

Fra Fysikkens Verden

NR.1 – 2023
85. ÅRGANG

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

Et gjennombrudd i
fusjons-
forskningen



Les også om:

- Fysikkhistorie
- Tvillingparadokset

- Nøytronstjerner
- Personomtaler

NR.1 – 2023

85. ÅRGANG

Utgiver:

Norsk Fysisk Selskap
www.norskfysisk.no

Redaktør:

Professor emeritus Øyvind Grøn
OsloMet – Storbyuniversitetet og UiO
oyvind.gron.no@gmail.com

Redaksjonssekretær:

Maria Hammerstrøm
maria.hammerstrom@astro.uio.no

Redaksjonskomité:

Professor Odd-Erik Garcia, Institutt for fysikk, UiT
Professor Ellen K. Henriksen, Fysisk institutt, UiO
Førsteamanuensis Trygve Buanes, Institutt for datateknologi,
elektroteknologi og realfag, HVL

Layout og sats:

Maria Hammerstrøm

Forsidebilde:

John Jett og Jake Long/Lawrence Livermore National Laboratory

Trykkeri:

Oslo Sats, repro og montasje A/S

Abonnere:

Fra Fysikkens Verden kommer ut fire ganger årlig.
Abonnement tegnes på følgende postadresse
eller e-post:

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

E-post: nfs.styret@gmail.com

Årsabonnement: 200 kr. (studenter 100 kr.)
Bankgiro: 7878.06.03258

Retningslinjer for bidragsytere

Fra Fysikkens Verden (FFV) utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høyskoler med fysikk i sine fagkretser. Andre kan også abonnere på bladet. Blant disse er elever og biblioteker ved videregående skoler.

Frist: Bladet gis ut fire ganger i året: mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er: 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er for tiden 1200.

Formål: Formålet med *FFV* er å gi informasjon om aktuelle tema og hendiger 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 skole 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 fysikkstudenter. Artiklene i *FFV* skal primært gi informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare forstås av en liten faggruppe har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redaksjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

Filformat: Manuskripter leveres i en form som forfatteren mener er direkte publiserbar. De skal levers elektronisk som e-post, og i et rent tekstformat (for eksempel Word), slik at redaksjonen kan redigere teksten direkte. Dersom manuskriptet inneholder matematiske ligninger, skal manuskriptet også leveres som PDF.

Lengde: Artikler bør ikke være lengre enn seks 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 tilleggsstoff.

Småstykker: Gratulasjoner, nekrologer, bokomtaler, skolestoff, møtereferater og lignenede mottas gjerne, men de må ikke være lengre enn 1–2 sider. Doktoromtaler begrenses til en halv side inkludert bilde.

Illustrasjoner: Legg mye omtanke i figurer, ettersom de er en viktig del av en artikkel. All figurtekst skal være på norsk. Figurene bør være av god oppløsning. Figurer og tabeller skal være referert i den løpende teksten. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner.

Korrektur: Forfatterne får tilsendt korrektur når layout er satt opp som må returneres snarest. Det må ikke gjøres unødige endringer i korrekturane.

Innhold

Fra redaktøren Øyvind G. Grøn	3
Nyheter fra styret i Norsk Fysisk Selskap Styret	4
Yaras Birkelandspris 2023 deles ut i fysikk Sunniva Siem	5
Yaras Birkelandspris 2023 deles ut i fysikk Hilde Nesse	5

Fysikknytt

Et gjennombrudd i fusjonsforskningen Øyvind G. Grøn	6
Sammenheng mellom en nøytronstjernes luminositet, periode og periodens endringshastighet Øyvind G. Grøn	7

Artikler

Dobbeltgjengere – Et relativistisk drama i én akt Vemund Solli Wilhelmsen	8
Fysikkhistorie i undervisning og læring i et historisk perspektiv Reidun Renstrøm	10

Personomtaler

Om å få elever og studenter til å blomstre: En inspirasjonsartikkel til minne om Cathrine W. Tellefsen (1967–2022) Ellen K. Henriksen, Maria Vetleseter Bøe og Carl Angell	17
Emil J. Samuelson Knut Aasmundtveit, Dag W. Breiby, Basab Chattopadhyay, Ragnvald Mathiesen og Jostein Mårdalen, Øyvind G. Grøn	20
Ove Havnes Cesar La Hoz	22

FRA REDAKTØREN

Jeg spurte Emil i 2013 om han ville bli medredaktør i *Fra Fysikkens Verden* etter at han hadde bidratt med flere fine artikler til *FFV*. Han takket ja, og vi samarbeidet i 10 år. Han arbeidet med stort engasjement og kom med en mengde forslag til forbedringer av innsendte artikler. Emil fortsatte også selv å skrive artikler til *FFV*. Jeg hadde den siste telefonsamtalen med Emil en måned før han døde i sammenheng med hans siste lederartikkel i siste nummer av *FFV* for 2022. Vi diskuterte faglige ting, og noen sykdomsprat var det ikke. Emil beholdt stilen helt frem. En stor takk til Emil for hans innsats for *FFV* gjennom 10 år!

Vi minnes i dette nummeret også en toneangivende og kreativ fysikklærer, Cathrine W. Tellefsen, som gikk bort alt for ung. Likeledes tar vi farvel med Ove Havnes som har gitt viktige bidrag til vår forståelse av støvpartikler betydning for atmosfærens egenskaper.

Hovedartikkelen i dette nummeret av *FFV* er skrevet av Reidun Renstrøm, en engasjert fysikklærer og en av våre største kapasiteter på atomfysikkens historie. Hun har i mange år arbeidet med å bidra til at lærebøker i fysikk skal gir leserne en forståelse av hvordan de oppfatningene vi har av naturlovene og av materiens egenskaper, har utviklet seg.

I dette nummeret av *FFV* har vi også et kreativt bidrag fra en elev, Vemund Solli Wilhelmsen ved Elvebakken videregående skole. Stor glede for leserne her!

Til slutt: Vi trenger flere artikler til *FFV*. Til veiledere: Presenter deres doktorander i *Fra Fysikkens Verden*!



Øyvind G. Grøn

Nyheter fra styret i Norsk Fysisk Selskap

Flere medlemmer av redaksjonskomiteen for *Fra Fysikken Verden* søkes

NFS-styret ser etter flere som kan være med i redaksjonskomiteen for *FFV*. I dag utgjøres komiteen av professor Odd-Erik Garcia (UiT), professor Ellen K. Henriksen (UiO) og førsteamanuensis Trygve Buanes (HVL). Den er viktig for innsamling av aktualitetssaker innen fysikk fra de ulike universitetene/høgskolene, og det kan da være en fordel om flere fysikkinstututter er representert i komiteen.

Hvis du er interessert og ønsker mer informasjon om hva dette innebærer, ta kontakt med styret på nfs.styret@gmail.com.

Frister for innsending av forslag til prisvinnere

Vi minner om at flere priser innen fysikk vil deles ut i 2023, og at det derfor er viktig å følge med på frister for innsending av forslag om aktuelle kandidater. Mer informasjon om prisene finner du på www.norskfysisk.no/priser.

Yaras Birkelandpris i fysikk har frist 15. mai (se mer info på neste side). På Fysikermøtet i Bergen vil Norsk Fysisk Selskaps Undervisningspris, **Martin Landrøs pris for fremragende masteroppgave i fysikk** og **Norsk Fysisk Selskaps Formidlingspris** deles ut. Frist for innsending av forslag til Undervisningsprisen og Formidlingsprisen er satt til 1. mai, og 15. april for Martin Landrøs pris.

Forslag sendes inn til styret på nfs.styret@gmail.com.

EBSA kongress i Stockholm

31. juli–4. august 2023

I 2023 er igjen Svenska Föreningen för Biokemi, Biofysik och Molekylärbiologi (SFBBM), sammen med European Biophysical Societies' Association (EBSA) og Protein Society vertskap for den 14. EBSA-kongressen. Konferansen vil finne sted ved Stockholms universitet og er støttet av den svenske nasjonale komiteen for molekylær biovitenskap, Kungl. Vetenskapsakademien.

I biofysikk undersøkes egenskaper som tid, kraft og bevegelse i biomolekylære sammenstillinger og prosesser – fra enkeltmolekyler til celler og vev – og disse relateres til biologisk funksjon. Mange nobelpriser er delt ut til biofysikere og nobelprisvinnere vil også delta på den kommende kongressen. EBSA-2023 vil bli holdt på Aula Magna ved Stockholms universitet, som også er kjent for å være vertskap for Nobelforelesningene i fysikk og kjemi.

EBSA-2023 vil tilby en kreativ møteplass for å undersøke hvordan de nyeste eksperimentelle, teoretiske og beregningsmessige tilnærmingene innen biofysikk kan skreddersys synergistisk for å forbedre vår forståelse av biologisk funksjon, og dermed bygge en enda sterkere vitenskapelig bro mellom fysikk, biologi og medisin.

For mer informasjon: <https://mkon.nu/ebsa>.

Husk å melde adresseendring til
nfs.styret@gmail.com

Yaras Birkelandspris 2023 deles ut i fysikk

Aktuelle kandidater: Avlagt doktorgrad i løpet av de to siste årene
Prisbeløp kr 100 000

Yaras Birkelandpris deles ut på grunnlag av et doktorgradsarbeid utført ved et norsk universitet. Prisen alternerer mellom fysikk og kjemi.

Aktuelle kandidater må ha avlagt doktorgrad i løpet av de to siste årene. Avhandlingen skal være i samsvar med den ånd som man finner i Kristian Birkelands forskning. Det skal også legges vekt på at oppgavens faglige innhold så langt som mulig bidrar til teknologiske gjennombrudd og innovasjon.

Forskningsgrupper, veiledere og faste vitenskapelige ansatte ved et norsk universitet kan fremme forslag. Forslaget skal inneholde navn på kandidaten, hvor arbeidet er utført, veileder, kandidatens nåværende arbeidsplass, en fylldig beskrivelse av doktorgradsarbeidet og en vurdering av arbeidets relevans innenfor dagens forskning.

Kopi av doktoravhandlingen skal vedlegges, enten i papirutgave (3 eksemplarer) eller som et pdf dokument.

Prisen består av et pengebeløp på kr 100 000 og et diplom. Prisutdeling skjer i Det Norske Videnskaps-Akademi i forbindelse med Birkelandsforelesningen i september 2023.

