene fra forskjellige posisjoner rundt terrellaen, og fra forskjellige vinkler over og under horizontalplanet. Et sted beskrev han en simulering der utladningsrøret og terrellaen var plassert tilsvarende ”vintersolverv klokken seks om morgenen”, og oppgav parametrene som utladningsstrøm og -spenning (8 mA, 3300 V), terrella-diameteren (5,5 cm), magnetiseringsstrømmen (33 A) og trykket (0,02 mmHg). Samtidig presenterte han en serie med åtte fotografier av nordlys rundt terrellaen tatt fra forskjellige vinkler (figur 3).



**Figur 3.** Bilder av terrellaen tatt samtidig fra forskjellige vinkler. Utladningsrøret og terrellaen er i en posisjon som svarer til vintersolverv kl. 6 ved den magnetiske sørpolen.<sup>(4)</sup>



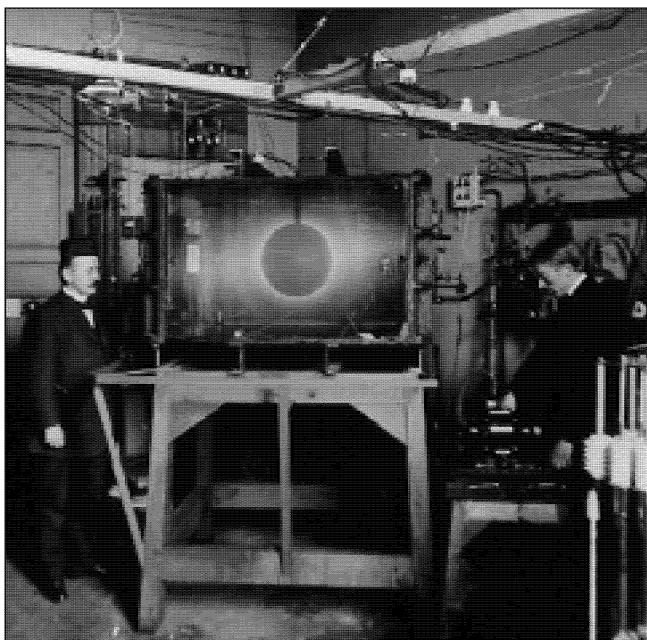
**Figur 2.** Et avansert eksperiment. Simulering av nordlys ved vintersolverv, var/høstjevndøgn og sommersolverv utført i 1908. Det lille krysset på terrellaen markerer den magnetiske sørpolen.

## Det største terrellaeksperimentet

Birkelands største eksperiment ble bygget i 1913, og bestod i hovedsak av et kvadratisk, kasseformet vakuumkammer, omtalt som ”det største verdensrommet” (figur 4). Størrelsen er oppgitt til 1000 l, men kontrollmålinger viser at 700 l er et riktigere tall.<sup>(5)</sup> Kammeret kan minne om et akvarium, med sidene av glass og topp- og bunnplatene av messing. Med denne utførelsen hadde Birkeland full oversikt over fenomenene inne i kammeret. Her kunne han simulere både nordlys og Saturns ringer, samt utføre en rekke andre forsøk.

## Restaureringen

Etter 80 år utenfor aktiv tjeneste skulle det altså bringes nytt liv i Kr. Birkelands største eksperiment. Etter alle disse årene var utstyret i dårlig forfatning. Glassvinduene var ødelagt, det opprinnelige svarte tettemiddelet var fjernet, pumpe-



**Figur 4.** Kr. Birkeland og hans assistent, Karl Devik, med det største "verdensrommet" og en terrella på 36 cm. Bildet viser en framstilling av "solens korona" hvor terrellaoverflaten er koblet som katode.<sup>(4)</sup> (Tegningen på 200-kronerseddelen ble laget på grunnlag av dette bildet.)

tilkoblinger og elektroder manglet, og elektrisk isolasjonsmateriale hadde smuldret bort.<sup>(6)</sup>

Birkelands "verdensrom" og terrellaer er meget verdifulle gjenstander i norsk vitenskapshistorie, og et gjennomgående prinsipp under restaureringen var at det ikke skulle gjøres irreversible endringer på noen av de originale komponentene.

Under planleggingen dukket det opp en rekke spørsmål og problemer vi måtte ta hensyn til. Det viste seg snart at en fullstendig og perfekt gjenskaping av det originale utstyret ikke var praktisk mulig. Kompromisser måtte gjøres basert på sikkerhet, budsjett, vedlikeholdsmuligheter, og et sterkt ønske om å gi kammeret dets opprinnelige utseende og funksjon tilbake. Videre måtte praktiske ferdigheter og laboratorieteknikker tatt for gitt i begynnelsen 1900-tallet læres fra grunnen av.

