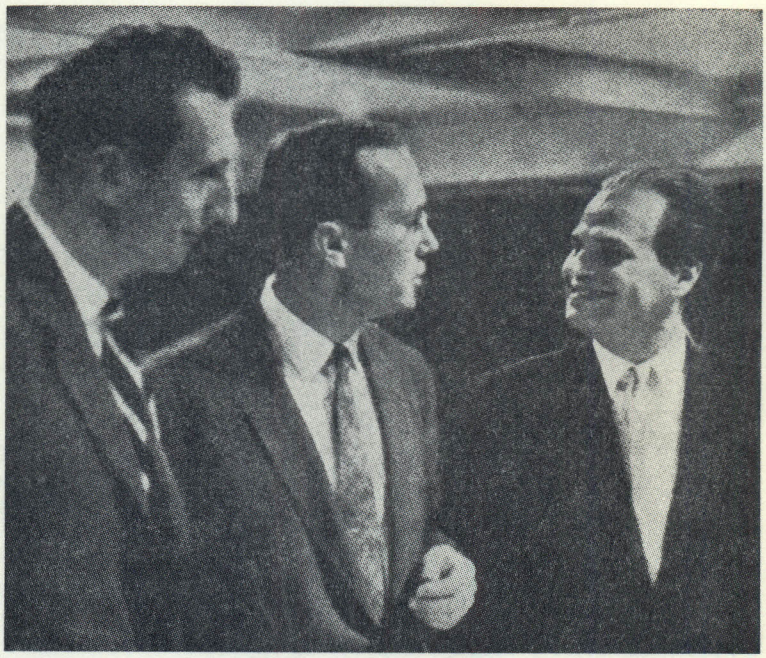
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Nobelprisen i fysikk 1964	1
Fysikermøtet 1965	1
Forskningsinstitutt for teoretisk fysikk i Helsingfors	2
Sommerkurs for fysikklektorer	3
Nye medlemmer	3
Professor Leif Tronstad	4
Kontinuums-, stochastisk fysikk og komplementaritet	6
AHA-spalten	12
Møssbauereffekten (I)	13
Brytning i prismer	17
Konferanse faste stoffer	18
Victor Francis Hess	19
Brev fra leserne	20
Bøker	20



Nobelprisen i fysikk 1964:
A. M. Prokhorov, C. H. Townes, N. G. Basov.

Nr. 1 - 1965
27. årgang

Vi er enerepresentant i Norge for disse verdenskjente firmaer:

HEWLETT - PACKARD

leverer måleutstyr fra DC til R-bånd.

RHODE & SCHWARZ

leverer HF-, VHF-kommunikasjonsutstyr samt måleinstrumenter.

TEKTRONIX INC.

leverer oscilloskop og kalibreringsutstyr.

Kontakt oss:

MORGENSTIERNE & CO A/S
INGENIØRFIRMA
WESSELS GT. 6, OSLO. TELEFON 201635
STEDET FOR ELEKTRONISKE INSTRUMENTER OG KOMPONENTER TIL INDUSTRI OG FORSKNING

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1965

Redaktør: HAAKON OLSEN

27. årgang

Nobelprisen i fysikk 1964

Nobelprisen i fysikk for 1964 er tildelt Charles H. Townes, U.S.A. og Nikolai G. Basov og Aleksander M. Prokhorov, Sovjetsamveldet for grunnleggende arbeider i kvanteelektronikk som ledet til utviklingen av oscillatorer og forsterkere som baserer sin virkemåte på maser- og laserprinsippet.

Virkemåte og anvendelsesmuligheter for maseren og laseren er beskrevet tidligere i dette tidsskrift [1]. Det første arbeide med masere ble gjort i 1951 da Purcell og Pound påviste indusert emisjon fra et LiF krystall. Effekten var svak og tanken om å anvende indusert emisjon som en metode til å oppnå forsterkning av elektromagnetiske signaler ble fremsatt av J. Weber først to år senere. Den første maseren ble konstruert av Gordon, Zeiger og Townes ved Columbia Universitet i 1954. Samtidig hadde Basov og Prokhorov i Moskva arbeidet med problemet og kunne samme år rapportere at de hadde vært i stand til å konstruere en maser. Dermed var denne type av forsterkere og oscillatorer for mikrobølger et faktum. En utvidelse til kortere bølgelengder for anvendelsen av prinsippet om stimulert emisjon ble diskutert av Prokhorov og av R. H. Dicke og senere av Townes og Schawlow. I 1960 lyktes det så for T. H. Maiman å få den første rubinlaser til å virke.

Dr. Charles H. Townes fikk sin doktorgrad ved California Institute of Technology i 1939. Han var så i mange år tilknyttet Bell Telephone Laboratories og kom i 1948 til Columbia University hvor han har vært til i 1961 da han ble ansatt ved Massachusetts Institute of Technology.

Dr. Nikolai G. Basov fikk sin utdannelse ved Instituttet for Ingeniørfag og Fysikk i Moskva og i 1957 tok han doktorgraden ved ved Lebedev Instituttet for Fysikk i Moskva, hvor han har vært ansatt siden.

Dr. Aleksander M. Prokhorov har fått sin utdannelse i Leningrad ved Leningrad Universitet. Siden 1946 har han vært ansatt ved Lebedev Instituttet i Moskva.

H. O.

[1] *Kaare J. Nygaard*, Fra Fysikkens Verden *24*, nr. 2 side 33 og nr. 3 side 54 (1962).

FYSIKERMØTET 1965

Det årlige fysikermøte som arrangeres av Norsk Fysisk Selskap, blir iår holdt i Trondheim i tiden 24. mai til 26 mai. Medlemmene av Norsk Fysisk Selskap har fått tilsendt direkte møteinnbydelse med de nødvendige papirer for hotelreservasjoner m. v. Fysikere som ikke er medlem av Selskapet, vil også ha anledning til å delta i møtet, og må i så fall henvende seg til Selskapets sekretariat, Fysisk Institutt, NTH, eller til Fysisk Institutt ved Universitetet i Oslo eller Bergen, evt. til Institutt for Atomenergi, Kjeller, for å få de nødvendige opplysninger og møtepapirer. Anmeldelsesfristen til møtet er satt til lørdag 10. april 1965.

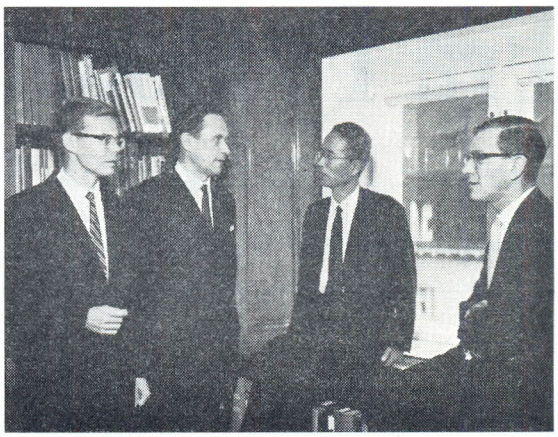
Ett forskningsinstitut för teoretisk fysik vid Helsingfors Universitet

Lennart Simons

Under de senaste åren har den teoretiska fysikens ställning i Finland märkbart förbättrats. Ordinarie professurer har inrättats i detta ämne vid universiteten i Helsingfors, Åbo och Uleåborg. Tidigare har våra teoretiker vanligen idkat högre studier utomlands. Sedan NORDITA kom till har där regelbundet vistats tre eller fyra finländska stipendiater. Tack vare detta har vi nu en relativt stor grupp teoretiker. Dessa har emellertid känt sig isolerade och i avsaknad av en stimulerande vetenskaplig miljö i hemlandet. Behovet att skapa en dylik miljö för att bereda våra teoretiska fysiker en möjlighet att bedriva forskning hemma har under årens lopp blivit allt starkare. Helsingfors universitets konsistorium tillsatte i januari 1962 en kommitté, som i ett betänkande ett år senare föreslog inrättandet av ett forskningsinstitut för teoretisk fysik. Realiserandet av denna plan genomfördes med ovanlig snabbhet, och i september 1964 kunde institutet starta sin verksamhet.

Organisationen av det nya forskningsinstitutet för teoretisk fysik skiljer sig avsevärt från andra universitetsinstitutioners, vilket närmast beror på att institutet är avsett att tjäna all fysikalisk forskning i landet. Organisationen är smidigare. Institutet står direkt under Helsingfors universitets lilla konsistorium och är sålunda helt fristående från fakulteter och institutioner. Valet av bl. a. vetenskaplig chef för institutet är inte beroende av de rigorösa språkprov som t. ex. kan göra det omöjligt för en utlänning att söka en finländsk professur. Detta är viktigt med tanke på att institutschefen skall leda den vetenskapliga verksamheten och skapa den internationella atmosfär som där behöves. Sättet att anställa honom har också frikopplats från det vid våra högskolor vanliga omständliga systemet med ansökningar, sakkunnigutlåtanden, förslagsställanden etc. Likaså har man avstått från principen om lika lön för alla professorer i hopp om att göra det möjlight att besätta

Dr. Lennart Simons er professor ved Helsingfors Universitet.



Forskningschefens uppgifter handhas nu temporärt av prof. Pekka Jauho (längst till höger) i samråd med prof. K. V. Laurikainen (andra från vänster) och den japanske fysikern dr Tanaka från NORDITA.
En medarbetare vid institutet, den amerikansk-finländske fysikern dr Kenneth E. Lassila (första från vänster), samt en gästföreläsare dr Z. Koba från Bohrs institut i Köpenhamn.

chefstjänsten med den bäst kvalificerade tillbudsstående vetenskapsmannen. För att institutets ledning kunna ha representanter för aktuella områden skall chefen inte heller tillsättas på livstid, utan hans tjänsteperiod kan vara av varierande längd, t. ex. några år. Till institutets personal hör förutom chefen två eller tre äldre forskare samt ett antal yngre forskare. Dessutom kan självfallet stipendiater och från annat håll understödda forskare arbeta vid institutet. Kontakten med andra institutioner upprätthålles sålunda, att en betydande del av institutets medel reserverats för att bekosta besök av utländska och inhemska forskare och för besök av institutets personal vid andra institutioner, såsom NORDITA och CERN.

Forskningsinstitutets egentliga ändamål är att skapa den miljö som våra teoretiska fysiker behöver för «postgraduate»-studier och vetenskapligt arbete, och att organisera en livlig kontakt med motsvarande utländska institutioner. Förutom den egentliga forskningen ingår som en viktig del av verksamheten seminarier och informella diskussioner, där forskarna får tillfälle att utbyta erfarenheter och diskutera aktuella problem. Vid dessa seminarier ses gärna som gäster utländska och inhemska fysiker. Den första egentliga forskningschefen blir den japanske fysikern MASAO SUGAWARA, som har anställts vid institutet för tiden februari t. o. m. augusti 1965.

Institutet har fått till sitt förfogande en lägenhet på 270 m², där man inrymt sju arbetsrum, föreläsningssal, bibliotek, konferensrum och kansli. Till institutets förfogande står dessutom en datamaskincentral.

Vid uppläggningen av forskningsprogrammet önskar man följa en viss konstinuitet med tanke på forskarnas tidigare arbeten, varav en stor del utförts vid NORDITA. Bland problem som just nu är aktuella kan nämnas studiet av kärnkrafter och lätta atomkärnor, vilket bedrivits redan tidigare. En annan forskargrupp studerar högenergifysik, där tonvikten för närvarande ligger på gruppteoretiska undersökningar. Vidare kan ännu nämnas studiet av flerkropparsproblem med tillämpningar på bl. a. fasta tillståndets fysik. Man väntar sig mycket av institutets verksamhet också i anslutning til experimentella arbeten i landet. Finlands fysiker är mycket glada över tillkomsten av Forskningsinstitutet för teoretisk fysik vid Helsingfors universitet och hoppas att det kraftigt skall befrämja den fysikaliska forskningen.

Sommerkurser for fysikklektorer?

Det har nå i en rekke år vært holdt repetisjonskurser ved Norges tekniske høgskole for ingeniører. Disse kurser har vært omfattet med en overbevisende interesse fra industrien så vel som fra deltakerne. Kursene har søkt å gi ingeniører i erverv slivet innblikk i nyere metoder og oppdagelser i teknikken. Etter hva vi har forstått har disse kursene vært særdeles vellykkede.

Man kan da naturlig nok spørre om ikke slike sommerkurser ville være en ide som kunne prøves for våre fysikklektorer i skolen.

Med den raske utvikling som foregår og har foregått i fysikken på alle felter, så vel i forskning som i dens anvendelser, er det så vidt vi har brakt i erfaring sterk interesse blant fysikklærerne ved de høgere skoler rundt om i landet for den stimulans en slik kursvirksomhet vil gi dem i deres daglige lærergjerning.

Så vidt vi kan forstå skulle slike kurser kunne arrangeres lokalt, slik at Universitetene i Oslo og Bergen og Høgskolen i Trondheim kan gi kurser for lektorer bosatt i eller omkring disse byer. Man skulle tro at det skulle la seg gjøre å stille de beskjedne midler til disposisjon som er nødvendig for en slik aktivitet. Det skulle også la seg gjøre for Universitetene og Høgskolen å sende forelesere til de større byer utenom Oslo, Bergen og Trondheim slik at også lektorer her kunde nyte godt av denne kursvirksomheten. Det er vår tro at en virksomhet av denne art vil bidra til en utdypning av fysikkpensum for gymnasiastene, samtidig som den utvilsomt vil bidra til en sterkt savnet kontakt mellom gymnasene og de større undervisningssentra.

