

Nr. 4 – 2014
76. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øyvind Grøn
Emil J. Samuelsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Helge Weman:	
Nobelprisen i fysikk 2014.	104
Catharina de Lange Davies:	
Nobelprisen i kjemi 2014.	107
Thormod Henriksen:	
Lungenes rensesystem og radon ..	110
E.H. Hauge:	
Når sklir stigen?	117
Frå Redaktørane	98
In Memoriam	98
Finn Lied (1916-2014)	
Torbjørn Sikkeland (1923-2014)	
Tor Jacobsen (1931-2014)	
FFV Gratulerer.	101
Eivind Vilhelm Thrane 80 år	
Yaras Birkelandspris 2014	
til Thomas Gjesteland	
Himmelleger oppkalt etter	
Sjur Refsdal og Jan-Erik Solheim	
Hva skjer	119
Norsk nanoteknologiforskning	
i 10 år	
Birkelandforelesningen 2014	
Nye Doktorer	121
PhD Vegard Rekaa	
Trim i FFV	122



Nobelprisvinnerne i fysikk 2014:
(f.v.) Isamu Akasaki, Hiroshi Amano og Shuji Nakamura
(Se artikkel)

Frå Redaktørane

I årets siste nummer av FFV er det vanleg å ha omtale av Nobelprisen i fysikk. I år har vi også ein kort omtale av Nobelprisen i kjemi, for også den prisen har i seg ein betydeleg porsjon fysikk i år, nemleg høgoppløyst mikroskopi.

Fysikkprisen er gitt for utviklinga av LED-lamper med kvitt lys, og er såleis gitt for ei teknologisk oppfinning meir enn for ei oppdaging eller ein teori. Ein kan seie at prisen høver godt for 2014 med tanke på neste års UNESCO- og FN-erklærte "Lysets år 2015", som FFV planlegg å markere.

Nobelprisen er blitt eit høgaktuelt element i norsk forskingsomtale gjennom medisin/fysiologi-prisen til May-Britt og Edvard Moser ved NTNU. Heile forskings-Noreg gler seg over prisen. Berre ein gong før har nobelpris i eit realfag gått til Noreg, nemleg ein halv kjemipris til Odd Hassel ved UiO i 1969. To norsk-amerikanarar, Lars Onsager og Ivar Giaever, har elles fått nobelprisar i kjemi og i fysikk.

Den halve nobelprisen til NTNU har fått mange til å juble over at dette vil gi NTNU ein god dytt oppover på dei internasjonale rangeringslistene. Vel og bra det, men dessverre er dette også ein tydeleg illustrasjon på veikskapar i rangerings-systemet. Der er mange vettuge folk som er sterkt kritiske til heile rangeringsideen. Spesielt i Shanghai-rangeringa har nobelprisar svært stor vekt. Men det er ikkje slik at ein pris på *eitt* fagfelt nødvendigvis har betydning for andre fagfelt, og ein slik pris kan uansett ikkje i seg sjølv løfte nivået frå "bra middels" til "godt" eller "utmerkt", anna enn i beste fall å forbetre omdømmet til universitetet. Og jamvel nobelpristildelingar kan vere omdiskuterte, slik ein kan lese her i bladet for i år. I slike tvilstilfelle er det ukjente argument som gir poenga til det eine og ikkje til det andre av universiteta.

At mange i academia og blant velinformerte kommentatorar er skeptiske til dei internasjonale rangeringane er ein ting. Der er andre veikskapar ved rangeringane enn overvekt for prisar, m.a. lita eller inga vekt på undervisningsdelen. I det offentlege rommet, i aviser og andre media, og særleg hos politistarar og dei som skal fordele forskingsmidlane, blir rangeringane tillagt altfor stor betydning. Dei liknar i skremmande grad på vurdering av sportsprestasjonar og politiske meningsmålingar.

Emil J. Samuelson

∞

In Memoriam

Finn Lied (1916–2014)

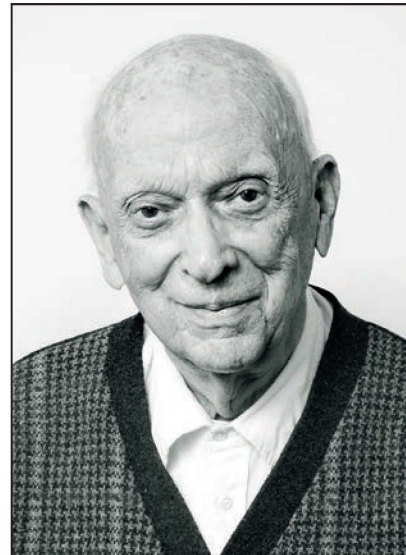


Foto: Trude Eng

Finn Lied døde 10. oktober 2014, vel 98 år gammel. Med ham er en av de største forkjempere for en petroleumspolitik basert på nasjonal styring og eierskap over olje- og gassressursene gått bort. Hans virksomhetsområde strekker seg imidlertid langt ut over energipolitikken; den rommer i særlig grad forskning og teknologiutvikling til nytte for hele samfunnet.

Som direktør for Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i 26 år la han et solid grunnlag både for moderne utstyrsutvikling for forsvaret, men samtidig også for kompetanse- og teknologioverføring for å fremme næringsutvikling i sivile bedrifter ("dualismen" som han ofte refererte til). Finn Lied hadde under sitt opphold i London under deler av den annen verdenskrig, opplevd hvor viktig teknologien var for utviklingen av et moderne forsvar. Fra han ble ansatt ved det nyopprettede FFI i 1946 og i årene framover var han opptatt av denne problemstilling for både forsvaret og det sivile liv. Han var engasjert i forskningsutredninger både i sitt parti og i offentlige komiteer. Han var opptatt av at både grunnforskning, anvendt forskning og utvikling skulle ha gode vilkår, men på de riktige premisser. Han gjorde FFI til et institutt for teknologiutvikling, men som han ofte presiserte: "Vi må ha et visst omfang av grunnforskning på

et høyt nivå – kanskje satse 10 % av instituttets budsjett for å være i forskningsfronten på et par områder”. Dette for å gjøre aktiviteten interessant for forskningsverden, slik at instituttet kunne knytte forbindelser til de fremste, internasjonale universitetsmiljø og teknologiske arnesteder.

I tråd med disse tanker vokste blant andre ”ionosfæregruppen” fram ved FFI. Som sambands-offiser i England under krigen hadde Lied hatt kontakt med noen av de fremste britiske forskerne innen ionosfærefysikk. På den tiden var langdistanse radiosambands- og navigasjonssystemer for sivile og militære formål helt avhengige av signaler reflektert fra ionosfæren. Det var klart at både grundig kartlegging av ionosfærens egenskaper og dyp forståelse av de fysiske prosessene i mediet, var nødvendig for å videreutvikle systemene. Spesielt var dette viktig på våre breddegrader der nordlysrelaterte prosesser skapte store problemer for samband og navigasjon.

Tidlig etter etableringen av FFI i 1946 startet Lied eksperimentelle studier av ionosfærens reflekterende og absorberende egenskaper. Sammen med Leiv Harang og Bjørn Landmark etablerte han et aktivt grunnforskningsmiljø ved FFI. Samtidig ble det, i samarbeid med Televerket, etablert et ”Bølgeforplantningskontor” som utarbeidet frekvensvarsler for Forsvaret og Televerket på grunnlag av observasjonene. Forskning og praktiske anvendelser gikk dermed hånd i hånd, i tråd med Finn Lieds filosofi. Han ga ionosfæreforskerne tillit og gode arbeidsvilkår, gruppen tiltrakk seg talenter og oppnådde raskt internasjonal anerkjennelse. En lang rekke doktorgradsarbeider vitnet om suksessen. Etter at han ble FFIs direktør deltok ikke Lied selv i forskningsarbeidet, men var en aktiv mentor med dyp faglig kunnskap. Han var alltid til stede på de ukentlige tidsskriftkollokvien.

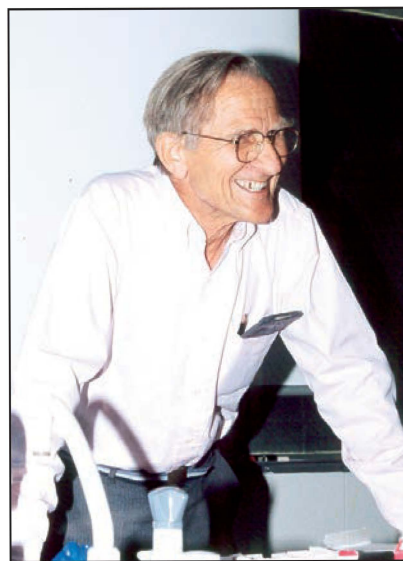
Etter romalderens inntog med oppskyting av Sputnik I i 1957 var Finn Lied og Bjørn Landmark blant de viktigste initiativtakerne til etableringen av Andøya Rakettskytefelt. Den første forskningsraketten, Ferdinand I, hadde instrumenter fra FFI om bord, og ionosfæregruppen hadde, helt frem til 2010, en sentral plass i det norske romforskningsmiljøet. Spesielt i 1970- og 80-årene hadde FFI, med Finn Lieds aktive støtte, også en viktig teknologisk rolle som senter for integrasjon av rakettnyttelaster.

Vi minnes Finn Lied som en vidsynt og aktiv skapende kraft i norsk forskning.

Trygve Røed-Larsen og Eivind Thrane

∞

Torbjørn Sikkeland (1923–2014)



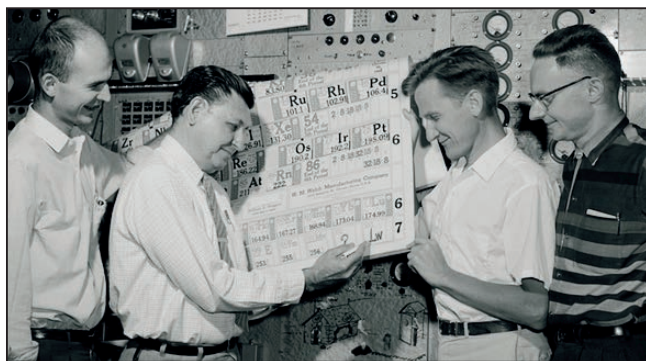
Professor Torbjørn Sikkeland døde 7. november, 91 år gammel. Han er internasjonalt kjent for å ha vært med på oppdagelsen av de to transurane grunnstoffene, nobelium og lawrencium, da han arbeidet ved Berkeley-universitetet i California.

Torbjørn Sikkeland vokste opp på en gård i Varteig som nummer seks av åtte søsken. Han tok examen artium i Sarpsborg i 1943 og ble cand.real. med hovedfag i kjemi ved Universitetet i Oslo i 1952. I 1966 tok han doktorgraden i kjernefysikk ved Universitetet i Oslo.

I årene 1953 til 1956 var Sikkeland forsker ved Institutt for Atomenergi på Kjeller og arbeidet med å skille plutonium fra uran med kjemiske metoder. I 1956 fikk han stipend fra NTNf for å dra til Berkeley, der han ble medlem av den aktive gruppen til Glenn Seaborg.

Seaborgs forskningsgruppe hadde funnet plutonium og andre grunnstoffer frem til nr. 101 (mendelevium) i 1955. Torbjørn arbeidet sammen med denne berømte gruppen i hele 13 år. Der hadde de fått en ny, stor tungioneakselerator som ga muligheter til å akselerere strippede ioner, som karbon med 6 plussladninger. Torbjørn ble fort en viktig og iderik medarbeider i denne gruppen, og han nevnes nest etter Albert Ghiorso som oppdager av nobelium, grunnstoff 102, i 1958, og av lawrencium, grunnstoff 103, i februar 1961.

Som oppdager av et nytt grunnstoff hadde de også rett til å gi det navn, og de kalte det lawrencium til ære for Ernest Lawrence, som fant opp cyklotronen, og som har gitt navn til det berømte ”Lawrence Berkeley National Laboratory”.



Figur 2. Her feirer (f.v.) Latimer, Ghiorso, Sikkeland og Larsh oppdagelsen av lawrencium. Dette var den absolutte toppen av Sikkeldands karriere. (Legg merke til at en først ga lawrencium symbolet Lw mens vi nå bruker Lr.)

Torbjørn Sikkeland og hans kone, Sylvia, var et fast "norsk punkt" i Berkeley. Alle vi andre som besøkte Berkeley hadde glede av Sikkeland-familien.

Etter 13 år i det hektiske forskningsmiljøet i Berkeley, dro Sikkeland tilbake til Norge. Her tilbrakte han først ett år ved Radiumhospitalets forskningsinstitutt der han studerte strålingsbiofysikk og så på spredning av lys i løsninger og emulsjoner.

I 1969 ble Torbjørn Sikkeland professor ved Norges tekniske høgskole (NTH) i Trondheim. Fysikkfagene på NTH var i 1970- og 1980-årene fordelt mellom seks professorer med hvert sitt småinstitutt, og Torbjørn ledet Institutt for eksperimentalfysikk. Her ble det forsket på flere områder, som utvinning av energi fra havbølger, hørselsfysikk, termosonometri og fotoemisjon fra rene metalloverflater. Sikkeland foreleste for det meste førsteavdelingsfag for studenter på Linjen for teknisk fysikk. Hans raushet og smittende gode humør skapte et fint miljø ved instituttet og gjorde ham avholdt av studentene.

Sikkeland var formann for Fysikkseksjonen 1973–1974, og formann (dekan) for Almennavdelingen 1980–1982. Denne avdelingen omfattet også mekanikk, matematikk og data.

Torbjørn fulgte også med i kjernefysikken og deltok som gjesteforsker i eksperimenter i Darmstadt og Berkeley helt til han ble pensjonist i 1993.

Etter Tsjernobyl-ulykken advarte Torbjørn mot atomkraftverk og radioaktive utslipp fra atomrenseanlegg som i Dounreay. For dette fikk han Venstres miljøpris. Dette var et fagfelt der Torbjørn og jeg var uenige, og det førte til mange diskusjoner på Tofte i Hurum, dit han og Sylvia flyttet som pensjonister.

Torbjørn Sikkeland var medlem av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskap og av Norges Tekniske Vitenskapsakademi.

Det er få forunt å oppdage noe som står til alle tider. Men Torbjørn Sikkeldands navn vil alltid være knyttet til oppdagelsen av grunnstoffene nobelium og lawrencium.

Thormod Henriksen

∞

Tor Jacobsen (1931–2014)



Professor emeritus Tor Jacobsen døde 26. september etter noen dagers sykeleie. Han nærmet seg 84 år.

Tor trådte sine barnesko i Harstad og viste etter hvert stor interesse for sjakk. Han ble en meget dyktig sjakkspiller og var med på Norges vinnerlag i Student-VM-turneringen i Brüssel i 1953. Han spilte også på det norske laget i Student-VM i Uppsala i 1956. Tor var også medlem av Harstad Sjakkelskap og ble nordnorsk mester i 1953 og 54.