Under drift pumpes luften ut av kammeret, som da utsettes for et ytre lufttrykk på én atmosfære =  $10^5$  N/m<sup>2</sup>, som gir krefter på 100 kN og 70 kN (svarende til vekter på 10 og 7 tonn) på topp- og bunnplatene og på glassene. For å forsikre oss mot en eventuell implosjon av kammeret under vakuum, valgte vi en tykkelse på 64 mm på de nye glassene, i motsetning til originalglassene på 48 mm.

En annen utfordring var å få kammeret tett nok til at et tilstrekkelig lavt trykk kunne opprettholdes. Her besluttet vi å følge den opprinnelige fram-

gangsmåten ved å anvende et svart, bek-lignende stoff som minner mye om tettematerialet som Birke-land og hans assistenter brukte. Dette var en omfat-tende oppgave, og først etter to uker med pumping og samtidig påføring av smeltet bek, nådde vi et trykk som gjorde gassutladninger mulig (ca. 5 mbar = 500 Pa).

## Demonstrasjoner

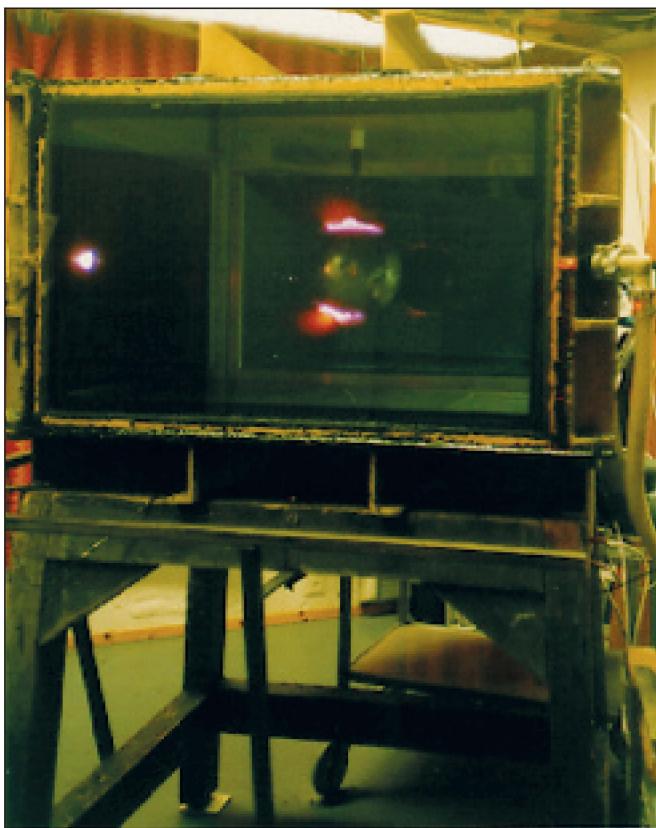
Restaureringen ble vellykket, og vi hadde en fin demonstrasjon under Fysikermøtet 19. juni 1995. Vi fikk da bekreftet Birkelands beskrivelse av utladningene som "meget vakre".

Utstyret ble demonstrert mange ganger fram til 2008, og har bl.a. vært vist i NRKs populærvitenskapelige program "Schrödingers katt". Det er også med i IMAX-filmen "Solarmax" som omhandler solen og nordlyset.

Birkeland uttalte selv at disse eksperimentene betyddet mer for ham enn bare de primære, vitenskapelige undersøkelsene: *It will be easily understood that in addition to the purely scientific reasons for doing this, I have also a secondary object, which is to give myself the pleasure of seeing all these important experiments in the most brilliant form that is possible for me to give them.*

Disse beskrivelsene er lett å kjenne igjen etter å ha sett det restaurerte kammeret i bruk. Først så vi hvordan en liten fiolett lysning dannet seg rundt hjørnekatoden, og så én på terrellaoverflaten når spenningen ble slått på under riktig trykk. Videre så vi hvordan den siste forandret seg til blafrrende, fargerike nordlysliknende ringer ved toppen og bunnen av den lille jordmodellen når terrellamagneten ble aktivert (figur 5). Ved å bytte om på polariteten kunne vi se "solens korona" forme seg som et lysskjær rundt hele kula (figur 6). Ved å øke magnetfeltet trådte Birkelands versjon av Saturns ringer fram som flate, lysende ringer rundt terrellaens ekvator (figur 7).