Forslag sendes til Norsk Fysisk Selskap innen 15. mai 2023:

Professor Sunniva Siem
Fysisk institutt
Universitetet i Oslo
Postboks 1048 Blindern
0316 Oslo

E-post: sunniva.siem@fys.uio.no

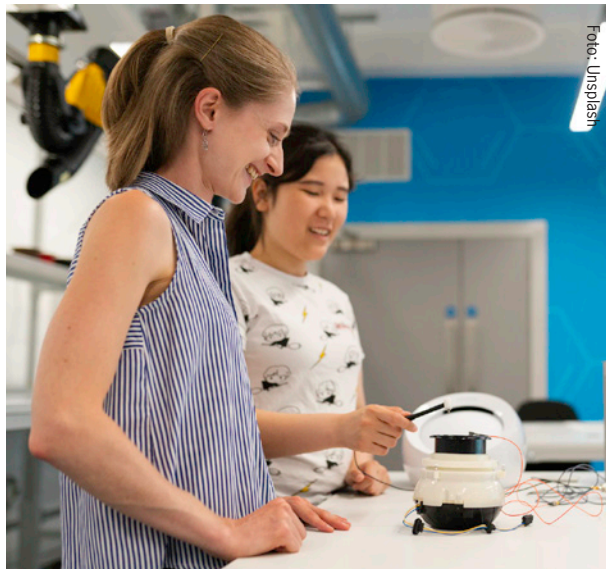


Foto: Unsplash

Nettverk for kvinner i fysikk

Forskaren formar fysikkfaget gjennom val av forskningstema, metoder og vurderingar. Eit samfunn i stadig utvikling og som står overfor store utfordringar er avhengig av kunnskap basert på forskning. Høg kvalitet på denne forskinga inneber at ein ikkje tapar viktige talent undervegs i utdannings- og karriereløpet. God representasjon av begge kjønn på alle nivå i utdanning og forskning er såleis eit overordna samfunnsansvar. Dei fleste universitet og høgskular rapporterer likevel om ein gjennomgåande kjønnsubalanse, særleg i høgare akademiske stillingar. Det er lite vitenskapleg grunnlag å tilskriva denne ubalansen til fagtradisjonar og etterslep aleine. Det er såleis trong for eit endringsarbeid.

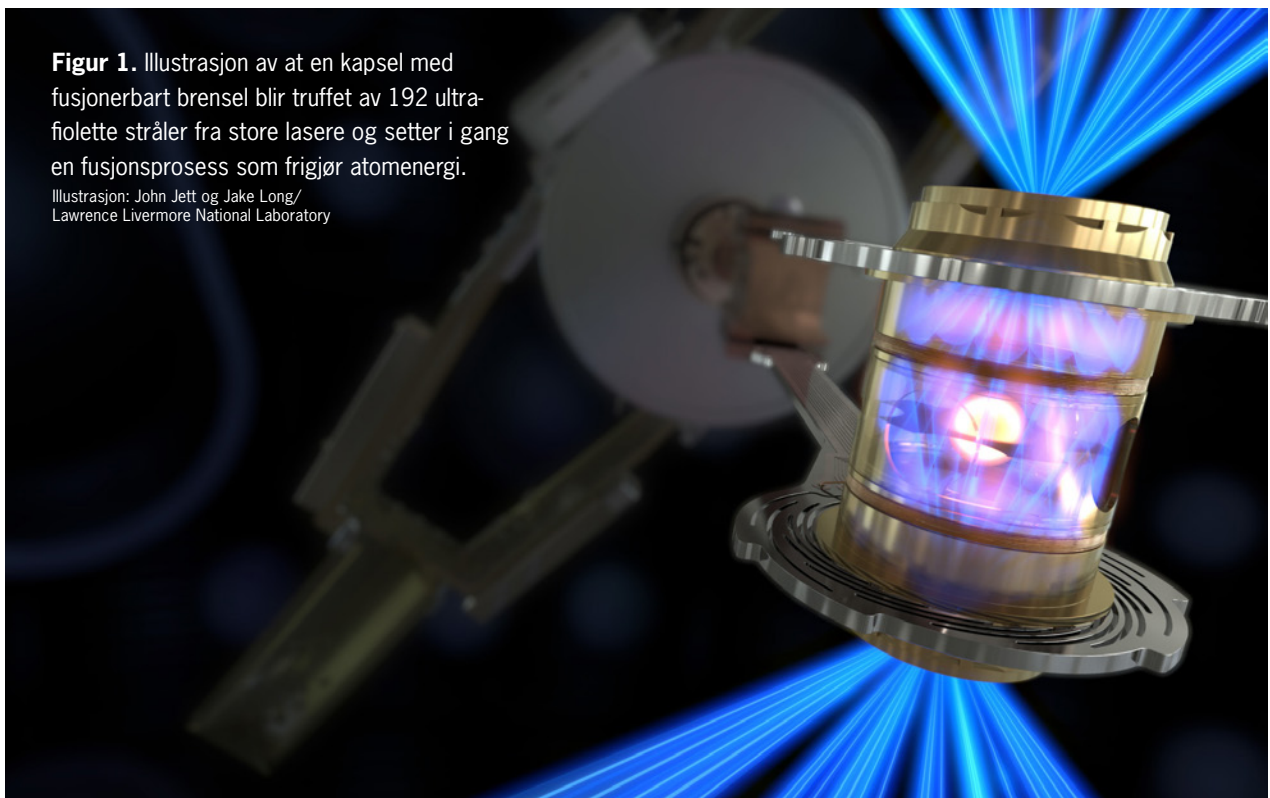
Dette endringsarbeidet ønskjer Nettverk for kvinner i fysikk å bidra til. Gjennom kunnskapsformidling basert på forskning vil me vera med å skapa gode haldningar og løfta fram viktige problemstillingar. Med representantar frå ulike universitet og høgskular kan me læra av kvarandre: Kva tiltak fungerer og kva tiltak feilar? Desse erfaringane kan såleis bidra til nye innovative tiltak for å motverka den noverande kjønnsubalansen.

Me veit at vitenskaplege førebilete og representasjon av begge kjønn er viktig for rekrutteringa til faget. Vidare er eigarskap til faget og kjensle av å høyra til viktig både for prestasjonar og for å halda på talent. Nettverk for kvinner i fysikk ønskjer såleis å vera ein synleg aktør i fagmiljøet. Me ønskjer å vera med å skapa ein arena der det er sjølvstøtt at alle med motivasjon og ambisjon for fysikkfaget har ein naturleg plass.

Ønskjer du å vera representant for Nettverk i kvinner i fysikk for din institusjon? Send e-post til hilde.nesse@uib.no.

Figur 1. Illustrasjon av at en kapsel med fusjonerbart brensel blir truffet av 192 ultrafiolette stråler fra store lasere og setter i gang en fusjonsprosess som frigjør atomenergi.

Illustrasjon: John Jett og Jake Long/
Lawrence Livermore National Laboratory



Et gjennombrudd i fusjonsforskningen

Første gang en fusjonsprosess frigjorde mer energi enn den fikk inn.

Øyvind G. Grøn OsloMet – Storbyuniversitetet

I *FFV* nr. 4 2021 ble det rapportert om fremgang i laserfusjon. Det var gjort et eksperiment ved laserfusjons prosjektet National Ignition Facility (NIF) i Lawrence Livermore National Laboratory i California der man kom nærmere såkalt 'break even' enn tidligere. Å passere break even betyr at man lykkes i å få i stand en fusjonsprosess der det blir frigjort mer energi enn den fusjonsbrenselet blir truffet av.

NIF har senere hatt et gjennombrudd: Den 13. desember 2022 ble det annonsert at NIF gjennomførte et eksperiment den 5. desember der de fokuserte 2,05 megajoule med laser-energi på en liten kapsel med fusjonerbart hydrogen. Det satte i gang en kortvarig fusjon av hydrogen til helium som frigjorde 3,15 megajoule med energi. Dermed hadde de for første gang i et fusjonseksperiment som ikke dreide seg om å fyre av en hydrogenbombe, passert break even.

Det er imidlertid langt igjen før vi har et fusjonskraftverk som produserer elektrisk strøm fra atomenergi frigjort ved å fusjonere hydrogen til helium. Dersom målet er at man får ut mer energi enn den som brukes for å sette i gang fusjonsprosessen, så er man langt unna. Laserne er ineffektive. De krever

en tilførsel av energi på flere hundre megajoule for å produsere 2 megajoule med laserstråling som igjen produserte 3 megajoule med frigjort fusjonsenergi.

Det er også andre store vanskeligheter som må overvinnes, dersom denne metoden for å lage et fusjonskraftverk skal realiseres. Repetisjonsfarten må økes fra ett laserskudd per døgn til rundt ti per sekund. Så må det produseres rundt ti millioner kapsler med fusjonsbrensel per døgn, det vil si 115 per sekund, som må plasseres i sentrum av laserstrålene med stor nøyaktighet. Dette er en enorm praktisk utfordring – man er foreløpig ikke i nærheten.

Kanskje er de praktiske vanskelighetene med laser-fusjonskraftverk så store at dette konseptet må skrinlegges. Fusjonsforskerne betrakter tokamak-prosjektet som mer lovende (se *FFV* nr. 4 2020). Det største slike prosjektet er ITER i Frankrike. Men i første omgang er dette et forskningsprosjekt som ikke skal omgjøres til et kraftverk. Det er tidligst aktuelt å produsere elektrisk strøm fra fusjonsenergi i slutten av 2030-årene.

Da jeg var student i 1960-årene hørte vi at fusjonskraftverk er omtrent 20 år unna. Det kan virke som om vi fortsatt er der – 60 år senere. ■

Sammenheng mellom en nøytronstjernes luminositet, periode og periodens endringshastighet

Her vises hvordan en nøytronstjernes spin-down-luminositet kan beregnes fra perioden til stjernes rotasjonshastighet og periodens endringshastighet.

Øyvind G. Grøn OsloMet – Storbyuniversitetet

Gammaglimt

De siste 50 årene er det observert et stort antall gammaglimt fra fjerne objekter i universet. Det er kraftige glimt av gammastråling som typisk varer noen sekunder. En liten del av kildene til slike glimt har sendt ut flere glimt med litt mindre energirik stråling enn som er typisk. De kalles *myke gammarepeterere*. Astronomene har funnet ut at kildene til slike glimt er kollisjoner av sjokkfronter i jetstrømmer sendt ut av roterende nøytronstjerner.

Ved å studere periodiske variasjoner i strålingen fra slike kilder har det vært mulig å bestemme nøytronstjernes rotasjonsperioder, P , og til og med hvor raskt perioden endres – endringshastigheten, \dot{P} , der prikk står for derivert med hensyn på tiden.

Beregning av en nøytronstjernes luminositet

Det kan virke overraskende at en stjernes luminositet kan bestemmes ved å måle dens rotasjonsperiode og periodens endringshastighet. La oss se hvordan denne sammenhengen kan utledes.

Det dreier seg om en størrelse som på engelsk kalles *spin-down luminosity*, L_{sd} . En sentral antagelse i denne sammenhengen er at når en stjernes rotasjon bremses ned, går stjernes tap i rotasjonsenergi over til strålingsenergi. Vi skal beregne L_{sd} uttrykt ved P og \dot{P} .

Treghetsmomentet til en kuleformet nøytronstjerne med konstant tetthet, masse M og radius R er

$$I = \frac{2}{5} MR^2. \quad (1)$$

Rotasjonsenergien til en nøytronstjerne med vinkelhastighet $\Omega = 2\pi/P$, er

$$E = \frac{1}{2} I\Omega^2 = \frac{4\pi^2}{5} \frac{MR^2}{P^2}. \quad (2)$$

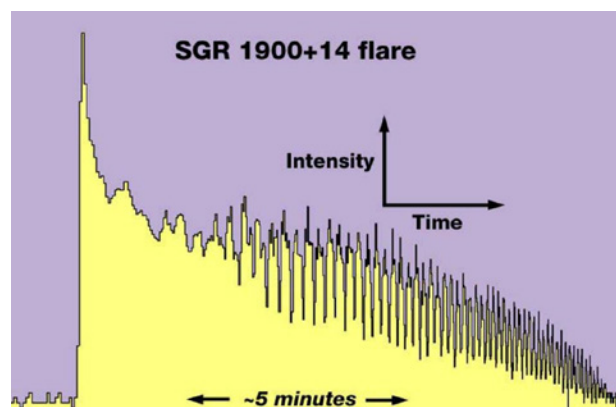
Vi antar at spin-down-luminositeten er lik minus endringshastigheten til stjernes rotasjonsenergi

$$L_{sd} = -\dot{E} = \frac{8\pi^2}{5} MR^2 \frac{\dot{P}}{P^3}. \quad (3)$$

Innsetting av den typiske masse og radien til en nøytronstjerne gir

$$L_{sd} = 3,9 \times 10^{39} \text{ W s}^3 \frac{\dot{P}}{P^3}. \quad (4)$$

La oss se på et eksempel. En myk gammarepeterer har betegnelsen SGR 1900+14. Strålingens intensitet som funksjon av tiden er vist i Figur 1. Den har en periode på $P = 5,16$ s og periodens endringshastighet er $\dot{P} = 6,0 \times 10^{-11}$ s per s. Innsetting i likning (4) gir $L_{sd} = 2,9 \times 10^{26}$ W. Til sammenlikning er solas luminositet $3,83 \times 10^{26}$ W. ■



Figur 1. Strålingen til den myke gammarepetereren under det første observerte utbruddet, som funksjon av tiden.