Tor Jacobsen begynte på realfagsstudier ved Universitetet i Oslo i 1951. Etter studiene arbeidet han ved Fysisk institutt på Blindern, i første omgang til begynnelsen på 60-tallet, avbrutt av et kort opphold som lærervikar i Harstad. Så fulgte en to-treårs periode ved CERN, det store internasjonale forskningssentret for elementærpartikkel- og kjernefysikk utenfor Geneve. På midten av 1960-tallet var Tor igjen tilbake på Blindern, og han arbeidet siden med elementærpartikkelfysikk (EPF) der.

Deltakelsen i det store nordiske samarbeidsprosjektet angående pp- og pd-reaksjoner ved 19

GeV/c, utført i boblekammer ved CERN, ble et hovedarbeidsområde for Tor fra siste halvdel av 60-tallet fram til begynnelsen på 1980-tallet, da han var vitenskapelig leder for den norske delen av prosjektet. I tillegg deltok han i analyse av proton- og antiproton-reaksjoner i fotografisk emulsjon. Han var også gruppeleder for EPF-gruppen ved instituttet i perioden 1972–1976. På 1980-tallet var Tor Jacobsen med på å gjøre det mulig for norske fysikere å bli med på et italiensk-russisk eksperiment med antiprotoner mot lette atomkjerne, utført ved Lav Energi Antiproton Ringen (LEAR) ved CERN. Under siste halvdel av 1990-tallet var Jacobsen prosjektleder for den norske deltakelsen i 450 GeV/c pp-eksperimentet WA102 ved CERN.

Tor Jacobsen var samfunnsengasjert og var stadig å finne i avisene med sine synspunkter. Han hadde også stor interesse for klassisk musikk og var ofte å treffe på konserter i Universitetets aula og andre steder. Vi vil savne Tor og hans initiativrike, søkende og humoristiske holdning til fag, samfunn og livet generelt.

*L. Bugge, K.M. Danielsen, F. Ould-Saada,
A.L. Read, S. Stapnes og S.O. Sørensen*

∞

FFV Gratulerer

Eivind Vilhelm Thrane 80 år



Professor emeritus Eivind Vilhelm Thrane passerte 27. august 2014 en milepæl hvor det står "80 år".

Thrane tok naturvitenskapelig embetseksamen ved Universitetet i Oslo i 1961, med hovedoppgave i fysikk. I 1962 ble han ansatt som forsker ved Forsvarets forskningsinstitutt, hvor han har tilbrakt mesteparten av sitt forskningsaktive liv. Han ble dr.philos. i 1967. Doktoravhandlingen var et eksperimentelt arbeid om variasjoner i elektron-tetthet i den lavere ionosfære (område med frie elektroner og både positive og negative ioner), ionosfærens D-lag som befinner seg i høydeområdet 60–90 km). Thranes studier hadde både et grunnforskningsformål som ga kunnskap om vårt nære rommiljø, og et anvendt perspektiv. Det var et bidrag til å forstå og planlegge langdistanse HF radiokommunikasjon og for å velge optimale frekvenser i radiosamband. Dette var viktig for å øke påliteligheten og dekningen både i militær og sivil radiokommunikasjon.

Den lavere ionosfære som ligger omtrent i det samme området som kalles mesosfæren (høydeområdet 50–100 km), har imidlertid betydning utover det å være et "speil" for radiobølger. Dette området er viktig i forbindelse med koblingen mellom den nøytrale atmosfære og den ioniserte del av atmosfæren og verdensrommet. Dette skulle bli Eivinds hovedinteresse gjennom hele hans forskningskarriere. Mesosfæren er et meget komplisert område når det gjelder sammensetning, kjemiske og dynamiske prosesser, og den er ikke lett tilgjengelig for datainnsamling. Den eneste instrumentplattformen som kan gi direkte målinger av forholdene i mesosfæren, er raketter. Satellitter kommer ikke lavt nok, og ballonger går ikke høyt nok. Thrane engasjerte seg derfor i å utvikle instrumenter og å organisere internasjonale rakettkampanjer spesielt rettet mot studier av den midlere atmosfære. Det var ofte svært omfattende kampanjer med kombinasjon av bakkebaserte instrumenter, raketter og satellitter i et verdensomspennende nettverk, og involverte forskere fra en rekke land. Dette ga Thrane en sterk posisjon i internasjonal ionosfæreforskning som hadde stor betydning for det norske romforskningsmiljøet.

Thrane var spesielt interessert i studier av turbulens og finskalastrukturer helt ned til under 1 m. Her var han en pionér med sine målinger av lagdelt turbulens og tyngdebølger (oppdriftsbølger). Dessuten har han studert lysende nattskyer og sterke radarekkoer (PMSE-Polar Mesosphere Summer Echoes) fra mesosfæren, som har sammenheng med oppladning av nanometerstore ispartikler i høydeområdet 80–90 km, og som moduleres av både

turbulens og tyngdebølger. Disse finnes bare om sommeren når temperaturen i dette høydeområdet kan falle helt ned til nesten 100 K.

Raketter gir kun øyeblikksbilder med direkte målinger i atmosfæren og ionosfæren. For å kunne følge langtidsutviklingen må man benytte fjernmålingsteknikker med bakkebaserte instrumenter. Thrane engasjerte seg derfor i å opprette og styrke bakkeinstrumentering i Nord-Norge for fjernmåling av mesosfæren. Den mest betydelige innsatsen på dette området var etablering av det internasjonale ALOMAR-observatoriet (*Arctic Lidar Observatory for Middle Atmosphere Research*) på Andøya. Thrane var en av de drivende krefter i etablering av dette observatoriet. ALOMAR har en omfattende og allsidig instrumentering for aktiv og passiv fjernmåling av atmosfæren, spesielt en rekke store lidarar (*light detection and ranging*). I tilknytning til de optiske målinger fra ALOMAR er det også etablert flere store radarinstallasjoner på blant annet Andøya, som gir utfyllende data. I dag er forskere fra 8 nasjoner involvert i instrumentering og drift av ALOMAR, og enda flere bruker observatoriet i sin forskning.

Thrane har hatt en lang rekke verv både i nasjonale og internasjonale organisasjoner og forskningsenheter innen romforskning. Han har blant annet vært leder for Norsk Geofysisk Forening, og har hatt styreverv i Norsk Romsenter og Andøya Rakettskytefelt. Han har ledet utredninger og vært medlem av komiteer og utvalg i Forskningsrådet og i forgjengerne NAVF og NTNF. Internasjonalt har han hatt flere verv i *Committee for Space Research* (COSPAR) og har vært medlem av NATOs vitenskapskomite.

Da Thrane i 2001 ble pensjonert fra sin hovedstilling som forsker ved FFI, ble han ansatt som forskningssjef ved Andøya Rakettskytefelt, en stilling han hadde til desember 2012. I denne stillingen har han spesielt arbeidet med vitenskapelig rådgivning og å fremme norske romforskningsinteresser i utlandet, noe som han også har vært opptatt av i mesteparten av sitt forskerarbeid.

Thrane ble i 1985 ansatt som professor II ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, en stilling som han hadde frem til 2004. Thrane har også hatt flere forskningsopphold i England og USA, og han har vært gjesteprofessor ved Institute for Space and Astronautical Science, Tokyo, Japan, Gesamphthochschule, Wuppertal, Tyskland, og Universitetet i Tromsø. Thrane har vært en inspirerende veileder for mange hovedfagsstudenter og

holder fortsatt populære forelesninger i romfysikk.

Eivind Thrane ble i 2002 tildelt Kongens fortjenstmedalje i gull for sin forskning og innsats for å fremme norsk romforskning internasjonalt gjennom sitt brede kontaktnett.

Sist, men ikke minst, har Thrane vært en fremragende inspirator for sine kolleger, studenter og venner i romforskningsmiljøet både i inn- og utland.

Eivind, vi gratulerer deg med de 80 årene som du har lagt bak deg, og vi ønsker deg mange gode og innholdsrike år frem mot neste milepæl!

Tom A. Blix, Alv Egeland og Jan A. Holtet

∞

Yaras Birkelandpris 2014 til Thomas Gjesteland



Figur 1. Thomas Gjesteland (t.v.) mottar Yaras Birkelandpris 2014 av Yaras teknologidirektør, Pierre Herben, ved årets Birkelandforelesning i Oslo, 25. september (foto: Erik Furu Bårdsen).

Thomas Gjesteland ved Birkelandsenteret for romforskning, Universitetet i Bergen, ble årets vinner av Yaras Birkelandpris i fysikk og kjemi. Prisen er for hans bidrag til forståelsen av *jordiske gammaglimt*. Yaras Birkelandpris er en årlig utmerkelse som ble utdelt første gang i 2009. Prisen alternerer annethvert år mellom fysikk og kjemi, og skal gå til et doktorgradsarbeid som best er i Kr. Birkelands forskerånd. Prisen er på 100 000 kr og et diplom.

Jordiske gammaglimt er det mest energirike fotonfenomenet på jorden. Gammaglimtene fra jorden ble oppdaget på 1990-tallet av en satellitt med instrumenter for å studere gammaglimt fra det fjerne verdensrom. Det vakte oppsikt da en opp-

daget at slik høyenergistråling også oppstår på jorden. De første målingene indikerte at dette var et sjeldent fenomen som var relatert til tordenvær. Fortsatt er det uvisst hvor vanlige jordiske gammaglimt er. Andre spørsmål omkring dette fenomenet er hvor og hvordan jordiske gammaglimt oppstår.

Doktoravhandlingen til Thomas Gjesteland har tittelen: "*Properties of Terrestrial Gamma ray Flashes – Modelling and Analysis of BATSE and RHESSI data*". I denne avhandlingen benytter Gjesteland observasjoner av gammaglimt fra to satellittinstrumenter samt simulering av hvordan gammaglimt oppfører seg i atmosfæren. Gjesteland viser at gammaglimtene oppstår inne i tordenskyer og er direkte knyttet til lynutladninger. Han har gjennomgått tidligere satellittdata på nytt, og ved en grundig analyse har han funnet at jordiske gammaglimt er et mye vanligere fenomen enn først antatt, og at en ikke kan utelukke at ethvert lyn produserer gammastråling.

Resultatet, at jordiske gammaglimt er et vanlig fenomen, indikerer at de kan være en viktig kobling mellom jorden og det nære verdensrom. Dette skyldes at slike gammaglimt produserer energirike elektroner som sendes ut av atmosfæren.

Gjesteland er nå forsker ved Birkelandsenteret for romforskning, der han for tiden analyserer satellittdata fra RHESSI av jordiske gammaglimt og radiosignaler av lyn mottatt på bakkestasjoner, samt værdata fra satellitter av tordensystemer.

Birkelandsenteret for romforskning ledes av professor Nikolai Østgaard, og et av hovedspørsmålene de studere er effekten av de energirike elektronene som sendes ut av atmosfæren. Senteret bygger nå en gammadetektor som skal plasseres på den internasjonale romstasjonen. Denne detektoren er en del av ASIM-prosjektet som skal studere jordiske gammaglimt og lyn i den øvre atmosfære, kjent som *sprites*. Da vil en kunne observere langt flere gammaglimt og få bedre forståelse av fenomenet.

Thomas Gjesteland tok mastergrad i romfysikk ved Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen, høsten 2007, og ble universitetsstipendiat samme sted fra 2008. Vårsemesteret 2009 hadde han et forskningsopphold ved Stanford University i California, USA. Doktorgradsarbeidet er utført under veiledning av professorene Nikolai Østgaard og Johan Stadsnes ved UiB. Disputasen fant sted 15. juni 2012.

Pål Brekke
Norsk romsenter

∞

Himmellegemer oppkalt etter Sjur Refsdal og Jan-Erik Solheim



Figur 1. Sjur Refsdal og Jan-Erik Solheim

Den internasjonale astronomiske union har meddelt at asteroiden som tidligere var betegnet med 2009 HV 19 fra nå av skal hete **392142 Solheim**, etter Jan-Erik Solheim.

NASA's *Small-Body Database Browser* (SBDB) skriver at asteroiden ble oppdaget av de litauiske astronomene K. Cernis og I. Eglitis i 2009. T.E. Hillestad skriver i *Astronomi*⁽¹⁾ at Solheim og astrofysikkgruppa ved Universitetet i Tromsø, støttet og hjalp litauiske astronomer, blant dem oppdageren Cernis, i årene 1991–2008. Videre står det i meddelelsen i SBDB: "Den norske astronomen Jan-Erik Solheim (født 1938) har arbeidet med kosmologi, fotometri av galakser, astroseismologi av hvite dvergstjerner og tette dobbeltstjernesystemer. Han var en pioner i Whole Earth Telescope prosjektet og koordinerte observasjoner gjort over hele Jorda. I de siste årene har Jan-Erik Solheim forsket på årsaker til klimavariasjoner."

Den 21. november 2014 annonserte astronomen P.L. Kelly og medarbeidere at de ved hjelp av Hubble-romteleskopet hadde oppdaget fire gravitasjonslinsebilder av en supernova.⁽²⁾ De innleder sin artikkel på følgende måte: "Muligheten for at lys fra en eksploderende supernova (SN) kan følge mer enn en bane forbi en stor galakse på vei mot observatøren ble først utforsket for 50 år siden."⁽¹⁾ Referanse (1) er til Sjur Refsdals pionerarbeid om gravitasjonslinse-effekten publisert i det britiske tidsskriftet *Monthly Notes of the Royal Astronomical Society* i 1964.⁽³⁾ Kelly og medarbeidere fortsetter: "Denne supernovaen (heretter kalt **SN Refsdal**) er den første multiappel-avbildete SN oppdaget til dags dato ... For SN Refsdal er de

fire bildene tydelig oppløst med en avstand mellom bildene på over 2 buesekunder, og representerer derfor en ideell anledning til, for første gang, å utføre eksperimentet foreslått for 50 år siden av Refsdal.” Dermed ble den første observerte ”gravitasjonslinsete” supernovaen oppkalt etter Sjur Refsdal.

”Eksperimentet” går ut på å måle tidsforskjellene mellom bestemte variasjoner i gravitasjonslinsebildene som kan identifiseres som bilder av samme hendelser på strålingskilden, men hvor de observeres til forskjellig tid fordi lyset har brukt forskjellig reisetid fra kilden til jorda langs de forskjellige reiserutene forbi gravitasjonslinsen. Sjur Refsdal viste at man kan bestemme Hubbleparameteren, dvs. hvor raskt universet ekspanderer og dermed universets alder for en gitt universmodell, ved å måle slike tidsforskjeller.

Sjur Refsdal (1935–2009) var professor i astrofysikk ved observatoriet i Hamburg fra 1970 til 2001. Men han hadde hele tiden et godt samarbeid med kolleger i Oslo.

I en artikkel på hjemmesiden til Institutt for teoretisk astrofysikk, UiO, skriver A.K.D. Evans:⁽⁴⁾ ”Sjur Refsdal er mest kjent for sitt banebrytende arbeid innen gravitasjonslinsing.” I 2001 fikk Refsdal

Nansenprisen for fremragende forskning, og i 2005 ble han tildelt Kongens fortjenstmedalje i gull.