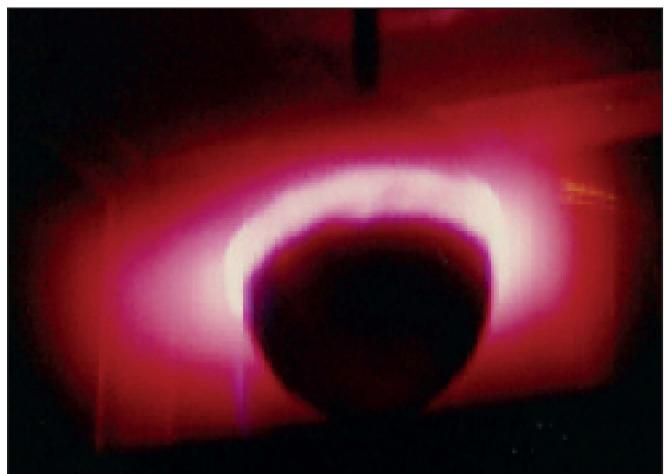
I 2008 ble kammeret flyttet til Norsk Teknisk Museum i Oslo, og kan i dag betraktes i utstillingen "Instrument" som viser gamle vitenskapelige instrumen-ter. Her kan vi også se flere av Birkelands terrellaer, utladningsrør og kameraer. En fungerende, moderne versjon av terrellaeksperimentet kan i dag også oppleves på Tromsø Museum, der vi ved å trykke på en knapp kan se "nordlyset" opptre på en terrella i et terningformet vakuumkammer, ikke ulikt Birkelands originale utstyr.



**Figur 5.** Nordlys-simulering i det restaurerte kammeret. "Solen" (katoden) sees i det venstre hjørnet og terrellaen (anoden) er i midten. "Nordlyset" og "sørlyset" opptrer som lysende ringer rundt terrellaen. (Foto: Liv Larsen.)



**Figur 6.** "Solens korona" på en terrella uten magnetfelt i 1996. Dette gir en jevnt fordelt gassutladning.



**Figur 7.** "Saturns ringer" rundt terrellaen i 1996. Magnetfeltet er slik at utladningen styres mot terrellaens ekvator.

## Kammeret som symbol

Ved avbildningen på 200-kronerseddelen og ved restaureringsarbeidet, er Birkelands største "verdensrom" blitt stående som symbol på hans kreative nordlysforskning. Da dette store kammeret ble bygget i 1913, var Birkeland imidlertid mer opprettet av andre kosmiske fenomen som solens korona, Saturns ringer og de store spørsmålene om "verdenenes tilblivelse". Terrellaeksperimenter som ledd i nordlysundersøkelser var på denne tiden et tilbakelagt stadium for ham. Dette store kammeret ble derfor ikke mer brukt i forbindelse med forskning på nordlyset.

Birkelands hovedverk, *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902-1903* (1913),<sup>(4)</sup> viser at han for det meste brukte det største "verdensrommet" sitt til å simulere Saturns ringer.<sup>(5)</sup> Det er uklart hvor lenge Birkeland selv eksperimenterte med dette kammeret, da han reiste til Egypt samme høst som det var ferdig, og han kom aldri tilbake til Norge. Senere gjorde brødrene Olav og Karl Devik en del forsøk med det vi i dag kaller "sputtering", dvs. bombardering med aksellererte ioner mot et materiale så det delvis fordamper, uten at resultatene ble publisert. Det eksisterer likevel to gode fotografier av "kunstig nordlys" i det største kammeret som er tatt i en pause mellom to forsøk med Saturns ringer.

Det største "verdensrommet" representerer både avslutningen og høydepunktet i Birkelands eksperimentelle nordlysundersøkelser.

Det er foretatt en rekke studier av Birkelands aktiviteter, men fortsatt finnes det rikelig med materiale til for eksempel en doktorgrad om mannen på 200-kronerseddelen. Et studium av fysikeren,

oppfinneren og industrigrunnleggeren Kr. Birkeland sett i sammenheng med datidens vitenskap og politikk, ville utvilsomt kunne gi mye tilbake. Her er det mange muligheter for en historieinteressert fysiker eller en fysikkinteressert historiker.

## Referanser

1. *De Røntgent'ske Straaler.* Aftenposten, 25. mars (1896)  
Se også: Då Røntgenstrålene kom til Noreg.  
*Fra Fysikkens Verden*, 58, Nr. 4, 123-5 (1995)
2. Kr. Birkeland: *The cathode rays under the influence of strong magnetic forces.* Elektrical Review 38, 754-83, juni (1896)
3. Kr. Birkeland: *Expedition Norvegienne 1899-1900.* Videnskabsselskabets Skrifter I. Mat-Nat Klasse 1901. no 1, Christiania, (1901)
4. Kr. Birkeland: *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902-1903, Vol. I and II,* H. Aschehoug & Co, Christiania (1913)
5. T. Brundtland: *The Laboratory work of professor Kristian Birkeland.* ISBN 82-90487-90-8. Tromsø (1996)
6. T. Brundtland: *The Birkeland Terrella.* Sphæra No. 7,

Newsletter of the Museum of the History of Science, Oxford (1998).