Kilde: Hurley et al. 1999

Dobbeltgjengere

Et relativistisk drama i én akt

Vemund Solli Wilhelmsen Elvebakken vgs.

Livet som fysikklærer fantastisk! Elevene i fysikk-klassen fikk i oppgave å presentere en konsekvens av den generelle relativitetsteorien. En gruppe skrev rollespill! Inspirert av både Ibsen sin Gjengangere og Shakespeare sin Hamlet, ble klassen presentert for tvillingparadokset. De tre elevene levde seg inn i rollene som Nora, Aron og Fortelleren, og det ble en fantastisk forestilling jeg kommer til å huske lenge.

Jeg håper flere kan ha glede av dette!

Ragnhild Strand, lærer ved Elvebakken vgs.

Personene

NORA, profesjonell sofaligger

ARON, kverulerende romfarer og NORAS tvilling

FORTELLER, guddommelig, oppklarende kraft

Handlingen foregår i verdensrommet og på tvillingene ARON og NORAS landeiendom ved en snirklet elv i det østlige Norge.



Første akt

En rommelig havestue med en dør på den venstre sidevegg og to dører på veggen til høyre. I midten av stuen står en gigantisk romrakett. Begge tvillingene har på seg en klokke. Takket være deres utmerkede syn vil tvillingene til enhver tid kunne se hva den andres klokke viser (og sin egen for så vidt) uavhengig av avstanden mellom dem. Dessuten eksisterer ikke luftmotstand, alle objekter og personer er perfekte kuler, akselerasjonen er konstant og snora er helt stram og masseløs.

FORTELLER. Vi har bestemt oss for å presentere tvillingparadokset for dere i form av et relativistisk drama i en akt. Dramaet handler om de to tvillingene Nora og Aron som har bygget en romrakett sammen, men når det er på tide å dra vil ikke Nora være med likevel ...

ARON. Å reise eller å ikke reise: det er spørsmålet

NORA. Dra du, men jeg blir ikke med. Aldri i evighet får du meg med deg på romreise

ARON. Akk ja, jeg får vel reise uten deg. Men som de sier: den sterkeste romfarer i galaksen, det er han som reiser mest alene. Likevel kommer jeg til å savne deg så mye i alle disse årene på reisen, min kjære søster! Tenk så gamle vi er når vi ser hverandre igjen!

NORA. Vi? Det er nok bare jeg som vil bli gammel, skjønner du Aron. Raketten vi har bygget beveger seg nemlig i relativistiske hastigheter. Når du reiser til de fjerne galakser og tilbake igjen vil tiden for meg gå raskere enn for deg.

ARON. Du skal alltid se alt fra ditt perspektiv du. Men her tar du feil. Det har seg slik at det egentlig ikke er jeg som beveger meg på min reise. Det er derimot jorda og resten av universet som beveger seg relativt til meg mens jeg står stille. Derfor vil det for meg være at tiden forlenges, og det vil være jeg som vil være eldst når vi en gang møtes igjen. Du må kunne se situasjonen fra andre perspektiv også, kjære søster, men fortvil ikke. Din ærverdige bror elsker deg fortsatt.

NORA. Slikt kan det umulig være. Reis nå, Aron! Så vil vi se at jeg er eldre enn deg når du kommer tilbake

FORTELLER: Aron setter ut på sin reise til en galakse langt, langt borte. Men hvem er eldst når han kommer tilbake? Aron? Nora? Eller er de like gamle? Eller kanskje det hele et paradoks? For paradoksene er mangfoldige i denne verden.

*

FORTELLER. Når Aron til slutt kommer tilbake igjen, får han en uventet overraskelse

Aron klatrer ut av romraketten. Nora er nå mye eldre enn tidligere.

ARON: Å, Nora! Du aner ikke hvilke vidunderlige ting jeg har opplevd. Å, selve livsgleden ...

NORA (triumferende). HAHAHAAH. Der ser du, Aron. Jeg hadde sannelig rett. Jeg er eldre nå jeg enn du.

ARON (forskrekket). Men hvordan kan dette ha seg?

NORA. Det du glemte, Aron, var nemlig at da du snudde for å komme hjem igjen måtte du akselerere. Da du akselererte i forhold til meg som forble stasjonær var det ekvivalent med at du befant deg nedenfor meg i et tyngdefelt, og derfor gikk tiden saktere for deg!

ARON. Dette kan for så vidt være sant, men du glemmer den spesielle relativitetsteorien her, søster. Hvor har det blitt av tidsforlengelsen fra at jorda og resten av universet bevegde seg med relativistiske hastigheter mens jeg sto stille? Nå vet jeg! Du er egentlig mye eldre enn meg, men det jeg ser foran meg er en kloner du har laget og gjort slik at den aldres raskere fordi du nekter å innrømme at du tar feil. Du har et forvrengt virkelighetsbilde, du søster, men fortvil ikke, jeg tilgir deg dine vrangforestillinger.

NORA. Så la oss se dette fra ditt referansesystem da. Som du sier opplevde du at tiden gikk raskere for deg dersom vi bare ser på tidsforlengelsen fra at du bevegde deg i relativistiske hastigheter. Det du derimot glemmer er at når du legger til den ekstra tiden jeg vil ha opplevd på grunn av gravitasjonell tidsforskyvning da du akselererte vil jeg fortsatt være eldst. Alt dette er som sagt sett fra det perspektivet som er så uvurderlig for deg, nemlig ditt.

ARON. Du snakker om mitt referansesystem, men du nekter å faktisk se det. Hva hvis vi sier at det var du som akselererte, mens jeg sto stille hele tiden? Da må det ha vært jeg som var øverst i dette tyngdefeltet du snakker om!

NORA. Her misforstår du igjen Aron. Akselerasjonen du opplevde kan ikke ses på som relativ. Da du akselererte opplevde du en kraft. Siden jeg ikke opplevde kraften kan det bare ha vært du som har akselerert. Det er sannheten.

ARON. Ja, men relativiteten da?

NORA. Ja, men sannheten da?

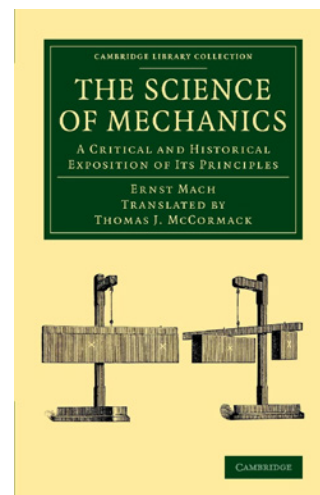
ARON. Å – sannheten, sannheten. Hvis jeg bare ikke var så forvirra som jeg er!

NORA. Ja, jeg forstår egentlig ikke hvordan dette fungerer selv, men det finnes mange videoer på youtube du kan se om du vil bli enda mer forvirra. ■

Fysikkhistorie

i undervisning og læring i et historisk perspektiv

Reidun Renstrøm leder av nettverket for fysikkhistorie og filosofi i NFS



Fysikere og vitenskapshistorikere har siden slutten av 1800-tallet anbefalt å integrere fysikkhistorie i undervisningen for å gi elevene og studentene mulighet til å oppnå en god forståelse av teoriene og begrepene, oppdage at fysikk er en menneskelig aktivitet og fysikere alminnelige mennesker og erfare at den bringer spenning og forundring inn i auditoriet. Likevel er det få fysikkelever, lektorstuderenter i fysikk eller fysikkstudenter som opplever å lære en fysikkteori i en historisk kontekst.

I 1970 arrangerte Massachusetts Institute of Technology (MIT) et seminar hvor temaet var de positive rollene fysikkens historie kan spille i undervisning og læring. Men deltakerne ble også gjort oppmerksomme på at mange lærebøker formildet en omskrevet versjon av den virkelige historien for å gi elevene og studentene en bestemt oppfatning av hvordan fysikken utvikler nye teorier. Reaksjonen fra seminardeltakerne var at dersom det ikke ble skrevet bøker eller hefter med sanne historiske eksempler tilpasset elevenes og studentenes læring ville fysikkhistorie aldri komme til å spille noen rolle i deres undervisning.

Hensikten med denne artikkelen er å vekke interesse for nettverket *Fysikkhistorie og filosofi* i Norsk Fysisk Selskap ved å begrunne at det kan spille en viktig rolle for at eksempler fra fysikkens virkelige historie kan finne veien inn i klasserommet og fysikkauditoriene.

Hvorfor undervise fysikk i en historisk kontekst?

Allerede i 1885 oppfordret presidenten i British Association for the Advancement of Science i en tale til fysikkklærere å legge mer vekt på fysikkens historie i undervisningen, ikke for å erstatte vanskelig fysikk med noe mer levende og menneskelig, men først og fremst for at elevene skulle lære fysikk [1]. Omtrent på samme tid skrev fysikeren, vitenskapsfilosofen og historikeren Ernst Mach i sin lærebok *The Science of Mechanics* at: «Den historiske undersø-

kelsen av fysikkens utvikling er høyst nødvendig for at de prinsipper som er samlet opp og bevart i den ikke skal bli til et system av halvforståtte forskrifter, eller enda verre, et system av fordommer. Historiske undersøkelser fremmer ikke bare forståelsen av det som finnes nå, men introduserer oss også for nye muligheter.» [2]

Einstein har fortalt at Machs syn på betydningen av å studere utviklingen av mekanikkens teorier påvirket hans egne teoretiske arbeider: «Det var Ernst Mach som rystet den dogmatiske troen; denne boken øvde en dyptgående innflytelse på meg i dette henseende da jeg var student.» [3]

Det var den dogmatiske troen på at all fysikk kunne utledes fra den klassiske mekanikken Einstein her viser til. Den kjente kvantefysikeren Léon Rosenfeld skriver i innledningen til sin artikkel *La premiere phase de l'evolution de la Théorie des Quanta* («Den første fasen i utviklingen av kvanteteorien») fra 1936 at dersom vi vil forstå betydningen og rekkevidden av en teori må vi ikke bare bruke dens ferdige struktur, som en metode til å beskrive visse fenomener, men studere teoriens utvikling [4].