Referanser

1. T.E. Hillestad: *Asteroide oppkalt etter Jan-Erik Solheim*. *Astronomi*, Nr. 6, 6 (2014)
2. P.L. Kelly: *Multiple Images of a Highly Magnified Supernova Formed by an Early-Type Cluster Galaxy Lens*. Preprint 24. nov. 2014. Internett: arXiv:1411.6009.
3. S. Refsdal: *On the possibility of determining Hubble's parameter and the masses of galaxies from the gravitational lens effect*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **128**, 307–310 (1964)
Artikkelen er fritt tilgjengelig på Internett: <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1964MNRAS.128..307R/0000310.000.html>
4. A.K.D. Evans: *Første linsete supernova heter SN Refsdal*. Internett: <http://www.mn.uio.no/astro/om/aktuelt/aktuelle-saker/snrefsdal.html>

Øyvind Grøn

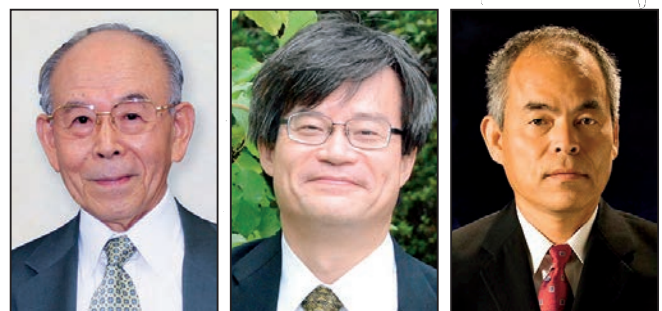
∞

Nobelprisen i fysikk 2014

Helge Weman *

Årets nobelpris i fysikk er tildelt japanerne Isamu Akasaki (f. 1929), *Nagoya og Meijo University*, Hiroshi Amano (f. 1960), *Nagoya University*, og Shuji Nakamura (f. 1954), i dag amerikansk statsborger, *University of California, Santa Barbara*, ”för uppfinningen av effektiva blå lysdioder vilka möjliggjort ljusstarka och energisnåla vita ljuskällor”. Årets fysikkpris er altså ikke gitt for en oppdagelse, men snarere for en oppfinnelse, med ”størst nytte for menneskeheten” i beste Alfred Nobel-ånd. Kungliga Svenska Vetenskapsakademien belyste dette illustrativt med en lysdiode ved annonseringen i Stockholm 7. oktober i år.⁽¹⁾

* Institutt for elektronikk og telekommunikasjon, NTNU.



Figur 1. Nobelprisvinnerne i fysikk 2014. Fra venstre: Isamu Akasaki, Hiroshi Amano og Shuji Nakamura.

Historien om lysdioden, LED

Fortellingen om årets prisvinnere er en fantastisk historie om forskere som aldri gav opp når de fleste andre på området anså det som et håpløst prosjekt.

Problemet nobelprisvinnerne hadde bestemt seg for å løse, var å utvikle halvledermaterialer som skulle kunne gjøre det mulig å lage blå lysdioder, forkortet til LED (*Light Emitting Diode*), med høy effektivitet slik at de også kunne benyttes som kilder for hvitt lys.

At årets pris virkelig er gitt for en oppfinnelse som har vært i industriell produksjon i flere år alt, og nå så smått tar til å gjøre nytte for menneskeheten i form av energibesparende hvite LED-lamper, gjør også at vi må gå drøyt 20 år tilbake i tid for å forstå når deres bragder i all hovedsak ble utført. Infrarøde LED av gallium-arsenid (GaAs) hadde man begynt å utvikle allerede på slutten av 1950-tallet, og noen år seinere også røde og grønne dioder av gallium-arsenid-fosfid (GaAsP). Den første synlige (røde) LED ble utviklet ved General Electrics Lab i USA, under ledelse av Nick Holonyak, jr.⁽²⁾ Deretter skulle det altså ta ytterligere nesten 30 år innen effektive blå LED kunne framstilles industrielt, trass intensiv forskning både i akademia og industri. Samtidig visste alle at det var en blå diode som trengtes for en dag å kunne revolusjonere lysteknologien og erstatte Thomas Edisons energisløsende glødelamper.

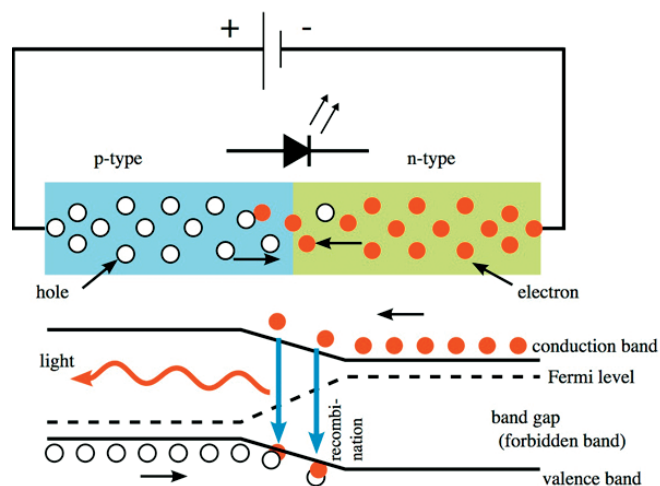
”Blålys” fra soloppgangens land

Mange ulike halvlederkrystaller med elektroniske båndgap som er tilstrekkelig høge til å kunne gi blått lys, ble undersøkt i denne perioden, blant annet materialene sink-selenid (ZnSe), silisium-karbid (SiC) og gallium-nitrid (GaN). Enkelte forskningsgrupper lyktes hver for seg å framstille blå dioder med disse materialene, men de var enten ikke effektive nok, eller stabile nok, for framstilling i stor skala, og de fleste forskningsgruppene la ned forskningen. Det materialet som til slutt vant kampen var GaN, og det takket være den enormt vellykte forskningen til *Akasaki*, *Amano* og *Nakamura*, som altså i år ble kronet med Nobelprisen i fysikk.

På 1980- og 1990-tallet, da de viktigste fremskrittene i denne forskningen ble gjort, arbeidet *Akasaki* og *Amano* sammen, mens *Nakamura* arbeidet uavhengig og ganske selvstendig, som forsker på Nichia Chemicals i Tokushima. *Akasaki* var da professor ved Nagoya University, der *Amano* ble en av hans første stipendiater. Begge arbeidet seinere også side ved side på Meijo University i Nagoya.

Det som krevdes for å få fart på ”blålyset”, var dels en epitaksiell krystallgroingsteknikk (metallor-

ganisk dampfase-epitaksi, forkortet MOVPE fra engelsk. Epitaksi og epitaksiell deponering betyr at egenskaper til nytt materiale som blir skapt ved deponering, blir påvirket av strukturen til underlaget (substratet)) som begge gruppene videreutviklet, slik at GaN-krystaller kunne bli grodd med en særdeles høy kvalitet. Ett av de største problemene prisvinnerne lyktes å løse, var å få fram en effektiv p-doping av GaN, som er et krav for å kunne få fram lys (elektroluminisens) over en p-n overgang i en lysdiode (figur 2). Det var både systematisk arbeid og en del tilfeldigheter som førte til dette gjennombruddet. *Akasaki* og *Amano* hadde oppdaget at når magnesiumdopet (p-type) GaN-



Figur 2. Øvre del: Forspent halvlederlysdiode (dvs. med påtrykt spenning). Nedre del: Energinivå og lysutsending. Lys (røde bølgepiler) blir skapt når elektroner og hull rekombineres (blå piler) i grenseflatene mellom p- og n-dopet side.

materiale ble studert i elektronmikroskop, ble et sterkt blått lys sendt ut. *Nakamura* viste at magnesiumatomene i GaN dannet komplekse defekter med hydrogen, som gjorde at magnesium ble passivert, og han kunne straks forklare det blå lyset med at elektronstrålen dissosierte hydrogenet slik at magnesium ble aktivert. Han utviklet samtidig en metode der han anvendte varmebehandling i stedet for elektronstråling for å aktivere magnesium, og det førte til at p-dopingsmetoden av GaN kunne nyttes i produksjonen av LED.

Med MOVPE-teknikken kunne de også gro nitridlegeringer, som indium-gallium-nitrid (InGaN) og aluminium-gallium-nitrid (AlGaN), og framstille heterostrukturer (der GaN-krystallen er grodd sammen med de forskjellige nitridlegeringene i ulike tynne lag som en ”sandwich”-struktur), det som

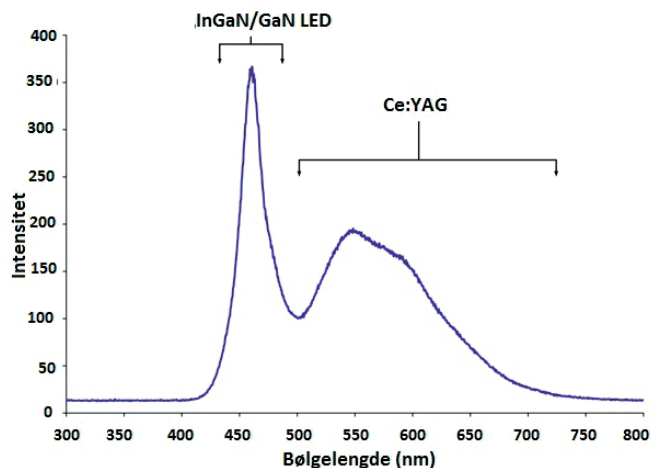
gav Herbert Kroemer og Zhores Alferov halve Nobelprisen i fysikk år 2000. Det viste seg å være helt avgjørende for å få opp effektiviteten i de blå diodene. Slik hadde de alt midt på 1990-tallet lagt grunnlaget for effektive blå og ultrafiolette lysdioder, men også for laserdioder. Etter det hoppet også de store industriselskapene på blå-racet, og resten er historie.

Både Akasaki, Amano og Nakamura patenterte mye av resultatene samtidig med at de publiserte dem i vitenskapelige tidsskrifter. Store deler av Akasakis og Amanos royalties har blitt gjeninvestert ved Nagoya University, der blant annet et institutt for forskning på LED ble opprettet i 2006. Både Akasaki, som nå er emeritus, og Amano arbeider i dag videre med forskning på blå/hvite LED ved Nagoya University. Nakamura fikk opprinnelig en bonus på 180 \$ fra Nichia, og forlot dem hevnlysten i 1999 til et professorat ved University of California, Santa Barbara (UCSB). Deretter valgte han å stevne Nichia for retten og ble først tildømt 180 M\$, men fikk til slutt 9 M\$ etter et forlik. I dag er han fortsatt aktiv med å utvikle neste generasjon GaN-baserte lyskilder på UCSB og via spinn-off bedriften Soraa.

Dagens og framtidens hvite LED

Gjennombruddet for høgeffektive blå GaN-baserte lysdioder muliggjorde også en rask utvikling av hvite LED som er basert på et innebygd fosforiserende stoff som omvandler det blå lyset til hvitt lys. Dagens effektive hvite LED bygger på flere etterfølgende vitenskapelige og tekniske gjennombrudd i materialfysikk, kjemi, optikk og elektronikk, og har blitt til en stor og voksende industri. Hvite LED-lamper har nå energieffektivitet på om lag 50 %, og er dermed mer enn 10 ganger mer effektive enn glødelamper og har levetider på mer enn 100 000 timer, sammenlignet med glødelampenes ~1000 timer. Med tanke på at omtrent en fjerdedel av verdens elektrisitetsproduksjon går til belysning, er altså en enorm energibesparing mulig om vi kan erstatte glødelamper og lysrør med hvite LED-lamper. Det som holder denne overgangen tilbake, er dels den høye innkjøpsprisen for LED, dels at det hvite lyset ofte anses å være for "kaldt" sammenlignet med glødelampenes mer "varme" spektrum (figur 3).

Forskning og utvikling av framtidens hvite lysdioder pågår likevel intensivt verden over. En vurderer bruk av billigere og bedre substrat ("under-



Figur 3. Emissjonsspektrum fra en blå LED belagt med det fosforiserende stoffet cerium-yttrium-aluminium-granat for å framskaffe hvitt lys.

lag"), der det i dag mest blir brukt aluminium-oksidi (Al_2O_3), "safir", for å gro GaN-krystaller, og en vurderer også overgang fra GaN-tynnfilmer til nanotråder. Andre utfordringer som man prøver å løse, er å lage høgeffektive grønne og ultrafiolette lysdioder. Grønne LED skulle muliggjøre at man kan lage hvite LED uten fosforkonvertering, og lysdiodeskjerm basert på en dynamisk blanding av røde, grønne og blå dioder. Høgeffektive ultrafiolette lysdioder kan brukes for vannrensing og desinfeksjon, da det ultrafiolette lyset dreper bakterier, virus og mikroorganismer.

I Trondheim, ved NTNU og i CrayoNano AS, starter en nå forskning og utvikling av slike lysdioder basert på GaN-nanotråder som blir grodd direkte på grafén, materialet som gav Nobelprisen i fysikk 2010 til Sir Andre Geim og Sir Konstantin Novoselov.⁽³⁾ Grafén vil her fungere som epitaksielt substrat og transparent elektrode,⁽³⁾ som vi håper vil bidra til at GaN-lysdioder får enda større gjennomslag i framtida.

I kjølvannet av årets nobelpris

I kjølvannet av nobelprisannonseringen bruker det ofte å komme opp diskusjon om det var "rett" valg, og det skjedde også med årets fysikkpris. En som ikke er fornøyd, er en meget irritert Nick Holonyak jr, som bokstavelig talt ser "rødt". Han regnes av mange som lysdiodens far, etter å ha utviklet den første brukbare synliglys-dioden alt i 1962.⁽⁴⁾ En annen som kan kjenne seg snurt, men som har en mye mer generøs holdning, er Herb Maruska, som faktisk var med og utviklet den første blå GaN-lysdioden på Stanford og RCA Labs i USA alt i 1972.⁽⁵⁾ Han og

to kolleger fikk til og med patent på en blå diode som var basert på magnesium-dopet GaN, som var akkurat lik den som Akasaki, Amano og Nakamura utviklet i Japan. Maruska drømte om å bli rik, men RCA trodde ikke på ideen og la ned prosjektet.

Her har dog den Kungliga Svenska Vetenskapssakademien valgt å holde seg til tradisjonen med maksimalt tre prisvinnere, og dessuten har de valgt denne gangen å ikke gi prisen til personer bak oppfinnelsen, men til dem som gjorde oppfinnelsen *anvendbar*, "til størst nytte for menneskeheten". Inntil videre, og antakelig for godt, må Holonyak i stedet bli husket som en av dem som var verdige å få Nobelprisen i fysikk, men som aldri nådde helt frem. I den "klubben" finnes fra før oppfinneren av glødelampen som siden 1879 har lyst opp vår hverdag fram til i dag, nemlig Thomas Alva Edison. Ifølge ryktet, var han tiltenkt å dele Nobelprisen i fysikk år 1915 med Nikola Tesla som heller aldri fikk prisen, men det er en helt annen historie.⁽⁶⁾ *Leve den hvite lysdioden!*

Oversatt fra svensk av Emil J. Samuelsen.