Red.

Nye medlemmer av Norsk Fysisk Selskap

Styret i Norsk Fysisk Selskap har foran årsmøtet 1964 innvalgt følgende nye medlemmer i selskapet:

Cand. real., vit. ass. Kristian Birkeland, Bergen.
Cand. real., lektor Andres Bjørnhaug, Hamar.
Siv.ing., vit. ass. Thorbjørn Bjørlo, Trondheim.
Cand. real., forsker Knut Kristian Bryhn-Ingebrigtsen, Kjeller.
Siv.ing., vit. ass. Carl Bugge, Trondheim.
Cand. real., univ.lektor Ole Dørum, Oslo.
Cand. real., stipendiat Jens Gottfr. Feder, Oslo.
Cand. real., vit. ass. Kristian Fossheim, Oslo.
Cand. real., vit. ass. Kjell M. Gjævenes, Oslo.
Siv.ing., vit. ass. Jan Grasbakken, Trondheim.
Cand. real., vit. ass. Knut Hauan, Oslo.
Siv.agr., vit. ass. Berulf Heldal, Ås.
Cand. real., vit. ass. Tore Hvam, Oslo.
Siv.ing., vit. ass. Kjell J. Kloster, Bergen.
Cand. real., lab.ing. Nils Kvandal, Västerås.
Siv.ing., sjefsfysiker Jan Erik Lunde, Halden.
Siv.ing., forsker Helge Moen, Kjeller.
Cand. real., høgsk.lektor Per Nyborg, Vollebekk.
Cand. real., forsker Bjørn Pedersen, Oslo.
Siv.ing., lab.ing. Hroar Piene, Västerås.
Dr. Eng., forsker Andreas Rannestad, Kjeller.
Cand. real., vit. ass. Ingar G. Singstad, Bergen.
Cand. real., forsker Johan Stadsnes, Kjeller.
Cand. real., amanuensis Harald Buch Steen, Oslo.
Siv.ing., avd.ing. Arne Sølvberg, Trondheim.
Cand. real., forsker Eivind V. Thrane, Kjeller.
Siv.ing., vit. ass. Erlend Østgaard, Trondheim.
Cand. real., direktør Inge Aalstad, Trondheim.
Cand. real., prosjektleder Ivar Aanderaa, Bergen.

Samtidig er innvalgt som kollektive medlemmer:

A/S Elektrisk Bureau, Oslo.
Tanbergs Radiofabrikk A/S, Oslo.

Professor Leif Tronstad

Wilfred B. Mann

It is twenty years this month since our very good friend Professor Leif Tronstad lost his life in the course of a commando expedition to his native land of Norway which he understandably loved so well. I have been asked to recount a few personal memories that may, perhaps, have been made a little more dim, but none the less dear, with time.

We were privileged to know him for two of the most critical years of the War during which we benefited from his well organized and expeditious supply of Norwegian technical talent whenever it was needed. On one occasion we had a need for three carbide furnace experts. Three were available in Norway and after I had conveyed the request for their services to Dr. Tronstad they were in London within three or four days. At another time, when I was visiting him at the Royal Norwegian Army Headquarters, he had just received, from the leader of the expedition, the report of the demolitions at the heavy water plant at Rjukan which had been accomplished only some two days previously after, as he told me, a journey by the expedition of some 1200 km on ski in full army uniform! Major Tronstad was *very* pround of this. On another occasion he called me to tell me that Dr. Vogt, the Rector of Trondheim University, had arrived in town — via Mosquito across the North Sea. Dr. Vogt came to our flat in London for tea, as in those days it was difficult to find enough protein to entertain for dinner, and he told us that only three days before he had been hiding in an attic in Oslo and had seen the R.A.F. Mosquitoes come in at eye level to bombard the Gestapo headquarters. Tragically the building was directly hit, so he said, by two bombs one of which penetrated the basement but failed to explode, while the other went through the building and exploded near a street-car killing twenty Norwegians. We managed to find a position for Dr. Vogt in the ministry of Aircraft Production.

On another occasion I remember Leif Tronstad asking me if I could find useful war work for a bright young Norwegian in America named Gunnar Randers. If so, he would bring him to England. I approached J. D. Cockcroft and obtained an assurance of employment at the Air Defence Research and Development Establishment, the British Ministry of Supply radar establishment. When the then Major Randers arrived his security clearance had not been completed, so he occupied my office at the Imperial College of Science and Technology for some three months, amusing himself with technical problems.

It was a privilege to be invited by Leif Tronstad to attend the Norwegian National Day celebrations at the Albert Hall on May 17, 1943. Crown Prince Olav was present and the principal speaker was Sir Archibald Sinclair, Secretary of State for Air, who announced the destruction of the Möhne dam the night before, in which operation units of the Royal Norwegian Air Force had participated.

Leif Tronstad was irrepressibly gay and I have an unforgettable memory of his blonde hair and laughing blue eyes. I remember two of his stories. The faculty of Trondheim University asked the Germans to move out of some of the buildings because they said

Dr. W. B. Mann er sjef for radioaktivitetsavdelingen ved National Bureau of Standards, Washington D.C. U. S. A.

that there was insufficient space to teach. The local German commandant therefore arranged a visit of inspection and while the Germans marched solemnly in and out of the main entrances of buildings and up and down the main stairs, the same students were rushed from building to building by less formal routes. The German party thus went from an overcrowded library to an overcrowded laboratory, and so on, and so the request for more space was granted.

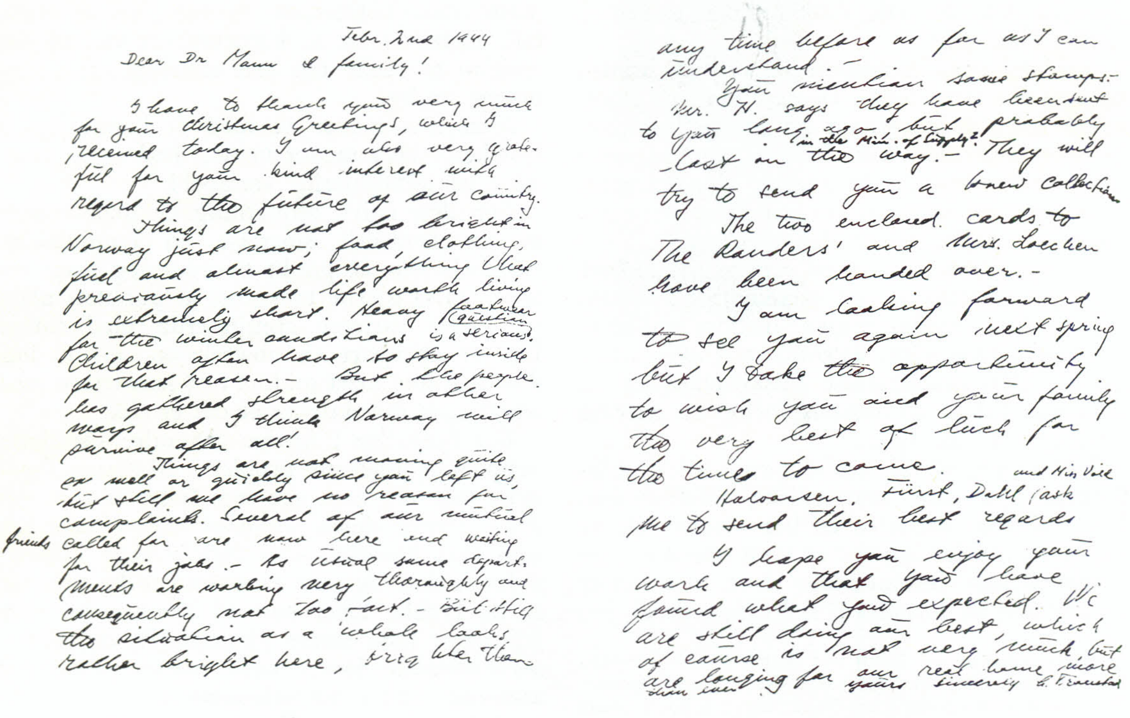
The second story concerned some of our mutual friends whom we wished to enlist in the war effort. They were held by the Gestapo, but some «white powder» was smuggled to them which made them violently sick. They were therefore sent to hospital but still remained under German guard. The next day a «Gestapo guard» arrived at the hospital to demand the prisoners with an order «signed» by the Gestapo commandant. The signature was so perfect, Leif Tronstad told me, that really no one could be blamed! And our friends sped on ski to their waiting Mosquito! The next day the Gestapo sent one of their own armed escorts to remove, as a precaution, the rest of their prisoners from the hospital, to return them to Gestapo headquarters. The signature on the order this time was indeed that of the Gestapo commandant, but Leif Tronstad related with great relish that the officer in charge of the hospital guard told the Gestapo guard that they were not going to do this again and promptly apprehended them all!

There was one very private aspect of Leif Tronstad's life into which I never inquired. He frequently went to Scotland to «practice parachute jumping». I suspected that he did not always come down in Scotland but I never asked.

The letter to me from Leif Tronstad, after I left London for Washington, tells something more of him and that fine group, Major Dahl, Captain Fürst, Captain Halvorsen, Miss Vold and others whom I did not know, who were members of his team. The last sentence of his letter sums up his deep loyalty and his great hope:

«We are still doing our best, which of course is not very much, but are longing for our real home more than ever».

Leif Tronstad returned home, in March 1945.



Febr. 2nd 1944

Dear Dr Mann & family!

I have to thank you very much for your Christmas Greetings, which I received today. I am also very grateful for your kind interest with regard to the future of our country.

Things are not too bright in Norway just now; food, clothing, fuel and almost everything that previously made life worth living is extremely short. Heavy footwear for the winter conditions is a serious question. Children often have to stay inside for that reason. – But the people has gathered strength in other ways and I think Norway will survive after all!

Things are not moving quite as well or quickly since you left us, but still we have no reason for complaints. Several of our mutual friends called for are now here and waiting for their jobs. – As usual some departments are working very thoroughly and consequently not too fast. – But still the situation as a whole looks rather bright here, brighter than any time before as far as I can understand. –

Your mention some stamps: – Mr. H. says they have been sent to you long ago but probably lost on the way (in the Min. of Supply?). – They will try to send you a new collection.

The two enclosed cards to The Randers' and Mrs. Loecken have been handed over. –

I am looking forward to see you again next spring but I take the opportunity to wish you and your family the very best of luck for the times to come.

Halvorsen, Fürst, Dahl and Miss Vold ask me to send their best regards.

I hope you enjoy your work and that you have found what you expected. We are still doing our best, which of course is not very much but are longing for our real home more than ever.

yours sincerely L. Tronstad

Fra kontinuumsfysikk til stochastisk fysikk og komplementaritet

J. P. Holtsmark

Som tittel for dette foredraget har jeg satt opp en motsetning mellom to ekstreme oppfatninger av naturen, som jeg har kalt kontinuumsfysikk og stochastisk fysikk. Denne motsetning rekker så langt tilbake som naturvitenskapen overhode, og det er lærerikt og interessant å se hvordan disse begreper har vekslet opp gjennom tidene, og hvordan de i dag på en viss måte er blitt forenet i Niels Bohrs komplementaritetsprinsipp.

Om noen for 20–30 år siden hadde snakket om stochastisk fysikk, ville han neppe blitt forstått. Ordet er oppfunnet forholdsvis nylig, det sies av Norbert Wiener, og det henger sammen med det greske ord «stochos», som betyr noe slikt som en skyteskive. Ordet «stochastisk» brukes om prosesser eller fenomener hvor det kommer noe tilfeldig inn, det som vi på engelsk kaller «random». *En stochastisk prosess* er altså en prosess hvor tilfeldigheter som man ikke er herre over eller ikke kjenner, spiller inn. Vi kan også si: det er en prosess hvor noe hender uten at vi ser noen årsak til det, eller i alle fall ikke kan finne denne årsaken.

Vi kan også karakterisere en stochastisk prosess noe annerledes. Dersom det som skjer, er en følge av inngripen fra forskjellige uavhengige individer, som hver utøver en virkning uavhengig av de andres, dersom altså prosessen er styrt av et antall uavhengige levende vesener, så er den stochastisk.

På den annen side er en prosess som følger nøyaktig en eller annen matematisk lov som bestemmer sammenhengen mellom tidligere og senere tilstander, *deterministisk eller determinert*. Den matematiske tidsavhengighet vil da sørge for at prosessens forløp er entydig bestemt for alle tider.

Motsetningen til en deterministisk tidsfunksjon er den stochastiske tidsfunksjon. Den variable størrelse er her stochastisk og kan anta verdier innefor et visst område, som eventuelt kan være uendelig stort, men det er ikke mulig på forhånd å si hvilken verdi den vil ha i et bestemt tidspunkt. Det eneste v kan si er at den er underkastet en viss fordelingslov.

