

Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHold

Professor E. A. Hylleraas
æresmedlem 49

Årsmøte i Norsk Fysisk
Selskap 50

Radioaktivt C^{14} fra
kjernefysiske
eksplosjoner 51

Fysikermøtet 1964 54

AHA-spalten 60

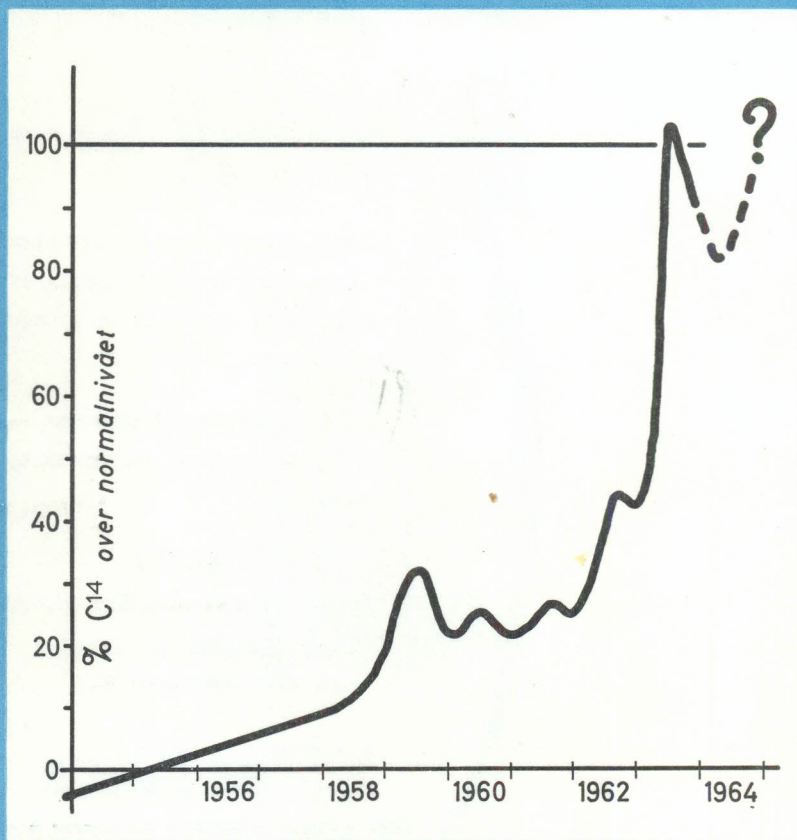
Kasteforsøk 61

Thomas Andrews -
150 år 62

Plasmatilstanden, del 1 63

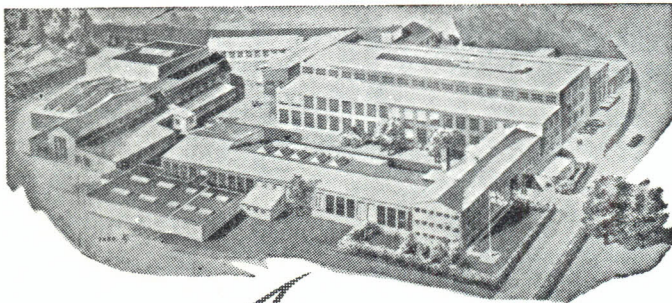
Elementære eksitasjoner
i faste stoffer, del 2 67

Bøker 70



C^{14} -overskudd i luften på den nordlige halvkule
(se side 51)

Nr. 3 - 1964
26. årgang



**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 damp-
kjeler 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

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Redaktør: HAAKON OLSEN

Nr. 3 - 1964

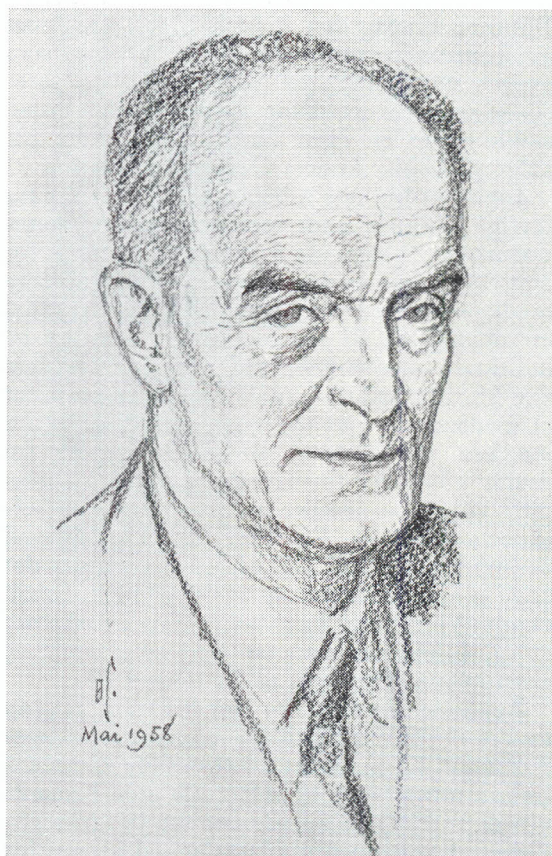
26. årgang

Professor Egil A. Hylleraas

innvalgt som æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap

Om kvelden den første møtedag under årets fysikermøte var møtedeltakerne samlet til fellessoupé i Velferdssentrets restaurant Frederikke. Under soupéen gjorde formannen, professor Sverre Westin, kjent at styret hadde innvalgt professor Egil A. Hylleraas som æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap, og kom i sin tale nærmere inn på styrets begrunnelse for dette innvalg.

Han understreket at når man hadde innvalgt professor Hylleraas som æresmedlem, var det ikke på grunn av hans enestående vitenskapelige innsats, som er blitt så høyt berømmet, ikke minst i de siste år, men først og fremst for hans virke for de oppgaver selskapet har når det gjelder opplysningsvirksomhet på fysikkens område. Det var nemlig professor Hylleraas som allerede i 1939 på personlig initiativ startet tidsskriftet *Fra Fysikkens Verden*, idet man ikke den gang hadde noe fysisk fagtidsskrift av den art i landet. Dette var egentlig en oppgave som naturlig burde vært ivaretatt av en sammenslutning av landets fysikere, som imidlertid ikke eksisterte før Norsk Fysisk Selskap ble opprettet i 1953. Etter ønske fra professor Hylleraas overtok da også selskapet utgivelsen av tidsskriftet fra 1956. Han hadde da i et tidsrom av 17 år redigert og utgitt *Fra Fysikkens Verden* på eget ansvar, en uegennyttig innsats av imponerende omfang, som vanskelig kan vurderes høyt nok, når man tar i betraktning alt det personlige arbeide, og alle små og store vanskeligheter, ikke minst av økonomisk art, som dette har ført med seg.