Referanser

1. Internett: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/
2. N. Holonyak and S.F. Bevacqua: *Coherent (visible) Light Emission from Ga(As_{1-x}P_x) Junction*. Appl. Phys. Lett. 1, 82 (1962)
3. Emil J. Samuelsen: *Grafén i fokus*. Fra Fysikkens Verden 76, Nr. 2, 60–62 (2014)
4. Internett: <http://www.westerndailynews.co.uk/Nobel-Prize-snob-Professor-Nick-Holonyak/story-23061154-detail/story.html>
5. Internett: <http://spectrum.ieee.org/tech-talk/geek-life/history/rcas-forgotten-work-on-the-blue-led>
6. Internett: <http://trove.nla.gov.au/ndp/del/article/1577885>

∞

Nobelprisen i kjemi 2014

*Catharina de Lange Davies **

Nobelprisen i kjemi 2014 er tildelt **Eric Betzig**, *Janelia Research Campus, Howard Hughes Medical Institute, Ashburn, VA, USA*, **Stefan W. Hell**, *Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Göttingen, og German Cancer Research Center, Heidelberg*, og **William E. Moerner**, *Stanford University, Stanford, CA, USA*, "för utveckling av superupplöst fluorescensmikroskopi". Prisen deles likt mellom de tre.

"Seeing is believing"

Årets tre nobelprisvinnere i kjemi har sørget for at forskere nå kan se enkeltmolekyler i levende celler og vev med en romlig oppløsning under lysets diffraksjonsbarriere. Den tyske fysikeren Ernst



Figur 1. Eric Betzig, Stefan W. Hell og William E. Moerner.

Abbe utledet en tilsynelatende fundamental begrensning på oppløsningen som kan oppnås ved lysmikroskopi. Denne oppløsningen er bestemt av lysets bølgelengde og objektivets numeriske apertur, og forenklet kan oppløsningen angis som halve bølgelengden til lyset. For synlig lys blir det ca. 200 nm. Dersom vi ønsker å studere enkeltmolekyler med en bedre romlig oppløsning,

* Institutt for fysikk, NTNU.

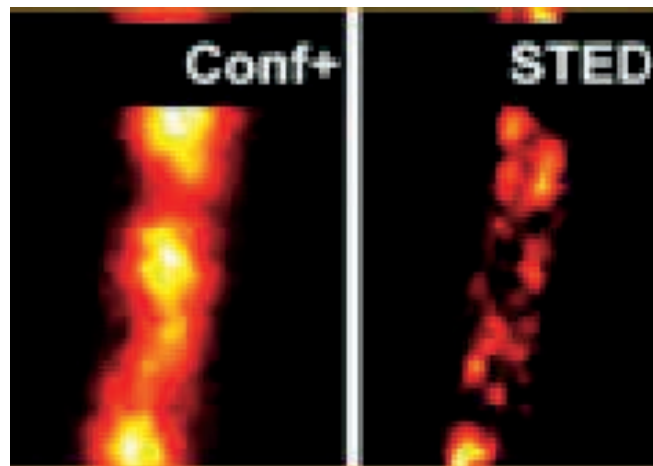
var vi fram til for ca. 10 år siden nødt til å benytte elektronmikroskopi, en teknikk som ikke kan anvendes på levende celler. Årets tre nobelprisvinnere har benyttet to ulike tilnærminger for å utvikle superoppløsnings-fluorescensbaserte mikroskoper. Disse mikroskopene har gjort det mulig å avbilde enkeltmolekyler og dynamiske prosesser i celler og vev som inntil for få år siden var "mørklagt".

Stefan Hell: Stimulated emission depletion (STED)

Teknikken er basert på at en laserpuls eksiterer alle fluorescerende molekyler i et lite fokalvolum, mens en annen laserpuls (STED-laser eller depletion-laser) sørger for at noen av de eksiterte molekylene deeksiteres til grunntilstand ved stimulert emisjon.

STED-pulsen har tverrsnitt som en smultring, slik at molekyler i midten av fokalvolumet ikke blir deeksitert via stimulert emisjon, men deeksiteres på vanlig måte og emitterer fluorescens. Fluorescensen skilles fra den stimulerende emisjonen med optiske filtere og vi får dermed kun fluorescens fra et område som er mindre enn det opprinnelige fokalvolumet. Intensiteten i STED-pulsen bestemmer størrelsen på ringen i smultringen og dermed punktspredefunksjonen. I praksis har en i dag oppnådd en punktspredefunksjon som gir en romlig oppløsning på ca. 30 nm, men teoretisk kan bedre oppløsninger oppnås ved å øke intensiteten. Ved å skanne over prøven og kontinuerlig detektere fluorescensen, genereres et bilde av prøven. Stefan Hell har også nylig fått tildelt Kavliprisen 2014 i nanovitenskap for utviklingen av STED-mikroskopet.⁽¹⁾

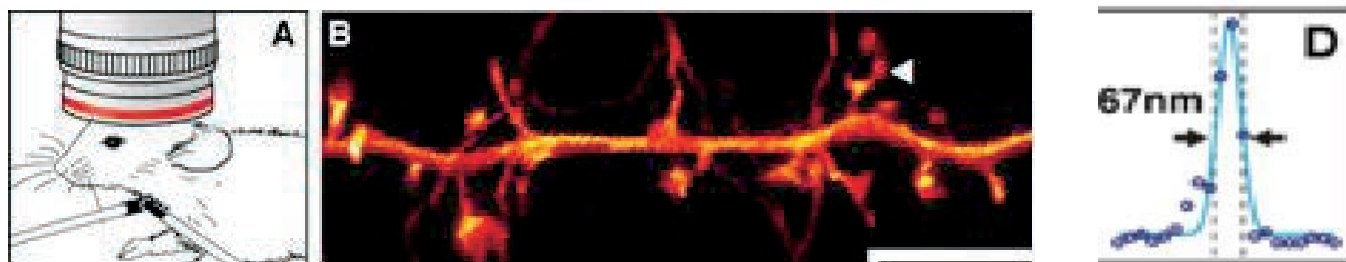
En sammenlikning av bilder av nerveceller dyrket i kultur avbildet med konfokal laser-skanningmikroskop (KLSM) og STED-mikroskop er vist i figur 2.⁽²⁾ I KLSM plasseres en blender foran detektoren slik at kun lys fra fokalplanet i prøven når detektoren. I en seinere artikkel i tidsskriftet *Science* avbildet Hell og kolleger nerveceller i levende mus gjennom et "vindu" i skallen (figur 3A).⁽³⁾



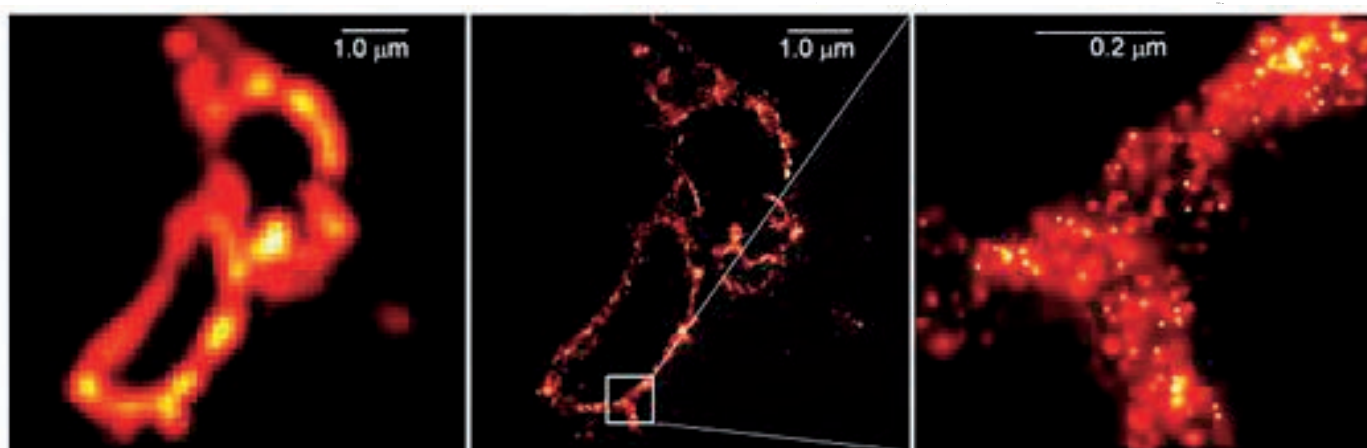
Figur 2. KLSM (venstre) og STED (høyre) mikroskopibilder av fluorescensmerkede proteiner på overflaten av nerveceller dyrket i laboratorium. STED-mikroskopibildet viser tydelig enkeltproteiner

William Moerner og Eric Bertzig: Deteksjon av enkeltfluorescerende molekyler

Teknikken er kjent som *Photoactivated Localization Microscopy* (PALM) og *Stochastic Optical Reconstruction Microscopy* (STORM). William E. Moerner var den første forskeren som målte lys absorbert i et enkelt molekyl. Han viste at det var mulig optisk å kontrollere fluorescensen fra et enkelt molekyl ved å skru fluorescensen av og på. Dette la grunnlaget for utviklingen av en ny type fluorescerende fargestoffer som kan aktiveres/deaktiveres av en lyspuls, såkalte fotoaktiverbare fargestoffer. Eric Bertzig jobbet uavhengig av Moerner med liknede ideer og benyttet også molekyler som kunne skrues av og på. Han aktiverte en del av de fluorescerende molekylene og genererte et bilde av enkeltmolekyler med en innbyrdes avstand 200 nm. Senterposisjonen til de fluorescerende molekylene ble meget nøyaktig bestemt før de ble deaktivert. Deretter ble en ny andel av fluorescerende molekyler aktivert, senterposisjon bestemt osv. Når alle bildene av de fluorescerende molekylene ble lagt oppå hverandre med stor nøyaktighet, framstod de individuelle molekylene, og et superoppløsningsbilde var skapt. Dette er vist i figur 4 der PALM er sammenliknet med total intern refleksjonsfluorescens-mikroskopi som benytter bølger i overflatesjiktet til å eksitere det fluorescerende fargestoffet.⁽⁴⁾



Figur 3. STED-mikroskopibilde av fluorescerende proteiner i nerveceller i hjernen til mus (midten). Hjernen er avbildet gjennom et vindu satt inn i skallen på musene ved å lage et hull i skallen (venstre). Figuren til høyre viser punktspredefunksjonen.



Figur 4. Total intern refleksjonsmikroskopibilde (venstre), PALM-bilde (midten) og PALM-bildet forstørret (høyre). Bildene viser membranproteiner i celler. Membranproteinet er merket med et fotoaktiverbart fargestoff slik at PALM-teknikken kan benyttes. Figuren viser at proteinene er avbildet med mye bedre romlig oppløsning med PALM-teknikken sammenliknet med total intern refleksjonsmikroskopi.

Nanoskopi gir uante muligheter

Etableringen av superoppløsningsmikroskopene gir uante muligheter innen molekylærbiologi, nanoteknologi og forståelse av sykdomsmekanismer, og dermed utviklingen av nye behandlingsformer. Disse mikroskopene er nå kommersielt tilgjengelige. Universitet i Oslo og NTNU har STED-mikroskop.

Referanser

1. Arne Brataas og Emil J. Samuelsen: *Kavliprisen i nanovitenskap 2014*. Fra Fysikkens Verden **76**, Nr. 379-82 (2014)
2. M.A. Lauterbach, J. Keller, A. Schonle, D. Kamin, V. Westphal, S.O. Rizzoli, and V.S. Hell: *Comparing video-rate STED nanoscopy and confocal microscopy of living neurons*. J. Biophotonics **3**, 417-424 (2010)
3. S. Berning, K.I. Willing, H. Steffens, P. Dibaj, S.W. Hell: *Nanoscopy in a living mouse brain*. Science **335**, (6068):551 (2012)
4. E. Betzig, G.H. Patterson, R. Sougrat, O.W. Lindwasser, S. Olenych, J.S. Bonifacino, M.W. Davidson, J. Lippincott-Schwartz, H.F. Hess: *Imaging intracellular fluorescent proteins at nanometer resolution*. Science **313**, (5793): 1642-1645 (2006)

∞

Husk å melde
adresseforandring
til sekretæren
i NFS!

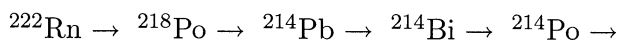
Lungenes rensesystem og radondoser

Thormod Henriksen *

I 2011 hadde vi to artikler i FFV om stråling og kreft.^(1,2) Grunnen til at vi nå tar opp dette temaet på nytt er at det i 2012 ble publisert en modell for hvordan lunger og luftveier renses for virus, bakterier og støv. Et godt rensesystem vil også redusere stråledosene til lungene fra radondøtre som er festet til støvpartikler som vi puster inn. Vi vil spesielt se på uran-radiumserien som starter med ^{222}Rn -isotopen.

Radon og døtre

Radon er en edelgass og vil ikke feste seg til andre atomer eller molekyler. Den desintegrerer med halveringstid på 3,82 døgn og går da over i det som kalles "radondøtre". Disse er:



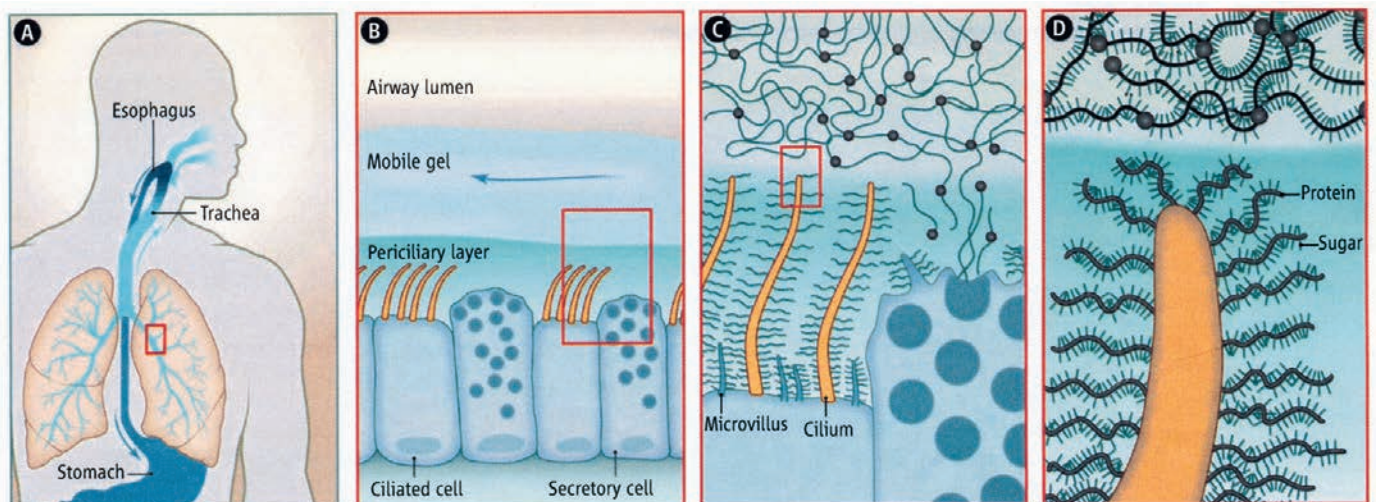
^{214}Po går over i ^{210}Pb som har en halveringstid på 22 år og regnes derfor ikke til radondøtrene. Døtre

med korte halveringstider er metallioner som fester seg til støv i luften og kommer inn i luftveiene når vi puster. Vi skal konsentrere oss om hvor fort radondøtrene desintegrerer (det betyr tidsforløpet av avgitt strålingsenergi) og sammenligne det med hvor fort lungenes rensesystem feier støvpartiklene ut av luftveiene.