Forholdet belyses best ved et eksempel. Antallet av levende personer i Norge er en stochastisk størrelse som varierer med tiden. Kjenner vi tallet nøyaktig i et øyeblikk, så vet vi dermed ikke hvor stort det er i neste øyeblikk. Men vi vet at i gjennomsnitt er tallet underkastet dødelighetskurven, og vi kan alltid si at tallet vil være det og det med en viss *sannsynlighet*. Dødelighetskurven er uttrykk for en *fordelingslov*, her altså fordeling av dødsfall på de forskjellige levealdre.

Et kjent eksempel fra fysikken har vi i Maxwells fordelingslov fra den kinetiske gassteori. Her er det energien av de enkelte gassmolekyler, som er den stochastiske variable.

Jeg skal så si noen ord om et kontinuum. Dette begrepet har i tidens løp hatt forskjellige betydninger. Det er først i den nyere tid, at begrepet kontinuum har fått en skarp definisjon i matematikken. Et eksempel på et matematisk kontinuum er mengden av reelle tall. Dette er bl. a. karakterisert ved at der mellom to reelle tall kan anbringes uendelig mange andre.

Men hva mener vi med et kontinuum i fysikken? Hva mener vi der med at en størrelse er kontinuerlig variabel?

For den naive oppfatning er måleverdien av en fysikalsk størrelse en kontinuerlig variabel. Når et punkt beveger seg langs en linje, vil vi gjerne tenke oss at punktets plass på linjen varierer kontinuerlig med tiden. Det er åpenbart en abstraksjon, for vi har ikke noe som helst middel til å konstatere med ubegrenset nøyaktighet at det er slik.

For fysikerne i forrige århundre var dette neppe noe relevant problem. Materien forestilte man seg som noe som fyller ut rom, og dens minste deler, *atomene* tenkte man seg som små legemer, som forminskede biljardkuler f. eks. Og man fant det ganske naturlig at de fysiske lover som vi kjenner fra våre erfaringer med større gjenstander, de såkalte *makroskopiske* lover, også måtte gjelde for atomene, altså i det *mikroskopiske*. At det *ikke* er slik, er den vesentlige nye erkjennelse, som

Dette foredrag ble holdt ved Norsk Fysisk Selskaps møte i juni 1964, der professor dr. J. P. Holtsmark ble hedret i anledning hans 70-årsdag den 13. februar 1964.

vel Niels Bohr fremfor noen annen har sett og det er han som ved sitt komplementaritetsprinsipp har vist oss den fundamentalt nye måte vi må se disse ting på. Jeg skal nå prøve å gi et overblikk over denne utviklingen belyst ved enkelte betydningsfulle faser. Men det grunnleggende problem kan vi kanskje lettest se, når vi går tilbake til naturvitenskapens begynnelse. Vi finner det hos Aristoteles som refererer og kommenterer de tidligere naturfilosofer, og han tar også nokså bestemt standpunkt for og imot. Problemet kan enkelt formuleres slik: Hva er tingene laget av? Hvorfor er de blitt slik? Hvorledes kan det foregå forandringer og bevegelser?

De svar man dengang kunne gi, måtte nødvendigvis bli summariske, kanskje primitive. Men de representerer allikevel de muligheter som, stort sett, foreligger.

1. Oppbygningen. Her møter vi to ekstreme synspunkter hos atomistene og eleatene, nemlig

1. Tingene består av atomer, d. e. individuelle enheter, som svever fritt omkring og er underkastet tilfeldighetens lov, og
2. Tingene er en enhet, kontinuerlig i rommet, udelelig og uforanderlig, det Parmenides kaller «Det Ene». Og mellom disse ekstremer finner vi mange andre oppfatninger, deriblant også Aristoteles.

Det enkleste er vel Empedokles' teori, som Aristoteles refererer den. Han antar at det finnes 6 grunnleggende prinsipper, nemlig de fire elementer og i tillegg bevegelse og forandring. Da de fire elementer er henholdsvis, ild, gass, flytende stoff og tørt støv, er alt inneholdt i prinsippene, men teorien sier da i grunnen heller ikke noe. Det ser ut til at Empedokles også mente at alt som foregår med disse elementer er styrt av tiltrekning og frastøtning, men underkastet tilfeldighet.

Mer interessant er Anaxagoras' lære; her støter vi også på problemet om det uendelige. Han har to prinsipper.

1. Læren om *homoeomeriene*, dvs. enhver ting er satt sammen av deler som er lik det hele. Gull er satt sammen av gull. Aristoteles bemerker til det at det må være feil, for et ansikt kan umulig være satt sammen av uendelig mange og uendelig små ansikter.
2. *Alt er i alt*, dvs. hvert legeme inneholder noe av alt mulig annet. På den måten skal forandring skje ved at alle andre stoffer er tilstede som muligheter, som frø som kan spire og vokse.

At de to læresetninger er i strid med hverandre synes alle å være enige om. Jeg skal ikke gå inn på det. Men det som interesserer oss her, er 2 andre deler av Anaxagoras' lære, nemlig

3. Et tomt rom er umulig og
4. All bevegelse og forandring foregår ved inngripen av en ikke-legemlig kraft, *nous*, som ofte oversettes med ånd, men som igrunnen bedre dekkes av det engelske ord «Mind». Mange har bemerket at der er en nær analogi mellom Anaxagoras' lære og kvantemekanikken i vår tid; som jeg skal komme tilbake til senere.

Jeg skal så et øyeblikk gå tilbake til atomistene, Leukippos og Demokritos.

De mente at alle ting er satt sammen av *atomer*.Og ordet *atomos* må da tas i den egentlige betydning av udelelig. Ikke geometrisk udelelig, men fysisk udelelig. De antok at der finnes i universet uendelig mange atomer og at de kan ha uendelig mange former. (Her kritiserer forøvrig Aristoteles, idet han sier at det i et endelig rom (volum) ikke kan være et uendelig antall av legemer av endelig størrelse. Universet måtte altså være uendelig, og det anser han for absurd).

Atomene danner et slags «chaos», deres bevegelse er fullstendig tilfeldige. Og de beveger seg i et ellers tomt rom. Det ser ut som om denne atomteori er en logisk konsekvens av at en bevegelse av noe materielt krever et rom hvor bevegelser kan foregå, altså et tomt rom. Det var formodentlig dette punkt, som for oss synes innlysende, som gjorde at teorien ikke ble akseptert og snart forsvant.

Atomteorien var altså ikke bare motsetningen til en kontinuumsteori, men den var også en stochastisk teori. Den måtte imidlertid være dømt til forkastelse, fordi den opererte med blind tilfeldighet, og ikke hadde noe begrep om å innordne denne tilfeldighet, altså det stochastiske under noen fysisk lov. Atomistene snakket riktignok om tiltrekning og frastøtning mellom atomene, etter mønster av Empedokles' *φιλία* og *νεικοζ*,* men de kunne ikke angi noe mere bestemt om disse kreftene.

* filia og neikos, vennskap og strid er her brukt i betydningen tiltrekning og frastøtning.

Jeg skal så si litt mere om den andre oppfatningen, som vi godt kan sammenfatte under betegnelsen kontinuumsteori. Her er mange avskygninger og til dels spissfindige detaljer, som ikke interesserer oss så meget i denne forbindelse. Jeg skal derfor i det vesentlige innskrenke meg til Aristoteles. Han refererer, som jeg sa, de tidligere filosofer og kommenterer dem. Aristoteles' forestillinger om stoff og ting er nøye forbundet med hans forestilling om rom. For meg ser det ut som om stoffet og rommet hos Aristoteles er uatskillelige. Rom uten stoff er umulig, det er absurd. Selv Anaxagoras' nous, tenker han seg som et slags ikke-materielt stoff som fyller ut rommet, men det er så fint eller tynt at det kan trenge gjennom alle andre stoffer og virke på dem ved direkte kontakt.

Rommet er altså overalt fylt av stoff. Dette stoff er ifølge sin egentlige natur *materia*, eller modersubstans. Det må forstås som et udifferensiert stoff, uten spesifikke egenskaper utover den å fylle rommet. Men materien har potensielle muligheter for å anta egenskaper, *attributter*, *aksidensjon* som differensierer den. Disse potensielle egenskaper kan bli *aktuelle*, dvs. de trer i funksjon, og tingene trer frem av materien som vi ser dem.

Aristoteles holdt også fast ved de fire elementer, slik at det aktuelle stoff er en blanding av dem i forskjellig forhold. Han løste også på en måte problemet om bevegelse, idet han mente at materien nok fyller rommet helt, men de enkelte deler kan gli om hverandre. Han gikk ut fra grunnsetningen: «Alt som beveger seg, blir beveget av noe annet». Men hans anvendelse av dette prinsipp er eiendommelig. Han deler bevegelsene inn i to slag: 1. de naturlige sirkelbevegelser, som f. eks. himmellegemenes bevegelser, som fortsetter i det uendelige og de naturlige rettlinjede bevegelser, opp eller ned og 2. de induserte bevegelser, dvs. bevegelser som i hvert øyeblikk skyldes en særskilt kraft fra et annet legeme. At tunge legemer faller og lette stiger kommer av at de tunge har sin naturlige plass nede og de lette oppe, en forklaring som kanskje bare atskiller seg fra Newton ved sin umatematiske formulering.

For å forklare de «naturlige» roterende bevegelser måtte han anta en *primus motor*, en første bevegelse, som engang i fortiden hadde satt dem igang, hvoretter de går videre av seg selv.

Aristoteles forkastet, som jeg nevnte, atomteorien, delvis på grunn av hans tese om naturens horror vacui, skrekken for det tomme. Men kanskje like meget fordi han tenker seg at enhver forandring bare kan skje som følge av at noe virker på noe annet ved direkte kontakt. Også Anaxagoras' *nous* må derfor være en slags materie i den forstand at den fyller rommet og tingene og virker direkte på dem. I parantes bemerket hersket det her tvil om nous er materiell eller ikke, for som noen sa, bare noe materielt kan virke på noe annet materielt.

Aristoteles fysikk er en ren kontinuumsfysikk, og all tilfeldighet er sjaltet ut. «Nihil sine causa». Aristoteles' lære holdt seg som bekjent gjennom de neste par tusen år, og den er faktisk grunnlaget for oppfatningen helt til dette århundre, selv om den tilsynelatende ble erstattet av atomteorien og dens konsekvenser lenge før. Jeg skal nå gå over til å snakke om dette.

Vi må da gå et par århundrer tilbake, til *Isaac Newton* og hans mekanikk og til de forskjellige matematikere som fulgte etter ham og utformet hans teori til den, man kan si klassisk skjønne og elegante lærebygning, som har fått betegnelsen den *rasjonelle mekanikk*.

Det avgjørende nye i Newtons mekanikk var at han oppfant *differensialregningen*, og dermed skapte muligheten for å regne seg fremover i tiden. Fysikken før Newton hadde stort sett vært beskrivende og statisk. Mekanikken omfattet læren om likevekt, altså om tilstander som ikke forandrer seg med tiden. Når jeg sier «regne seg fremover i tiden», så kan det kanskje misforstås. For vi vet jo at egypterne og babylonierne iakttok stjernenes gang og ut fra sine observasjoner kunne regne seg frem til f. eks. planetenes stilling fremover i tiden. Men dette er jo ikke annet enn å observere forskjellige periodiske bevegelser på en klokke, og det er ikke noen beregning av fremtiden ut fra det øyeblikkelige. Vi kan kort forklare oss hva som er det vesentlige nye i Newtons differensialregning slik. Fremtiden atskiller seg fra nåtiden ved en forandring. Et punkt flytter seg f. eks. på en linje, plassen forandrer seg med tiden, punktet har i hvert øyeblikk en *hastighet*, og den bestemmer hvorledes punktet beveger seg. Her representerer hastigheten forandringen. Hastigheten forandrer seg også, det er *akselerasjonen*. Begge deler kan måles med passende instrumenter.

Hvis vi nå kan finne en matematisk lov, som binder disse forandringsstørrelser sammen

med tilstanden i øyeblikket, så kan vi med den regne oss fremover i tiden. Det var det Newton gjorde. Men forutsetningen er, som vi umiddelbart ser, at prosessen er kontinuerlig, uten noe sprang, vi har m. a. o. her et adekvat uttrykk for kontinuumsfysikken.

For Newton var det neppe tvil om at han anså de størrelser det her dreier seg om, for kontinuerlig variable størrelser. F. eks. mente han at et punkts hastighet kan variere absolutt kontinuerlig fra null og oppover. Tiden definerer han, som han selv uttrykker det, som den jevnt flytende tid. Et punkt som beveger seg i en bane vil i tidens løp beskrive denne bane kontinuerlig. Derav følger, og det er det viktige, at det stykke vei et punkt går i sin bane i et uendelig lite tidsrom, er uendelig lite; forandringen av punktets plass i banen kan altså prinsipielt tenkes så liten man vil. Det gjør at den matematiske lov som binder forandringen av en tilstand til den tilstand som er i øyeblikket, får formen av en differensialligning. Selv om vi ikke kjente denne differensialligning nøvaktig, så vil dette allikevel prinsipielt si at tilstanden i øyeblikket med matematisk nøyaktighet bestemmer forandringen, og dermed utviklingen for all fremtid. Det har vært sagt, at Newton selv så det uhyggelige i denne erkjennelse, og at han søkte å kompensere den ved de mystisk-teologiske studier, som han gikk over til i den senere del av hans liv. På hans etterfølgere synes den ikke å ha virket slik. Men, som vi ser er all mulighet for tilfeldighet borte i Newtons teori, den er kontinuumsteori, både i tiden og i rommet.