I tillegg til å gi studentene mulighet til å oppnå bedre forståelse av teoriens betydning og rekkevidde har mange argumentert for at fysikkens historie får frem at fysikk er en menneskelig aktivitet og at fysikere er alminnelige mennesker. På et møte i History of Science Society i 1948 fortalte nobelprisvinneren i fysikk Percy W. Bridgman at han integrerte fysikkhistorie i undervisningen fordi den får frem den aller viktigste erkjennelsen vi kan ha om fysikk, nemlig at den er en menneskelig aktivitet, noe som bare kan bety individers aktivitet [5]. I artikkelen *Sense of history: History of Science and the Teaching of Introductory Quantum Theory* skriver vitenskapshistorikeren Helge Kragh at uten et historisk perspektiv i fysikkundervisningen vil studentene ikke oppleve fysikk som en levende, menneskelig aktivitet [6].



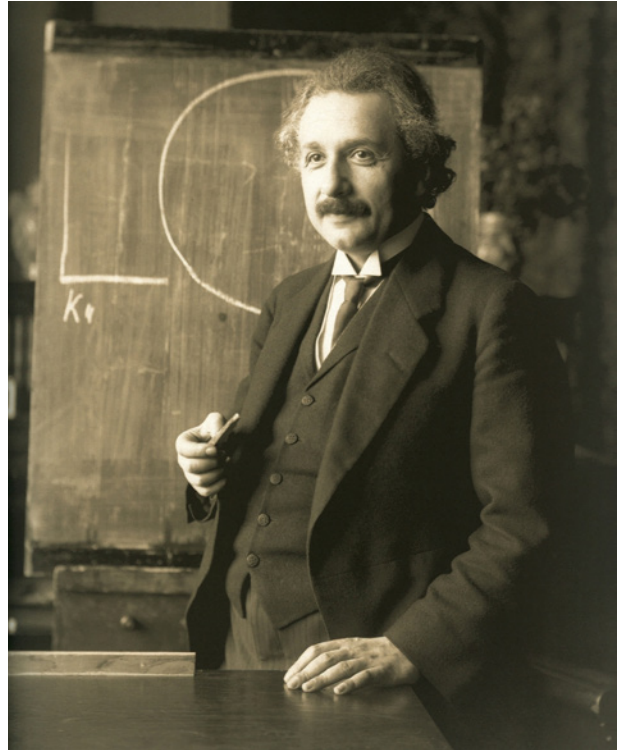
Ernst Mach (1838–1916)

Fysikkens historie blir endret og tilpasset en bestemt oppfatning av fysikk og fysikere

Allerede i 1948 må det ha eksistert fremstillinger av fysikkens utvikling som bekymret Bridgman. I talen han holdt presiserer han nemlig at man ikke må bruke en historisk tilnæringsmåte for å gi inntrykk av at utviklingen i fysikk følger en *logisk orden*. Han oppfordrer derfor historieskriverne til å være upartiske og vise hvor *sjeldent* fysikkens utvikling har fulgt den logiske kurs.

Kanskje Bridgman kjente sitt eget liv som fysiker igjen i den beskrivelsen Hermann von Helmholtz gav av sitt fysikerliv i 1892: «*Jeg sammenligner meg selv med en fjellklatrer, som uten å vite veien klatrer sakte og møysommelig oppover og ofte må snu fordi han ikke kommer lenger, som oppdager nye stier, noen ganger gjennom refleksjon, andre ganger på slump, som igjen hjelper ham et stykke fremover, og som dersom han til slutt når sitt mål, til sin skam oppdager en hovedvei som kunne ført ham dit, hadde han bare vært lur nok til å finne det riktige utreisepunktet.*» [7]

Det var ikke bare Bridgman som mislikte at noen endret fysikkens historie eller konstruerte nye versjoner for å gi studenter og elever et bestemt inntrykk av hvordan nye teorier utvikles i fysikken. På konferansen *Use of Historical Material in Elementary and Advanced Instruction* i 1950 var lærebøkernes fremstilling av fysikkens historie et tema. Vitenskapshistorikeren I. Bernhard Cohen gjorde deltakerne på konferansen oppmerksomme på at fremstillingen av den klassiske fysikkens utvikling i



Albert Einstein (1879–1955)

lærebøkene er en omskrevet versjon. Hensikten med omskrivingen er gi inntrykk av at fysikken har en nøkkel, kalt den vitenskapelige metode, som sørger for at utviklingen alltid er lineær. Cohen spår at den omskrevne versjonen som finnes i lærebøkene vil bli gjentatt i altfor mange nye og fremragende lærebøker og at den virkelige historien derfor aldri vil nå fremtidige fysikere og fysikkstudenter: «*Uheldigvis, vil altfor mange enestående bøker av eminente autoriteter gjenta gamle feil eller lage nye.*» [8]

Cohen oppfordret fysikklærere som ønsket å bruke fysikkhistorie i undervisningen til ikke å kaste inn håndkleet, men å lese troverdige historiske fremstillinger. Han innrømmet at det nok ville kreve en stor innsats, men han lovet at de ville få lønn for strevet. Jeg tror Cohen tenkte på alle de interessante, spennende og lærerike historiene lærerne kunne bruke til å vekke interesse for fysikk i undervisningen.

Samme år, 1950, som Cohen oppfordret fysikklærere til å formidle fysikkens sanne historie til studentene, ble det innført obligatoriske kurs i fysikkens historie for alle studenter som ikke studerte fysikk ved Harvard University. Begrunnelsen universitetets direktør, James B. Conant, gav for å gjøre disse kursene obligatoriske var at studenter ved humaniora og samfunnsvitenskap ville ha stor nytte av å kjenne til fysikkens metoder og hva fysikk kan og ikke kan utrette. Conant utarbeidet flere case-studier fra fysikkens historie som ble svært populære. Men han trodde ikke fysikkens historie



Max Planck (1858–1947)



Niels Bohr (1885–1962)

hadde noe å bety for fysikkstudenter og forskere som ville gjøre nye oppdagelser. Likevel kom hans kurs i fysikkhistorie til å få stor betydning for oppfatningen av fysikkhistoriens rolle i undervisningen.

Det var nemlig Conant som introduserte fysikeren Thomas Kuhn for vitenskapshistorie «*and thus initiated the transformation in my conception of the nature of scientific advance*» [9]. Kuhn og fysikeren Gerald Holton underviste Conants kurs i vitenskapshistorie ved Harvard og i 1952 publiserte Holton en lærebok *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science* [10], som formidler fysikkens begreper og teorier langs en historisk utviklingslinje.

Conants oppfatning om at fysikkhistorie kun er nyttig for «ikke-fysikere» ble utfordret da den historiske utviklingen av kvantefysikken begynte å bli tilgjengelig. Denne utviklingen hadde uten tvil utfordringer å by på selv for fysikkstudentene, og muligens kunne kvantefysikkens historie bidra til at studentene oppnådde en bedre forståelse av kvanteteoriene.

Myter om kvantefysikkens utvikling slår rot i lærebøkene

I artikkelen *Max Planck and the Beginning of the Quantum* fra 1962 skriver imidlertid fysikeren Martin J. Klein at det er forbløffende at Plancks innføring av energikvanter, som har fått så store konsekvenser, har fått så lite oppmerksomhet [11]. Det skyldes ikke, skriver han, mangel på fremstillinger av kvantefysikkens opprinnelse i litteraturen,

men at de fleste fremstillingene forteller en *falsk* historie. Ifølge den falske historien var Plancks introduksjon av kvanter en respons på en krise frembrakt av en sjokkerende uoverensstemmelse mellom klassisk teori og eksperimentelle resultater, mellom en klassisk strålingslov foreslått av Lord Rayleighs i 1900 og eksperimentelle fakta, slik det kommer til uttrykk i «den ultrafiolette katastrofen».

Men, skriver Klein, det fantes ingen krise som kunne motivere Planck til å introdusere energikvanter i fysikken fordi Lord Rayleigh ikke foreslo en klassisk strålingslov i 1900. Klein publiserte artikkelen *Einstein's First Paper on Quanta* [12] året etter. Her gir han en detaljert historisk fremstilling av Einsteins vei til lyskvanthypotesen (fotonhypotesen). Han skriver at det er blitt en alminnelig oppfatning at Einstein utviklet sin kvantehypotese på grunnlag av Plancks teori om svartlegemestråling, selv om Einsteins argumenter for lyskvantene faktisk ikke hadde spor av det resonnementet Planck hadde brukt fem år tidligere. Klein påpeker også at Einsteins hypotese ofte blir fremstilt som en *forklaring* på eksperimentelle resultater fra forsøk med fotoelektrisk effekt på tross av at man i 1905 ikke kjente sammenhengen mellom elektronenes kinetiske energi og frekvensen til lyset i fotoelektrisk effekt. Einsteins motivasjon for å studere egenskaper til lys med høy frekvens har ingenting med fotoelektrisk effekt å gjøre.

Noen år seinere, i 1969, skriver fysikeren og vitenskapshistorikeren Stephen G. Brush i artikkel-

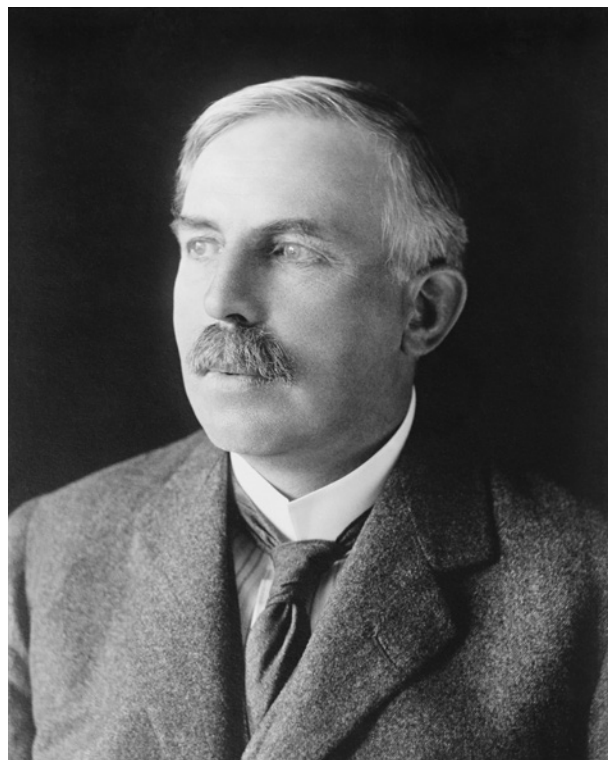
len *The Role of History in the Teaching of Physics* at «den mytiske historien om Plancks oppdagelse i virkeligheten er en logisk versjon av måten oppdagelsen burde ha blitt gjort» [13]. Siden den virkelige historien ikke passer inn i dette bildet, blir den endret og tilpasset dette synet. I en note til en referanse skriver Brush at på tross av at Klein har motbevist mytene om kvantefysikkens opprinnelse, opptrer de likevel i all sin glans i en populær bok skrevet av fysikeren George Gamov, *Thirty Years that shook Physics, The Story of Quantum Theory* fra 1966 [14] og i mange nye lærebøker.

Det første arbeidsseminaret for fysikklærere som handlet om rollene fysikkens historie kan spille i fysikkutdanningen, ble holdt ved Massachusetts Institute of Technology (MIT) i juli 1970. På seminaret ble forvrengte historier i lærebøkene diskutert og et eksempel som ble trukket frem var Plancks innføring av energikvanter, og den ble karakterisert som en redegjørelse for hvordan energikvantet burde vært oppdaget. Deltakerne på seminaret gjorde det klart at hvis det ikke ble skrevet en bok med *sanne* historiske episoder tilpasset lærerens og foreleserens undervisning og elevenes og studentenes læring, ville fysikkhistorie aldri bli en integrert del av undervisningen.