Det meste av strålingen fra radondøtrene består av α -partikler som har en rekkevidde i vev på under $100\text{ }\mu\text{m}$. Hvis radondøtrene renses ut før de desintegrerer, vil de *ikke* gi stråling til lunger og luftveier. De vil da havne i magen eller spyttes ut. I magen har α -partiklene liten biologisk effekt på grunn av den korte rekkevidden. Vi vil sammenligne tiden for rensing og tiden for avgitt stråling, og se på den betydning dette har for sammenhengen mellom radon i hus og lungekreft.

Lungenes rensesystem

Figur 1 viser den modellen for lungenes rensesystem som Brian Button og medarbeidere publiserte i



Figur 1. Her er en illustrasjon av den modell Brian Button og medarbeidere ved University of North Carolina, publiserte i *Science* 2012. Lungenes rensesystem består av et mobilt gel-lag som fanger inn støv. Det blir drevet ut av lungene av flimmerhår (cilier). Rød firkant i A er forstørret i B, og firkanten i B er forstørret i C, osv. Det er et tett nettverk av makromolekyler som binder cilienes sammen til en "børste". Modellen kan sammenlignes med en rulletrapp (samleband) som bringer støvet ut. Cilienes lengde og svingfrekvens bestemmer farten på "samlebandet".

* Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Science i august 2012.⁽³⁾ Den modellen viser at rensesystemet består av to lag, et ytre mobilt lag som fanger støv, og et lag med flimmerhår (cilier) som er "motoren" i rensesystemet. Moderne teknikker har gitt oss en god del informasjon både om sammensetning, struktur og virkemåten til dette systemet. Tidligere trodde en at cilierne svingte fritt i et vannlag (figur 1B). Nå vet vi at cilierne (gule i figuren) er bundet sammen i et nettverk av makromolekyler (suktermolekyler og proteiner) og danner en tett "børste" som skyver gellaget ut av luftveiene. Denne strukturen gjør at de to lagene er adskilte, og at støvpartikler ikke kan trenge ned i "børstelaget".

Cilierne har lengde på ca. $7\text{ }\mu\text{m}$ og diameter 200 nm. Det er ca. 200 cilier på hver epitelcelle (overflatevev), og svingefrekvensen er 15-20 Hz, eller ca. 1000 svingninger per minutt. Frekvensen avtar med temperaturen, og det kan derfor lønne seg å puste gjennom nesen i kaldt vær fordi den virker som en varmeveksler.

Røyk og andre luftforurensninger kan virke inn på rensesystemets effektivitet. Det gjelder både frekvens og lengde på cilierne. For stor røyk vil hele systemet lammes, og lungene ligger da åpent til for alle former av forurensninger og kreftfremkallende stoffer.

Vi har ingen informasjon om individuelle forskjeller i effektiviteten til rensesystemet. Vi vet heller ikke om den reduseres med alderen. Det er trolig at luftforurensninger og infeksjoner (forkjølelse, bronkitt og astma) har en negativ effekt, men det vet vi ikke.

Hvor raskt er rensesystemet?

Lengden på luftrøret og hovedbronkiene er ca. 20 cm. Hvor fort disse renses er selvsagt avhengig av hvor effektiv rensingen er. Med en frekvens på 20 Hz og en cilielengde på $7\text{ }\mu\text{m}$, kan maksimumsfarten bli opp til $200\text{ }\mu\text{m/s}$, eller ca. 12 mm/min. Den reelle farten er trolig langt mindre, og den er sannsynligvis også ulik i luftrøret, i hovedbronkier og nede i bronkietreet. Lengden av cilierne avtar ned gjennom bronkiene, noe som også tilsier mindre fart på "rulletrappen" som fanger inn støvpartiklene. Rensfarten for et effektivt rensesystem vil være fra 50 til $200\text{ }\mu\text{m/s}$. Det betyr at "renselengden" vil bli omtrent som i tabell 1.

Tabell 1. Renselengde og tid.

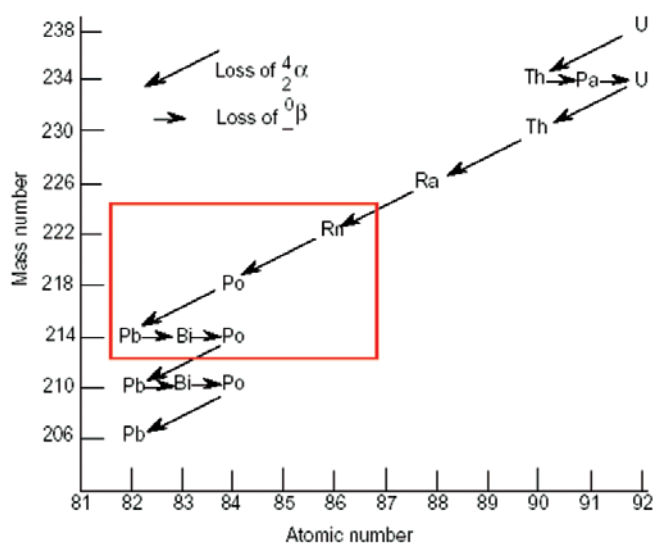
Tid	Renselengde
10 min	3-12 cm
30 min	9-36 cm
60 min	18-72 cm

Dette betyr at en stor del av støvpartiklene vil være feiet ut i løpet av 30 min.

Radondøtre og stråling

Med dette som utgangspunkt kan vi gå tilbake til radon og radondøtre og se på fysikken.

Vi har to radioaktive serier der en finner radon. Det er uran-radiumserien (figur 2) og thoriumserien. Uranserien er den viktigste når det gjelder radon i hus. Grunnen er at ^{222}Rn har en halveringstid på 3,82 døgn, mens ^{220}Rn har halveringstiden 55,6 s, noe som gjør at ^{220}Rn har kortere tid på å frigjøres og komme ut i atmosfæren.



Figur 2. Uranserien som starter med ^{238}U og ender i ^{206}Pb . Her finner vi radon med fire døtre.

I alle radioaktive serier er det **radioaktiv likevekt**. Det betyr at antall desintegrasjoner per tidsenhet er den samme for alle ledd i serien. Antall atomer, N , ganget med desintegrasjonskonstanten λ , er lik for alle ledd i serien:

$$N_1\lambda_1 = N_2\lambda_2 = N_3\lambda_3. \quad \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

Dette betyr at stoffmengden, N , følger halveringstiden. Dette gjelder også for radon og radondøtrene.

Siden radon er en edelgass, kan den "slippe fri" fra det stedet den dannes. Den kan da komme ut i atmosfæren og trenge inn i et hus. Her fortsetter serien, og det vil etter kort tid være radioaktiv likevekt der mellom radon og døtrene.

Det er fire døtre som er viktige her, og som vi vil konsentrere oss om. Foruten ^{222}Rn selv er det døtrene ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi og ^{214}Po . De siste produktene i uranserien (^{210}Pb , ^{210}Bi og ^{210}Po) kan vi se bort fra i dose-sammenheng fordi halveringstiden til ^{210}Pb er 22 år.

Edelgassen radon bindes ikke til andre atomer, men døtrene som er metallioner, fester seg til støv (aerosoler) i luften. Støvpartikler med døtre kan feste seg til tak, vegger og innbo i et rom. Det er derfor ikke lenger likevekt i luften mellom ^{222}Rn og døtre, men innbyrdes mellom døtrene beholdes likevekten uansett hvor stor del av døtrene som festes til vegger og tak. Vi puster inn radon og radondøtre som er i radioaktiv likevekt, dvs. at relativ mengde av døtrene følger halveringstidene.

Tidsforløpet av dosen til luftveiene

Vi vil presisere at vi nå er opptatt av tidsforløpet av desintegrasjonene, og vil følge "skjebnen" til et innpust med radon og radondøtre. Innpustet skjer ved tiden $t = 0$, og tiden regnes i minutter. Vi stiller så enkle spørsmål, som hvor stor del av døtrene har desintegrert i løpet av 10, 30 og 60 min, som er den tiden rensesystemet bruker på å feie de fleste støvpartiklene ut av luftveiene.

Edelgassen ^{222}Rn som er med i innpustet, vil ikke feste seg, og følger med luften ut igjen. Men av og til vil noen atomer desintegrere mens de er i lungene. Dosen fra dette er meget beskjeden (unntatt i gruver med kjempehøye radonverdier).

For å beregne tidsforløp og sted for avgitt stråledose, må vi ha kunnskap om de radioaktive isotopene, dvs. om type stråling, rekkevidde og energi per desintegrasjon.

^{218}Po og ^{214}Po sender ut α -partikler, mens ^{214}Pb og ^{214}Bi sender ut β -partikler plus γ -stråling. Vi antar radioaktiv likevekt for døtrene og setter antall atomer av ^{218}Po i et innpust til N . Mengden N vil selvsagt variere med hvor mye luft som pustes inn. Det betyr imidlertid ikke noe for tidsforløpet av avsatt energimengde. Når ^{218}Po har mengden N , vil ^{214}Pb ha mengden $8,4 N$, ^{214}Bi har $6,4 N$ og ^{214}Po settes til 0 ($8,8 \cdot 10^{-7} N$).

Rekkevidden av strålingen

Det er betydelige forskjeller på rekkevidden til α , β og γ -stråling. Alfapartiklene fra ^{218}Po og ^{214}Po har energier på henholdsvis 6,0 MeV og 7,69 MeV. Rekkevidden for disse partiklene i vev/vann er mindre enn 100 μm . I luft er rekkevidden 5 og 7 cm. Det betyr at bare et område i umiddelbar nærhet til der desintegrasjonen finner sted blir bestrålt.

^{214}Pb og ^{214}Bi desintegrerer ved å sende ut en β -partikkel og medfølgende γ -stråling. Det er flere mulige desintegrasjonsveier for begge, og vi må beregne den midlere energien per desintegrasjon. For ^{214}Pb er den ca. 0,5 MeV, og for ^{214}Bi er den ca. 1,5 MeV.

Rekkevidden til β -partiklene er i middel ca. 1 mm. Noen få partikler med størst energi kan nå ca. 5 mm, men fortsatt kan de bare nå et område som ligger tett opp til der støvpartikkelen er.

Rekkevidden for γ -strålingen er stor, og kan sammenlignes med rekkevidden til røntgenstråling med stor energi. En del av denne strålingen går ut av kroppen. Vi kan derfor konkludere med at det aller meste av stråledosen (ca. 90 %) kommer til lunger og luftveier *kun* når støvpartiklene befinner seg der. Hvis de er i magen, er det bare miljøet der som blir bestrålt. Da er veien til sensitive celler så lang at stråledosen er uten biologisk effekt.

Tabell 2 viser data for radondøtrene i et innpust. Disse dataene er viktige når vi skal beregne tidsforløpet av energiavsetningen, eller dosen.

Tabell 2. Radondøtre i et innpust.

Isotop	Mengde	Desintegrasjon	Energi (MeV)	$t_{1/2}$ (min)
^{218}Po	1,0 N	α	6,0	3,1
^{214}Pb	8,6 N	$\beta + \gamma$	0,5	26,8
^{214}Bi	6,4 N	$\beta + \gamma$	1,5	19,6
^{214}Po	0,0 N	α	7,69	0,16 ms

Totaldosen ved et innpust

Med totaldose mener vi den energimengde som er avgitt når alle de radioaktive radondøtrene har desintegrert. Vi finner den fra Tabell 2. Vi må da huske at ^{218}Po går over i ^{214}Pb , osv. Således vil totalmengden av ^{214}Pb være $(1,0 + 8,6)N$. For ^{214}Bi og ^{214}Po er den $(1,0 + 8,6 + 6,4)N$ eller $16,0 N$.

Totaldosen (avgitt energi per innpust) er totalt antall desintegrasjoner multiplisert med energi per desintegrasjon for alle fire døtrene:

$$(6,0 + 4,8 + 24,0 + 123,0)N = 158N \text{ (MeV)}$$

Her er bidraget fra α -partikler 82 %, fra β -partikler 5 % og resten, 13 % er fra γ -stråling.

Dose og tid

Vi beregner avgitt dose som funksjon av tid på følgende måte (alle radioaktive isotoper avtar etter en eksponentialfunksjon):

$$N_0 \cdot e^{-\lambda t} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t}$$

der N_0 er startmengden og $t_{1/2}$ er halveringstiden. Antall desintegrasjoner i tiden t er da gitt ved:

$$N(t) = N_0(1 - e^{-\lambda t})$$

Hvis hver desintegrasjon avgir energien E , vil avgitt energi (dose) etter tiden t være:

$$D = E \cdot N_0(1 - e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t})$$

Denne regnemåten kan også brukes til å beregne dosen fra et måltid kjøtt, der kjøttet inneholder ^{137}Cs som fordeler seg jevnt i kroppen. En må bare huske på å bruke biologisk halveringstid. Slike beregninger blir ikke helt riktige, men er helt OK i de fleste sammenhenger.

Hvis vi bruker en slik fremgangsmåte for radondøtrene går det bra for den første, ^{218}Po . Men det blir straks mer problemfylt for de andre. Grunnen er at ^{218}Po går over til ^{214}Pb . Det betyr at startmengden av ^{214}Pb ikke er 8,6 N, men større, siden en får tilskudd når ^{218}Po desintegrerer. Det samme gjelder ^{214}Bi og ^{214}Po .

Vi kan løse dette eksakt, men ligningene blir ganske kompliserte (Bateman ligningen). En "kjøkkenløsning" er følgende:

Vi setter startmengden av stoffet til $(N_0 + x)$, der x er den mengden som dannes i løpet av tiden t . Vi har da gjort den forenklingen at x fikk den verdien den hadde etter tiden t . Det gir en litt større dose enn den virkelige. Denne fremgangsmåte er brukt for isotopene ^{214}Pb , ^{214}Bi og ^{214}Po . Samlet energiavsetning gitt i prosent av total energi ble beregnet for tidene 10, 30, 60 og 120 min etter et innpust.

Tabell 3. Avgitt dose som funksjon av tid.

Tid	Avgitt dose
10 min	18 %
30 min	48 %
60 min	76 %
120 min	95 %

Etter 30 min er 48 % av strålingsenergien fra innpustet avgitt. Når vi skal vurdere betydningen av lungenes rensesystem må vi sammenligne data fra tabellene 1 og 3. Konklusjonen blir at en betydelig del av støvpartiklene med radondøtre fra et innpust er feid ut av luftveisystemet før døtrene desintegrerer.

Vi har brukt et enkelt innpust som modell for disse beregningene. Men vi puster selvsagt hele tiden, og rensesystemet virker på samme måte for alle innpust. Det betyr at rensesystemet er helt avgjørende for den stråledosen som α - og β -partikler fra radondøtrene gir lungene, og dermed for relasjonen mellom radon og lungekreft.