Jeg skal ikke oppholde meg mer med den rasjonelle mekanikk. Det klassiske verk, som markerer denne epoke er vel *Laplaces* «Mecanique céleste», himmellegemenes mekanikk. Den nøvaktighet som Newtons lover beskriver planetenes bevegelse med, førte, som vi vet, til oppdagelsen av de to ytterste planeter, Neptun i forrige århundre og Pluto i dette århundre.

At atomteorien som følge av de kjemiske oppdagelser igjen kom frem, gjorde ikke noen prinsipiell forskjell. Det tomme rom var alt blitt anerkjent på 1600-tallet ved *Galileis* og *Torricellis* oppdagelser. Dermed var det ikke nødvendig, som Aristoteles forutsatte, at materien helt fyller rommet, og på en måte er identisk med rommet selv. Det var på det rene at verdensrommet stort sett er tomt og at materien bare fyller en liten del av det. Det var også på det rene at en vanlig gass, som f. eks. luft, i virkeligheten er et antall faste partikler, de kjemiske molekyler, som svever i et tomt rom, og bare tar opp en liten del av rommet.

Man tenkte seg det hele som en forminsket utgave av universet, med molekylene som små klumper av materie, eller stoff om man vil, som i og for seg ikke hadde vesentlig andre egenskaper enn materien i større målestokk. For disse molekylenes bevegelse antok man at Newtons mekanikk gjelder uavkortet som for de større legemer.

Det er karakteristisk for denne tids tankegang, og den holdt seg helt til inn i dette århundre, at man også tenkte seg varmen og elektrisiteten som stoff med de samme kontinuitetsegenskaper som man tilla materien. De ble kalt *imponderabilia*, vektløse stoffer.

Tvilen begynte å vise seg, da man oppdaget at varme ikke er noe uforgjengelig stoff, men at den er energi i en bestemt form, nemlig bevegelsesenergi hos molekylene i det varme legemet. Denne erkjennelse førte til to betydningsfulle oppdagelser, kan jeg vel kalle dem, nemlig til den såkalte *mekaniske varmeteori* eller *termodynamikken* og til den *kinetiske gassteori*. Jeg skal ikke gå inn på noen tekniske detaljer, det er overflødig, men jeg skal vise hvordan et stochastisk element nå begynte å trenge seg inn i teorien.

Den kinetiske gassteori stiller seg som oppgave å utlede de observerbare egenskaper til en gass ut fra følgende forutsetninger:

Gassen består av frie molekyler, dvs. små materielle legemer, som beveger seg fritt innenfor det rom gassen er i. De er små, men ikke uendelig små, og de beveger seg og støter sammen etter vanlige mekaniske lover. Kunne vi følge et tilfeldig molekyls bevegelse, så ville vi kunne bekrefte dette eksperimentelt. Prinsipielt skulle det være mulig, men i praksis naturligvis ikke gjennomførbart.

Ut fra denne forutsetning kan virkelig gassenes egenskaper beregnes, og det førte bl. a. til det resultat som er viktig for oss, nemlig til den erkjennelse at gassens temperatur er bestemt av intensiteten i molekylenes bevegelse, dvs. av deres energi, eller rettere av deres gjennomsnittlige energi. Dermed er vi i virkeligheten havnet i det stochastiske. For når vi snakker om gjennomsnittlig energi, så forutsetter vi at energien varierer fra det ene molekyl til det andre på en tilfeldig måte. Bare gjennomsnittet er observert, det svarer altså til temperaturen. Men tilfeldigheten er ennå ikke noe nytt og merkverdig. Den er

bare et uttrykk for at det er et så overveldende stort antall av molekyler at vi simpelthen ikke kan overkomme å observere hvert enkelt. Derfor ser det hele ut for oss som om energien varierer tilfeldig fra et molekyl til et annet og forsåvidt også for det enkelte molekyl med tiden. Bevegelsen er etter denne oppfatning for våre observasjonsmuligheter stochastisk, men i virkeligheten ikke stochastisk, den er tvertimot helt lovbundet av de vanlige mekaniske lover.

Jeg poengterer dette, fordi det er et springende punkt ved overgangen til den nye oppfatning, *Bohrs komplementaritet*. Før jeg går over til den, skal jeg nevne enda en oppdagelse som gikk imot kontinuiteten, jeg sikter til oppdagelsen av elektronet. Dermed var det fastslått at heller ikke elektrisiteten er noe som er kontinuerlig fordelt, den finnes bare som enkelte elektrisitetsatomer eller elementærladninger, som de også kalles.

I siste halvdel av forrige århundre hadde *J. C. Maxwell* utformet sin klassiske elektromagnetiske teori. Den er et fullstendig sidestykke til den rasjonelle mekanikk og beror også på differensialligninger. Den er m. a. o. en kontinuumsteori og absolutt deterministisk. Med rette anses den for noe av det fineste som er gjort i teoretisk behandling av fysikken, og den har, som den rasjonelle mekanikk, ubetinget gyldighet når det gjelder fenomener i stor målestokk.

Jeg skal så gå over til å tale om de oppdagelser som leder oss over til den nye tid og den helt nye oppfatning av materien. Der finnes, som jeg sa, flere observerbare størrelser i fysikken, som er stochastiske. Jeg nevnte *temperaturen*; et annet eksempel er *gasstrykket* mot en vegg. Det er også en stochastisk størrelse, fordi det er forårsaket av molekylenes støt mot veggen. Ved nærmere ettersyn finner vi faktisk at de fleste størrelser vi opererer med i fysikken, er stochastiske, de er altså statistiske gjennomsnitt av et stort antall virkninger, som hver for seg er underkastet tilfeldighet.

Alt dette representerte allikevel ikke noe vesentlig nytt, fordi det alltid gikk an å tenke seg at tilfeldigheten berodde på at vi alltid har å gjøre med gjennomsnittet av et stort antall virkninger. Kontinuiteten var altså ennå reddet, så det ut til.

Men dette ble annerledes, da man fant midler til å undersøke og måle disse enkelte virkninger, jeg talte om. Det begynte alt i 1888 da *fotoeffekten* ble oppdaget. Sagt i korthet består den i at lys som treffer en metallplate under egnede forhold frigjør elektroner fra platen. Ved nærmere undersøkelse av denne effekten støtte man på merkverdige forhold som tydet på at vi her sto overfor helt nye naturlover. Detaljene hopper jeg over, det vesentlige var at frigjøringen av elektronene skjedde stochastisk; men nå var det ikke lenger mulig å skylde på at vi observerte gjennomsnittsverdier; det stochastiske så ut til å være inhærent i selve fenomenet.

Også fra en annen kant ble kontinuiteten angrepet. Det var *Max Planck*, som ved studiet av et bestemt problem i *varmestrålingsteorien* kom til det uforklarlige resultat at en abstrakt fysisk størrelse, nemlig energien, bare opptrådte i form av bestemte kvanta, *Planck's energikvanta*. Det var noe helt nytt. At materien kan opptre i bestemte kvanta, som atomer, er jo ikke så vanskelig å forestille seg, men det er meget vanskelig å tenke seg dette om en abstrakt størrelse som energi.

For å si dette litt mer utførlig. Ved den prosess, det her er tale om, nemlig utstråling av varme fra et glødende legeme, frigjøres det energi, som sendes ut i rommet som varmestråling. Ifølge de tidligere forestillinger måtte man tro at denne utsendelsen foregår kontinuerlig. I virkeligheten gjør den ikke det, men Planck beviste at det sendes ut en bestemt mengde ad gangen, og, selvsagt, kan vi nesten si, stochastisk. Tidspunktene er helt tilfeldige, bare den gjennomsnittlige utsendelse pr. sekund kan beregnes.

Det var altså dengang, ca. 1900, tydelig at noe uforklarlig var dukket opp. Men mange deriblant *Albert Einstein*, forsøkte i det lengste å finne forklaringer som berodde på de gamle kontinuumsforestillinger. Det var et visst håp for dem, fordi observasjonene av varmestråling ennå bare gjaldt middelverdier. Og da kan man naturligvis postulere at det som virker tilfeldig på oss, i virkeligheten skjer ifølge eksakte naturlover, som vi ikke er i stand til å etterspore.

Andre merkverdige fenomener kom til, f. eks. *radioaktiviteten*. Et radiumatom kan leve i 1 minutt eller i flere tusen år før det sender ut stråling og går over til noe annet. Utsendelsen er stochastisk, og vi kan med enkle midler se de enkelte strålinger. Noen forklaring var det dengang ikke mulig å gi.

Det helt avgjørende nye kom da *N. Bohr* i 1913 fremsatte sin atomteori. Den ble forbedret og prøvet inntil den i 1925 fikk sin endelige form som da ikke direkte skyldtes

Fra Fysikkens Verden

26. årgang
1964

NORSK FYSISK SELSKAP
TRONDHEIM 1964

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:
Professor dr. Haakon Olsen
N. T. H., Trondheim

Redaksjonskomite:
Rektor Finn Berntsen, Trondheim
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer, Blindern
Dr. philos. Tormod Riste, Kjeller
Professor Steingrim Skavlem, Bergen
Dr. techn. Helge Øverås, Genève

Problemspalten:
Siv.ing. Richard R. Solem, Trondheim

Teknisk medarbeider:
Laboratorieingeniør Halvard Torgersen, Trondheim

Norsk Fysisk Selskap

Formann:
Professor dr. Sverre Westin

Styre:
Professor dr. Njål Hole
Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Anders Omholdt
Professor dr. Harald Trefall

Sekretær:
frk. Ingerid Woldhaug, Fysisk Institutt,
N. T. H., Trondheim.

INNHOLD

Hefte 1.

Professor Lars Vegard, in memoriam, *Gotfred Kvifte* 1
Nobelprisen i fysikk 1963, *F. Bakke* 4
Professor J. P. Holtsmark 70 år, *Sverre Westin*.... 6
AHA-spalten 8
Brev fra leserne 8
Metallers bruddfasthet
Ett nordiskt institut för elementarpartikelfysik? (I), *Gunnar Källén* 9
Fysikalsk-kjemiske prosesser i vann bestrålt med ioniserende stråling (I), *Thormod Henriksen*..... 12
Ballistikk og bevegelseslære på Galileis tid, *J. A. Lohne*..... 17
Direkte kjernereaksjoner og atomkjernenes struktur (II), *Trygve Holtebekk* 20
Ein støytdemonstrasjon med to ballar, *Nils Skogen* 23

Bøker 23
Niels Bohr: Et Mindeskrift
Donald G. Fink og David M. Lutyens: Fjernsynets fysikk.
J. M. Carrol: Tunnel-Diode and Semiconductor Circuits.
R. R. Wilson og R. Littauer: Cyclotronen og andre Acceleratorer.

Hefte 2.

Professor Svein Rosseland 70 år, *Eberhart Jensen*... 25
CERN – eit tiårsjubileum, *Helge Øverås*..... 28
Elementære eksitasjoner i faste stoffer (I), *Tore Olsen* 33
Brev fra leserne 36
Om styrken av metaller
Ett nordiskt institutt för elementarpartikelfysik? (II), *Gunnar Källén* 37
AHA-spalten 40
Conferenza Internationale de Siena sulle particelle elementari, *Endre Lillethun* 40
Fysikalsk-kjemiske prosesser i vann bestrålt med ioniserende stråling (II), *Thormod Henriksen* .. 42
Et norsk laboratorium for kjerneforskning, *Ole Lønsjø* 45

Bøker 47
G. Dearnaley og D. C. Northrop: Semiconductor Counters for Nuclear Radiations.
P. E. Nemirovskii: Nuclear Models.
Stokes, A. R.: The Theory of Optical Properties of Inhomogeneous Materials

Hefte 3.

Professor Egil A. Hylleraas æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap 49
Årsmøte i Norsk Fysisk Selskap 2. juni 1964..... 50
Radioaktivt Carbon–14 fra kjernefysiske eksplosjoner, *Reidar Nydal* 51
Fysikermøtet 1964 54
AHA-spalten 60
Lettvint forsøk med kastebevegelse, *Halvard Sollie* 61
Thomas Andrews 1813–1963, *K. Jostein Knutsen*... 62
Plasmatilstanden – fysikk og anvedelser (I), *Jon Arne Bakken*..... 63
Elementære eksitasjoner i faste stoffer (II), *Tore Olsen* 67
Bøker 70
Andres Bjørnhaug: Fysikk for ungdomsskolen 7. klasse.
Oppfinnelsenes Historie.
V. I. Kogan and V. M. Galitskiy: Problems in Quantum Mechanics.
W. T. Welford: Geometrical Optics, Vol. I.
L. Landau og G. B. Rumer: Hva er relativitet?
Lennart Råde: Sannolikhetslära och Statistikk.
Walter Heitler: Mennesket og den Naturvidenskapelige Erkjennelse.
Johannes Kepler: Stjernen og Tanken.
L. v. Erichsen: Friedliche Nutzung der Kernenergie, ihre Vorteile und ihre Gefahren.