Formannen nevnte også at professor Hylleraas på annen måte står i en særstilling når det gjelder selskapet, idet han var den som opprinnelig tok initiativet til å få selskapet

opprettet, eller rettere sagt gjenopprettet tidligere i 50-årene, og selskapet kan derfor regne ham som den egentlige stifter. Han var også styrets formann i interimperioden, inntil de første statutter ble vedtatt i endelig form og det første ordinære styre var valgt. Han ønsket ikke selv å tre inn i dette styre, på grunn av de mange arbeidsoppgaver som han ellers hadde, kanskje ikke minst arbeidet med Fra Fysikkens Verden.

Formannen overrakte ham et innvalgsdiplom, samt en gave i anledning innvalget og

ønsket ham tillykke som æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap.

Professor Hylleraas takket for den ære som var vist ham ved dette innvalg, og kom i en spirituell og fornøyet tale inn på forhistorien for Fra Fysikkens Verden, og de problemer som oppsto i forbindelse med starten og utgivelsen av tidsskriftet gjennom disse år, og likeledes kom han inn på de begivenheter som førte til at selskapet ble opprettet. Han konkluderte med å ønske selskapet og tidsskriftet hell og fremgang i årene som kommer.

ÅRSMØTE I NORSK FYSISK SELSKAP 2. JUNI 1964

I tilslutning til årets fysikermøte ble det 12. årsmøte i Norsk Fysisk Selskap holdt på Blindern tirsdag den 2. juni. Møtet ble åpnet av formannen, professor Sverre Westin, som ønsket møtedeltakerne velkommen, og foreslo at man for avvikling av møtets dagsorden skulle velge en egen dirigent. Til dette ble valgt professor Anders Omholt.

Ingen hadde noe å bemerke til referatet fra forrige årsmøte, som var utsendt som møtedokument. Formannen ga en beretning for året 1963, hvorav fremgikk at antall ordinære medlemmer ved utgangen av 1963 var 268, en økning på 53 fra forrige år. Antallet av kollektive medlemmer ved utgangen av året var 18, det samme antall som tidligere, idet et medlem var gått ut, mens et nytt kollektivt medlem var kommet til med virkning fra nyttår 1964. Av formannens beretning fremgikk videre at antallet av abonnenter på selskapets tidsskrift, Fra Fysikkens Verden, ved utgangen av 1963 var ca. 630, omtrent det samme som tidligere, og at det samlede antall eksemplarer som distribueres av tidsskriftet er ca. 1 000, når man tar med medlemmenes eksemplarer. Opplaget er for tiden 1 200.

Regnskap for 1963 for Norsk Fysisk Selskap og Fra Fysikkens Verden, som var utsendt som dokument for årsmøtet, ble nærmere kommentert av formannen, og styret ble uten bemerkninger meddelt ansvarsfrihet for begge regnskaper. Formannen opplyste at redaktøren for tidsskriftet, professor Haakon Olsen, hadde oppholdt seg i U.S.A. i 2. halvår av 1963, og at dr. techn. Arne Reitan hadde fungert som hans stedfortreder. Formannen rettet en takk til fungerende redaktør og hans medarbeidere

for det arbeide som er utført.

Formannen redegjorde for styrets endelige budsjettforslag for selskapet og tidsskriftet for 1964, som var utsendt som møtedokument, og kommenterte de justeringer som hadde vist seg nødvendige av det foreløpige budsjettforslag for 1964 som var vedtatt på forrige årsmøte. Budsjettforslagene ble vedtatt uten endringer. Det ble også godkjent et foreløpig budsjettforslag for året 1965, basert på en mindre oppjustering av enkelte poster for det fremlagte forslag for 1964, idet det var forutsetningen at dette budsjettforslag skulle fremlegges i endelig form på årsmøtet 1965.

Årsmøtet vedtok at medlemskontingenten for 1965 skulle være den samme som tidligere, kr. 25,—, og at medlemmer over 70 år ikke skal betale medlemskontingent for 1965.

Hele det fungerende styre var valgt med funksjonstid til utgangen av 1964. Som medlemmer av det nye styre ble valgt: professor Sverre Westin, formann, professor Njål Hole, viseformann, direktør O. Chr. Bøckman, professor Harald Trefall og professor Aadne Ore. Som varamenn ble valgt: Direktør Johan B. Holte, dr. philos. Tormod Riste, dr. philos. Henry Viervoll, dosent Arnfinn Graue, cand. real. Kristoffer Gjøtterud.

Valgene gjelder etter statuttene for 2 år, men professor Westin tok forbehold om bare å fungere ytterligere ett år.

Selskapets revisor, høyskolelektor Finn Bakke, med varamann dosent Harald Sørum, ble gjenvalgt for året 1964.

Som valgkomite for årsmøtet 1965 ble valgt professorene Roald Tangen, Bjørn Trumpy og Harald Wergeland.

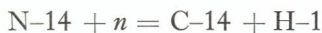
Det ble vedtatt at neste fysikermøte skal holdes i Trondheim i mai eller juni måned 1965.

Radioaktivt Carbon-14 fra kjernefysiske eksplosjoner

Reidar Nydal

Innledning :

Før atombomben ble oppfunnet ble carbon-14 i naturen utelukkende produsert ved innvirkning av den kosmiske stråling i jordens atmosfære. C-14 blir dannet ved at sekundære neutroner fra strålingen inngår kjernereaksjoner med nitrogen-14 i luften.



C-14 har en halveringstid på 5700 år, og hvert gram carbon i atmosfæren representerer en aktivitet på 15 disintegrasjoner/min. Så lenge den kosmiske stråling og jordens atmosfære har vært tilnærmet uforandret, har det bestått en likevekt i naturen mellom produksjon og disintegrasjon av C-14. Før 1954 var innholdet av C-14 i naturen ca. 81 tonn, som svarer til en aktivitet på 365×10^6 curie. Denne aktiviteten fordeler seg således:

I havet	94,5 %,	76,5 tonn C-14
I biosfæren	4,0 %,	3,3 » »
I atmosfæren	1,5 %,	1,2 » »

Den årlige produksjon av C-14 i stratosfæren var ca. 10^6 C-14 atomer, eller tilnærmet 2,3 kg. Med denne årsproduksjon har stabiliteten ved C-14 vært opprettholdt. Fra århundreskiftet til 1954 registrerte man en synkning på 4 % i atmosfærens C-14 aktivitet. Dette skyldes den økende industrielle utvikling hvorved atmosfæren ble uttynnet med inaktivt carbon fra kull og olje. I 1954 begynte aktiviteten i atmosfæren å stige, og ved årsskiftet 1954-1955 ble den tidligere normale aktivitet i atmosfæren passert (Fig. 1).