Fysikeren Andrew Whitaker innførte i 1979 begrepet *kvasihistorie* om den historien som lærebøkene formidler. En kvasihistorie er ikke en forenklet historie tilpasset studentene og som har tilfeldige feil og mangler, men en historie som «*ser historisk ut, men hvor det ikke er gjort noen forsøk på å formidle historien på en sannferdig måte*» [15]. Kragh skisserer i artikkelen *Max Planck: The reluctant Revolutionary* [16] fra 2000 samme versjon av Plancks arbeid som det Klein og Brush tidligere har hevdet er myter. Kraghs konklusjon er at: «*The story is a myth, closer to a fairytale than to historical truth.*»

Lærebokversjonen av Bohrs vei til en kvantemodell for atomet

I min avhandling *Kvantefysikkens utvikling* fra 2011 [17] blir fremstillingen av kvantefysikkens utvikling i fem anerkjente lærebøker, som er pensumlitteratur for kurs i fysikk ved universiteter og høyskoler i store deler av verden, undersøkt og sammenliknet med historiske primær og sekundærkilder. I lærebøkene som ble undersøkt er ingen andre temaer i samme grad som kvantefysikken presentert i et historisk perspektiv. Bøkene er *University Physics* [18], *Physics for Scientists and Engineers* [18], *College Physics* [19], *Serway's Principles of Physics* [20] og *Introduction to the Structure of Matter* [21]. Den siste i rekken ble valgt fordi den gir en detaljert beskrivelse av de matematiske utlednin-



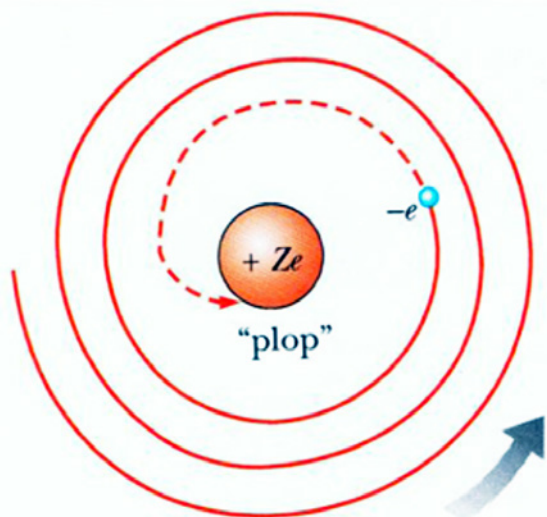
Ernest Rutherford (1871–1937)

gene av Rayleighs og Plancks strålingslover og Bohrs teori for hydrogenatomet. Boken fremstår som en troverdig historisk kilde.

Resultatet av undersøkelsen av de utvalgte bøkene viste at mytene i lærebøkens fremstillinger av Plancks og Einsteins introduksjon av energikvanter lever i beste velgående. Nye og fremragende lærebøker gjentar og dramatiserer gamle myter og introdusere nye. Konsekvensen er at de fleste fysikere er uvitende om hvordan to av fysikkens aller viktigste teorier ble til. Studentene går glipp av to historier som kunne gitt dem en mer hensiktsmessig forståelse av begrepene kvantisert energi og fotoner og i tillegg hvor forskjellige to utviklinger i fysikk kan være.

I denne avhandlingen blir også de utvalgte bøkens fremstillinger av forhistorien til og gangen i Niels Bohrs vei til en kvantemodell for atomet og en teori for hydrogenatomet sammenliknet med den vi finner i primærkilder, som først og fremst var brevene Bohr skrev til sin bror Harald mens han var i England fra september 1911 til juli 1912, til Rutherford høsten 1912 og vinteren 1913 fra København og et notat han skrev mellom juni og juli 1912 og som han leverte til Rutherford. Disse kildene finner vi i Bohrs *Collected Works Vol. 1* og *Vol. 2*.

Den versjonen lærebøkene presenterer er velkjent og veletablert fordi den er blitt gjentatt i lærebøker, fagbøker og populærvitenskapelig litteratur i mer enn 50 år. Vi kan derfor omtale den som en «stan-



Figur 1. Illustrasjon av den katastrofen klassisk fysikk forutsier.

dardversjon». Historien gir seg ut for å være et sant sammendrag av de viktigste hendelsene og resonnementene som førte Bohr frem til kvanteatomet. Men undersøkelsen viste at den er et sammendrag av myter.

En oppsummering av mytene i den velkjente historien med sitater fra bøkene

Mytene i den velkjente historien er følgende:

1) I Thomsons modell for atomet er elektronene fordelt i en positivt ladd sfære som rosiner i en pudding eller i en kake og derfor kalles den for «plum-pudding»-modellen: «Thomson envisioned the atom as a sphere of some as yet unidentified positively charged substance, within which the electrons were embedded like raisins in cake».

2) I 1911 foreslo Rutherford, basert på eksperimentelle resultater, at et atom består av en positivt ladd kjerne i sentrum for elektronenes sirkelbevegelse.

3) Men, i følge Maxwells teori vil et slikt atom kollapse i samme øyeblikk som det blir dannet: «Unfortunately this classical model leads to disaster when applied to the atom. As the electron radiates energy, the radius of the orbit decreases and its frequency of revolution increase. As a result is a rapid collapse of the atom as the electron plunges into the nucleus». Figur 1 illustrerer den katastrofen klassisk fysikk forutsier.

4) Det var denne krisen som satte scenen for Bohr: «Faced with this crisis brought about by the grave anomaly the young Danish physicists, Niels Bohr decided to go to England to work together with Rutherford to understand how solar-system-like atom could be stable and not radiate away all its energy».

5) Bohr resonnerer logisk ved å tolke linje-

spektrene i lys av Einsteins fotonteori og Plancks energikvantisering: «Bohr's reasoning went like this. The emission line spectrum of an element tells us that atoms of that element emit photons with certain specific frequencies f and hence specific $E = hf$. During the emission of a photon, the internal energy of the atom changes by an amount equal to the energy of the photon. Therefore, said Bohr, each atom must be able to exist with only certain specific values of internal energy. Each atom has a set of possible energy levels».

6) Ved å anta at elektronets impulsmoment er kvantisert, kunne Bohr komme frem til et uttrykk for de mulige energiene til hydrogenatomet.

Det er primærkilder som avliver mytene

For å teste om Thomsons modell har elektronene fordelt i en positivt ladd sfære på samme måte som rosiner i en plum-pudding eller rosinbolle, må vi lese Thomsons artikkel fra 1904 [23]. Den har tittelen: *On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles (electrons) arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure* (min utheving).

Tittelen avslører at i Thomsons modell sirkulerer elektronene i ringer (baner). I første setning i artikkelens introduksjon skriver Thomson: «The view that atoms of the elements consist of a number of negatively electrified corpuscles enclosed in a sphere of uniform positive electrification, suggests, among other interesting mathematical problems, the one that discussed in this paper, that of the motion of the ring of n negatively electrified particles placed inside a uniformly electrified sphere.»

Thomson måtte sette elektronene i sirkelbevegelser, ellers ville ikke hans modell kunne forklare atomets magnetiske egenskaper. Utfra kompliserte beregninger mestret Thomson, det få den gang trodde var mulig, å utvikle en mekanisk stabil modell for atom. Ladde partikler påvirker jo hverandre med krefter. I 1909, lovpriste fysikeren Max Born Thomsons modell på denne måten: «being like a piano excerpt from the great symphonies of luminating atoms.» I 1904 publiserte japaneren Hantaro Nagaoka en modell for atomet med en positivt ladde kjerne i sentrum for sirkulerende elektroner. Denne modellen er i motsetning til Thomsons ikke mekanisk stabil og fikk derfor liten oppmerksomhet. Ingen av lærebøkene som ble undersøkt nevner Nagaokas modell.

For å teste om lærebøkene versjon av Rutherfords modell stemmer overens med den han faktisk foreslo, må vil lese Rutherford artikler *The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure*

of the Atom fra 1911 og *The Structure of the Atom* fra 1914 [24, 25]. Hovedtemaet i 1911-artikkelen er at spredningsvinklene til alfa-partiklene viser at hele atomets positive ladning er samlet i en liten kjerne. Om atomets struktur skriver Rutherford: «Consider an atom which contains a charge $\pm Ne$ at its centre surrounded by **a sphere of electrification containing a charge $\mp Ne$ supposed uniformly distributed throughout a sphere of radius R .**»

I Rutherfords modell er elektronene (som har motsatt ladning av kjernen) i ro og jevnt fordelt som en sfære i hele atomets volum. For spredningsvinklene til alfa-partiklene spiller ladningen til kjerna ingen rolle, derfor $\pm Ne$.

I artikkelen med tittelen *The Structure of the Atom* (Rutherford, 1914), skriver han om kjernemodellen: «In order to account for this large scattering of particles, I supposed that the atom consisted of a positively charged nucleus of small dimensions in which practically all the mass of the atom was concentrated. **The nucleus was supposed to be surrounded by a distribution of electrons to make the atom electrically neutral and extending to distance from the nuclear comparable with the ordinary accepted radius of the atom.**»

Elektronenes eneste oppgave i Rutherfords modell er å sørge for at atomet er nøytralt, de har nemlig ingen betydning for spredningsvinklene. På tross av de eksperimentelle bekreftelsene på at atomet har en positivt ladd kjerne, fikk Rutherfords modell svært liten oppmerksomhet, noe Rutherford selv bidro til. På Solvay-konferansen høsten 1911, der atomets struktur ble diskutert, nevnte ikke Rutherford sin egen kjernemodell. Bohr sa i et intervju i 1962 at Rutherfords modell, som ble publisert samme måned som Bohr disputerte for doktorgraden, ikke ble tatt alvorlig og at den ikke ble nevnt noen steder. Årsaken var at siden Rutherford ikke inneholdt elektronenes bevegelse, ble den heller ikke betraktet som en modell for atomets struktur.

I alle tidligere foreslåtte modeller beveget elektronene seg i sirkelbaner. Det er derfor paradoksalt at lærebøkens versjon forteller at de sirkulerende elektronene i Rutherfords modell rystet fysikken i den grunnvoller fordi den avslørte en dramatisk motsetning mellom den klassiske fysikkens forutsigelse og virkeligheten.

Et kort sammendrag av de virkelige hendelsene i Bohrs vei til en kvanteteori for atomet

Bohrs interesse for atomets struktur ble vakt i juni 1912 da han arbeidet som postdoc i Manchester hos Rutherford for «å lære noe om radioaktivitet». En kollega av Bohr, Charles Darwin, hadde utledet en teori for alfapartiklenes fartstap gjennom tynne folier. Det er alfapartiklenes kollisjon med elektro-

nene som er årsaken til fartstapet. Darwins teori var bra, men den hadde også en del feil, noe Bohr straks forsto årsaken til. Darwin hadde nemlig antatt at elektronene i atomet er frie og jevnt fordelt omkring kjerna, slik som i Rutherfords modell.