Hefte 4.

Noen betraktninger om laboratorieundervisningens stilling i fysikkstudiet, *Wilhelm Løchstøer*.... 73
Konferanse i Faste Stoffers Fysikk, *Jens Lothe* 77
Polariserte langsomme nøytroner og deres bruk innen de faste stoffers fysikk, *Olav Steinsvoll* 78
AHA-spalten 84
En beretning om hvorledes Galileis videnskapelige resultater nådde Det Fjerne Østen for 350 år siden, *Nic. Knudtzon* 85

Bøker 94
Alf Heimer, Tormod Førland: Elektrisitet, magnetisme, måleenheter, noen nyere synsmåter
J. L. Steinberg og J. Lequeux: Radio Astronomy.
S. C. Frautschi: Begge Poles and S-Matrix Theory.
Kosmos 1963.
P. T. Matthews: Introduction to Quantum Mechanics.
Pierre Teilhard de Chardin: Fenomenet menneske.
V. F. Weisskopf: Vitenskapens verdensbilde.
P. Nozières: Theory of Interacting Fermi System.

FORFATTERREGISTER

Bakke, Finn, Nobelprisen i fysikk 1963 4
— (bokanm.) Nemirovskii, P. E.: Nuclear Models 48
Bakken, Jon Arne, Plasmatilstanden – fysikk og anvendelser (I) 63
(Del II) 87
Elgarøy, Øystein, (bokanm.) Steinberg, J. L. og Lequeux, J.: Radio Astronomy 95
Eriksen, Erik, (bokanm.) Nozières, P.: Theory of Interacting Fermi System 96
Henriksen, Thormod, Fysikalsk-kjemiske prosesser i vann bestrålt med ioniserende stråling (I) ... 12
— (Del II) 42
Hole, Njål, (bokanm.) Kosmos 1963 95
Holtebekk, Trygve, Direkte kjernereaksjoner og atomkjernenes struktur (Del II) 20
Jensen, Eberhart, Professor Svein Rosseland 70 år.. 25
Knudtzon, Nic., En beretning om hvorledes Galileis videnskapelige resultater nådde Det Fjerne Østen for 350 år siden 85
Knutsen, Jostein K., Thomas Andrews 1813–1963 62
— (bokanm.) Stokes, A. R.: The Theory of Optical Properties of Inhomogeneous Materials 48
— (bokanm.) Bjørnhaug, Andres: Fysikk for ungdomsskolen 7. klasse 70
— (bokanm.) de Chardin, P. T.: Fenomenet menneske 96
Kvifte, Gotfred, Lars Vegard, in memoriam 1
Källén, Gunnar, Ett nordiskt institut för elementarpartikelfysik ? (I) 9
— (Del II) 37
Lillethun, Endre, Conferenza Internationale di Siena sulle particelle elementari 40
Lohne, J. A., Ballistikk og bevegelseslære på Galileis tid 17
— (bokanm.) Oppfinnelsenes Historie 71
Lothe, Jens, Konferanse i Faste Stoffers Fysikk 77
Løchstøer, Wilhelm, Noen betraktninger om laboratorieundervisningens stilling i fysikkstudiet ... 73
Lønsjø, Ole, Et norsk laboratorium for kjerneforskning 45
Nordhagen, Rolf, (bokanm.) Wilson, R. R. og Littauer, R.: Cyclotronen og andre Akseleratorer 24
Nordhagen, Rolf, (bokanm.) Dearnaley, G. og Northrop, D. C.: Semiconductor Counters for Nuclear Radiations 47
Nydal, Reidar, Radioaktivt Carbon–14 fra kjernefysiske eksplosjoner 51
Olsen, Haakon, (bokanm.) Matthews, P. T.: Introduction to Quantum Mechanics 96
Olsen, Tore, Elementære eksitasjoner i faste stoffer (I) 33
— (Del II) 67
Reitan, Arne, (bokanm.) Kogan, V. I. and Galitskiy, V. M.: Problems in Quantum Mechanics 71
— (bokanm.) Welford, W. T.: Geometrical Optics, Vol. I 71
— (bokanm.) Landau, L. og Rumer, G. B.: Hva er relativitet? 71
— (bokanm.) Weisskopf, V. F.: Vitenskapens verdensbilde 96
Riste, Tormod, (bokanm.) v. Erichsen, L.: Friedliche Nutzung der Kernenergie, ihre Vorteile und ihre Gefahren 72
Skogen, Nils, Ein støytdemonstrasjon med to ballar 23
Solem, Richard R.: (bokanm.) Råde, L.: Sannolikhetslära och Statistikk 72
Sollie, Halvard, Lettvint forsøk med kastebevegelse 61
Steinsvoll, Olav, Polariserte langsomme nøytroner og deres bruk innen de faste stoffers fysikk 78
Torgersen, Halvard, (bokanm.) Fink, D. G. og Lutyens, D. M.: Fjernsynets fysikk 24
— (bokanm.) Carrol, J. M.: Tunnel-Diode and Semiconductor Circuits 24
Wergeland, Harald, (bokanm.) Niels Bohr, Et Mindeskrift 23
— (bokanm.) Heitler, W.: Mennesket og den Naturvidenskapelige Erkjennelse. – Kepler, J.: Stjernen og Tanken 72
Westin, Sverre, Professor J. P. Holtsmark 70 år 6
Øverås, Helge, CERN – eit tiårsjubileum 28
— (bokanm.) Frautschi, S. C.: Begge Poles and S-Matrix Theory 95
Aars, J., (bokanm.) Heimer, A. og Førland, T.: Elektrisitet, magnetisme, måleenheter, noen nyere synsmåter 94

Bohr. *Kvantemekanikken*, som teorien kalles, ga en formell forklaring på atomenes bygning og deres oppførsel forøvrig. Formell, for så vidt som den angir de ligninger og regneregler som kan brukes for å regne seg frem til alt vedrørende atomet. Og den etterlot en følelse av total uanskuelighet. Man kunne nesten si, at denne teorien nærmest var en måte til å utnytte praktisk en viss hittil uanvendt disiplin i den rene matematikk, nemlig matrixregning og gruppeteori.

For Bohr, og vel for mange andre, var dette utilfredsstillende. Han hørte til dem som ville ha erkjennelsen konkretisert; det var ikke ved subtil matematikk han søkte å forstå problemene, men ved de aller enkleste matematiske hjelpemidler. Med noen få bokstaver på et papir kunne han få frem det vesentlige i en teori. I dette tilfelle førte hans anstrengelser for å forstå til hans *komplementaritetsprinsipp*.

Vi skal gå litt tilbake og se på hva Bohrs atomteori inneholder av nye prinsipper.

Da Bohr kom med sin teori i 1913, var situasjonen den, at der forelå flere forsøk på å lage en teori for atomet etter de såkalte klassiske linjer, dvs. på basis av kontinuumsfysikken. Alle disse forsøk kunne betegnes som mislykket. Bohr så at det ikke nyttet å fortsette videre etter disse linjer, der måtte noe helt nytt til. Dette nye var at han helt forkastet kontinuumsfysikken og innførte en prinsipielt stochastisk teori. Nøyaktigere sagt, han oppga helt å finne noen beskrivelse av hva som foregår i et atom, og han erstattet en slik beskrivelse med sine to postulater, som kan uttales i en noe popularisert form slik:

1. *Et atom kan eksistere bare i visse tilstander, de stasjonære tilstander.*
2. *Det kan helt tilfeldig gå over fra en tilstand til en annen og samtidig sende ut eller ta opp stråling.*

Eller enda enklere sagt. Atomet har en rekke atskilte og forskjellige muligheter for å eksistere, og det kan etterhvert og helt tilfeldig gå fra en mulig tilstand til en annen. Han oppga helt å prøve å gi noen begrunnelse for postulatene. Suksessen var umiddelbar, det lyktes ham å beregne hydrogenatomets stråling med en nøyaktighet på en hundretusendel, noe helt fantastisk dengang.

Men dermed ble det også. Først et 10-år senere kom den fullstendige forklaring ved *kvantemekanikken*, og med den muligheten for å formulere komplementaritetsprinsippet. Det siste henger sammen med et begrep, som vel de fleste her har hørt noe om, nemlig *Heisenbergs usikkerhetsrelasjon*. Den går ut på at det er umulig ved et eksperiment å få bestemt et atoms tilstand fullt ut. Vi kan så å si få tak i halvparten av de nødvendige data ved forsøket, den andre halvpart får vi ikke tak i. Prøver vi med et annet forsøk, som er analogt på en annen måte, kan vi kanskje få tak i de opplysninger som vi ikke fikk i forrige forsøk, men da blir igjen resten ubestemt.

Denne merkelige konsekvens kan man trekke av den matematiske teori for atomet som vi har i kvantemekanikken. — Men på den måten er den naturligvis bare en formell slutning.

Bohr tok fatt i dette, og i et arbeid som strakte seg over flere år, og hvor han arbeidet intimt sammen med Leon Rosenfeld, undersøkte han et stort antall konkrete tilfelle, altså konkrete forsøk, for å se hvordan usikkerheten kom inn. Resultatet av dette ble komplementaritetsprinsippet.

Til å begynne med så det ut som utspekulert vrangvilje fra naturens side. Vi kan f. eks. tenke oss at vi ved et eller annet apparat, et passende mikroskop, vil prøve å forfølge en liten partikkel, f. eks. et elektron. Da oppdager vi at vi nok i mikroskopet kan konstatere at elektronet er på et bestemt sted i synsfeltet. Men samtidig viser det seg at selve observasjonen nødvendigvis gir elektronet et støt, som er stadig kraftigere, jo nøyere vi får bestemt dets plass. Da dette støtet er helt tilfeldig rettet, er vi dermed avskåret fra å finne hvor elektronet er i neste øyeblikk; vi kan ikke finne hvilken hastighet det hadde i observasjonsøyeblikket, for denne hastighet er radikalt og uberegnelig forandret ved observasjonen.

På grunn av dette trick fra naturens side er vi avskåret fra å bestemme tilstanden i et øyeblikk og dermed også for muligheten for å beregne hvorledes den vil forandre seg.

Men om vi nå ikke observerer, men lar naturen greie seg selv. Vil da fremtiden være bestemt av øyeblikket? Til det må vi vel svare: «Vi vet ikke». Mange anser dermed saken for avgjort, vi har ikke noe med å spekulere over ting som vi ikke kan observere. Fysikken skal innskrenkes til det observerbare sier de, og dessuten er jo ikke alle problemer uttømt med usikkerhetsprinsippet.

Bohr selv ble aldri trett av å ta frem et paradoks som følge av andre observasjoner. Det er følgende. La oss tenke oss at et elektron kommer imot iakttageren. Han holder en skjerm iveien, og skjermen har et lite hull som elektronet kan slippe gjennom, dersom det treffer hullet. Ellers blir det stanset av skjermen. Hva skjer? Jo akkurat det vi skulle vente, noen ganger slipper elektronet igjennom, andre ganger ikke, beroende bl. a. på hvilken retning det hadde da det kom.

Men la oss nå ta en skjerm med to hull. Hva skjer nå? Vi må vente at elektronet kan gå gjennom det ene eller det andre, eller eventuelt ikke gjennom noen av dem. Men slik går det ikke. Forsøket viser at elektronet har gått gjennom begge hullene på en gang, og at det allikevel bare er ett etter at det har passert skjermen. Neppe noe forsøk viser klarere hvor paradoksalt naturen oppfører seg, når vi har å gjøre med partikler i atomær størrelse, som f. eks. elektroner, de er forøvrig enda en god del mindre enn atomene.

Nå er det ikke så, at vi ikke kan beregne og på den måten forklare hva som skjer med elektronet. Det er bare det, at vi da ikke lenger kan tenke oss elektronet som et lite legeme, men som noe helt annet, som fyller hele rommet og derfor vil gå gjennom begge hullene samtidig. Vi kaller det en *bølge*.

I det ene eksperimentet kan vi altså lokalisere elektronet og fastslå at det er nøyaktig i et bestemt punkt. I det andre eksperimentet finner vi at det så å si er overalt. Hva er riktig?

Nå er dette ikke det eneste tilfelle hvor vi støter på denne slags paradokser. Bohr og Rosenfeld tenkte seg igjennom alle mulige forsøk og fant alltid det samme. Og de kom til at et og samme fenomen iakttatt med forskjellige metoder viser vesentlig forskjellige resultater. Disse resultater er *komplementære*, dvs. de fyller hverandre ut til det hele, selv om de innbyrdes er motstridende.

Bohr selv så i komplementariteten en fundamental egenskap hos naturen. Han kom aldri så langt som til å formulere prinsippet skarpt, og heller ingen annen har gjort det. Vi kan prøve å antyde det slik: Den reelle verden kan alltid manifestere seg på to måter som gjensidig utelukker hverandre. Ved en observasjon kan vi få frem det ene eller det andre av disse aspekter nøyaktig. Eller vi kan få frem litt av hvert dvs. begge med en viss unøyaktighet. Det egentlige fenomen er en syntese av begge aspekter, det kan ikke beskrives nærmere.

Dermed er også det stochastiske prinsipp lagt inn i naturen selv. Tilfeldigheten er en inherent egenskap i alle fenomener. Godtar man dette, så er dermed også determinismen i naturen borte.