Hva svekker rensesystemet, og hvordan svekkes det?

Vi vet at røyking svekker rensesystemet, noe som kan gi store forskjeller i lungedoser mellom røykere og ikke-røykere. Desverre vet vi lite om graden av svekking i forhold til røykevaner.

Vi vet også lite om betydningen av andre luftforurensninger og for eksempel alder. De fleste fysiske egenskaper svekkes med alderen, kanskje gjelder det også rensesystemet. Vi vil også nevne at det å puste gjennom nesen øker renseeffekten i forhold til å puste direkte gjennom munnen.

Vi kan slå fast at to som utsettes for samme radonmiljø og som puster inn samme luftmengde, vil få samme energiavsetning (totaldose) til kroppen, men de kan få høyst forskjellige lungedoser avhengig av hvordan de puster og hvor effektivt rensesystemet er. For en med et godt rensesystem vil det meste av dosen komme til magen, mens en med et svakt rensesystem vil få det meste av strålingen i lunger og luftveier.

Et svekket rensesystem vil ikke bare øke lungedosene fra radondøtrene, men det vil også øke mengden av andre forurensninger som asbeststøv, dieselstøv, arsenforbindelser og røyk, som alle er kreftframkallende stoffer.

Radon og lungekreft

Betydningen av lungenes rensesystem gjør det naturlig å se på sammenhengen mellom radon og lungekreft på nytt, det vil si de epidemiologiske studiene der en sammenligner lungekreft med stråledose fra radon.

Den ene parameteren, lungekreft, er lett å

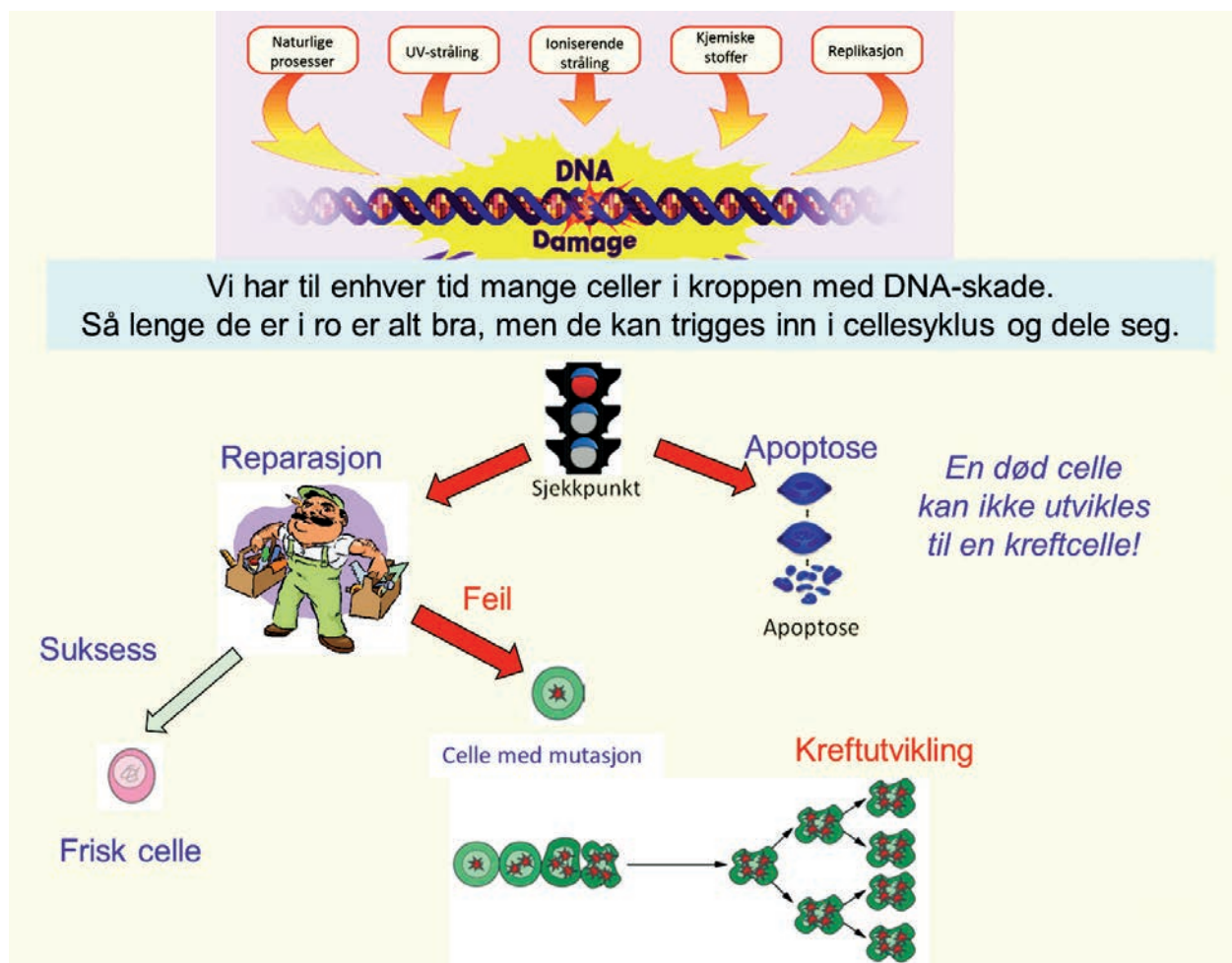
bestemme. Stråledose til lungene derimot, er umulig å bestemme. En har forsøkt å beregne stråledoser på vanlig måte, men har endt opp med å angi antall Bqm^{-3} i boligen og antagelsen at den er sammenlignbar med stråledosen. I alle undersøkelsene har en sett en bort fra rensesystemet.

Studier før år 2000 sprikte i alle retninger. Det var vanlig å tolke studier av stråleindusert kreft i lys av den såkalte LNT-hypotesen (*Linear No Threshold*), dvs. at den biologiske effekten (også kreft) øker lineært med dosen uten noen nedre terskelverdi. Denne hypotesen ble introdusert av ICRP (*International Committee on Radiation Protection*) i 1959, og ble etter hvert betraktet som vitenskapelig dokumentert. Den er av flere toneangivende statistikere fortsatt brukt for radon og lungekreft til tross for at nyere forskning har vist at modellen ikke lenger bør brukes.

Figur 3 viser hvordan en innen moderne stråle-

biologi mener at en kreftutvikling foregår. Den starter med en skade på DNA, og vi vil peke på at det er både endogene (indre) og eksogene (ytre) skader.

De fleste skader skyldes livsprosessene. En liten del av oksygenet (5 %) omformes til oksygenradikaler som gir DNA-skader. Videre er der skader som skyldes kjemiske stoffer og UV-stråling. Vi kan ikke skille de ulike måter en DNA-skade dannes på, og vi vet heller ikke hvilke DNA-skader som gir starten på en kreftutvikling. Det er mulig at en skade på bestemte gener (slike som er viktige for "sjekkpunktene" i cellyklus, eller for reparasjonsprosessene) er spesielt viktige. Vi kan bare konkludere med at vi til enhver tid har mange celler i kroppen med DNA-skade, og storparten av disse skyldes ikke ioniserende stråling. Starten på kreft er når en skadet celle går inn i cellyklus og begynner å dele seg.



Figur 3. Her er vist en illustrasjon av kreftutvikling. Det starter når en DNA skadet celle går inn i cellyklus. Der vil den møte flere sjekkpunkter (illustrert ved lyskryss). Cellene blir stoppet og de trigges enten inn i apoptose (et selvmordssystem) eller de repareres. Ved fortsatt feil kan det føre til en mutasjon og vi har en kreftutvikling på vei. Stråling kan både føre til skadde celler og den kan hindre skadde celler i å utvikle seg videre. Hvis strålingen hindrer utviklingen av fler skadde celler enn den skaper, har vi en hormetisk effekt.

Forsvarsmekanismene

Vi har lenge kjent til forsvarsmekanismer mot DNA-skader. De består i reparasjonsmekanismer og apoptose (et selvmordsystem som fjerner hardt skadde celler). Det nye som er kommet til de siste årene, er at ioniserende stråling kan stimulere reparasjonsmekanismene og "trigge" apoptose. Det betyr at stråling både kan gi skader og fjerne, eller reparere, slike skader. Betingelsen er at stråledosen er liten og er gitt med liten dosehastighet.

Vi skal ikke gå mer i detaljer med denne forskningen. Men siden stråling i små mengder, gitt med liten dosehastighet, kan fjerne farlig skadde celler, er LNT ikke lenger brukbar når det gjelder stråling og kreft.

ICRP og strålevernmyndigheter har til nå ikke villet akseptere dette. En rett linje som angir risiko i forhold til dose, er ideell i risikoberegninger. Den kan fortelle hvor mange som får lungkreft ved det midlere radonnivået vi har. Den kan også brukes til å beregne nytteverdien ved å redusere radonnivået. UNSCEAR (*United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation*) derimot, sier følgende om dette: *"The Scientific Committee does not recommend multiplying very low doses by large numbers of individuals to estimate numbers of radiation-induced health effects within a population exposed to incremental doses at levels equivalent to or lower than natural background levels."*

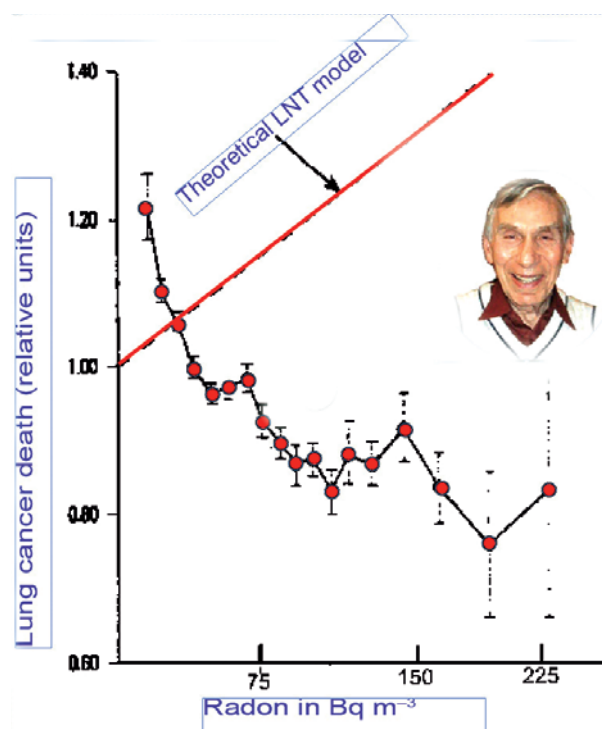
Den svenske strålebiologen, Gunnar Walinder, sier følgende: *"The linear, no-threshold hypothesis is one of the greatest scientific scandals of modern times."* Han har også skrevet boka; *"Has Radiation Protection Become a Health Hazard."*

Epidemiologiske studier

I 1995 publiserte Bernhard Cohen⁽⁴⁾ en studie over sammenhengen mellom radon og lungkreft i USA, som er kritisert eller ignorert (figur 4). Cohen delte landet inn i 1729 områder og bestemte det midlere radonnivå i boligene. Han sammenlignet radonnivået med forekomst av lungkreft. Områder med samme radonnivå ble samlet i grupper og ble vurdert mot middellverdien av lungkreftforekomsten for de samme områdene. Resultatet, som er vist i figur 4, er et helt annet enn forventet, og er direkte i strid med LNT. Styrken i denne studien er at den omfatter 90 % av USAs befolkning.

Cohen forsøkte å korrigere for alle tenkelige fak-

torer. Han fjernet en del typiske områder for pensjonister som hadde bodd i et annet område enn der de fikk sin lungekreft konstatert, og han korrigererte for forskjeller i røykevaner. Men han omtaler ikke lungenes ressesystem. Det kan influere resultatet hvis det er klare forskjeller i ressesystemet fra et distrikt til et annet. Hvis luftforurensninger svekker ressesystemet, vil nok byer som Los Angeles og New York, ha en befolkning med svakere ressesystem enn det normale. Det er trolig at dette ville endre resultatene noe. Men uansett korreksjon vil det ikke være mulig å snu kurven i figur 4 slik at den blir lik LNT-kurven.



Figur 4. Cohens studie for USA. Her er 90 % av befolkningen med, og 330 000 radonmålinger gjennomført.

"Case-control" studiene

Som en motsetning til Cohens økologiske studie, har vi flere såkalte *"case-control-studier"*. Her sammenligner en de som har fått lungkreft (case) opp mot en kontrollgruppe som ikke har fått lungkreft, men som ellers har fått samme stråledose fra radon til lungene.

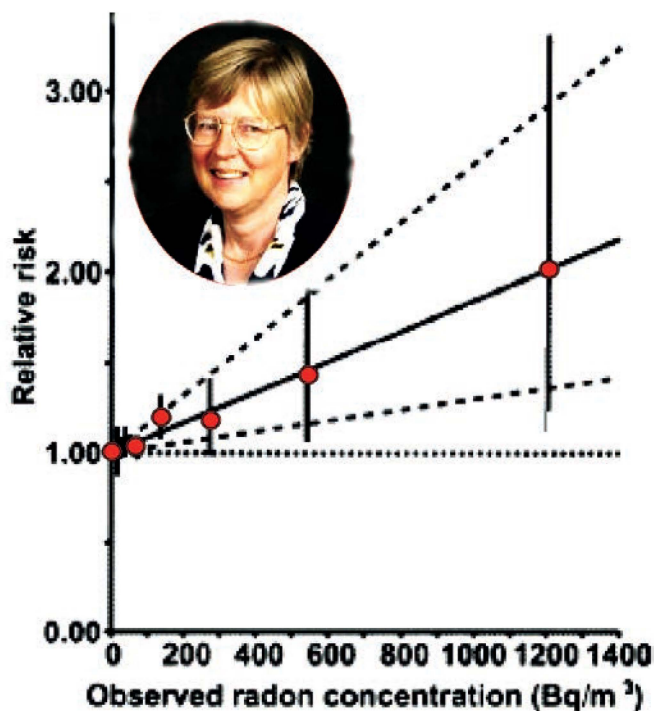
I alle disse studiene er radonnivået i boligene brukt som parameter for stråledosen til lungene. Videre brukes eksponering til et midlere radonnivå gjennom en periode på 30 år.

Det å bestemme stråledosen og finne sammenlignbare kontroller, er en oppgave som er dømt til å mislykkes. Radonnivået fastlegges som et resultat

av enkeltmålinger og intervju med de som er med i studiene (eventuelt pårørende). Her vil rensesystemet gjennom 30 år for hver enkelt som er med i studien være svært viktig. Eksposering basert på intervju er en svært usikker størrelse, men det er vanskelig å se hvordan en kan forbedre slike studier.

Det har vært mange slike "case-control-studier", og resultatene har sprikt. Vi vil trekke frem to slike studier med motsatte resultater.