Bombenes innflytelse på C-14 produksjonen :

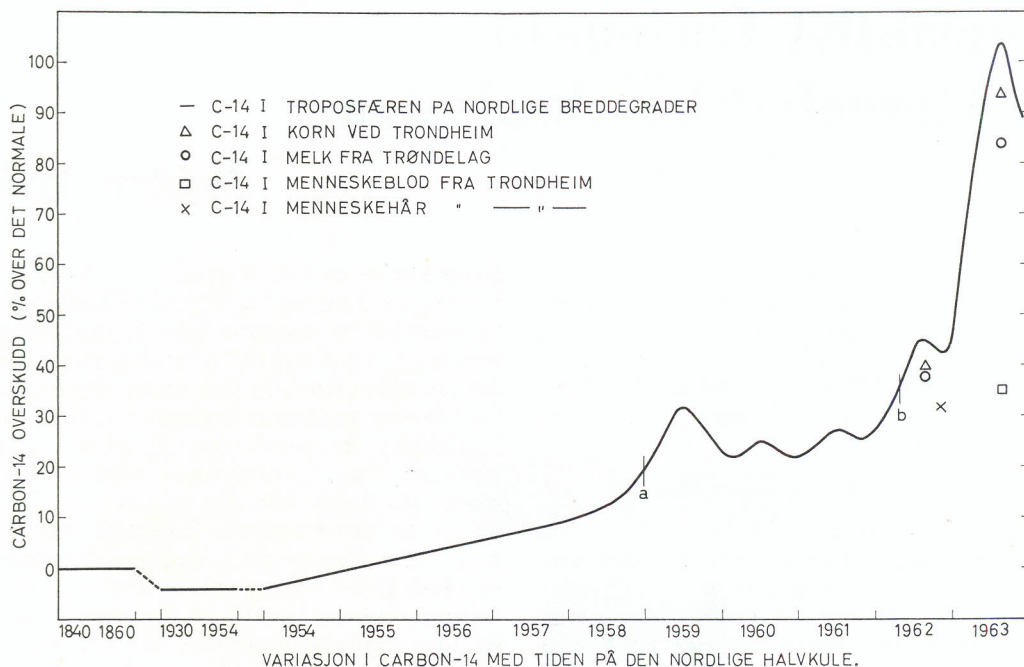
De forskjellige bombers beskaffenhet er behandlet av Kjell Madshus i tidligere nummer av Fra Fysikkens Verden [1], og vi skal derfor bare summere de viktigste forhold her.

En vanlig atombombe er basert på fisjon av U^{235} eller Pu^{239} . For å få en kjedereaksjon

igang kreves en kritisk masse på 15-20 kg for U^{235} og ca. 5 kg for Pu^{239} . Ved fisjonsprosessen får man dannet store mengder fisjonsprodukter som Sr^{90} , Cs^{137} og I^{131} og dessuten oppstår det en intens neutron flux under eksplosjonen. De frigjorte neutroner bremses ned til termiske hastigheter og produserer C-14 fra luftens kvelstoff. For bomber som utelukkende er basert på fisjon blir det frigjort ca. $2 \cdot 10^{26}$ neutroner per megaton. Teoretisk sett skulle man for en bombe på 1 megaton få produsert et antall C-14 atomer som svarer til 2 ganger årsproduksjonen av C-14 fra den kosmiske stråling. Hydrogenbombene fikk i begynnelsen betegnelsen «rene» bomber, da de i motsetning til de tidligere bomber ikke skulle gi nevneverdig radioaktivt nedfall. Det er imidlertid klart at for å få en fusjon igang, trengs det en temperatur av størrelsesorden millioner grader. Denne temperatur kan bare skaffes ved å benytte en vanlig atombombe som tennsats. En får riktignok mindre radioaktivt nedfall per megaton for en fusjonsbombe, men til gjengjeld kan neutronproduksjonen per megaton bli mye større. Etter fusjonseksperimenter som er utført av Leipunsky [2] ble det registrert en neutronproduksjon på $2,2-32 \times 10^{26}$ neutroner per megaton. Før 1959 ble det registrert en midlere neutronproduksjon på 2×10^{26} neutroner per megaton for samtlige bomber som var detonert [3]. For hydrogenbomber som ble detonert før 1959 har man funnet et fisjon-fusjon-forhold på ca. 1. For de store russiske serier som ble detonert høsten 1961 og 1962 har man funnet et forhold mye lavere enn 1 [4].

Av fig. 1 finner vi økningen av C-14 i % over det normale. I tidsrommet 1954-1959 øket aktiviteten noenlunde jevnt og i takt med en jevn sprengning av atombombep prøver. I tiden 1957-1958 ble sprengningen intensivert, og dette resulterte i en forholdsvis høy topp i 1959. Selv om det kom istand en prøvestansavtale i tiden 1959-1961, viser aktivitets-toppene i 1960 og 1961 at en del C-14 var oppbevart i stratosfæren fra sprengninger før 1959.

Cand. real. Reidar Nydal er leder for Laboratoriet for radiologisk datering, Fysisk Institutt, Norges tekniske høyskole.



I 1961 ble prøvestansavtalen brutt, og siste halvdel av dette år ble det sprengt ca. 145 megaton hydrogen bomber. I 1962 ble en enda større prøveserie, ca. 320 megaton, utført. Det meste av sprengningene ble utført i atmosfæren over Novaja Zemlja, og bombene besto av til dels meget større typer enn tidligere. Dette førte til at den overveiende del av de radioaktive spaltningsprodukter ble ført opp i stratosfæren, og lite eller intet av troposfærisk nedfall ble påvist.