Bohr var i de siste år av sitt liv sterkt opptatt av tanken om komplementaritet i biologien, og han holdt på med en avhandling om dette, da han døde. Den er aldri kommet ut, og jeg kan ikke si noe om hvilke tanker det her dreier seg om. Bohr selv anså komplementariteten for et av de fundamenter naturen er bygget på, og han forutså at den ville bli lært i skolene som en av de fundamentale sannheter.

Hvordan det nå måtte være, så tror jeg at det ikke er for meget sagt at komplementaritetsprinsippet hører til de mest dyptgående erkjennelser som overhode er gjort i fysikken.

---

*AHA-spalten

Inspirert av beretningen om Tårnet i Babel, har Per Aspera besluttet å løse problemet med satellittutskytninger på en ny måte. Han vil nå søke Romforskningsforsyningsnemnda om bidrag til et ca. 50 000 km høyt tårn som tenkes reist ved Ekvator.

En elevator vil frakte satellittene til en passende høyde, hvorfra de frigjøres ved et lite puff. Hvilke banetyper er mulige?

For å unngå fundamenteringsproblemene, vil Per forsøke å gjøre tårnet «vektløst». Kan han oppnå dette?

Løsning på oppgaven i nr. 4–1964:

Begge brilleparene er like — polarisasjonsretningene for brilleglassene i et par står normalt på hverandre, og danner en vinkel på 45° med horisontplanet. Sivilingeniør *E. Schreiner*, Oslo, løste problemet korrekt.

**Alltid høyere, Aspera!*

Møssbauereffekten og dens mulige anvendelser i krystallografien

I. Møssbauereffekten

Bjørn Pedersen

Det mest fremtredende trekk i kjemiens utvikling etter krigen er de mange nye fysikalske metoder som er blitt stilt til kjemikerens rådighet. Denne utvikling har ført kjemien og fysikken nærmere sammen, og meget interessant arbeid er blitt utført der hvor metoder fra fysikken og problemer i kjemien har blitt koblet sammen. Vi skal her komme inn på en av de aller nyeste metoder, basert på Møssbauereffekten, hvilket vil si resonansinnfangning av γ-kvanter i faste stoffer [1].

Denne effekten ble oppdaget av Rudolph Møssbauer [2] og publisert i Zeitschrift für Physik i 1958, så feltet har bare hatt 6 år til å utvikle seg på. Det varte ett år før noe hendte, amerikanske fysikere leser ikke så godt tysk, men så snart de første arbeidene som bekreftet Møssbauers oppdagelse ble publisert i amerikanske tidskrifter, løsnet et skred [3]. Til å begynne med var man, naturlig nok, mest interessert i fysikken i den nye effekten, men snart ble det oppdaget visse uregelmessigheter som måtte tilskrives den kjemiske binding, og effekten fikk også kjemisk interesse. I løpet av de siste 3–4 årene har et stigende antall forskjellige kjemiske forbindelser blitt undersøkt, og materialet er delvis systematisert. Foreløpig må man si at det hovedsakelig har blitt arbeidet med forbindelser og problemstillinger hvor svaret var kjent, slik at den teoretiske nyutvikling som var nødvendig kunne prøves ut. Som alltid når en ny metode, en ny kilde til kunnskap, blir tilgjengelig, så har man fått et middel som dels kan brukes til å gi mer presise svar på klassiske problemer, dels vil man kunne gå løs på helt nye oppgaver som man tidligere ikke hadde hatt noen mulighet til å få svar på, og dels vil en ny metode selv medføre nye problemer som må løses før man kan komme videre.

De kjemiske egenskaper ved stoffene er nøye forbundet til elektronstrukturen, og forskjeller i kjemisk reaktivitet er avhengig av forskjeller i denne. Man kan da spørre seg hvordan det kan være mulig at kjernereaksjoner, slik som utsendelse av et γ-kvant fra en kjerne, kan påvirkes av elektronstrukturen slik at studier av kjernereaksjoner kan gi opplysninger av kjemisk interesse. Det er jo vel kjent at energiforandringer i kjernereaksjoner er av størrelsesorden millioner elektronvolt, mens energiforandringer i elektronstrukturen bare er 10 eV og mindre. For at slike små energier skal kunne bestemmes er det nødvendig for det første at γ-kvantene har en meget vel definert energi, eller med andre ord at de er meget monokromatiske, og for det annet trenger vi en apparatur som kan måle γ-kvantenes energi med en like høy presisjon. Det var Rudolph Møssbauers store fortjeneste at han for det første fant at meget monokromatiske γ-kvanter eksisterer i naturen, og for det annet også anga en meget enkel metode til å detektere kvantene med en tilsvarende nøyaktighet.

Vi vil i denne artikkel først gi en nærmere beskrivelse av Møssbauereffekten og gi den nødvendige bakgrunn for å forstå det epokegjørende i Møssbauers oppdagelse. Vi vil også komme nærmere inn på de sider av effekten som kan gi opplysninger om faste stoffers fysikk og kjemi, mens de rent fysiske anvendelser skal vi ikke ha anledning til å komme nærmere inn på. Til slutt skal vi se på hvilke muligheter en sammenkopling av Rayleigh- og Møssbauerspredning åpner.

Møssbauereffekten.

Møssbeuereffekten har å gjøre med resonansinnfangning av γ-kvanter. Disse γ-kvantene utsendes fra eksiterte atomkjerner når disse faller fra det eksiterte nivå til grunntilstanden, slik som vist i fig. 1. γ-kvantene kan resonansinnfanges av andre identiske kjerner som er i grunnstilstanden ved at disse eksiteres fra grunntilstanden til det eksiterte nivå som angitt. Nå vil det eksiterte nivået ikke være fullstendig skarpt. Dette følger av Heisenbergs usikkerhetsrelasjon, idet en nukleide i det eksiterte nivå bare vil ha en bestemt endelig levetid i den eksiterte tilstand. Er levetiden τ, så vil uskarpheten i det eksiterte nivået ΔE være gitt ved:

Dr. philos, Bjørn Pedersen er leder for strukturavdelingen ved Sentralinstitutt for Industriell Forskning.

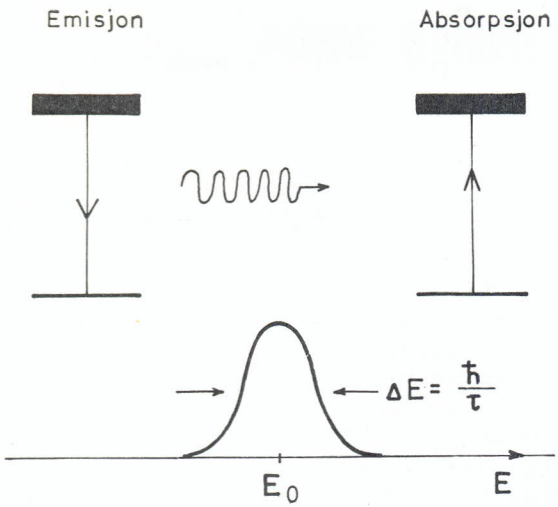


Fig. 1. Energinivåer for emittor- og absorbatorkjerner med energifordelingen av γ-kvantene indikert nederst.

$$\Delta E = \frac{\hbar}{\tau} \qquad (1)$$

Denne uskarpheten ΔE vil også være et mål for energifordelingen av γ-kvantene, slik som angitt nederst i fig. 1. En typisk verdi for τ er 10^{-7} sek., det gir en verdi av ΔE på 10^{-8} eV. Nå er γ-kvantenes energi i et Møssbauer-eksperiment ca. 100 eV, det betyr at den relative energispredning i γ-kvantene bare er $1:10^{13}$. Dette betegnes som den naturlige linjebredde for γ-kvantene. Denne energiskarphet er mer enn tilstrekkelig for vårt formål, hvis det nå bare ikke er andre prosesser som kan føre til at γ-kvantenes energi spres ut over et større spektrum, eller hvis vi ikke kan finne en metode som kan måle kvantenes energi med en tilstrekkelig nøyaktighet.

Før Møssbauers innsats, det vil si før 1958, var det prosesser som man mente bidro til at γ-kvantenes energi virkelig var fordelt over et meget større område, faktisk så stort at det skulle være vanskelig i det hele å detektere resonansinnfangning av γ-kvanter. Disse to effektene kommer frem når vi ser på utsendelsen av et γ-kvant fra en bestemt kjerne i mer detalj. For det første må utsendelsen av et γ-kvant føre til en rekyl av kjernen i motsatt retning av den som γ-kvantet går, fordi den totale impuls må bevares i prosessen slik at hvis det var null før kvantet ble utsendt må det også være null etter at kvantet har forlatt kjernen. Da dessuten den totale energien av kjernen pluss γ-kvantet må være konstant

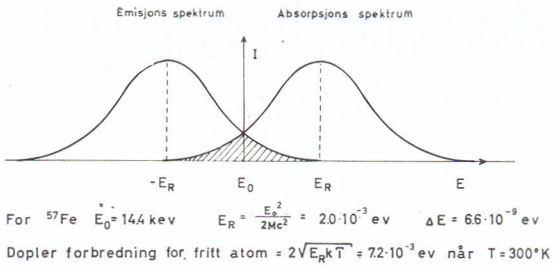


Fig. 2. Emittor- og absorbatorspektrum beregnet klassisk.

når kjernen faller fra det eksiterte nivå ned i grunntilstanden, betyr det at energien av γ-kvantet som forlater kjernen med rekyl er $E_0 - E_R$, hvor E_R er rekylenergien. Analogt, for at en kjerne i grunntilstanden skal kunne eksiteres må det komme et kvant med energi $E_0 + E_R$, slik at kvantet kan bidra med den nødvendige energi for å bringe kjernen fra å ligge i ro i grunntilstanden til den er i den eksiterte tilstand med en viss hastighet.

Den andre prosessen som vil gjøre at γ-kvantene fordeler seg over et større energispektrum, skyldes at kjernene som sender ut γ-kvantene ikke ligger i ro, men utfører termiske bevegelser. Dette vil føre til en Doppler-forbredning. Før Møssbauer var følgelig forholdene slik som vist i fig. 2. Her er energifordelingen av de γ-kvantene som forlater emittor forskjøvet nedover energiskalaen, mens energifordelingen i de γ-kvantene som kunne gi absorpsjon i en absorbator blir forskjøvet samme energimengde mot høyere energi. Bredden av begge spektra er bestemt av Doppler-forbredningen, og dette er 6 tierpotenser høyere enn den naturlige linjebredden. Resonansinnfangning kunne man, ifølge disse forestillinger, bare vente seg i den grad de to kurvene overlappet.

Møssbauers store fortjeneste var at han fant at når γ-kvantenes energi ikke var for stor, så gir ikke en klassisk beskrivelse hvor atomene er å betrakte som frie, slik som vi nettopp har gitt, en dekkende beskrivelse av de faktiske forhold, men man må gå til kvantemekanisk beskrivelse. Bruker vi en Einstein-modell av et fast stoff, det vil si at vi tenker oss at stoffet er satt sammen av en rekke ukoplete, harmoniske oscillatorer, kommer poenget klart frem. Hvis en eksitert kjerne nå sitter i et bestemt vibrasjonsnivå, så følger det fra kvantemekanikken at etter utsendelsen av γ-kvantet vet vi ikke lenger med sikkerhet i hvilket vibrasjonsnivå kjernen befinner seg,

men vi kan beregne hvor stor sannsynligheten er for å finne kjernen igjen i hver av de vibrasjonsnivåene som står til rådighet. Gjennomfører man en slik beregning finner man at det vil være en viss sannsynlighet for å finne kjernen igjen i den opprinnelige tilstand. Det betyr at det blant alle de γ-kvantene som utsendes vil være en viss brøkdel, som vi kan kalle f, som bærer den totale energien ved overgangen fra det eksiterte nivå til grunntilstanden. Det teoretiske uttrykket for denne brøkdel f kan lett beregnes fra en Einstein-modell:

$$f = e^{-\frac{E_R}{h\nu_E}} = e^{-\frac{4\pi^2 \langle r^2 \rangle}{\lambda^2}} \qquad (2)$$

Som man ser er f en eksponential-funksjon hvor eksponenten er forholdet mellom rekylenergien og eksitasjonsenergien for en harmonisk oscillator, $h\nu_E$. Innsetter vi verdien for E_R som er gitt i fig. 2 og benytter oss av kjente forhold om den harmoniske oscillator, så kan f skrives som vist i siste del av likning (2). Her er $\langle r^2 \rangle$ midlet av svingningsamplitudens kvadrat midlet over en tid som svarer til levetiden for en kjerne i det eksiterte nivå og λ bølgelengden av γ-kvantet. Bølgelengden for et Mössbauerkvant ligger mellom 0.1 og 1 Å. Faktoren f er helt analog med den faktor som kalles Debye-Waller faktoren i elastisk spredning av røngenstråler fra elektronene i et fast stoff, en spredning som vanligvis kalles Rayleigh-spredning. Den eneste forskjellen mellom Debye-Waller faktoren for Rayleigh-spredning og denne for Mössbauerspredning er en faktor $2 \sin^2\theta$, hvor θ er Bragg-vinkelen. Vi skal komme tilbake til disse forhold senere. Det kan bare bemerkes her at for dem som arbeider med røntgendiffraksjon burde ikke Mössbauereffekten ha kommet som noen overraskelse. Det faktum at termisk bevegelse av atomene i et krystallgitter bare nedsetter intensiteten av den spredte stråle og ikke gjør den bredere – at man i det hele kan skille mellom elastisk og uelastisk spredning – er akkurat Mössbauereffekten. Men fordi røntgendiffraksjon vanligvis behandles som klassisk bølgespredning, mens utsendelse og spredning av γ-kvanter behandles etter en partikkel-modell, kom den nære sammenheng mellom de to fenomener først frem etter Mössbauers arbeid.