<http://www.mhs.ox.ac.uk/sphaera/index.htm>

## Videre lesning

1. A. Egeland og W. Burke: *The first space scientist.* Dordrecht (2005)
2. R.M. Friedman: *Kristian Birkeland.* i Norsk Polarhistorie, bind 2, 114-25, Oslo (2004)
3. Lucy Jago: *The Northern Lights: How One Man Sacrificed Love, Happiness and Sanity to Solve the Mystery of the Aurora Borealis.* Penguin Books Ltd, (2002)
4. Karl Måseide: *Sant og usant om Kr. Birkeland.*  
*Fra Fysikkens Verden* 64, Nr. 2, 54-59 (2002)
5. H. Kragh: *Nordic cosmogonies: Birkeland, Arrhenius and fin-de-siècle cosmological physics.* Eur. Phys. J. H. 38, 549 (2013)
6. K. Rydpal and T. Brundtland: *The Birkeland Terrella-experiments and their importance for the modern synergy of laboratory and space plasma physics.* in Journal de Physique IV. 7 (1997) C4: 113-132.  
Se også: *Fra Fysikkens Verden*, 4/1994 og 2/2006.

∞

# Newton's första och andra lag

Jonas Persson \*

När jag tittade igenom en inspelad föreläsning i mekanik på Internet, kom det en fråga från en student om Newton's första lag (N1). Vad är den till för? Föreläsaren svarade att den var ett specialfall av Newton's andra lag (N2). Detta fick mig att reagera och börja fundera. Hur ser vi egentligen på N1 och N2. Det som på pappret såg ut att vara en "lätt" fråga visade sig inte vara helt enkel. Jag startar från början.

## Principia, Newtons första lag

Newton's lagar, kommer från Isaac Newtons mästerverk "Principia",<sup>(1)</sup> där dom formulerades ordentligt första gången. Det bör noteras att N1 är en omformulering av Galileos tröghets princip, att ett objekt som inte utsätts för några krafter kommer att fortsätta sin rörelse i all oändlighet. Även om Newton gav Galileo fullt erkännande för N1, så är Newton's formulering mer djupgående. Men det var inte bara Galileo och Newton som kommit fram till liknande slutsatser, Thomas Hobbes, Christiaan Huygens och Rene Descartes hade liknande tankar ungefär samtidigt. Både Descartes och Huygens hade formulerat "första" lagar liknande Newtons.

\* Program för lärerutdanning, NTNU, Trondheim.

Newton's första lag hittar vi i Principia under Axiom. Jag har valt att ge den både på latin och på engelska (båda från [1]):

**Lex I: Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.**

**Law I: Every body perseveres in its state of being at rest or of moving uniformly straight forward, except insofar as it is compelled to change its state by forces impressed.**

Vad säger detta ”axiom” egentligen? Här kan man ha ganska många olika tolkningar, men här måste vi som Newton skriver i Principia ha ”ett öppet sinne”. Det första vi ser är att vi egentligen inte kan bevisa att den gäller. Detta då vi aldrig kan skapa en situation helt utan krafter som verkar, det är bara möjligt i ett tomt universum. Det andra är att axiomet inte kan gälla i ett tomrum, vi måste kunna relatera rörelsen till någonting. Detta något är det vi kallar ett referenssystem, eller tröghetssystem (inertial system). Med andra ord, N1 kräver att vi definierar ett tröghetssystem där N1 gäller, och att som en följd av detta gäller även de andra lagarna där.

Hur kopplar man detta till Newton's tro på ett absolut rum? Ser man till den tid då Newton levde var detta en självklarhet, vilket gjorde att han ansåg detta som självklart och formulerade N1 i detta absoluta rum, men N1 har dock inte ett absolut rum som ett krav, utan det räcker med en valfri referenspunkt.

Det borde stå klart att N1 är mycket viktigare än den oftast presenteras.

I majoriteten av böckerna som jag tittat i kommer man mycket snabbt till en matematisk formulering av N1:

$$\sum \mathbf{F} = \mathbf{0} \implies \mathbf{v} = \text{konst}$$

och oftast en mycket kort diskussion om tröghetssystem. Se Generell fysikk<sup>(2)</sup> eller University Physics<sup>(3)</sup> som exempel. Den matematiska formulering gör det då svårt att särskilja den från den vanligaste formuleringen av N2. Samtidigt missar man den grundläggande principen.