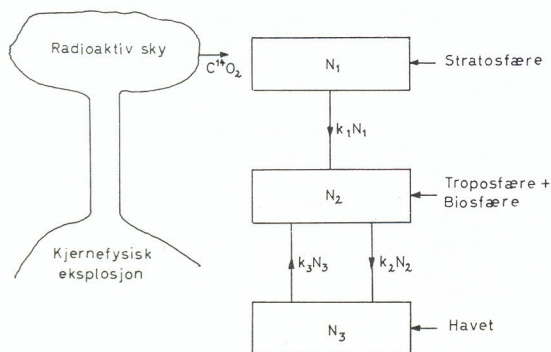
Da det hadde stor interesse å iaktta økningen av C-14 fra de siste serier, ble det ved Fysisk Institutt, NTH, i løpet av 1962 og våren 1963 satt igang en måleserie på en rekke punkter fra Svalbard til Etiopia. Hensikten med målingene var følgende: 1) Å undersøke oppholdstiden for radioaktiv kullsyre i stratosfæren, samt å måle oppblandingstiden i troposfæren. 2) Å innhente nøyaktige data av C-14 aktiviteten over bakken, som grunnlag for vurdering av fremtidig skadevirkninger på menneskene. Den del av kurven som skriver seg fra tidsrommet 1. mai 1962 til 1. september 1963 er hentet fra disse målingene [5]. Den øvrige del av kurven er hentet fra målinger utført ved andre laboratorier [6]. I august 1963 ble det altså observert en fordobling av aktiviteten i atmosfæren på den nordlige halvkule, samtidig som en må anta at det er tilbake en aktivitet på 80–85 % av det som var

tilsatt stratosfæren. Den sesongmessige variasjon i transporten av C-14 fra stratosfære til troposfære har sannsynligvis sammenheng med høyden av tropopausen [7], som på nordlige breddegrader viser større høyde om sommeren enn om vinteren. Om sommeren vil da den turbulente bevegelse av luftmassene nå større høyder, og radioaktiv CO₂ i den lavere stratosfæren vil hurtig bringes ned til jordoverflaten.

Det er hittil utført bare noen få målinger i biosfæren. Resultatene fra korn og melk viser at aktiviteten her ligger nær opp til den maksimale aktivitet i troposfæren hver sommer. Aktiviteten i den menneskelige organisme vil ligge faseforskjøvet 1–2 år etter aktiviteten i troposfæren p. g. a. lagring av matvarer, da først og fremst korn. Aktiviteten i blodet på en 24 år gammel person fra Trondheim ble den 9. september 1963 målt til $34,9 \pm 1,1$ % over det normale. Denne aktivitet ble registrert i troposfæren 1,3 år tidligere.

Fremtidig økning av C-14 i troposfæren og biosfæren:

Når det gjelder den fremtidige økning av C-14 i troposfæren og biosfæren, er det først og fremst oppholdstiden i stratosfæren og absorpsjonshastigheten av CO₂ i havvannet som vil være bestemmende. C-14 i seg selv har så lang halveringstid, at den naturlige



Skjematisk framstilling av C^{14} -transport etter en eksplosjon.

Fig. 2. Skjematisk framstilling av C^{14} -transport etter en eksplosjon.

synkning ikke interesserer så mye i de nærmeste generasjoner. Vi skal først generelt se på forløpet av aktiviteten etter en serie sprengninger med større vannstoffbomber. På fig. 2 har vi innført de 3 dominerende reservoarer, stratosfære, troposfære + biosfære, og havet. De store vannstoffbomber bringer den vesentlige del av radioaktiv CO_2 opp i stratosfæren. Deretter begynner en langsom transport nedover til troposfæren. Vi kan stille opp følgende ligningssystem for overgangene mellom reservoarene:

$$(1) \quad \frac{dN_1}{dt} = -k_1 N_1$$

$$(2) \quad \frac{dN_2}{dt} = -k_2 N_2 + k_1 N_1 + k_3 N_3$$

$$(3) \quad N_0 = N_1 + N_2 + N_3$$

Ligning (1) tolkes slik at det antall C-14 atomer som blir overført til troposfæren pr. tidsenhet (dN_1/dt) er proporsjonal med det antall C-14 atomer som er tilstede i stratosfæren ved tiden t . Her er k_1 en størrelse som varierer med breddegradene, og man antar at den har verdier mellom 0,2 og 1,0 år^{-1} . I ligning (2) har vi at antall atomer som forsvinner i havet pr. tidsenhet (dN_2/dt) er proporsjonal med det antall N_2 som er tilstede ved tiden t . Dessuten kommer det pr. tidsenhet et antall $k_1 N_1$ C-14 atomer fra stratosfæren og et antall $k_3 N_3$ tilbake fra havet. I ligning (3) har vi at summen av C-14 i de 3 reservoarene må være konstant og lik det

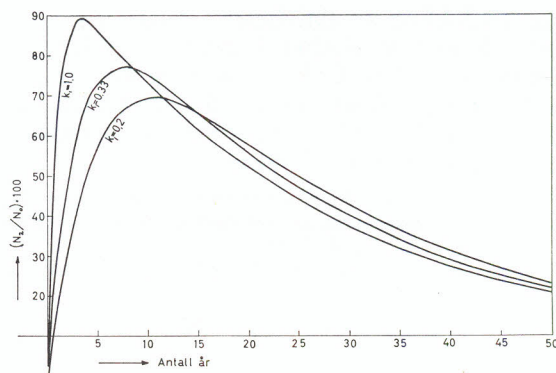


Fig. 3.

antall C-14 atomer N_0 som opprinnelig var tilsatt. Ligningssystemet leder til differensialligningen:

$$\frac{dN_2}{dt} + (k_2 + k_3) N_2 = (k_1 - k_3) N_1 + k_3 N_0$$

Denne har løsningen:

$$\frac{N_2}{N_0} = \frac{1}{(k_2 + k_3)(k_2 + k_3 - k_1)} \left[-k_1 k_2 e^{-(k_2 + k_3)t} + (k_2 + k_3)(k_1 - k_3) e^{-k_1 t} + k_3 (k_2 + k_3 - k_1) \right]$$

I denne ligning er koeffisientene k_2 og k_3 kjent og har følgende verdier [8]: $k_2 = 0,035 \text{ år}^{-1}$, $k_3 = 0,0016 \text{ år}^{-1}$. På kurvene fig. 3 har vi avsatt C-14 aktiviteten N_2 i troposfæren i prosent av den opprinnelige aktivitet N_0 for tre forskjellige verdier av k_1 .

Dersom residenstiden i stratosfæren er ca. 1 år, vil man etter en bombeserie nå et maksimum på kurven på ca. 90 % av det som ble tilsatt, etter 3 år. Med større residenstider får man lavere maksima på senere tidspunkt.