I et brev til sin bror Harald datert 12. juni forteller Bohr om feilene i Darwins teori og at han vil publisere en forbedret utgave. Men det viktigste for fysikkens utvikling var at denne hendelsen fikk Bohr interessert i å prøve å utlede et uttrykk for atomenes grunntilstandsenergi. Vi kan følge denne utviklingen i det notatet Bohr skrev og leverte til Rutherford før hjemreisen 24. juli 1912. Han skriver at for å kunne bruke fysikkens teorier til å utføre beregninger, trenger han en modell der elektronene ikke er i ro og jevnt fordelt utover i atomet som i Rutherfords modell, men beveger seg i sirkelbaner rundt kjerna. Han skriver ingenting om at denne modellen er strålingsustabil. Derimot var han svært opptatt av at modellen var mekanisk ustabil. Bohr lyktes i sitt prosjekt ved å anvende Newton 2. lov og en hypotese som sier at elektronenes kinetiske energi er proporsjonal med elektronets omløpsfrekvens.

Bohr ble vitenskapelig assistent i fysikk ved Universitetet i København høsten 1912 og 4. november skriver han i et brev til Rutherford: «Jeg beklager at jeg ikke ennå har hatt anledning til å gjøre ferdig artikkelen min om atomer og sende den til deg, men frem til nå har jeg hatt så mye å gjøre med forelesninger og laboratoriearbeid at jeg kun har hatt meget lite tid igjen.»

Bohr gjentar flere ganger i brev til Rutherford og andre kolleger at han overhodet ikke er interessert i å prøve å forklare frekvensene i atomenes linjespekter. I et brev datert 31. januar 1913 til Rutherford står det: «Jeg befatter meg overhodet ikke med spørsmålet om beregninger av de frekvenser som svarer til linjene i det synlige spekteret. Jeg har kun forsøkt, på grunnlag av en enkel hypotese som jeg har benyttet fra starten av, å diskutere atomets og molekylens struktur i deres 'permanente' tilstand». Rutherford må derfor blitt svært overrasket han leste artikkelen *On the Constitution of Atoms and Molecules* Bohr hadde sendt 6. mars 1913. Den handlet nemlig nesten utelukkende om en revolusjonerende forklaring på linjespektrene.

At kilden til stråling alltid er vibrasjoner eller oscillasjoner av ladninger og at strålingen har samme frekvens som ladningen, hadde vært en sannhet siden Maxwell verken Planck eller Einstein hadde utfordret. Men i Bohrs teori er ikke kilden til strålingen oscillerende ladninger og frekvensene i strålingen er bestemt av energiforskjellen mellom tillatte tilstander. Det var en revolusjonerende idé Rutherford hadde vanskelig for å akseptere. I svarbrevet til Bohr skriver Rutherford at ideen har et

stort problem fordi den forutsier at elektronet på forhånd må bestemme hvor det skal lande for at lyset skal vite hvilken frekvens det skal svinge med!

Bohrs atommodell er for lengst byttet med kvantemekanikkens, men det gjelder fortsatt at frekvensen i strålingen fra et atom er bestemt av energiforskjellen mellom to tilstander. Det som fikk Bohr plutselig til likevel å interessere seg for atomenes linjespekter og eksiterte tilstander var at han i februar 1913 oppdaget likheten mellom Balmer's formel for frekvensene i lyset fra hydrogen og hans uttrykk for atomets grunntilstandsenergi. Hvordan Bohr kom fra denne oppdagelsen til sin revolusjonerende forklaring på frekvensene i linjespektrene, blir det ikke plass til å fortelle her. Det ble ikke sendt ut fotoner fra Bohr atom, men elektromagnetiske bølger. Bohr var nemlig en standhaftige motstander av Einsteins fotonteori helt frem til 1925. Likevel forteller standardversjonen at Bohr løste gåten om linjespektrene ved å tolke dem i lys av Einsteins fotonteori.

Brevene Bohr skrev fra han reiste til Cambridge høsten 1911 til han publiserte den berømte artikkelen *On the Constitution of Atoms and Molecules* i 1913, gir elever og studenter en unik mulighet til å oppdage at fysikk er en menneskelig aktivitet der tilfeldigheter noen ganger kan spille avgjørende rolle for utviklingen.

Få forelesere og lærere har tid til å studere primærkilder og utarbeide historiske eksempler om viktige hendelser i fysikkens utvikling tilpasset egen undervisning. Jeg håper og tror at en interessant oppgave medlemmene i nettverket for historie og filosofi i NFS kan arbeide med er å utarbeide og publisere eksempler på fysikkens utvikling tilegnet undervisning i fysikk. Det vil også være en oppgave å arrangere samlinger og seminarer der fysikkens historie er tema. Forhåpentligvis vil disse aktivitetene føre til at mange universiteter i Norge kan tilby lektorstudenter i realfag et emne i fysikkens historie slik som Universitetet i Sørøst-Norge gjør. ■

Referanser

- [1] Jenkins, E. (1991). «The History of Science in British Schools: Retrospect and Prospect». In R.M. Matthews (Ed.), *History, Philosophy and Science Teaching: Selected Readings*, s. 33–42.
- [2] Mach, E. (1883/1960). *The Science of Mechanics: A Critical & Historical Account of Its Development*.
- [3] Einstein, A. (1951). *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. New York: Tudor Publishing Company.
- [4] Rosenfeld, L. (1936/1976). La première phase de l'évolution de la Théorie des Quanta Osiris 2, s. 149–196, oversatt til norsk av Aaserud, F. (1976) Rosenfeld: *Den første fasen i utviklingen av kvanteteorien*. Universitetsforlaget. Oslo-Bergen-Tromsø
- [5] Bridgman, P. W. (1950). Impertinent Reflections on History of Science. *Philosophy of Science*, s. 63–73.
- [6] Kragh, H. (1992). «A sense of History: History of Science and the Teaching of Introductory Quantum Theory». *Science & Education* 1 (s. 349–363).
- [7] Stuewer, R.H. (2006). «Historical Surprises». *Science & Education* 15, s. 521–530.
- [8] Cohen, I.B. (1950). «A Sense of History in Science». *American Journal of Physics* 18(6), s. 343–359. s.354.
- [9] Kuhn, T.S. (1978). *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity. 1894–1912*. New York Oxford.
- [10] Holton, G. (1952). *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science*. Addison-Wesley.
- [11] Klein, M.J. (1962). «Max Planck and the Beginning of the Quantum Theory». *Archive for History of Exact Sciences* 1(5), s. 459–479.
- [12] Klein, M.J. (1963). «Einstein's First Paper on Quanta». *The Natural Philosopher* 2, s. 59–86.
- [13] Brush, S.G. (1969). «The Role of History in the Teaching of Physics». *The Physics Teacher* 7(5), s. 271–280.
- [14] Gamov, G. (1966). *Thirty Years That Shook Physics. The Story of Quantum Theory*. Garden City, New York: Anchor Books Doubleday & Company, Inc.
- [15] Whitaker, M.A.B. (1979). «History and Quasi-History in Physics Education 1». *Physics Education*, 14(2), s. 108–112.
- [16] Kragh, H. (2000). «Max Planck: the Reluctant Revolutionary». *Physics World*.
- [17] Renstrøm, R. (2011). «Kvantefysikkens utvikling i fysikklærebøker, vitenskapshistorien og undervisning». www.duo.uio.no/handle/10852/11084
- [18] Young, H.D., & Freedman, R.A. (2011). *University Physics* (13 ed.). San Fransisco Boston New York: Pearson Addison Wesley.
- [19] Knight, R.D. (2008). *Physics for Scientists and Engineers* (2 ed.). San Francisco: Pearson Addison Westley.
- [20] Wilson, J.D., Buffa, A.B., & Lou, B. (2007). *College Physics* (6 ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [21] Jewett Jr, J.W., & Serway, R.A. (2006). *Serway's Principles of Physics*.
- [22] Brehm, J.J., & Mullin, W.J. (1989). *Introduction to the Structure of Matter. A Course in Modern Physics*. New York: John Wiley & Sons.
- [23] Thomson, J.J. (1904). «On the Structure of the Atom». *Philosophical Magazine* 7, s. 237–265.
- [24] Rutherford, E.J. (1911). «The Scattering of α and β Particles by Matter and The Structure of the Atom». *Philosophical Magazine* 21, s. 669–688.
- [25] Rutherford, E.J. (1914). «The Structure of the Atom». *Philosophical Magazine* 27, s. 488–498.

Om å få elever og studenter til å blomstre:

En inspirasjonsartikkel til minne om
Cathrine W. Tellefsen (1967–2022)



Inspirasjon. Cathrine W. Tellefsen foran Foucault-pendelen i Fysikkbygningen ved UiO.

Foto: Ola Gamst Sæther, Uniforum

Å vekke undring, nysgjerrighet og lærelyst hos elever og studenter var den profesjonelle drivkraften til Cathrine Wahlstrøm Tellefsen, som døde 15. desember 2022 etter en periode med sykdom. Cathrine var astrofysiker, fysikklærer, lærebokforfatter, kursholder, lektorutdanner, undervisningsutvikler og inspirator – og generalsekretær i Fysikklærerforeningen fra 2016 til 2022. I denne artikkelen feirer vi Cathrine og hennes liv og virke ved å vise fram noe av det hun brant for innen fysikkutdanning.

Fra forsker til fysikklærer til lektorutdanner

Cathrine vokste opp i Bærum og tok hovedfag i astrofysikk ved Universitetet i Oslo i 1992. Etter en kort periode som forsker ved Norsk institutt for luftforskning fant hun ut at undervisning var det hun brant for. Cathrine ble fysikk- og realfagslærer, først ved Asker videregående skole og deretter ved Valler. Snart ble hun også fanget opp av Aschehoug forlag og deltok som lærebokforfatter i fysikkverket

Ergo og i læreverket Naturfag 1.

I 2011 var Fysisk institutt, UiO, på jakt etter en dyktig lektor som kunne reformere og undervise det store innføringsemnet i fysikk som inngår i studieprogrammer i bl.a. biovitenskap, geofag og kjemi. Hun kastet seg over oppgaven og la opp et emne som var skreddersydd for studenter som skulle bruke fysikken i praksis: rikt på relevante eksempler, pirrende diskusjonsoppgaver, demonstrasjoner og eksperimenter, og undervisning som aktiviserte studentene.

Det viste seg raskt at Cathrine var en person som MN-fakultetet trengte i arbeidet med å utvikle hele undervisningen på fakultetet i mer studentaktiv retning. Dette omfattet også lektorutdanningen, og fra 2014 ble Cathrine utdanningsleder for Lektorprogrammets studieretning i realfag. Samtidig bidro hun aktivt i MN-fakultetets satsing på å modernisere alle utdanningene, både ved å legge om til mer studentaktiv læring, kurse og inspirere

fakultetets undervisere (også gruppelærerne), bruke forskningsresultater og systematisk utvikling i design av emner og læringsaktiviteter, og inkludere programmering i studieprogrammer og lektorutdanning.

«Dagens lille undring» og studentaktiv læring

Cathrine hadde mange fyndord knyttet til god undervisning. Hun brant for å starte undervisningen med «dagens lille undring». Den tok utgangspunkt i et fenomen som studentene hadde opplevd (stjernehimlen, bølger på en strand) eller en demonstrasjon som hun viste (som å svinge et brett med et fullt vannglass rundt uten vannsøl eller glasskår, med henvisning til sentripetalakselerasjon og Newtons lover). Med «dagens lille undring» ga Cathrine elevene og studentene en håndfast, felles opplevelse å hekte et tema på, noe som er en anerkjent fagdidaktisk strategi for motivasjon og god læring. Windschitl, Thompson og Braaten (2020) kaller slike felles opplevelser for «anchoring events» i boka «Ambitious science teaching».