## Newton's andra lag

Newton's andra lag, som följer den första formulerades<sup>(1)</sup>:

**Lex II: Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.**

**Law II: A change of motion is proportional to the motive force impressed and takes place along the straight line in which that force is impressed.**

Vi ser här att Newton pratar om ”change of motion”, en förändring i rörelsen. Men vad menar han med rörelse? För att kunna tolka denna måste vi se till Newtons definitioner som han gjorde först i Principia:

**Definition I: Quantity of matter is a measure of matter that arises from its density and volume jointly.**

Denna definition är ganska typisk för den tiden, då densiteten var det man använde mest i diskussioner. Som en kuriositet så var det Jordens genomsnittliga densitet som Cavendish sökte i sitt försök, inte Jordens massa.

**Definition II: Quantity of motion is a measure of motion that arises from the velocity and the quantity of matter jointly.**

**Definition III: Inherent force of matter is the power of resisting by which everybody, so far it is able, perseveres in its state either of resting or of moving uniformly straight forward.**

**Definition IV: Impressed force is the action exerted on a body to change its state either of resting or of moving uniformly straight forward.**

Vi ser att Newton använder sig av rörelsemängden (bevegelsemengden) när han talar om rörelse, inte hastighet. En förändring i rörelsen är därför inte kopplad till accelerationen. Dessutom är kraften som läggs på momentan och inte kontin-

uerlig (som för den sakens skull är ett special fall). Detta gör att en direkt översättning av N2 till modern matematisk formulering blir:

$$\sum \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

vilket inte är den vanligaste formen att presentera N2. Generell fysikk<sup>(2)</sup> och University Physics<sup>(3)</sup> använder istället det uttryck som de flesta förknippar med N2:

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

Det är notabelt att The Feynman Lectures on Physics<sup>(4)</sup> och Fundamental University Physics av Alonso & Finn<sup>(5)</sup> använder den förra.

Vad är fördelen? Det uppenbara är att man inte kan se N1 som ett special fall av N2. Dessutom får man fördelen av att kunna använda sig av momenta krafter och kan generalisera till kontinueliga krafter. Att sedan rörelsemängden är en bevarad storhet gör inte situationen sämre.

Man kan fundera över varför man inte har valt att ha den ursprungliga(?) formuleringen av N2? Troligtvis för att dynamiken kommer efter kinematiken och man använder den senare som en ingång till den förra. På ett sätt är detta förståeligt, men vore det inte bättre att veta orsaken till rörelser och förändring av rörelser innan man studerer hur dom rör sig?

## Newton's första lag – varför?

Idag ser vi att N1 behövs utifrån vår kunskap om fysiken och universum. Men det var inte det som motiverade Newton. Han levde i en tid med det absoluta rummet, med möjligheten till en rörelse som var absolut, något som egentligen inte kräver att N1 behövs. Utan det måste finnas en annan anledning till att Newton, samt Descartes och Huygens formulerade en sådan lag. Även om Huygens och Descartes hade något andra skäl till detta, så är det Newton som är mer intressant. Genom definitionerna III & IV så är N1 nästan underförstådd i fallet med att ett objekt som inte utsätts för en kraft förblir i vila eller fortsätter rakt fram. Definitionerna leder egentligen fram till N1. Vad var det som gjorde att N1 var viktig för Newton. I Principia behandlas centripetalkraften, som håller planeterna i sina banor, en kraft som inte är så enkel att förstå. Här fungerar N1 som ett sätt att göra oss uppmärksam på att det finns en kraft, något som på den tiden inte var uppenbart. Så N1 kanske handlade mer om att förbereda läsaren för det som följer

i Principia än den fundamentala lag den är eller så har vi inte tillfullo förstått Newtons geni.

## Slutord

Den tankeprocess som en kommentar och ett svar i en videoinspelad föreläsning startade, fick mig dels till att gå tillbaka till ursprunget och dels att fundera på hur och vad det är vi undervisar i fysik. Föreläsaren är troligen inte den ende som inte fullt ut har förstått vad Newton's lagar egentligen säger. Detta beror på att många läroböcker inte presenterar dom på ett helt korrekt sätt. Man väljer oftast ett sätt som kanske är det pedagogiskt riktiga, men som gör att den djupa förståelsen för grundläggande principer blir lidande.

Med tanke på att det tog nästan 200 år efter publiseringen av Principia innan man fick ett definitivt klargörande av det epistemologiska innehållet i Newton's första lag, så är det kanske inte så konstigt att vi använder oss av den utan att till fullo ta till oss vad den säger. Det är lite av "Shut up and calculate" över hur N1 behandlas, något som är synd då den är viktig i behandlingen av den speciella relativitetsteorin och en av hörnstenarna i vår förståelse av fysiken.