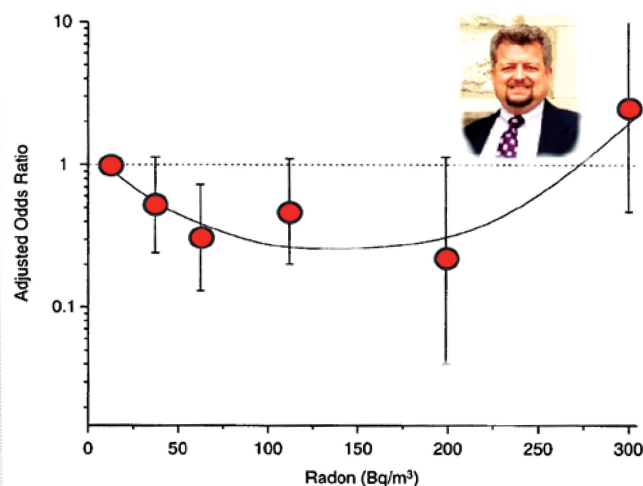
1) I 2005 publiserte Sarah Darbu⁽⁵⁾ en såkalt "pooled studie" av 13 europeiske enkeltstudier, og Daniel Krewski⁽⁶⁾ gjorde det samme for 8 amerikanske studier. Darbus resultater som er tilordnet LNT, er vist i figur 5. Samlet fant Darbu og Krewski at risikoen for å få lungekreft økte med ca 10 % per 100 Bq/m³ i luften.



Figur 5. Sarah Darbus case-control data for 13 Europeiske studier. Langs abscissen er gitt det midlere radonnivå i boligene gjennom ca. 30 år. Tilsvarende resultater fikk Daniel Krewski for 8 amerikanske studier.

2) I 2008 publiserte R.E. Thompson⁽⁷⁾ en tilsvarende studie for Worcester i USA. Denne studien omfattet langt færre tilfeller enn Darbus, men han la adskillig større vekt på stråledosen. Alle som var med i studien kom fra samme område. Det var få intervjuere, og de foregikk etter et nøye oppsatt skjema. Eksperimentelt ble det brukt flere detektorer for hvert målepunkt og de la stor vekt på inndeling i grupper etter røykevaner.

Thompsons data er vist i figur 6. Resultatet



Figur 6. Thompsons data gjelder for Massachusetts, USA. Det er få data, og de aller fleste gjelder for små radonnivåer.

er i strid med LNT-teorien, og som vi ser er det forbausende likt det Bernhard Cohen fant.

Konklusjon

Sett i lys av det vi nå vet om lungenes rensesystem kan vi slå fast at alle "case-control-studier" av radon og lungekreft, er betydelig svekket. Stråledosen til lungene fra radondøtrene er avhengig av at de er i luftveiene når de desintegrerer. I "case-controlstudier" må både "case" og "control"-personer ha samme radonnivå, men også samme rensesystem gjennom 30 år.

Vi kan også slå fast at Darbus og Krewskis antagelse om en lineær dose-effektkurve ikke er i overensstemmelse med nyere strålebiologiske forskningsresultater. Til tross for dette laget WHO i 2009 en "Handbook for radon" som er basert på Darbus og Krewskis resultater uten å nevne andre studier. (Vi kan bemerke at formann for *WHO-health group* er Sarah Darbu. Med i komiteen er også Daniel Krewski.) Basert på dette har vi i Norge fått et regelverk for radon i boliger, der en finner igjen de argumenter som WHO bruker.

Den rette linje i Darbus og Krewskis studier har en stigning på ca. 10 % per 100 Bqm⁻³. Brukes denne, kan en regne ut at ca. 300 lungekreft dødsfall i året skyldes radon. Videre kan en gjøre kostnadsberegninger over sparte liv ved reduksjon av radonnivået i boliger; og der er ingen nedre grense, så ethvert tiltak vil hjelpe. Vi har fra 1/1 2014 fått det strengeste reglementet en kan finne når det gjelder radon i boliger. Det nevnes der at straffetiltak vil gjelde for de som bryter radonreglementet.

I kjølvannet av dette har det vokst frem en betydelig "industri" med firmaer som hevder at de både kan måle radon og gjennomføre tiltak for å redusere radonnivået i boliger. I sin markedsføring brukes alle de argumenter LNT-modellen tilsier. Men lungenes rensesystem er ikke nevnt.

Fagfeltet radon og lungekreft mangler kvalitets-sikring og de grenseverdier og tiltak som foreslås ser ut til å være direkte imot strålebiologisk forskning. Det er nå innført et kostbart regelverk som til dels går imot formålet om å redusere antall lungekreft-tilfeller her i landet.

Referanser

1. Thormod Henriksen: *Stråling og kreft*. FFV, **73**, Nr. 2, 40–46 (2011)
2. Thormod Henriksen: *Radon og lungekreft*. FFV, **73**, Nr. 3, 92–98 (2011)
3. Brian Button et al.: *A periciliary Brush promotes the lung health by separating the mucus layer from airway epithelia*. *Science*, **337**, 937–941 (2012)
4. Bernhard L. Cohen: *Test of the Linear-No Threshold Theory of Radiation Carcinogenesis for Inhaled Radon Decay Products*. *Health Physics*, **68**, (2), 157–174 (1995)
5. Darbu et al.: *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*. *British Medical Journal*, **330**, 223–228 (2005)
6. D. Krewski et al.: *Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of North American case-control studies*. *J. Toxicol. Environ. Health*, **69**, 533–597 (2006)
7. R.E. Thompson: *Epidemiological Evidence for possible radiation hormesis from radon exposure. A case-control study conducted in Worcester, MA*. *DoseResponse*, **9**, 59–75 (2011)
8. WHO's handbook on indoor radon.
9. Departementenes strategiplan for radon.
10. C. Nasjonalt regelverk:
<http://www.nrpa.no/dav/3196c6e3d3.pdf>

∞

Når sklir stigen?

E. H. Hauge *

En populær øvingsoppgave i grunnkurs i fysikk tar for seg en maler som står på en stige med lengde L . Med referanse til figuren nedenfor bes studenten bestemme minimumsvinkelen, α , stigen må danne med bakken for at den ikke skal skli. Oppgitt er angrepspunktet¹, d , for kombinasjonen av stigens og malerens vekt, W , samt stigens statiske friksjonskoeffisient, μ_1 , mot bakken. Standard antakelse: Friksjonen mot veggen kan neglisjeres!

Men hvorfor forenkle bort friksjonen mot veggen? Vi veggmalere vet selvsagt at friksjonskoeffisienten, μ_2 , også må spille en rolle. OK, la oss

gå løs på *hele* problemet, med friksjon mot *begge* berøringsflatene. Vi følger i hovedsak fotsporene til Y. Salu.⁽¹⁾

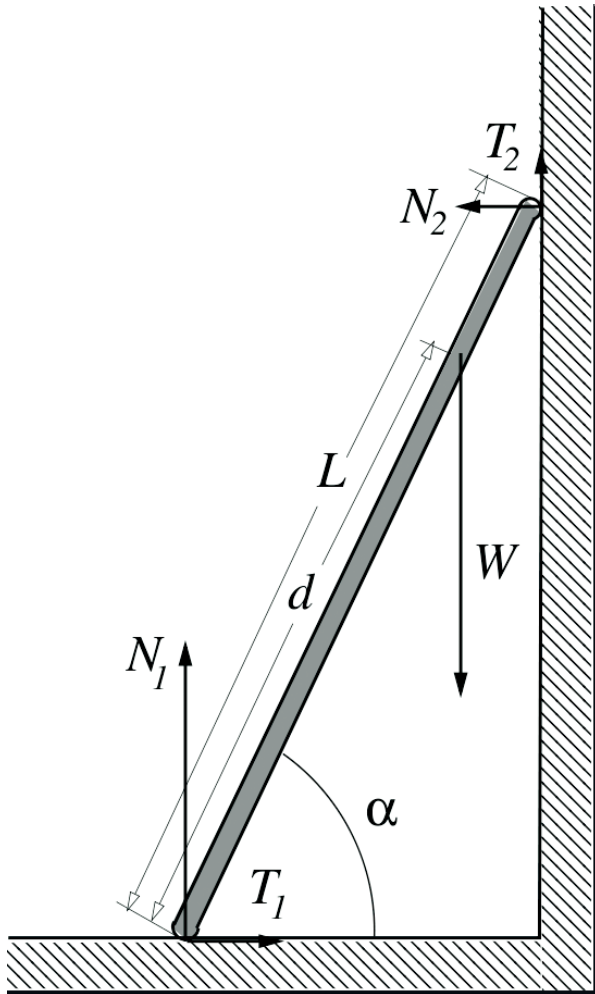
Kontakten med bakken gir normalkraften N_1 og tangentialkraften T_1 på stigen. Tilsvarende gir kontakten med veggen normalkraften N_2 og tangentialkraften T_2 . Alle kreftene med retning som vist i figuren. I likevekt må kreftene horisontalt og vertikalt summere seg til null:

$$T_1 - N_2 = 0 \quad ; \quad N_1 + T_2 - W = 0. \quad (1)$$

Dessuten må, i likevekt, dreiemomentet om et vilkårlig punkt forsvinne. Vi velger stigens kontakt-

¹Dersom den jevntykkе stigen veier W_s og maleren, med vekt $W - W_s = W_m$, står på et trinn med avstand d_m fra kontaktpunktet med bakken, er d gitt som $d = (W_s \cdot \frac{1}{2}L + W_m \cdot d_m)/W$.

* Institutt for fysikk, NTNU.



Figur 1. Skjematisk stige med maler. Summen av stigens og malerens vekt er W , og totalvektens angrepspunkt langs stigen er d .

punkt mot bakken som referansepunkt. Da lyder denne likevektsbetingelsen,

$$W \cdot d \cos \alpha - T_2 \cdot L \cos \alpha - N_2 \cdot L \sin \alpha = 0. \quad (2)$$

Det var samtlige likevektsbetingelser. Men fire ukjente, N_1, T_1, N_2, T_2 , kan ikke bestemmes av tre ligninger! Den akk så menneskelige reaksjon er å gjøre som Alexander: Bruk sverdet, kutt den gordiske knuten tvers av, og påstå at friksjonen mot vegg er null. Derved er $T_2 = 0$, og det gjenstår tre ukjente. Ligningene løses, og den minimale vinkel bestemmes: $\tan \alpha \geq d/\mu_1 L$.

Men vi vet jo at det *er* friksjon mellom stige og vegg. Og det *må* da finnes en betingelse som gir minimal α som funksjon av d , μ_1 og μ_2 . Vel, saken er ikke triviell. Med en stiv stige er og blir systemet statisk ubestemt. Fire krefter kan ikke bestemmes ved tre ligninger. Men, heldigvis, hvis vi bruker betingelsene for at friksjonen sørger for at alle kontaktpunktene holder seg i ro,

$$T_1 \leq \mu_1 N_1 \quad ; \quad T_2 \leq \mu_2 N_2, \quad (3)$$

kan vi bestemme det viktigste: Den minimale α som må til for å forhindre at stigen sklir. La oss forenkle ligninger og ulikheter ved å skalere alle krefter med tyngden W : $N_1/W = n_1$, $T_1/W = t_1$, $N_2/W = n_2$, $T_2/W = t_2$. Tilsvarende skaleres angrepspunktet d med stigens lengde L : $d/L = \delta$, der selvsagt $0 < \delta < 1$. Når de øvrige kreftene uttrykkes ved t_2 , får de tre ligningene (1) og (2) formen,

$$n_1 = 1 - t_2 \quad ; \quad n_2 = t_1 = (\delta - t_2)/\tan \alpha \quad (4)$$

Tilsvarende får ulikhetene formen

$$t_1 \leq \mu_1 n_1 \quad ; \quad t_2 \leq \mu_2 n_2. \quad (5)$$

Herfra kan det resonneres på forskjellig vis. Dersom én av ulikhetene i (5) erstattes med likhet, har vi fire ligninger med fire ukjente. De kan da løses, alle krefter kan bestemmes, og den andre ulikheten kan derved brukes til å fastlegge den minimale α for at stigen ikke skal skli. (Prøv begge varianter!) Av dette følger at dersom *begge* ulikhetene i (5) erstattes av likheter, får vi fem ligninger, der den femte bestemmer den minimale α . Et eksempel på bruk av denne siste strategien finnes i ref. (2).

Her skal vi vise hvordan vi kommer frem ved å resonnerere direkte fra (5) som ulikheter. Ulikheten for t_2 kan omformes ved bruk av uttrykket for n_2 ,

$$t_2 \leq \mu_2 n_2 = \mu_2 (\delta - t_2)/\tan \alpha \Rightarrow t_2 \leq \mu_2 \delta / (\mu_2 + \tan \alpha). \quad (6)$$

Det gikk jo greit: Ulikheten gir øvre grense for t_2 , uttrykt ved problemets parametre. Det gjenstår å bruke ulikheten $t_1 \leq \mu_1 n_1$. Her er det lett å regne seg bort (og ref. (1) er til liten hjelp), men ved å bruke ligningene (4) i ulikheten finner vi

$$\mu_1 \geq \frac{t_1}{n_1} = \frac{\delta - t_2}{1 - t_2} \cdot \frac{1}{\tan \alpha}. \quad (7)$$

Siden $\delta \leq 1$, kan den første brøken i (7) bare bli *mindre* dersom t_2 erstattes med noe som er større enn t_2 . Bruk av (6) gir derfor

$$\mu_1 \geq \frac{\delta - \mu_2 \delta / (\mu_2 + \tan \alpha)}{1 - \mu_2 \delta / (\mu_2 + \tan \alpha)} \cdot \frac{1}{\tan \alpha} = \frac{\delta}{\tan \alpha + (1 - \delta) \mu_2}. \quad (8)$$

Løses dette med hensyn på $\tan \alpha$, finner vi sluttresultatet

$$\tan \alpha \geq \frac{\delta - \mu_1 \mu_2 (1 - \delta)}{\mu_1}. \quad (9)$$

Dette er et lærerikt resultat! For det første ser vi at uten friksjon mot gulvet, må $\alpha = \frac{1}{2}\pi$. Det låter kjent: Ingen stige kan stå i skråstilling uten hjelp av friksjon mot underlaget. Og når $\mu_2 = 0$, finner vi det gode gamle resultatet: $\tan \alpha \geq \delta/\mu_1$.

Men resultatet (9) har ekte nyheter å by på: Friksjonen mot veggen får mindre betydning jo større δ er. Er maleren atskillig tyngre enn stigen, og står han helt øverst, vil δ nærme seg 1, og den raske regningen med $\mu_2 = 0$ gir da et resultat som slett ikke er urealistisk. Når δ er liten, derimot, blir friksjonen mot veggen til virkelig hjelp. Den minimale α reduseres betraktelig.

Talleksempler: For en jevntykk stige med maleren midt på, er $\delta = \frac{1}{2}$. Dersom $\mu_1 = \mu_2 = \frac{1}{2}$, vil friksjonen mot veggen redusere den minimale $\tan \alpha$ fra 1 til $\frac{3}{4}$. Med vekten tilstrekkelig langt nede på stigen til at $\delta = \frac{1}{4}$, og med uendrete friksjonskoeffisienter, reduseres den minimale $\tan \alpha$ fra $\frac{1}{2}$ til $\frac{1}{8}$.