Et annet prinsipp for Cathrine var at alle skal høre navnet sitt minst én gang i hver undervisningsøkt. Dette er en måte å få elever og studenter til å føle seg trygge og hjemme i undervisningen på, slik at de tar aktivt grep om egen læring og våger å vise fram ufullstendig forståelse i lærerrike diskusjoner med andre. Dette er helt i tråd med internasjonal forskningslitteratur på området; for eksempel definerte Fraser og medarbeidere (2014, side 2) aktiv læring i fysikk på denne måten:

[active learning activities are activities that] promote conceptual understanding through interactive engagement of students in heads-on (always) and hands-on (usually) activities which yield immediate feedback to all students through discussion with peers and/or instructors.

Cathrine samlet praktiske tips og støtte til undervisere i heftet Studentaktive læringsformer. (Tellefsen, udatert). Her kan man bl.a. lese om teknikker som samsnakk, omvendt undervisning, grubleoppgaver, diskusjoner med lydopptak, «Hvem skal ut»-oppgaver og mye mer. I klasserommet kunne Cathrine illustrere overganger mellom energinivåer i atomer ved å dirigere elever til å hoppe mellom gulv, skammel, stol og pult ettersom de mottok eller avga energi i form av ulike søtsaker. Cathrine delte sin kunnskap om og lidenskap for undervisning med undervisere i tips-og-triks-hef-

ter, artikler, innlegg på seminarer, og ikke minst i de gode samtalene og ved å vise det i sin egen praksis.

Fysikkambassadør i inn- og utland

Cathrine drev etterutdanning av fysikklærere og forelesere i inn- og utland og spredte budskapet om aktiv læring og forskningsbasert utvikling av undervisning i skole og universitet. Gjennom forsknings- og utviklingsprosjektet ReleKvant (Bungum og medarbeidere, 2015) bidro Cathrine til å utvikle læringsressurser og kurser fysikklærere i hvordan elever på meningsfylt vis kunne diskutere generell relativitetsteori og erkjennelsesmessige konsekvenser av kvantefysikk. Også i dette prosjektet viste Cathrine sitt engasjement for at elever og studenter skulle se relevansen av fysikk for hverdagsfenomener og i ulike yrker. Hun kom alltid med gode eksempler der den abstrakte kvantefysikken eller relativitetsteorien griper inn i livet vårt, og hun bidro sterkt i å utvikle den delen som handlet om kvantefysikkens rolle i medisinsk fysikk. På denne måten implementerte Cathrine et veletablert prinsipp fra læringspsykologi og motivasjonsteori, nemlig at elever og studenter lærer best når de er interesserte og opplever stoffet som relevant og verdifullt for seg og sitt liv. Da en delegasjon av forskere, fysikklektorstudenter og fysikklektorer fra ReleKvant besøkte prosjektet «Einstein first» (www.einsteinianphysics.com) og The Gravity Discovery Centre ved University of Western Australia i 2016 (Tellefsen og Henriksen, 2016), deltok Cathrine med liv og lyst.

Programmering i fysikkundervisning

De siste årene brant Cathrine for hvordan programmering kan åpne nye muligheter i fysikkutdanningen både i skolen og på universitetsnivå (Haraldsrud og Tellefsen, 2018). Hun var en drivkraft i å bygge opp etter- og videreutdanningstilbud for lærere og gjøre eksempler, kursmaterieell og ressurser tilgjengelige gjennom tilbudet ProFag (www.mn.uio.no/kurt/livslang-lering/profag/). Dette arbeidet Cathrine med i Center for Computing in Science Education og MN-fakultetets kompetansesenter for undervisning i realfag og teknologi (KURT).

Norsk fysikklærerforening og landskonferanser

Cathrine gjorde en stor innsats for Norsk fysikklærerforening og var en ivrig deltaker og betydelig bidragsyter til foreningens arrangementer. Hun var



Påtroppende og avtroppende generalsekretær i Norsk fysikklærerforening. Cathrine W. Tellefsen og Carl Angell på Fysikermøtet i Tromsø i 2017.

Foto: privat

styremedlem en rekke år, og i 2016 ble hun generalsekretær i foreningen.

«Landskonferansen om fysikkundervisning» som Fysikklærerforeningen arrangerer, er kanskje foreningens viktigste oppgave. Landskonferansen samler fysikklærere fra hele skoleverket, fra grunnskole til universitet, men flest fra den videregående skolen. Her foregår fysikkfaglige og fagdidaktiske diskusjoner, sosialt samvær og erfaringsutveksling om undervisning og læring i fysikk nesten hele døgnet. Cathrine var i mange år med i komiteen som arrangerte konferansene, sist i 2022! Hennes glødende engasjement for både lærere og elevene i klasserommet, og hennes kombinasjon av seriøsitet og lekenhet, bidro sterkt til den brede deltakelsen og den gode stemningen på disse konferansene.

Arbeidsjern med hjerte for faget og elevene

Cathrine var et arbeidsjern og drevet av lystprinsippet. Det hun brant for, kastet hun seg inn i med energi, kreativitet, faglig alvor og en smittende latter. Gjennom bidragene som vi har beskrevet her fortsetter Cathrine å inspirere fysikkundervisere. Vi oppfordrer alle fysikklærere til å feire Cathrines liv og virke ved å ta hennes gode eksempel inn i klasserommet, kanskje med «dagens lille undring», studentaktive læringsformer eller programmering på fagets premisser, og alltid med et stort hjerte for både elever, studenter og fysikken. ■

Ellen K. Henriksen, Maria Vetleseter Bø og Carl Angell

Referanser

- [1] Bungum, B., Henriksen, E. K., Angell, C., Tellefsen, C. W., & Bøe, M. V. (2015). ReleQuant – Improving teaching and learning in quantum physics through educational design research. *Nordic Studies in Science Education* 11(2), 153–168. <https://journals.uio.no/nordina/article/view/2043>
- [2] Fraser, J. M., Timan, A. L., Miller, K., Dowd, J. E., Tucker, L., & Mazur, E. (2014). Teaching and physics education research: bridging the gap. *Reports on Progress in Physics*, 77(3), 032401.
- [3] Haraldsrud, A. og Tellefsen, C.W. (2018). Programmering – for fysikkens skyld. *Fra Fysikkens Verden* 3/2018, s. 70–75.
- [4] Tellefsen, C.W. (udatert): *Studentaktive læringsformer*. <https://www.mn.uio.no/om/organisasjon/adm/prosjekter/interact/aktiv-lering/studentaktive-laeringsformer-notat.pdf>
- [5] Tellefsen, C.W. og Henriksen, E.K. (2016). For hver etasje du går oppover i en trapp, eldes du raskere. *Titan*, 27. desember 2016. <https://titan.uio.no/universet-naturvitenskap-utdanning/2016/hver-etasje-du-gar-oppover-i-en-trapp-eldes-du-raskere>
- [6] Windschitl, M., Thompson, J. og Braaten, M. (2020). *Ambitious science teaching*. Harvard Education Press.



Emil J. Samuelsen

(1937–2023)

Professor Emil Johannes Samuelsen døde 3. februar 2023, 86 år gammel. En lang og imponerende karriere som vitenskapsmann, formidler, professor og mentor er dermed kommet til ende. Emil vokste opp i Lyngen i Troms som en av ni søsken. Han var en oppvakt elev og fikk anledning til å gå på Realskole og senere Troms Offentlige Lands gymnas, noe som ikke var en selvfølge på den tiden. Deretter gikk veien videre til sivilingeniør-studier i fysikalsk kjemi ved NTH, avsluttet i 1960. Samuelsen var førsteamanuensis og senere professor i fysikk ved NTH/NTNU fra 1976, en stilling han hadde fram til pensjonering i 2007.

Emil J. Samuelsen var en foregangsmann innen eksperimentell faststoff-fysikk, med lavdimensjonale strukturer og delvis ordnede materialer studert med Raman-, nøytron- og røntgenspredning som forskningsfelt. Han ble dr. philos. ved UiO i 1971 med en avhandling om faseoverganger i 2D magnetiske materialer studert med uelastisk nøytronspredning. Dette arbeidet har fått betydelig oppmerksomhet som den første eksperimentelle verifiseringen av Onsagers teori for faseoverganger i 2D Ising-systemer.

Gjennom karrieren hadde Emil forskningsopphold ved utenlandske institusjoner i Nederland, USA, Tyskland, Frankrike og Polen. Ved NTH/

NTNU arbeidet Emil de første årene med organiske kjede- og lagstrukturer, interkalering og grafitt. Senere arbeidet han med organiske halvledere og elektrisk ledende polymerer, hvor han også gjorde nybrottsarbeid med å påvise anisotrope semikrystallinske strukturer og betydningen disse har for å forstå de opto-elektroniske egenskapene. Disse materialklassene danner som kjent grunnlaget for dagens kommersielle OLED-skjerm-teknologi.

Emil var også en pioner innen norsk synkrotronstråling for materialstudier. Etter de første eksperimentene og publikasjonene tidlig på 1990-tallet har dette utviklet seg til å være en betydelig forskningsaktivitet ved alle de etablerte norske universitetene, med forgreininger til mange vitenskapelige fagfelt og spesialiseringer. Samuelsen var hovedveileder for en rekke masterstudenter og om lag ti doktorgradsstudenter som nå sitter i gode stillinger i academia og norsk industri. Vi som hadde gleden av å arbeide sammen med ham, har satt stor pris på det gode og alltid konstruktivt kritiske samarbeidet med Emil.

De senere mange årene, som professor emeritus, fortsatte Emil å være til berikelse for miljøet ved Institutt for fysikk, ikke minst som hyppig brukt sensor til studentoppgaver og eksamensbesvarelser. Emil J. Samuelsen var sammen med Øyvind G.

Grøn redaktør i *Fra Fysikkens Verden* i 10 år – fra og med nr. 2 i 2013 til og med nr. 4 i 2022. Emil gjorde redaktørarbeidet med stort engasjement og energi. Han var nøye med kvaliteten på de publiserte artiklene og bidro aktivt med forslag til hvordan manuskriptene kunne forbedres. I tillegg til å ta initiativ for å få inn artikler til FFV og arbeidet med å vurdere og forbedre innsendte manuskripter, var Emil selv en flittig bidragsyter til FFV.

Emil var veldig interessert i språk og lokalhistorie. I tillegg til ca. 130 vitenskapelige artikler skrev han nærmere 150 populærvitenskapelige bidrag, oftest knyttet til materialers fysikk og kjemi, men også andre tema innen vitenskap og lokalhistorie. Den siste publikasjonen, om Jordas bærekraft, ble publisert i *Naturen* så sent som i oktober 2022.

I tillegg til en omfattende vitenskapelig produksjon dyrket Emil også en rekke andre interesser opp gjennom årene, ikke minst språk, sang og lokalhistorie. Han har eksempelvis skrevet gripende og nøkternt i *Nord-Troms Årbok* om frigjøringen av Finnmark og Nord-Troms som han selv opplevde som liten gutt mot slutten av andre verdenskrig.