## Kort om Isaac Newton

Född 25 Dec 1642 (julianska kalendern), 4 Jan 1643 (gregorianska kalendern). Död 20 mars 1727, 31 Mars 1727.

Isaac Newton föddes in i en relativt välstående landbrukarfamilj i Woolsthorpe-by-Colsterworth. Hans far dog 3 månader innan han föddes. Hans mor gifte om sig när Isaac var tre år varför han uppfostrades av sin mormor. Han visade stor talang i skolan och började studera 1661 vid Trinity Cambridge. 1665 upptäckte han binomial teoremet och samma år stängdes universitetet på grund av pest och Newton ägnade sig under 2 år åt studier inom fysik och matematik hemma i Wollsthorpe. Det var under dessa år han gjorde grundlaget i sina stora arbeten inom mekanik, optik och matematik. Han var ganska sen med att publisera sina arbeten som gjorde att hans upptäckter låg i flera år. Runt 1690 tog hans karriär en vändning och han ägnade sig mer åt religiösa funderingar och studier, varför hans vetenskapliga produktion minskade. 1696 började han arbeta på Royal Mint (Brittiska Myntverket) där han reformerade hela systemet och skapade det

moderna myntväsendet. 1703 blev han president i Royal Society.

## Referanser

1. I. Newton: *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. I.B. Cohen & A. Whitman eds., University of California Press, Berkely (1999)
2. J.R. Lien & G. Løvhøiden: *Generell fysikk for universiteter og høgskoler, bind 1 Mekanikk*. Universitetsforlaget, Oslo (2010)
3. H.D. Young & R.A. Freedman: *Sears and Zemansky's university physics*. 13 ed. Pearson education, (2012)
4. R.P. Feynman, R.B. Leighton & M.L. Sands: *The Feynman lectures on physics: Mainly mechanics, radiation, and heat*. Vol. 1. Addison-Wesley, (1963)
5. M. Alonso & E.J. Finn: *Fundamental university physics*. Vol. 1. Addison-Wesley, (1968)

∞

## Fysikknytt

### Nøytrinoastronomi?

Ved hjelp av *IceCube*-detektoren på Sydpolen er det registrert 28 svært energirike nøytrinoer som kommer fra alle mulige himmelretninger. Forventet bakgrunn av nøytrinoer i det observerte energiområdet dannet av kosmisk stråling som treffer atmosfæren, er omtrent 10 nøytrinoer. Man regner derfor med at over halvparten av de observerte nøytrinoene er såkalte kosmiske nøytrinoer som kommer fra fjerne kilder.

Det er godt mulig at nøytrinoer med høy energi kommer fra samme type kilder som kosmisk stråling som består av ladde partikler. Observasjoner av nøytrinoer med høy energi kan i så fall gi verdifull informasjon om hvordan kosmisk stråling oppstår. Kanskje er kildene aktive galaksekjerner, men det gjenstår å dokumentere at det virkelig er tilfelle.

I en artikkel i *Science* publisert 22. november 2013, ble det rapportert om resultatet av en analyse av 2 år med observasjoner ved hjelp av nøytrinoobservatoriet *IceCube* på Sydpolen. Observasjonsdataene viste at detektoren har registrert 28 nøytrinoer som er for energirike til at de er blitt produsert i sola.

De registrerte nøytrinoene hadde en energi  $E = mc^2$  som svarer til mellom 30 og 1200 protonmasser. De beveger seg praktisk talt med lysets hastighet. Det er tydelig at det eksisterer partikelakseleratorer i universet som kan akselerere nøytrale partikler til 40 millioner ganger større energi enn den *Large Hadron Collider* i CERN akselererer protoner til.

*IceCube*-detektoren er formet som en terning med en utstrekning på én kilometer. Den kan registrere nøytrinoer med høye energier. I sola produseres et enormt antall nøytrinoer. Her på jorda passerer det hvert sekund omtrent 70 milliarder nøytrinoer fra sola bare gjennom den ytterste halvparten av lillefingeren vår. Disse har energier som svarer til mellom 1/2500 og 1/50 protonmasser. *Icecube* kan registrere nøytrinoer som har mye større energi. I søket etter svært energirike kosmiske nøytrinoer med mellom 30 og 1200 protonmasser er det ingen "forerensning" av nøytrinoer fra sola.

Men det produseres energirike nøytrinoer når partiklene i den kosmiske strålingen treffer jordas atmosfære. Beregningene til *IceCube*-teamet viste at i løpet av observasjonsperioden skulle man registrere mellom 7 og 16 atmosfæriske nøytrinoer i det aktuelle energiområdet. Det ble observert 28 nøytrinoer. Man hadde trolig registrert over ti kosmiske nøytrinoer.