Det er et åpent spørsmål hvor mye C-14 som fremdeles befinner seg oppe i stratosfæren, ettersom en ikke vet nøyaktig hvor høyt aktiviteten befinner seg, og videre er neutronutbyttet per megaton i bombene ennå noe usikkert. Benyttes Leipunsky sin minimumsverdi på $2,2 \cdot 10^{26}$ neutroner/megaton, finner vi at det i 1961-1962 ble tilsatt stratosfæren ca. 1000×10^{26} C-14 atomer, eller 3,5 tonn. Dette er da 3 ganger den naturlige aktivitet i atmosfæren. Vi vil da kunne vente oss minst

en tredobling av aktiviteten i troposfæren, og en tilsvarende økning i planter og dyr. En likevekt mellom C-14 i havet og atmosfæren vil komme istand om ca. 50 år. Overskudd av C-14 fra bombene vil siden dø ut med en halveringstid på ca. 5700 år.

- [1] *Kjell Madhus*: Radioaktivt nedfall i næringsmidler og den menneskelige organisme, *Fra Fysikkens Verden*, nr. 3 og 4, 1962.
- [2] *O. I. Leipunsky*: *Atomic Energy* (U. S. S. R.) vol. 12, side 530, 1957.

- [3] *Report U. N. Sci. Comm.*, Effect of Atomic Radiation, nr. 16 (A/5216), United Nations, New York, 1962.
- [4] *T. Hvinden*: Radioaktivt nedfall i Norge, *Teknisk Ukeblad* nr. 37, 1963.
- [5] *Reidar Nydal*: Increase in radiocarbon from the most recent series of thermonuclear tests, *Nature*, vol. 200, nr. 4903, 19. oktober, 1963.
- [6] *K. O. Münnich*: Der Kreislauf des Radiokohlenstoffs in der Natur, *Naturwissenschaften*, nr. 6, 1963.
- [7] *K. O. Münnich and J. C. Vogel*: Foredrag på carbon-14 symposium, Groningen 1959.
- [8] *Linus Pauling*: Genetic and somatic effect of carbon-14, *Science* vol. 128, nr. 3333, november 1958.

Fysikermøtet 1964

Norsk Fysisk Selskaps fysikermøte for året 1964 ble holdt på Blindern den 1., 2. og 3. juni 1964. Møtet, som var det 10. i rekken av selskapets fysikermøter, ble åpnet av formannen, professor Sverre Westin. Ved åpningen av møtet holdt formannen en minnetale over professor dr. Lars Vegard, som var gått bort siden siste fysikermøte. Forsamlingen påhørte talen stående. Formannen takket videre arrangementskomiteen for det arbeide som var gjort for å tilrettelegge møteprogrammet. Arrangementskomiteen var: professor Anders Omholt, cand. real. Svenn Andersen og universitetslektor Bjarne Nøst.

Om kvelden den første møtedag ble holdt fellessoupé for møtedeltakerne med fruer i Velferdssentrets restaurant Frederikke på Blindern. Formannen gjorde her kjent at professor dr. Egil A. Hylleraas var innvalgt som æresmedlem av Norsk Fysisk Selskap. Nærmere omtale herom finnes på annet sted i dette hefte.

På møtets 2. dag ble professor dr. J. P. Holtsmark hedret i anledning hans 70-årsdag den 13. februar 1964. I den anledning var det blant hans venner, elever og medarbeidere foretatt en innsamling til et portrettmaleri av ham. Maleriet, som var utført av maleren Harald Dahl, ble presentert av professor Roald Tangen, som i velvalgte ord ga et tilbakeblikk over professor Holtsmarks virke som fysiker og fremførte en varm takk fra hans venner, elever og medarbeidere for inspirerende samarbeide gjennom alle år. Professor Holtsmark takket for den heder som var vist ham, og holdt deretter et overordentlig interessant foredrag, som vi håper å kunne gjengi senere i sin helhet.

Oversiktsforedrag

Til Fysikermøtet 1964 ble det i første dags plenums sesjon gitt tre oversiktsforedrag.

L. Løvseth ga en interessant oversikt over neutrino-fysikk og de svake vekselvirkninger. Disse vekselvirkninger, som er karakterisert ved lange levetider og små virkningstverrsnitt er tidligere studert eksperimentelt ved desintegrasjon av elementærpartiklene. Man håper nå ved direkte reaksjoner med neutrinoer å øke kjennskapet til disse vekselvirkninger.

Man kan i dag med sikkerhet si at vi har to typer neutrinoer assosiert henholdsvis med μ - og β -desintegrasjonene. Vi har en fenomenologisk teori som gir en nokså god beskrivelse av eksperimentene, spesielt for β -desintegrasjonen. Mange har foreslått at man for de svake vekselvirkninger har et intermediært kvant W i analogi med γ kvantet for elektromagnetiske vekselvirkninger og π mesonet for de sterke vekselvirkninger. Dette letter formuleringen av en felt-teori. En påvirkning av et slikt kvant W har stor betydning for den teoretiske utvikling for de svake vekselvirkninger, selv om det fortsatt vil være mange uløste problemer. Konklusjonen på Løvseths foredrag var at en fundamental teori for de svake vekselvirkninger fremdeles mangler.

I sitt foredrag om neutrino-eksperimentet i CERN fortalte *R. Møllerud* om hvordan man eksperimentelt skaffer seg en neutrino-stråle. Man fikk et levende inntrykk av de meget store krav som stilles til eksperimentelle hjelpemidler for å kunne utføre eksperimenter av denne type. Neutrino-strålen skaffer man seg gjennom desintegrasjonen av π^+ og K^+ mesonene. Ved reaksjonen av disse μ neutrinoer har man påvist dannelse av μ meson, som derved bekrefter at μ neutrinoet er forskjellig fra elektron neutrinoet. Man har målt virkningstverrsnittet for neutrino-reaksjonen. Resultatene som for den laveste del av energisprektret skulle være nokså sikre, viser et for høyt virkningstverrsnitt for de elastiske reaksjoner. For inelastiske reaksjoner vokser virkningstverrsnittet sterkere med energien enn hva man hadde ventet. Det såkalte intermediære kvant W er hittil ikke påvist i eksperimentet.

Det tredje foredrag av *L. Harang* var viet Kosmisk fysikk. Han fortalte om undersøkelser av lavfrekvent radiostøy i kc/s området. Denne stråling kan tenkes generert ved at plasma-

strømmer fra sola vekselvirker med jordens magnetosfære. Han viste til observasjoner som var utført i Tromsø. Det var påvist at strålingen var sirkulært polarisert, og at den hadde tilknytning til magnetiske forstyrrelser. Man har planer om å utvide undersøkelsene til lavere og høyere breddegrader for å klarlegge strålingens morfologi.

A. Halsteinslid.

Ekspérimentell kjernefysikk

Det ble i denne sesjon avholdt 5 foredrag fra så vidt forskjellige felter av kjernefysikken som reaktorfysikk, fisjon, bakgrunnstråling og helsefysikk og høyenergifykikk.