Den enkle Einstein-modellen som vi har benyttet, gir en verdi for f, Debye-Waller faktoren, som er akkurat den samme som den man kommer frem til ved å bruke mer raffinerte modeller. Vi ser følgelig at fra en kvantemekanisk beskrivelse av kjernens bevegelse finner vi at en brøkdel av kvantene forlater kjernene uten rekyl. I *gjennomsnitt* forlater selvfølgelig γ-kvantene kjernene med rekyl, som beregnet klassisk, men på grunn av at kjernene bare kan ta opp rekyl-energien i biter som svarer til overgangen mellom to energitilstander som ikke behøver å være kommensurabel med rekylenergien, vil noen γ-kvanter forlate kjernen med en større rekyl enn den klassiske, og noen vil altså forlate kjernen uten rekyl. Den kvantemekaniske beskrivelse vil derfor modifisere hele emisjonsspektret slik som vi viste det tidligere, og istedet vil det

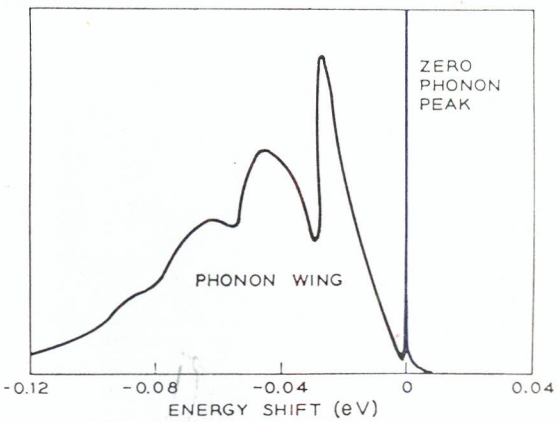


Fig. 3. Emittorspektrum beregnet kvantemekanisk fra en Debyemodell (4).

kunne se ut som vist i fig. 3. Dette spektrum er beregnet av Visscher [4] fra en Debye-modell. Her er den skarpe toppen i origo γ-kvantene som forlater kjernen uten rekyl, og den første brede toppen de γ-kvanter som eksiterer et phonon i gitteret, den neste den som eksiterer to, osv. Som man ser er dette spektret meget forskjellig fra den glatte kurven symmetrisk fordelt om rekylenergien, slik som den klassiske beskrivelsen førte til, gitt i fig. 2.

En kvantemekanisk beskrivelse er nødvendig når γ-kvantenes rekylenergi er mindre enn bindingsenergien for atomene i gitteret. For at γ-kvantene skal kunne bryte bindingene må γ-kvantene ha en energi fra 1 MeV og over, og da er den klassiske beskrivelse dekkende. Dessuten må heller ikke rekylenergien være stort større enn phononenergien hvis brøkdelen av rekylfrie γ-kvanter skal være over ca. 1 %

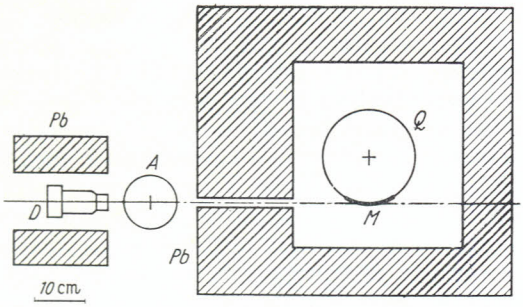


Fig. 6. Versuchsanordnung mit bewegter Quelle [8]

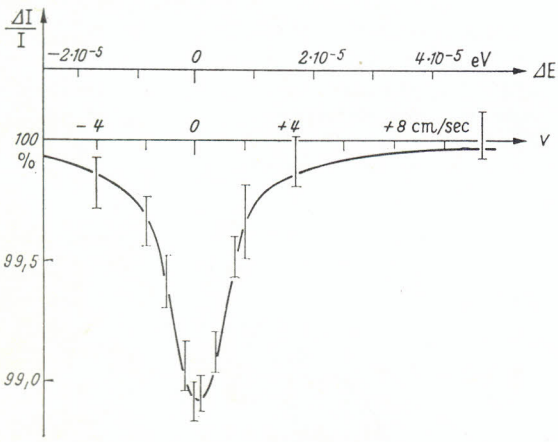


Fig. 4. Møssbauers original-oppstilling med det første spektrum. *M* er emittor som sitter på en roterende skive *Q*, *A* er absorbator og *D* detektor.

av det totale, hvilket er nødvendig av eksperimentelle grunner. Det vil si at maksimale tillatelige energi for γ-kvanter er 150 keV for at man skal kunne få en brukbar Møssbauereffekt.

For å detektere disse kvantene som bare vil ha en energispredning som svarer til den naturlige linjebredden, ga Møssbauer en meget enkel metode som vi nå skal beskrive.

Av de kvantene som forlater emittorkjernene uten rekyl kan en brøkdel, igjen f, resonansinnfanges av absorbatorkjerner i grunntilstanden. Vi er nå interessert i å finne en metode slik at vi kan endre γ-kvantenes energi kontinuerlig, slik at denne resonans kan måles. Møssbauer viste at bare ved å bevege emittor og absorbator relativt til hverandre kan dette oppnås. Hvis emittoren beveges tilstrekkelig fort vil γ-kvantene ikke kunne resonansinnfanges på grunn av en Doppler-forskyvning. Relativt til absorbatoren vil γ-kvantene ha en energi gitt ved følgende uttrykk når emittoren beveges med hastighet v:

$$E = E_0 \left[1 - \left(\frac{v}{c}\right)\right] \qquad (3)$$

Her er c lyshastigheten.

Nå er energispredningen av de rekylfrie γ-kvantene bare $\hbar/\tau$, som nevnt tidligere, slik at hvis man beveger emittoren ved en hastighet slik at følgende relasjon er oppfylt:

$$E_0 \left(\frac{v}{c}\right) \gg \frac{\hbar}{\tau} \quad \text{o: } v \gg \frac{\hbar c}{\tau_{E0}}$$

så vil ingen resonansinnfangning finne sted. Innsetter man rimelige tall finner vi at hastigheten, v, er bare noen millimeter pr. sekund, hvilket ikke er noen skremmende stor hastighet.

Ved å benytte en forsøksoppstilling som vist i fig. 4 kan vi få opptegnet et Møssbauerspektrum. Vi beveger emittor relativt til absorbator og måler intensiteten av den gjennomfallende stråling med en teller som funksjon av hastigheten v. Vi vil da få opptegnet et spektrum som vist med en linjebredde som i det ideelle tilfelle er to ganger den naturlige linjebredde. Hvordan man eksperimentelt bærer seg ad for å bevege emittor med en på forhånd gitt hastighet v skal vi ikke komme inn på, men det er utviklet mange metoder til dette formål. Resultatene vist i fig. 4 er Møssbauers originaloppstilling med den første detekterte resonans i ^{191}Ir.

LITTERATUR:

[1] For en mer utførlig innføring se G. K. Wertheim: «*Møssbauer effect: Principles and Applications*», (Academic Press, New York, 1964).
[2] R. L. Møssbauer, Z. Physik *151*, 124 (1958). Se også Science *137*, 731 (1962.)
[3] Se bibliografi i Rev. Mod. Phys. *36*, 472 (1964)
[4] W. M. Visscher, Ann. Phys. (N. Y.) *9*, 194 (1960).

(Fortsettes i neste hefte)

Bryting i prismer

Birger Styve

Brytning av lys i eit prisme er grunnlaget for den geometriske optikk. Men lærebøker i faget, både dei heilt elementære og dei vidaregåande, handsamar dette problemet nokså sparsamt. Det kan derfor vera av nytte å gjeva ei meir utførleg utgreiing om dette emne.

På figur 1 ser ein prismet i hovudsnittet og problemet er å finne den avbøyande vinkel δ. Ein kan stilla opp desse likningane

$$\gamma = u + v \tag{1}$$

$$\delta = \alpha + \beta - \gamma \tag{2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin u} = n \tag{3}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin v} = n \tag{4}$$

der n er brytningsindeksen. α og β kan vera både positive og negative vinklar, og orienteringa ser ein av figur 1.

Av likningane (4) og (1) finn ein

$$\begin{aligned} \sin \beta &= n \sin v \\ &= n \sin (\gamma - u) \\ &= n \sin \gamma \cos u - n \cos \gamma \sin u \,. \end{aligned}$$

Nyttar ein nå likning (3) blir

$$\sin \beta = \sin \gamma \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \gamma \sin \alpha \,. \tag{5}$$

Kjenner ein då α og γ kan ein med denne formelen saman med formel (2) finna δ.

For små vinklar γ kan ein setja $\cos \gamma = 1$. Av (5) får ein då

$$\sin \alpha + \sin \beta = n \sin \gamma \,.$$

Cand. real Birger Styve er lektor ved Oslo tekniske skole.

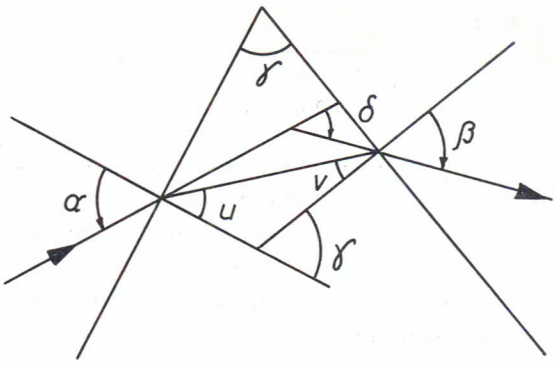


Fig. 1. Prisme i hovudsnitt.

Er også α og β små vinklar får ein

$$\alpha + \beta = n\gamma \,,$$

og saman med (2) får ein

$$\delta = (n - 1)\,\gamma \,, \tag{6}$$

som er ein velkjend formel.

$\sin \beta$ må oppfylla vilkåret

$$-1 \leqq \sin \beta \leqq +1 \,,$$

og i den grafiske framstellinga i figur 2 er eksistensområda for β teikna inn med gjeldande forteikn.

Av figuren ser ein at β kan vera negativ for positive verdiar av α, og β kan vera positiv for negative verdiar av α. Av (2) er det då ikkje umogeleg at δ kan vera negativ. Men set vi $\delta = 0$ får vi av (2)

$$\beta = \gamma - \alpha$$

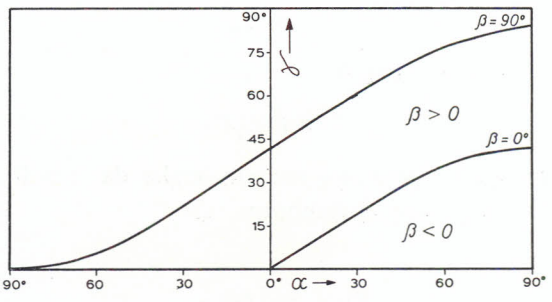


Fig. 2. Eksistensområder for β, brytningsindeks $n = 1.5$.

og av (5)

$$\sin\gamma\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}-\cos\gamma\sin\alpha = \sin\gamma\cos\alpha-\sin\alpha\cos\gamma .$$

Løyser ein denne likninga, kjem ein fram til den urimelege påstanden at $n = 1$. δ er då ulik 0, og sidan δ *kan* vera positiv (likning (6) t. d.), kan δ derfor ikkje verta negativ då δ etter likningane (2) og (5) er ein kontinuerleg funksjon.

Ein får då denne lova:

Når ein lysstråle blir broten i eit prisme, vil han alltid bli broten ifrå den brytande kanten.

Eit viktugt spørsmål er å finna ut når vi vil få den minste avbøying. Vi ser då på α som den frie variable og deriverar (2)

$$\delta' = 1+\beta',$$

og vi har då minimum når $\beta' = -1$.

Av (5) får ein

$$(\sin\beta+\cos\gamma\sin\alpha)^2 = \sin^2\gamma(n^2-\sin^2\alpha) .$$

Vi deriverar denne likninga og får

$$2(\sin\beta+\cos\gamma\sin\alpha)(\cos\beta\cdot\beta'+\cos\gamma\cos\alpha) = -2\sin^2\gamma\sin\alpha\cos\alpha .$$

Vi fører så inn verdien for β' og ordnar likninga

$$-\sin\beta\cos\beta-\cos\gamma\sin\alpha\cos\beta+\cos\gamma\cos\alpha\sin\beta+\sin\alpha\cos\alpha = 0$$

Dette kan skrivast som

$$\cos\gamma\cdot\sin(\beta-\alpha)+\cos(\alpha+\beta)\sin(\alpha-\beta) = 0$$

eller

$$\sin(\beta-\alpha)[\cos\gamma-\cos(\alpha+\beta)] = 0 .$$

Av dette får ein det velkjende resultatet

$$\alpha = \beta .$$

Ei anna løysing er

$$\alpha+\beta = \gamma .$$

Den siste løysinga må ein vraka då $\delta > 0$. Vi vil då oppnå minimum når

$$\sin\alpha = n\sin\frac{\gamma}{2},$$

og då er

$$\delta = 2\alpha-\gamma .$$

Det skulle då gå fram at prismeproblemet kan løysast med matematikk-kunnskapar som tilsvarar pensumet i realgymnaset og eg trur at mange av elevane der vil ha utbytte av ein liknande framstelling av problemet.