Det ble raskt klart at de ikke kom fra supernovaeksplosjoner. I 1987 ble det observert 24 nøytrinoer fra en supernova, SN 1987A, i Den store magellanske sky. De mest energirike hadde energier som svarte til under 1/25 protonmasse. Selv de minst energirike av de 28 nøytrinoene registrert med *Icecube* hadde omtrent tusen ganger større energi enn dette. Den eneste kjente type partikelakselerator i universet som kan akselerere nøytrale partikler til de registrerte nøytrinoenes energi, er aktive galaksekjerner.

Forskerne prøvde å finne ut hvor nøytrinoene kom fra. Men det var vanskelig å bestemme bevegelsesretningen til de innkommende nøytrinoene med god presisjon. De viste seg å komme fra alle himmelretninger og hadde bare 8 % større tendens til å klumpe seg sammen i tid og rom enn det som kunne forventes ut fra statistiske fluktuasjoner. Konklusjonen ble at det ikke lot seg gjøre å identifisere kildene til noen av de 28 registrerte nøytrinoene.

Observasjonene vil fortsette. Men med 14 nøytrinoer i året vil det ta 71 år før man har registrert 1000 nøytrinoer, og forskerne utelukker ikke at de må observere såpass mange for å oppnå en

god nok statistikk til å kunne identifisere kildene til de kosmiske nøytrinoene. Det vil derfor blir søkt om økonomiske midler til å bygge en større detektor. Med en tilstrekkelig stor detektor vil et nytt fagområde kunne etableres: *nøytrinoastronomi*.

Øyvind Grøn

∞

## Nytt fra NFS

### Endringer i NFS fra 2014

- *Ny president: professor Åshild Fredriksen,*  
Institutt for fysikk og teknologi, Norges  
arktiske universitet, UiT.
- *Ny visepresident: professor Are Raklev,*  
Fysisk institutt, UiO.
- *Nytt styremedlem:*  
*professor Jan Petter Hansen,*  
Institutt for fysikk og teknologi, UiB.
- *Nytt styremedlem:*  
*forsker Thomas Gjesteland,*  
Institutt for fysikk og teknologi, UiB,

Med dette vil jeg ønske de nye styremedlemmene velkomne og takke alle avtropende for deres innsats. Spesielt vil jeg ønske Are Raklev velkommen som ny visepresident og takke tidligere sekretær Trine Wiborg Hagen for innsatsen. Jeg retter en ekstra stor takk til avtropende president, professor Per Osland, for innsatsen og det gode samarbeidet i perioden 2010-2013.

Jeg ser frem til samarbeidet med det nye styret!

**Det lille fysikermøtet** avholdes på Høgskolen i Oslo og Akershus, Lillestrøm, 19. og 20. juni.

Åshild Fredriksen  
president i NFS

∞

## Nye Doktorer

Tonje Nesse Forland



M.Sc. Tonje Nesse Forland forsvarte 15. november 2013 si avhandling *Acoustic properties – Fish without swimbladder* for PhD-graden ved UiB.

Ekkoloddrefleksar frå fisk kan nytast til å bestemme fiskeslag og fiskemengde om dei akustiske eigenskapane til fisken er kjende. Dei fleste fiske slaga har ei gassfylt symjeblære som reflekterer lyd godt. Fisk utan symjeblære er vanskelegare å oppdage og mengdebestemme. Denne avhandlinga viser målingar og numeriske simuleringar på makrell og tobis, som begge er utan symjeblære, med føremål å undersøkje kva for delar av fisken som bidreg mest til ekkoet.

For makrell ser ein at både ryggbein, kjøt og hovud bidreg signifikant til ekkoet i frekvensområdet 70–400 KHz. Det relative bidraget endrar seg med frekvensen og orienteringa av fisken. Ryggsbeinet er ikkje årsaka til auken i ekkoet ein finn ved frekvensar rundt 200 kHz.

Målingar på heil tobis i frekvensområdet 100–280 kHz viser kraftige minima i ekkoet grunna destruktiv interferens mellom refleksar frå over- og undersida av fisken. Ryggsbeinet kan ha betydning for ekkoet ved dei høgaste frekvensane, men bidreg truleg ubetydeleg for frekvensar under 180 kHz. Slik informasjon er nyttig for tolking av akustiske data frå stimar, og dannar eit godt utgangspunkt for numeriske simuleringar.

Arbeidet er utført ved Institutt for fysikk og teknologi ved UiB, med Halvor Hobæk, Magne Vestheim og Rolf J. Korneliussen som rettleiarar.