Emil Samuelsen påtok seg mange administrative oppgaver, blant annet som instituttleder og senere dekan ved NTH. Ved European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) hadde han i en årrekke verv

i ulike råd og komiteer. De administrative ferdighetene brukte han også på fritiden hvor han som ivrig og habil orienteringsløper en periode var leder for Sør-Trøndelag orienteringskrets. Emil var medlem av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab og Norges Tekniske Vitenskapsakademi.

Emil Samuelsen og kona Brit hadde et gjestfritt hjem, først på Hundhamaren i Malvik og senere på Persaunet i Trondheim. Våre tanker går i disse dager især til Brit og familien. Vi som hadde gleden av å arbeide med Emil som veileder, medforfatter eller kollega har mistet en inspirerende mentor og kjær kollega. Med Emil har en stor akademisk kapasitet gått bort. Emil vil bli savnet av mange venner både i Norge og utlandet. Fred over Emil Samuelsen minne!

På vegne av nåværende og tidligere medlemmer av Gruppe for Røntgenfysikk ved NTNU, Knut Aasmundtveit, Dag W. Breiby, Basab Chattopadhyay, Ragnvald Mathiesen og Jostein Mårdalen.

*Redaktør i FFV,
Øyvind G. Grøn.*



Ove Havnes

(1940–2021)

Ove Havnes ble født 8. april 1940. Han døde 26. november 2021.

Ove Havnes hadde i de siste 40 år gitt mange betydelige og banebrytende bidrag innen to beslektede forskningsområder:

1. Fra omkring 1979 spilte han en nøkkelrolle i å utvikle det nye fagfeltet støvplasma-fysikk, også omtalt som «Complex Plasma Physics», hvor plasmafysikken utvides til også å inkludere effekten av elektrisk ladete støvpartikler.
2. Fra 1989 bidro han til en rekke gjennombrudd i studiet av Jordens midlere atmosfære ved å anvende støvplasma-fysikk på sentrale problemområder og i tillegg utvikle nye typer rakett-prober, samt diagnostiske metoder for bruk av radar.

Complex Plasma Physics

Hans innsats i utvikling av fundamentet for det nye feltet «Complex Plasma Physics» har bidratt sterkt til forståelsen av de fundamentale prosessene hvor nanometer til mikrometer store partikler – kalt støvpartikler – er viktige ladningsbærere; så vel som den rollen som slike prosesser har i å påvirke den fysiske tilstand og utvikling i et vidt spekter av naturlige system og i laboratorie-eksperiment.

Ladete støvpartikler finnes, og spiller en avgjørende rolle, i mange industrielle prosesser, i Jordens atmosfære, på overflaten av måner og asteroider, kometer, interstellare rom, i stjernevind og protoplanetariske skyer. Havnes' arbeid innen fundamentale prosesser inkluderte oppladning av støvpartikler, ladningsfordeling og strukturen i støvplasma,

elektrostatisk levitasjon, en ny bølgedempings-mekanisme forårsaket av ladnings fluktuasjoner på støvpartiklene, bølger og sjokkforplantning, samt instabiliteter. Han forutsa eksistensen av, og den muligheten for diagnostisering som lå i dannelsen og observasjon av Mach-strukturer i støvplasma, som senere ble oppdaget også i laboratorie-eksperiment i Garching (Max-Planck-Institutt) hvor Havnes var gjesteforsker med gjentatte besøk siden 1983.

Hans arbeid på fundamentale prosesser i «Dusty Plasma Physics», som har ledet til at en av de mest sentrale parametrene i dette feltet, er blitt oppkalt etter ham og gitt betegnelsen «the Havnes parameter» (Naval Research Laboratory: NRL Formulary s. 62, Rev 2006). Dette er en anerkjennelse som få forskere opplever.

Undersøkelser av Jordens midlere atmosfære

I 1989 begynte Havnes å anvende støvplasma-teori på problem som er assosiert med radar- og rakett-undersøkelser av Jordens midlere atmosfære. Etter en innledende fase hvor arbeidene hovedsakelig var teoretiske, ble han inspirert og utfordret av sine resultater og prediksjoner til å teste disse ved selv å formulere og utføre eksperiment. Dette ledet til at han i 1993–1994 konstruerte og skjøt opp den første vellykkete rakett-probe (DUSTY) for å måle ladning på støvpartikler i høydeområdet 50–100 kilometer.

DUSTY var usedvanlig vellykket og ledet til en rekke nye oppdagelser angående forholdene i den midlere atmosfære. Resultatene skjøv tyngdepunktet i undersøkelsene av den midlere atmosfære langt i retning av støv, som nå ble anerkjent å ha en dominerende effekt på skyene i disse høydeområdene.

DUSTY-proben ble også prototypen for de fleste av støv-probene som er utviklet av andre grupper for bruk i rakett-eksperiment.

MUDD (Multiple Dust Detector)

I 1996–2000 ledet Havnes utvikling og bruk av den første vellykkete miniatyriserte og fullt ut instrumenterte høy-G rakettnyttelast kalt Minidusty. Hensikten med disse var å tillate serier av oppskytinger. Resultatene fra Minidusty viste, i motsetning til den vanlige oppfatning, at kun mindre mengder av ladet støv kunne produsere skyfenomen. De viste også at det var en sterk korrelasjon mellom støvmengde og styrken av skyene observert med radar.

I 2003 fant Havnes, basert på teoretiske modellberegninger, at det skulle være mulig å påvirke styrken av radarspredningen fra skyene (NLC/PMSE/PMWE) i den midlere atmosfære ved hjelp av den såkalte «EISCAT Heating Facility» på Ramfjordmoen og produsere en syklisk variasjon hvor den fremtredende effekten var en kraftig forsterking (Overshoot) av radar-spredning når EISCATs ionosfæriskoppvarming anlegget Heating ble slått av. Manuskriptet med denne usedvanlige prediksjonen ble mottatt med betydelig skepsis, som stilnet når effekten ble observert av Havnes' gruppe og deretter bekreftet av andre forskergrupper. Overshoot-effekten har nå funnet sin plass som en meget nyttig radardiagnostikk-metode som har ledet til en rekke nye resultater.

I 2005 forutsa Havnes teoretisk at en bakgrunn av støvpartikler i atmosfæren ville påvirke utviklingen av ionisasjonssporene i atmosfæren som dannes når meteoritter brenner opp. Denne effekten, foruten å ha betydning for nøyaktig bestemmelse av temperatur ut fra diffusjonen av sporene, ville kunne brukes til å påvise eksistensen av de ikke-synlige røkpartiklene. Effekten er senere påvist av flere grupper.

I 2007–2008 installerte Havnes' gruppe en ny MST (Meso-Strato-Troposfære) radar (MORRO) på EISCAT-anlegget på Ramfjordmoen ved Tromsø. En av hovedhensiktene var å kartlegge Overshoot-effektene i de forskjellige skyer som kan oppstå i den midlere atmosfære. Noen av de første og viktigste resultatene var å påvise at skyene som oppstår om vinteren (PMWE) kun har en svak Overshoot-effekt og en syklisk variasjon som indikerer at de domineres av svært små, usynlige støvpartikler. Dette var et resultat som var i motsetning til den vanlige oppfatning som hevdet at skyene kun var et resul-

tat av bølge- og turbulensaktivitet. Et annet viktig og nytt resultat fra MORRO var påvisningen av at ladningsprosessene for de nanometer-små støv-/røkpartiklene i den midlere atmosfære er forskjellige fra det som tidligere hadde vært ansett som riktig.

Ove Havnes hadde mange samarbeidspartnere i Europa, Asia og i Nord-Amerika, men hans mest besøkte mål var Max-Planck-Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) i Garching ved München hvor han også møtte sine fremtidige viktigste samarbeidspartnere, blant annet prof. Greg Morfill, som var direktør ved MPE. Havnes hadde en stor og avgjørende innflytelse på utviklingen av MPE ved å bidra til dannelse av en større gruppe i «Complex Plasmas» under Greg Morfills ledelse, en gruppe som i en årrekke har utført noen av de mest vellykkete eksperiment på den internasjonale romstasjonen. Havnes har også bidratt med løpende rådgivning og inspirasjon til denne aktiviteten som medlem i MPE visiting committee (Fachbeirat) og som kollega.

Annet

Ove Havnes var den første som fikk den nyopprettede Norsk Hydros Birkelandspris, utdelt i 1999 av Norsk Fysisk Selskap. I 2009 fikk han den prestisjetunge tyske prisen Humboldt Research Award.

Ove var glad i all slags musikk fra pop til jazz til klassisk. Noen av favorittpopplåtene hans var The Beatles' «Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band» og «Lucy in the skies with diamonds» og Kari Bremnes' «Alle vet jo det». En av hans favoritter blant jazzmusikere var John Coltrane. I klassisk musikk elsket han klaverkonsertene av Rachmaninoff.

Ove elsket friluftsliv. Han var en ivrig fjellvandrør som dro til fjells omtrent en gang i uken før kroppen begynte å svikte ham.

Havnes var en habil seiler. Han seilte den norske kysten opp og ned fra Tromsø til sin fødeby Bergen hvert år i mange år sammen med familien sin. Han seilte videre flere ganger på Dodekanesene-øyene i Hellas.

Ove var en ivrig leser av all slags litteratur. Favoritt-lesningen hans var *Norrøna-sagaene* og *Røde orm* av Frans G. Bengtsson og mange andre bøker på både norsk og engelsk.

*Cesar La Hoz, prof. emeritus,
UiT Norges Arktiske Universitet*

RETURADRESSE:
FRA FYSIKKENS VERDEN
FYSISK INSTITUTT, UNIVERSITETET I OSLO
BOKS 1048 BLINDERN
0316 OSLO
NORGE

ISSN-0015-9247

Styret i Norsk Fysisk Selskap

President

Professor Sunniva Siem, Fysisk institutt, UiO, Kjerne- og energifysikk
sunniva.siem@fys.uio.no

Visepresident

Forsker Hilde Nesse, Institutt for fysikk og teknologi, UiB,
Birkelandsenteret for romforskning
hilde.nesse@uib.no

Styremedlemmer

Rom-, plasma- og klimafysikk: Førsteamanuensis Audun Theodorsen, Institutt for fysikk og teknologi, UiT
Subatomær fysikk og astrofysikk: Professor Håvard Helstrup, Institutt for datateknologi,
elektroteknologi og realfag, HVL

Industri- og energifysikk: Professor Jon Samseth, Institutt for produktdesign, OsloMet

Akustikk og optikk: Professor Astrid Aksnes, Institutt for elektroniske systemer, NTNU

Biofysikk og medisinsk fysikk: Professor Pawel Sikorski, Institutt for fysikk, NTNU

Kondenserte fasers fysikk med atomfysikk: Forsker Kristian Stølevik Olsen, Nordita

Leder av Norsk Fysikklærerforening: Lektor Kaja Nordby, Kongsbakken vgs.

Vara

Professor Magnus Borstad Lilledahl, Institutt for fysikk, NTNU

Adresse

Norsk Fysisk Selskap
Fysisk institutt, UiO
Boks 1048 Blindern
0316 Oslo

www.norskfysisk.no

Sekretær

Stipendiat Andreas Halkjelsvik Mjøs, Fysisk institutt, UiO
E-post: nfs.styret@gmail.com
Bankgiro: 7878.06.03258
Org.nr.: 940 340 829

Bedriftsmedlemmer

Vi takker for støtten fra
våre bedriftsmedlemmer:



UNIVERSITETET
I OSLO



UNIVERSITETET I BERGEN



UiT Norges
arktiske universitet