E. Andersen la frem resultatene fra en større systematisk undersøkelse over variasjonen av viktige reaktorparametre som funksjon av slike parametre som avstand mellom brenselementene og blandingsforholdet tungtvann-lett vann i moderatoren. Et hovedmål for undersøkelsen er å etablere og teste matematiske modeller som kan danne grunnlag for sikre beregninger av reaktors egenskaper. Overensstemmelsen mellom eksperimentelle og teoretiske verdier er lovende men ikke alltid helt tilfredsstillende. Spesielt viser det seg ennå vanskelig å beregne en reaktor med stor lett vannskomponent.

Å. Eide beskrev en undersøkelse som tok sikte på å bestemme en nedre grense for Λ -hyperonets bindingsenergi i de tunge hyperkjerner. Man hadde studert energispektret for π mesonet som utsendes ved reaksjonen $K^- + Br$. De foreløpige resultatene ga ikke grunnlag for å slutte noe om Λ -hyperonets bindingsenergi.

S. O. Sørensen diskuterte en undersøkelse av 4-sporsstjerner som resulterer fra proton-proton kollisjoner ved 24 GeV. Han gjorde rede for prosessens mulige forløp og for konstruksjonen av den relativistisk invariante masse

$$M(p\pi) = \sqrt{(E_p + E_\pi)^2 - c^2(\vec{p}_p + \vec{p}_\pi)^2}$$

Han redegjorde for hva man vil forvente om fordelingen av denne størrelse dersom protonet og π -mesonet spontant utsendes som uavhengige partikler og hvordan man fra fordelingsform vil kunne slutte at p og π danner en kortlivet partikkel. Resultatene reproducerer den kjente $p\pi^+$ -resonans med masse 1.24 GeV/c² og antyder kanskje muligheten av en ny $p\pi^-$ -resonans med masse 1.4 GeV/c².

K. Skarsvåg fremla resultatene av en undersøkelse av retningskorrelasjonen mellom γ -strålingen og det lette fragmentet ved spontan fisjon av Cf²⁵². Det er målt en anisotropi på 11 %. En kan slutte at γ -strålingen utsendes etter ca 10⁻¹²s.

A. Storruste diskuterte resultatene av en større undersøkelse av naturlig og kunstig radioaktivt støv i atmosfæren. En kan diskriminere mellom disse to komponentene av radioaktivt støv ved hjelp av markerte forskjeller i halveringstiden. I middel var aktiviteten for det radioaktive kunstige støvet ca. 3.5 % av det naturlige. Den minste verdien var ca. 1 ‰ målt før bombeserien høsten 1961 og en måling viste en kunstig aktivitet på 10 ganger den naturlige.

Siden den naturlige aktiviteten inneholder α -aktivitet vil denne komponenten av det radioaktive støvet ha en biologisk effekt på lungene som er ca. 7 ganger effekten av den kunstige komponenten.

Kristoffer Gjøtterud.

Faste stoffers fysikk

Det ble holdt i alt 15 foredrag fordelt på 2 sesjoner. I den siste mer teoretiske sesjon var det også tatt med noen innlegg om diffusjon og utladninger i gasser, og det eneste innlegget i biofysikk var også med her.

T. Riste innledet med en oversikt over de aktuelle problem innenfor ferromagnetiske metaller. I følge Heisenbergs 30 år gamle teori ble de enkelte atomer tillagt lokaliserte magnetiske momenter, og graden av overlapping av bølgefunksjonene avgjorde typen av magnetisk kobling, som kunne være ferromagnetisk eller antiferromagnetisk. I det siste har det vist seg at denne modellen ikke gjelder for metaller. En har da måttet se seg om etter en annen koblingsmekanisme, og det har vært naturlig å trekke ledningselektronene inn i bildet. Hvis de lokaliserte momenter kan tenkes koblet til den sjøen av ledningselektroner som omgir dem, har en såkalt s-d kobling. Dette gir opphav til en indirekte d-d kobling mellom de magnetiske atomer. Ledningselektronene bringer budskap om den magnetiske innretning fra atom til atom, og de vil da også kunne bidra med et lite magnetisk moment som kanskje kunne forklare avvikene fra hele Bohr magnetoner for magnetisk moment pr. atom.

Inne i det magnetiske metallet tenker en seg også at en gass av kvasipartikler, magnoner, diffunderer omkring. De tillegges energi, impuls og dessuten et spinn $= 1$. Mellom de to slag kvasipartikler, elektroner og magnoner, kan en så få en vekselvirkning ved at elektroner blir uelastisk spredd på magnonene: Ett elektron tar opp energien, impulsen og spinnet som tilsvarer ett magnon. *E. Frikke* fortalte om sine eksperimenter med f.c.c. kobolt der han har studert hvordan denne vekselvirkningen kan endre magnonenes eller spinnbølgers dispersjonslikning. Ved uelastisk spredning av nøytroner på en kobolt-krystall hadde han funnet at dispersjonslikninga for magnoner hadde visse diskontinuiteter: Dette ble tydet som virkningen av den foran nevnte s-d kobling.

Det mest overbevisende eksperiment som taler for en negativ s-d vekselvirkning ble beskrevet av *L. Hambro* som fortalte om sin hovedoppgave over 2-kvante annihilasjon av polariserte positroner i magnetiserte énkrystaller av jern. Rettleidere har vært *P. E. Mijnares* og *T. Riste*. Positroner fra en radioaktiv kilde er polarisert fra naturens hånd i sin bevegelsesretning. Når de treffer elektronene i et magnetisert jernstykke vil de annihilere med elektroner med motsatt spinn (singlett-tilstand) enten dette gjelder de lokaliserte 3d elektronene eller 4s ledningselektronene. γ -kvantenes vinkelfordeling vil gi et mål for impulsfordelingen hos 3d og 4s elektronene. Vinkelfordelingen ble målt for to magnetiseringsretninger av jernstykket, parallelt eller antiparallelt til positronenes polarisasjonsretning. Resultatet viser at noen av elektronene som positronene har annihilert med, må ha magnetisk moment motsatt av magnetiseringsretningen, og dessuten at disse må ha vandrende karakter, altså være ledningselektroner.

O. Steinsvoll fortalte om planene for en kombinert krystall-flyetidsapparat for energi-analyse av langsomme nøytroner ved uelastisk spredning fra magnetiske krystaller. Den nye reaktoren på Kjeller, JEEP II, kommer i drift om et års tid og vil gi muligheter for nye eksperimenter som allerede nå er under planlegging.