∞

Avsender:  
Fra Fysikkens Verden  
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo  
Boks 1048 Blindern  
0316 Oslo



## Retningslinjer for forfattere

FRA FYSIKKENS VERDEN utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høgskoler med fysikk i sine fagkretser. Andre kan også abonnere på bladet. Blant disse er elever og bibliotekere ved videregående skoler. Bladet gis ut fire ganger i året, i mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon om aktuelle tema og hendinger innen fysikk, og å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i videregående skoler og andre undervisningsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på norsk og på en lett forståelig måte. Faguttrykk må defineres. En verbal form er oftest å foretrekke fremfor matematikk. Men det må brukes standard begreper og enheter. Matematikken må være forståelig for vanlige fysikkstudenter. Artiklene i FFV skal primært gi informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare forstår av en liten faggruppe har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redaksjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres i en form som forfatteren mener er direkte publiserbart. De skal leveres elektronisk, helst som e-post. Dersom formatet ikke er ren tekst (helst LATEX) eller i Microsoft Word, må det merkes med hvilket tekstbehandlingsprogram som er brukt. Under alle omstendigheter må redaksjonen kunne forandre teksten direkte.

ARTIKLER bør ikke være lengre enn 6 sider med trykt tekst og figurer. Større avsnitt i teksten bør markeres med undertitler. Unngå fotnoter. Referanser kreves ikke, men det er ønskelig med en liste over lett tilgjengelig tilleggststoff.

SMÅSTYKKER: Gratulasjoner, nekrologer, bokomtaler, skolestoff, møtereferater etc. mottas gjerne, men de må ikke være lengre enn 1–2 sider. Bokkronikker kan være noe lengre. Doktoromtaler begrenses til en halv side inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene. All tekst skal være på norsk. Figurene vil som regel bli trykt i en spaltebredd på 8,6 cm. De bør være på elektronisk form i et standard grafisk format og med god opplosning. Vi kan unntaksvise motta figurer eller bilder som urastrerte kopier. Figurer og tabeller skal være referert i den løpende teksten, og ønsket plassering må markeres. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner. FORSIDEBILDER velges som regel i tilknytning til en av artikklene. De må være teknisk gode og lette å forstå. KORREKTUR: Forfatterne får tilsendt korrektur som må returneres snarest. Det må ikke gjøres unødig endringer i korrekturene.

## Norsk Fysisk Selskap

### STYRE

#### President:

Professor Åshild Fredriksen  
Inst. for fysikk og teknologi, UiT  
e-post: ashild.fredriksen@uit.no

#### Visepresident:

Professor Are Raklev, Fysisk institutt, UiO  
e-post: a.r.rachlow@fys.uio.no

#### Styremedlemmer:

**Forsker Thomas Gjesteland**  
Inst. for fysikk og teknologi, UiB  
**Professor Jan Petter Hansen**  
Inst. for fysikk og teknologi, UiB  
**Professor Håvard Helstrup**  
Høgskolen i Bergen  
**Postdoktor Eirik Malinen**  
Radiumhospitalet, Oslo  
**Professor Jon Samseth**  
Høgskolen i Akershus, Lillestrøm  
**Lektor Morten Trudeng**  
Asker videregående skole

#### Selskapets sekretærer:

**Sekretær: Kjersti Gausvik**  
Institutt for fysikk og teknologi, UiT

## Fra Fysikkens Verden

#### Redaktører:

**Professor Øyvind Grøn**  
Høgskolen i Oslo og Akershus, og  
Fysisk institutt, UiO  
e-post: oyvind.gron@hia.no  
**Professor Emil J. Samuelsen**  
Inst. for fysikk, NTNU  
e-post: emil.samuelson@ntnu.no

#### Redaksjonssekretær:

**Karl Måseide**  
Fysisk institutt, UiO  
e-post: k.a.maseide@fys.uio.no

#### Redaksjonskomité:

**Professor Odd-Erik Garcia**  
Institutt for fysikk, UiT  
**Professor Per Chr. Hemmer**  
Institutt for fysikk, NTNU  
**Førstelektor Ellen K. Henriksen,**  
Fysisk institutt, UiO  
**Professor Morten Førre**  
Inst. for fysikk og teknologi, UiB

#### Ekspedisjonens adresse:

Fra Fysikkens Verden  
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,  
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.  
Tlf.: 22 85 64 28 / 22 85 56 68  
Fax.: 22 85 64 22 / 22 85 56 71

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.  
Abonnement tegnes hos selskapets sekretær.  
Årsabonnement 120 kr. (Studenter 60 kr.)  
Løssalg 40 kr. pr. nummer.