Dette kan brukes som utgangspunkt for enkle, systematiske eksperimenter.⁽³⁾ Som et innledende forsøk, prøv følgende: Sett tastaturet til PC-en (din lokale "stige") på skrå mot en vegg, og velg α så liten at tastaturet sklir ned. Sett så tastaturet opp på skrå igjen, med samme vinkel, men denne gangen trykker du tastaturet kraftig nedover på et punkt ikke langt fra kontaktpunktet med underlaget (liten δ_m). Denne kraften *nedover* fører til at tastaturet blir stående, det sklir ikke lenger ned! Takket være redusert δ , selvsagt, men med god hjelp av friksjonen mot veggen. Vi er blitt *litt* klokere!

Takk til Jens Højgaard Jensen for å ha gjort *meg* litt klokere.

Referanser

1. Y. Salu: *Revisiting the Ladder on the Wall Problem*. Phys. Teach. **49**, 289 (2011)
2. Internett:
<http://physicstasks.eu/uloha.php?uloha=654>
3. J. Bennett and A. Mauney: *The Static Ladder Problem with Two Sources of Friction*. Phys. Teach, **49**, 567 (2011)

∞

Hva skjer

Norsk nanoteknologiforskning i 10 år

For om lag 10 år sidan var det ein sterk trend i alle land at det måtte satsast meir på nanoteknologifeltet, og i samsvar med denne moteretninga vart det oppretta mikro- og nanolaboratorium ved Universitetet i Oslo og ved Noregs tekniske universitet i Trondheim, og seinare også ved Høgskolen i Buskerud/Vestfold i Horten. I år er det 10-årsmarkeringar for starten på nanosatsingane, i oktober i Oslo og i november i Trondheim. Dei to tvillinglaboratoria i Oslo heiter UiO MiNaLab og Sintef MiNaLab (Mikro- og Nano-teknologisk Laboratorium), og i Trondheim heiter laboratoriet NTNU-NanoLab. I Horten kallar dei det HBV-MST-Lab.



Figur 1. Unge forskarar i nanolaboratoriet ser målingane komme fram på dataskjermen (foto: Kristoffer Furberg).

I 2011 vart det etablert ein felles koordinerande overbyggnad for desse laboratoria, kalla NorFab (*The Norwegian Infrastructure for Micro- and Nano-Fabrication*). På nettstaden www.norfab.no kan ein finne informasjon m.a. oversikt over utrustinga ved kvart av laboratoria.

Denne norske satsinga har vore betydeleg. Ved kvar av lokalitetane er det utvikla avanserte laboratorier, dels for syntese og strukturering, og dels for karakterisering. Etter som ein arbeider med materiale med dimensjonar på mikrometer- og nanometer-skala, må prepareringslokala beskyttast mot støv og fukt, noko som stiller krav om særskilte rom. Reinromma utgjer ein vesentleg del av investeringskostnadane. Til saman har ein reinrom med golvflater på 2300 m². Ved NTNU er der 700 m² reinrom.

Betydelege midlar er investerte. Ved NTNU er den totale summen kring 265 Mkr, i Oslo endå meir, slik at det totalt er brukt kring 800 Mkr. Leiaren for NTNU-NanoLab, Kay Gastinger, sa nyleg i eit intervju med Universitetsavisa at nye midlar trengst. For NTNU-NanoLab er driftskostnadane 16–17 Mkr per år. Nedskriving og fornying av eksisterande utrustning aleine vil bli 6,5 Mkr, og det trengs 8–10 Mkr til nyinvesteringar for å kunne følgje med i utviklinga på feltet. Finansieringskjeldene er Forskningsrådet, EU, Sintef og NTNU.

NTNU-NanoLab er ikkje organisert som ei sjølvstendig forskningseining, men som eit felleslaboratorium for dei mangesidige nanorelaterte forskingsfelt i Trondheim, der forskarane kan få utført prøvepreparering og få tilgang til avansert spesialutstyr. Brukarane er altså ikkje organisatorisk knytte til NanoLab, men til NTNU, Sintef og nyetableringar, og eventuelt andre brukarorganisasjonar. Interessa frå den etablerte industrien har så langt vore heller laber. NanoLab-en blir driven av ein stab på 8 personar.

Forsking på mikro- og nano-nivå skjer no ved akademiske institusjonar i alle land, og det skal både teft og hell til for å vere den som kjem på dei heilt epokegjerande nye ideane i feltet. Helst blir det vel slik at forskinga som blir gjort vil vere på eit godt til middels bra nivå, der enkelte detaljar kan avklarast og bli publiserte.

Publikasjonslistene som NTNU-NanoLab fører i årsmeldingane sine kan ved første augekast verke noko villeiande, for der er alle publikasjonar oppførte som forskarar med tilknytning til nanoproblemstillingar er med på, uansett om dei er utførte ved nanolaboratoriet eller ikkje. For 2013 var det ikkje mindre enn 199 nummer. Men ved andre augekast ser ein at 30 publikasjonar er utheva på lista, og det gir meining, for det er dei 30 som i 2013 direkte er knytte til bruk av nanolaboratoriet. Mange doktorarbeid ved NTNU har innslag av studiar gjort ved nanolaboratoriet.

10-årsjubileet i Trondheim blir markert med eit to-dagars seminar 10. og 11. november.

Emil J. Samuelsen

∞

Birkelandforelesningen 2014

Birkelandforelesningen og de tilhørende arrangementene, ble etablert i 1987 for å hedre den norske fysiker, nordlyspionér og oppfinner Kristian Birkeland. Forelesningen holdes årlig i slutten av september i Det Norske Videnskaps-Akademi, med Universitetet i Oslo, Det Norske Videnskaps-Akademi, Yara og Norsk romsenter som arrangører.

Birkelandforelesningen 2014 fant sted 25. september, med *Dr. Jean Lilensten*, forskningsdirektør ved *Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble (IPAG)*, *CNRS*, *Université Joseph Fourier*, *Grenoble*, Frankrike, som foreleser.



Jean Lilensten

En vesentlig del av Dr. Lilenstens forskning har dreiet seg om studier av planeters rommiljø og sol-jordvekselvirkning, det vi kaller "romvær". Veksellende forhold i strømmen av partikler fra solen (solvinden) gir store variasjoner i partikkelpopulasjoner og i elektriske og magnetiske felter i det nære verdensrom (magnetosfæren). Dette var "bakteppet" for årets Birkelandforelesning: *"A new window on our space environment: The polarization of the auroral emissions, a French-Norwegian discovery."*

Nordlys er et synlig bevis på skiftende romvær. Men nordlys er ikke bare et fantastisk skuespill på natthimmelen. Det er også en kilde til informasjon om vekselvirkningen mellom solvinden og jordens magnetfelt, og hvordan dette påvirker forholdene i det nære verdensrom og den øvre atmosfære.

Nordlys dannes når partikler fra solvinden fanges inn i jordens magnetfelt og trenger ned i den

øvre atmosfære. En del av partikkelenergien går til å eksitere atomer og molekyler i atmosfæren. Disse blir ustabile og må gi fra seg den ekstra energien de har fått ved eksitasjonen. Det skjer i form av lys. Fargen og høyden til nordlyset gir informasjon om sammensetning av atmosfæren og energien til de innkommende partiklene.

I astronomien stammer det meste av eksperimentelle data fra optiske observasjoner av lys som er sendt ut eller spredt av de objekter man studerer. En parameter som inngår i slike analyser, er polarisering av lyset. Polarisingen gir informasjon om kilden og forholdene rundt kilden.

Inntil ganske nylig trodde man at lys som sendes ut fra planetatmosfærer ("nordlys") ikke kunne være polarisert. Kollisjoner i atmosfæregassene ville depolarisere lysbølgene. Planetologer i Grenoble mente imidlertid at det er store muligheter for at lysbølgene i det røde nordlyset i vår atmosfære likevel kan være polarisert. For å kunne observere dette stilles det imidlertid spesielle krav til observasjonsstedet, magnetfeltet og partikkelstrålene som er opphav til lyset.

Svalbard har en beliggenhet som kan gi tilfredsstillende forhold for slike observasjoner. Dessuten har man der tilgang til data fra ionosfæreradaren *EISCAT Svalbard Radar*, og flere optiske instrumenter på *The Kjell Henriksen Observatory*. Dette er svært viktig for tolkningen av observasjonene.

I et samarbeid mellom IPAG i Grenoble og Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo, ble det utviklet et instrument som kan måle polarisasjonen til nordlysemissjoner. De første målingene med dette instrumentet ble gjort vinteren 2007–2008 fra Svalbard. For første gang ble det da konstatert at den røde nordlysemissjonen fra oksygenatomer kan være polarisert. Senere er det gjennomført flere slike målinger som har gitt ny informasjon om den øvre atmosfære.

Et naturlig spørsmål å stille etter denne oppdagelsen er: Sendes det ut polarisert lys også fra andre planeters atmosfærer? I observasjoner gjort med *United Kingdoms Infrared Telescope* har man nå funnet polarisert lys fra Jupiter. Dette har åpnet et nytt "vindu" mot verdensrommet som vil kunne gi bedre og mer detaljert informasjon om planetenes atmosfærer.

Jan Holtet

Nye Doktorer

Vegard Rekaa



MSc Vegard Rekaa forsvarte sin avhandling *Numerical simulations of kinetic plasmas* for PhD-graden ved Universitet i Oslo, den 12. juni 2014.

Gasser av elektrisk ladde partikler, også kalt plasma, er rike på spennende fenomener og inneholder et mangfold av bølgemoder sammenlignet med kun trykkbølger i nøytrale gasser. Flere plasmafenomener har betydning i hverdagen. En grundig forståelse av fenomener i plasma er derfor viktig.

Rekaa har studert bølgedynamikken i plasma og den ikke-lineære vekselvirkningen mellom plasma-partikler og elektromagnetiske felt vha numeriske simuleringer. Simuleringene er gjennomført med stor vekt på bruk av skalerbare parametre som gjør at resultatene kan anvendes på et stort spekter av plasmafenomener. Effekten av kollisjoner i plasma har hatt spesiell fokus, hvor deler av arbeidet gikk med til å utvikle et verktøy for å inkludere disse på en selvkonsistent måte. Med numeriske verktøy har Rekaa vært i stand til å belyse grunnleggende plasmamenskaper med særdeles høy oppløsning i tid og rom. Hans arbeid har bidratt til å belyse påliteligheten og gyldighetsområdet for empiriske modeller, besvart viktige spørsmål om hvilken innvirkning kollisjoner kan ha på enkelte fenomener, samtidig som det har belyst nye problemer innen plasmafysikk, også med relevans for astrofysikk.

Arbeidet ble utført ved Fysisk institutt UiO, og Physics Department, University of Warwick, England. Veiledere har vært professorene Hans L. Pécseli og Jan K. Trulsen, UiO. Vegard Rekaa er nå ansatt ved Solobservatoriet på Harestua.

Trim i FFV

Løsning på FFVT 3/14

Falskmynteri

I oppgaven hadde vi 100 identiske ekte mynter og én falsk mynt, M . Ved hjelp av bare to veiinger med en likearmet skålvækt skulle en finne ut om M er lettere eller tyngre enn en ekte mynt.

En kan dele de 101 myntene i tre hauger, slik at haug A og haug B inneholder like mange mynter (la oss si 30 i hver) og haug C inneholder resten. Vei først haug A mot haug B . Hvis dette gir likevekt befinner M seg i haug C . En veiing av haug C mot like mange mynter tatt fra haugene A og B viser da om M er tyngre eller lettere enn en ekte mynt.

Hvis derimot den første veiingen av haugene A og B ikke gir likevekt, må alle myntene i haug C være ekte. Vei derfor 30 mynter tatt fra haug C mot den tyngste av haugene A og B . Hvis denne andre veiingen gir likevekt må M ligge i den letteste haugen av A og B , slik at M er lettere enn en ekte mynt. Det alternative resultatet av veiing nr. to er

at de 30 ekte myntene er lettest. Det vil i så fall si at M er tyngre enn en ekte mynt.

FFVT 4/14

Ellipsetangenten

Gitt tre punkter i planet. To av disse er brennpunktene B_1 og B_2 for en ellipse. Gjennom det tredje punktet T skal du konstruere (med passer og linjal) ellipsetangenten gjennom T .

• B_1

• B_2

• T

To tips: (1) Ellipser kan tegnes ved å føre en blyant langs en tråd som er festet i brennpunktene. (2) Forestill deg at en liten gjenstand kan gli friksjonsløst langs tråden, og tenk fysikk!

∞

God og Fredelig Jul
samt et Riktig Godt Nyttår!



INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT

AND LIGHT-BASED TECHNOLOGIES 2015



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International
Year of Light
2015

<http://www.Light2015.org>

Why Light Matters

What is photonics

Photonics is the science and technology of generating, controlling, and detecting photons, which are particles of light. Photonics underpins technologies of daily life from smartphones to laptops to the Internet to medical instruments to lighting technology. The 21st century will depend as much on photonics as the 20th century depended on electronics.

Energy

The energy from our sun that reaches the Earth can be converted into heat and electricity, and governments and scientists worldwide are working to develop affordable and clean solar energy technologies. Solar energy will provide a practically-inexhaustible resource that will enhance sustainability, reduce pollution and lower the cost of mitigating climate change.

Economic Impact

Businesses in the field of photonics and light-based technologies work on solving key societal challenges, such as energy generation and energy efficiency, healthy ageing of the population, climate change, and security. Photonic technologies have major impact on the world economy with a current global market of €300 billion and projected market value of over €600 billion in 2020.

Light in the Built Environment

Lighting represents almost 20% of global electricity consumption (International Energy Agency). The future development of society in both developed countries and emerging economies around the world are intimately tied up with the ability to effectively light our cities, homes, schools and recreation areas.

Connecting the World

Social media, low cost telephone calls, video conferencing with family and friends – these are three examples of how the internet allows people around the world to feel connected in a way that has never before been possible in history. And all of this technology is because of light!

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

B



NORGE P.P. PORTO BETALT

Retningslinjer for forfattere

FRA FYSIKKENS VERDEN 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. 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 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.

MANUSKRIPTER leveres i en form som forfatteren mener er direkte publiserbar. 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 tilleggstoff.

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 spaltebredde på 8,6 cm. De bør være på elektronisk form i et standard grafisk format og med god oppløsning. Vi kan unntaksvis 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 artikkelen. De må være teknisk gode og lette å forstå.

KORREKTUR: Forfatterne får tilsendt korrektur som må returneres snarest. Det må ikke gjøres unødige 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
Førsteamanuensis Børge Hamre
Inst. for fysikk og teknologi, UiB
Professor Jan Petter Hansen
Inst. for fysikk og teknologi, UiB
Professor Håvard Helstrup
Høgskolen i Bergen
Professor Eli Olaug Hole
Fysisk institutt, UiO
Professor Jon Samseth
Høgskolen i Oslo og Akershus, Lillestrøm
Lektor Morten Trudeng
Asker videregående skole

Selskapets sekretær:

Studiekonsulent Kjersti Gausvik
Inst. for fysikk og teknologi, UiT,
Pb. 6050 Langnes, 9037 Tromsø,
e-post: nfs@fys.uio.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:

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