Nordisk konferanse i faste stoffers fysikk

Den første nordiske konferanse i faststoff-fysikk ble avholdt på Rondane Høyfjellshotell fra 4. til 11. januar i år. Konferansen kom i stand etter initiativ fra faststoff-gruppen på Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo, og ble støttet av Norsk Fysisk Selskap, Kirke- og undervisningsdepartementet, NAVF og en rekke norske industribedrifter. Arrangementet vakte en interesse langt større enn ventet, og det viste seg nødvendig å rasjonere plassene. I alt deltok ca. 120 fysikere fra Danmark, Finland, Sverige og Norge.

Den kontakt med andre miljøer som de nordiske gruppene har hatt opp til nå, har vesentlig vært med de store forskningssentra i Europa og Nord-Amerika hvor forskerne har knyttet kontakter under studieopphold. Det var de norske arrangørers ønske at konferansen i første rekke skulle bidra til å skape et rikere miljø i Norden på faststoff-fysikkens område ved også å knytte kontakter gruppene imellom.

Det ble holdt to oversiktsforedrag av spesielt inviterte gjester. Professor G. Bush fra Zürich snakket om kollektive magnetiske fenomener i forbindelser av sjeldne jordarter, og Dr. A. Howie snakket om Cambridge-gruppens senere undersøkelser over metallers mikrostruktur. Professor P. G. de Gennes fra Paris var også invitert, men meldte dessverre avbud. Hovedtyngden av de 40 anmeldte foredragene lå på områdene stoffenes mekaniske egenskaper, metallers elektroniske egenskaper, og halvlederfysikk.

Fysikken var forvist til de mørkere deler av døgnet, mens formiddagen kunne benyttes til skiturer i Rondane. Og for å sitere «Gudbrandsdølen»: «... Denne mulighet ble be-

Dr. Tore Olsen er universitetslektor ved Universitetet i Oslo.

Fra venstre mot høyre:
Dr. Tore Olsen, Universitetet i Oslo.
Prof. Väinö Hovi, Universitetet i Turku.
Prof. Niels I Meyer, Danmarks Tekniske Højskole.
Dr. Oluf Beckman, Uppsala universitet.

nyttet i forbausende stor grad, og ikke minst danskene viste en fabelaktig energi ...». Men det var ikke bare på ski danskene viste en stor energi. Det var tydelig at det også satses meget iherdig på faststoff-fysikken i Danmark. I løpet av de siste to år har danskene etablert flere store grupper av dyktige forskere, og på oss norske virket denne innsats, og liknende tendenser i Sverige, meget imponerende og utfordrende.

På konferansens siste dag ble det fremtidige samarbeidet på området drøftet, og det ble opprettet en permanent komité som skulle ta seg av slike saker. Det ble også vedtatt at den neste nordiske faststoff-konferanse skal holdes i Göteborg om to år.

Victor Francis Hess 1883 - 1964

K. J. Knutsen

Nobelprisvinneren Victor Francis Hess døde i slutten av desember i fjor. Hess ble født 24. juni 1883 i Waldstein, Østerrike. Hess fikk sin grunnleggende utdannelse i Graz, og ble førsteassistent ved instituttet for radiumforskning ved Akademie der Wissenschaften i Wien. Her hadde han St. Meyer og F. Exner som lærere. Kjente forskere som K. W. F. Kohlrausch og Schrödinger var også knyttet til dette instituttet. Hess arbeidet i Wien til i 1920. Da ble han utnevnt til professor i Graz.

Fire Nobelprisvinnere.
Fra venstre: V. F. Hess, W. K. Heisenberg, C. D. Anderson, A. H. Compton.

Tiden 1931–37 tilbrakte Hess i Innsbruck. I 1937 kom han tilbake til Graz, men måtte så tidlig som i 1938 forlate landet av politiske grunner. Sin nye arbeidsplass fant Hess ved Fordham University i New York, hvor han såvidt jeg vet, ble til sin død.

Hess er mest kjent for sine arbeider med den kosmiske stråling. I 1910 og 1911 lot den tyske fysiker Albert Gockel et oppladet elektroskop følge en ballong til over 4000 meters høyde. Disse forsøkene ble foretatt først i Zürich og senere i Bern, og viste at elektroskopet ble utsatt for like sterk stråling som ved jordoverflaten. Av dette sluttet man at strålingen ikke skyltes radioaktive materialer i jorden. Like etter foretok Hess og Werner Kolhørster ballongeksperimenter i omlag 10 000 meters høyde. De fant at strålingen her var åtte ganger så sterk som ved jordoverflaten. Resultatet var ikke særlig nøyaktig, men utforskningen av den kosmiske stråling var begynt. I 1931 fikk Hess bygget et laboratorium på Hafelekar ved Innsbruck. Ved denne høydestasjonen ble det da for første gang i stor høyde, samlet inn materiale for hvordan strålingen varierte med tiden, lufttrykket og temperaturen. Disse målingene hadde meget å si for å forklare sammenhengen mellom strålingsendringer, forandringer på solen og jordmagnetiske variasjoner. Hess har også undersøkt breddeeffekten. Disse målingene har hatt stor betydning for beslaktede grener av fysikken, og for «kjernefysikk» i særdeleshet. Den kosmiske stråling var jo i mange år den eneste kilde for partikler med meget høy energi.

Hess har også foretatt radioaktive og luftelektriske undersøkelser. I 1918 f. eks. bestemte han sammen med R. W. Lawson med

stor nøyaktighet det antall alfa-partikler som ble sendt ut pr. sekund fra et gram radium.

Av Hess' publikasjoner kan nevnes «Die Leitfähigkeit der Atmosphäre und ihre Ursachen» fra 1920 og «Ionisierungsbilanz der Atmosphäre». Sammen med J. Engster har Hess skrevet boken «Die kosmische Weltraumstrahlung und ihre biologischen Wirkungen».

Hess har fått en rekke vitenskaplige utmerkelser. Nobelprisen mottok han sammen med C. Anderson i 1936.

Brev fra leserne

Kommentarer til eksamensoppgavene i PSSC fysikk ved de tekniske skolene 1964.

Av lektor Halvard Sollie, Horten tekniske skole.

Det var 8 forsøksklasser oppe til eksamen. Det første kullet i PSSC, 5 klasser tok eksamen i desember 1963.

Det var enighet blant sensorene om at vanskelighetsgraden var passe stor og at arbeidspresset var rimelig.

En middels flink elev bør få en karakter på omkring 2,5. I grove trekk kan sies at for å oppnå denne karakter, må en ikke ha mer enn 8–10 gale besvarelser på oppgavenes 24 spørsmål. Middelkarakteren for alle klassene ligger på 2,5.

Bøker

R. Balescu: Statistical Mechanics of Charged Particles. (477 s., pris f. 59.50). Bind 4 i serien Monographs in Statistical Physics and Thermodynamics. Interscience Publishers 1963.

Litteraturen om plasmafysikk er stor – den gjemmer seg delvis under dekknavn som magnetohydrodynamikk, ionosfærefysikk, gassutladninger, astrofysikk, elektrolytteori – og like variert som titlene er fremstillingsmåtene. Ifølge forordet har derfor Balescu satt seg to mål med den foreliggende bok; (1) å behandle alle aspekter av ioniserte fluidas fysikk med samme metode, og (2) gi rigorøse utledninger som en tidligere har vært nødt til å lete opp i spredte tidsskriftartikler.

Den ene metoden som Balescu konsekvent benytter gjennom hele verket er moderne diagrammatisk perturbasjonsteori i en form utviklet av en gruppe belgiske fysikere, deriblant forfatteren, under ledelse av professor Prigogine. Utgangspunktet er de rent mekaniske bevegelseslikningene på det mikroskopiske plan, og ut fra dem prøver en å finne de makroskopiske størrelsene som interesserer, slike som tetthet, hydrodynamisk hastighet, energitetthet o. s. v. og hvordan disse endrer seg i tiden.

Det er en imponerende mengde fenomener som behandles; likevektsegenskaper og transportegenskaper er beregnet både med klassiske og kvantemekaniske metoder. Til gjengjeld er den antatte plasmamodell en nokså forenklet modell fysisk sett. For det første antas alle molekylene i plasmaet å være fullstedig dissosierte, og ikke nok med det, blandingen av positivt og negativt ladede partikler er erstattet med én type partikler plus en jevnt ladet bakgrunn med motsatt ladning. Disse to modellene er ikke ekvivalente termodynamisk sett, og her savnes en kritisk diskusjon.

Balescus bok krever meget av leseren, både av forkunnskaper og av villighet til å la seg innfiltre i en matematisk formalisme. I det hele tatt er fremstillingen fullstedig sentrert om det matematiske apparat, de oppnådde resultater diskuteres praktisk talt ikke og sammelikninger med eksperimentelle resultater leter en forgjeves etter. Derfor synes boka å være uegnet for lesere uten en grundig skolering i både statistisk mekanikk og plasmafysikk. Men spesialister vil nok finne at den er en nyttig oppsummering av de siste års teoretiske resultater på dette feltet, og da i første rekke de resultater som kan spores tilbake til Université Libre i Brussel.

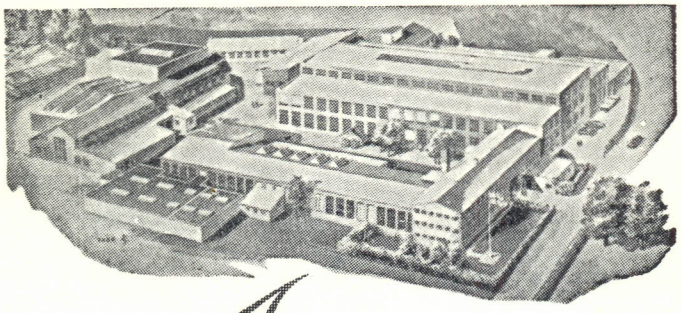
P. C. Hemmer.

B. M. Parker: Satellitter og romreiser. Dreyers Naturbøker 1963. 36 s. kr. 7.50. Til norsk ved Otto Øgrim.

Boken behandler kort det jordnære og fjerne verdensrom, jordsatellitter og hvorfor de ikke faller ned, kunstige asteroider, satellittens oppgaver i rommet, romreiser, Mercuryprosjektet, fremtidens romskip, romstasjoner, romdrakter og romreiser. Alt er fremstilt på en enkel og grei måte med en rekke instruktive tegninger. Jeg skulle tro at dette må være en ønskebok for alle 14–15 åringer. Den norske oversettelsen er utmerket.

Mine innvendinger er få. Men i kapittelet om romforskningens barndom, hadde det vel vært mer naturlig å trekke frem navn som f. eks. Tsjolkovskij og Goddard fremfor Kopernikus og Galilei. Betegnelsen *h* for time er selvsagt korrekt, men for det publikum som boken er beregnet på, kunne vel en nærmere forklaring ha vært på sin plass.

Jostein Knutsen.



Fra vårt fabrikk-anlegg i Oslo··· leverer vi:

Transformatorer for de største kraftanlegg, — til de minste fordelingstransformatorer av den typen som man kan se i ledningsstolpene landet over.

Elektra elektrovarmeapparater, — fra dampkjeler til komfyrer, vannvarmere, panelovner o.s.v.

Vi representerer:

ASEA (Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget), som fremstiller alt materiell på sterkstrømsområdet.

A/S Per Kure

Oslo - Bergen - Hamar - Kristiansand S - Larvik - Stavanger - Tromsø - Trondheim

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

Styre: Professor dr. Njål Hole
Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Aadne Ore
Professor dr. Harald Trefall

Selskapets sekretær: Ingerid Woldhaug,
Fysisk Institutt, N. T. H.,
Trondheim

Postgirokonto: 88388 **Bankgirokonto:** 236880 - 285

Fra Fysikkens Verden

Redaktør: Professor dr. Haakon Olsen, N. T. H.

Redaksjonskomite: Rektor Finn Berntsen, Sverresborg skole, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer Universitetet, Blindern.
Dr. philos. Tormod Riste, Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Professor Steingrim Skavlem, Universitetet i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN, Genéve.

Problemspalten: Siv.ing. Richard R. Solem, N. T. H.

Teknisk medarbeider: Laboratorieing. Halvard Torgersen, N. T. H.

Annonser: Laboratorieing. Halvard Torgersen, N. T. H.

Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 15,—. Årsabonnement for studenter og skoleelever kr. 10,—.

Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk Institutt, N. T. H. Trondheim.

Postgirokonto: 10472 **Bankgirokonto:** 236545-285

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

Abonnement kan tegnes enten ved postverket
eller ved direkte henvendelse, se adressen ovenfor.

Aktietrykkeriet i Trondhjem