Vekselvirkningen mellom akustiske bølger, og elektroner i piezo-elektriske krystaller er blitt målt av *K. Blotekjær*. Det viser seg at når elektronene får driftshastigheter større enn lydhastigheten i krystallen begynner elektronene å avgi energi til lydbølgene. Dette er

en akustisk analogi til Cerenkov-stråling. Hvis en sender et lydsignal fra en transducer gjennom krystallen mens den står i et elektrisk felt, vil en kunne motta et forsterket signal på den andre siden av krystallen. En vil også få oscillasjoner p. g. a. at lydbølgene reflekteres på krystallens endeflater.

I. Holwech hadde målt Hall-koeffisienten i sonerenset aluminium. Hvis prøven gjøres så tynn at tykkelsen har samme størrelsesorden som elektronenes frie veilengde i metallet vil Hallkoeffisienten som funksjon av det magnetiske felt variere omkring verdien en måler for tykke prøver. Koeffisienten har altså en størrelsesavhengig del, og målingene viste overensstemmelse med Sondheimers teori.

Ved hjelp av et spesielt røntgen-kamera hadde *B. Nøst* direkte tatt bilder av dislokasjoner i sonerenset aluminium. Denne metoden brukes gjerne når dislokasjonsantallet er lite ($< 10^6$ disl/cm²). En godt kollimert røntgenstråle sendes inn gjennom en énkrystall av metallet. En observerer i transmisjon i en retning som oppfyller Braggbetingelsen, men krystallen er så perfekt at en vanligvis ikke får noen spredning. I en dislokasjon er gitterplanene krumme og en får likevel spredning i denne retning. En fotografisk plate blir derfor sværtet. Ved å ta seks seksjonsbilder ved siden av hverandre i krystallen kan en se dislokasjonenes form og utbredelse.

I. Svare hadde regnet ut hvordan 3. momentet av en paramagnetisk resonanslinje oppfører seg ved lave temperaturer. Ved høy temperatur er alle ulike ordens momenter lik null for en slik linje, og det vil de også være for 0°K. 3. momentet har likevel en endelig verdi for området 1–2°K, og dette viser at resonans-linjene som regel vil være usymmetriske ved slike temperaturer.

Det er vanlig antatt at en langs en kantdislokasjon kan få ladde krystallfeil med skinnladninger på $\pm e/2$. Disse ladninger kan ikke nøytraliseres på vanlig måte p. g. a. den halve ladning. *J. Lothe* påpekte at også skruedislokasjoner vil kunne tillegges slike ladninger.

A. Rannestad hadde målt paramagnetiske relaxasjonstider for fortynnet kaliumferri-cyanid ved lave temperaturer. Relaxasjonsprosessen var frekvensavhengig ved lave konsentrasjoner og konsentrasjonsavhengig ved høyere jernkonsentrasjoner. Temperaturavhengigheten stemte med v. Vleck's teori.

T. Krogdahl og *O. E. Stokkeland* hadde utført sine hovedfagsoppgaver med *B. Pedersen*

som rettleder, og undersøkt tentalhydrider med protonmagnetisk resonans. En har vært interessert i å studere hvor hydrogenatomene går inn i tentalgitteret. Protonresonanslinjens utseende kan fortelle om hva slags naboskap hydrogenatomene har. Resultatet viste at hydrogenatomene fortrinnsvis gikk inn i tetraederhull i tentalgitteret. Diffusjon av hydrogen kan foregå ved at atomene hopper fra plass til plass. En fant at aktiviseringsenergien for slike hopp avtok når konsentrasjonen av hydrogen økte. Denne tendens endret seg likevel med temperaturen.

H. R. Skullerud fortalte om forsøk med diffusjon av hydrogenjoner i hydrogengass. Jonenes driftshastigheter normalt og parallelt med et elektrisk felt kan gi opplysning om forholdet mellom diffusjonskonstanten og mobiliteten i disse to retningene. Målingene er utført med andre feltstyrker og trykk i gassen enn de opprinnelige forsøk av Townsend. I hydrogengass slår protoner seg sammen med hydrogenmolekyler slik at H_3^+ dannes. En fikk bedre overensstemmelse med måleresultatene dersom en tok hensyn til resonansoverføring av protoner mellom molekylene.

På gassutladningslaboratoriet ved NTH har en forsøkt å standardisere utstyret til fotomultiplikatorrør av forskjellige typer. *S. Stølen* fortalte hvordan en ved å sette sammen enkle «plug in» enheter kunne koble om og skifte elektronikken og optikken i samband med fotorøret uten å utsette røret for lys.

Det kan vise seg at et apparat som egentlig er bygd som et hjelpemiddel for andre undersøkelser selv blir gjenstand for hovedinteressen. *R. S. Sigmond* fortalte om et gnistgap til undersøkelse av lysfølsomheten og pulsforløpet i fotomultiplikatorrør der det hadde vist seg interessante fenomener. En fikk anomale glimutladninger som var blitt døpt «glist» (glim gnist). Den spektrale sammensetning av gnisten på ulike stadier av gnistforløpet var blitt målt, og en fant at spektrallinjer som skyldtes henholdsvis katode- og anodematerialet kom til syne på ulike tidspunkter.

Når proteiner blir utsatt for joniserende stråling kan det dannes fri radikaler i stoffet. Disse radikalene er svært reaktive og vil inngå forbindelse med andre organiske molekyler innen kort tid. En mener at mange av de virkninger stråling forårsaker i organisk materiale skyldes radikal dannelse. Samtidig har det vist seg at noen bestrålte organiske forbindelser viser termoluminiscens. Strålingsenergi er blitt tatt opp og lagret på en eller

annen måte i molekylene, og energien kommer til syne som lys ved oppvarming. *S. Prydz* og *T. Røgeberg* hadde prøvd å sette de to prosesser i forbindelse med hverandre. Dette er nærliggende fordi elektronspinnresonans har vist at mengden av radikaler ofte avtar når termoluminiscensen setter inn. Enkle aminosyrer, proteinenes byggesteiner, var blitt bestrålt med store doser røntgenstråling ved lave temperaturer. Den spektrale sammensetning av lyset som ble utsendt når preparatene ble oppvarmet ble undersøkt v. h. a. en spektrograf. De samme aminosyrer viser også fosforescens, og dennes spektrale sammensetning var nokså lik termoluminiscensspektrret. Med visse reservasjoner måtte en kunne anta at lysutsendelsen skyldes overganger mellom de samme nivåer i molekylene.

Olav Steinsvoll.

Teoretisk atomfysikk.

I seksjonen for teoretisk atomfysikk (hva nå det måtte omfatte) ble det holdt fire foredrag.

Bevegelseslikningene for en klassisk relativistisk partikkel med magnetisk moment ble oppstilt i 1959 av Bargman, Michel og Telegdi. *M. Kolsrud* åpnet seksjonen med å gjøre rede for løsningen av likningene for et spesielt tilfelle.

Deretter tok *E. Eriksen* for seg tetthetsmatriser for mangefermionsystemer. Programmet er å erstatte den detaljerte beskrivelsen av systemet ved N-partikkel bølgefunksjoner med tetthetsmatriser og så trekke energiegenverdiene direkte ut av disse. Betingelsene som tetthetsmatrisene må oppfylle for å representere en fysisk bølgefunksjon er ennå ikke helt klarlagte.

E. H. Hauge gjorde greie for et alternativ til virialutviklingen ved studiet av reelle gasser. En utvikler i potenser av forholdet mellom molekylets frastøtningsvolum og tiltrekningsvolum, og ved å unngå tettheten som utviklingsstørrelse, fås en beskrivelse som også er brukbar for væskefasen.

Til slutt viste *P. C. Hemmer* hvordan forholdene ved det kritiske punkt i et gass-væske system eksperimentelt avviker sterkt fra det klassiske bilde som f. eks. van der Waals' likning gir. Teoretisk er disse avvikene ennå ikke fullt ut forstått, og representerer et av de aktuelle problemene i statistisk mekanikk.

E. H. Hauge.

Universitetslektor W. Løchstøers foredrag: «Laboratorieøvelsenes stilling i fysikk-studiet» ble, som både det store frammøte og den etterfølgende diskusjon viste, møtt med stor interesse. Foredragsholderen tok sitt utgangspunkt i den uklarhet som rår både blant universitetslærerne og studentene når det gjelder målet for laboratorieundervisningen. Studentene har ikke den motivering for arbeidet som ligger i å oppnå et godt eksamensresultat, og har heller ikke syn for nødvendigheten av laboratoriearbeid som en integrerende del av fysikkundervisningen. For å rette på forholdene kan en tenke seg at det på en eller annen måte er mulig å ta hensyn til laboratoriearbeidet ved fastsettelsen av eksamenskarakteren, men hverken foredragsholderen eller de mange debattanter som streift inn på dette spørsmål i den etterfølgende diskusjon, kunne peke på noen tilfredsstillende måte å løse spørsmålet på uten å bryte sterkt med tradisjonelle eksamensformer.

Progresjon i undervisningen var et av hovedmomentene for foredragsholderen. Han skiserte opp en plan for en systematisk ledelse av studentene inn i den måten eksperimentalfysikeren arbeider på i form av kurser i måleteori og måleteknikk, instrumentkjennskap, ordning av observasjoner, databehandling, journal og rapportskriving, mindre øvelser fra forskjellige deler av pensum med det som hensikt å utføre eksperimentene, og til slutt en noe selvstendigere undersøkelse i et vitenskapelig laboratorium. Både i foredraget og i flere av innleggene etterpå ble det framholdt meget sterkt at laboratorieundervisningen ikke er ment som supplement til forelesningene i den forstand at de skal illustrere enkelte fysiske prinsipper eller utdype forståelsen av det teoretiske stoff. Her har demonstrasjonsforelesningene sin plass, og på dette plan ligger også elevøvingene i gymnaset. Men studentene må bli klar over at laboratorieundervisningen — praktikum — har et annet siktepunkt. «Den bør ha som sitt mål å gi bidrag til å belyse eksperimentalarbeidets posisjon i helhetsbildet og bibringe studentene visse grunnleggende begreper og ferdigheter innen dette felt».

Foredragsholderen har hatt en vesentlig del av ansvaret for opplegget av laboratorieundervisningen ved Universitetet i Oslo i forbindelse med den nye studieplan, og hadde

et solid erfaringsgrunnlag å bygge på. Foredraget var sterkt preget av det dilemma som laboratorieundervisningen befinner seg i ved at studenter føler seg pådyttet arbeid som de ikke synes har noen hensikt, og det vil forhåpentlig tjene til at problemene blir gjenomtenkt og drøftet både blant dem som underviser og blant studentene.

Det er såvidt vites første gang at emner av denne art er tatt opp på våre fysikermøter. Men den intime sammenheng det er mellom forskning og undervisning ikke bare på universitetene og høyskolene, men nesten overalt hvor det drives forskning, tilsier at pedagogiske spørsmål også blir tatt opp på senere fysikermøter.

Trygve Holtebekk.

Eksperimentell kjernefysikk

Til sesjonen eksperimentell kjernefysikk hadde ca. 30 deltakere trosset regnværet så tidlig som kl. 9, men innen dosent Lønsjø kunne sette sluttstrek for en vellykket sesjon var deltakerantallet øket med 50 %.

Det første innlegget kom fra gruppen for lav-energi kjernefysikk ved Universitetet i Oslo, hvor O. Dørum fortalte om målinger av lineær-polarisasjon av gamma stråling. Metoden som var benyttet bygger på Compton spredningens følsomhet for polarisasjon, og var her anvendt til bestemmelse av spin, paritet og kvadrupol-dipol blandingsforhold for gamma overganger i ^{33}Cl . R. Nordhagen framholdt i sin omtale av en undersøkelse over elastisk spredning av protoner fra aluminium, at den meget stabile og veldefinerte protonstrålen en nå har fra Fysisk institutts 3 MeV Van de Graaff generator gir gode muligheter til å studere meget smale protonresonanser. Han viste målte variasjoner i spredningen som var i god overensstemmelse med forventede teoretiske utbyttekurver.

O. Asplund, som nå arbeider ved AB Atomenergi, Studsvik, viste eksperimentelle data over variasjon av polarisasjonen av nøytroner i energiområdet 0,4–1,4 MeV spredt fra Cu, Mo og Pb. Han viste hvordan disse data kunne interpreteres og muliggjøre detaljstudier over dannelsesforløpet for compoundkjerner.

P. O. Tjøm, Universitetet i Oslo, viste hvordan en ved å variere avstanden kilde-detektor, kombinert med en enkel beregning, kunne

konstruere sum spektra for en scintillasjonsteller, og derved få en brukbar metode til å studere svake gamma overganger i et komplekst spektrum.

Deretter fulgte en rekke innlegg fra forskere ved Universitetet i Bergen. Det første var et oversiktsforedrag av *K. Nybø* om arbeidene som har foregått ved Van de Graaff generatoren. Gruppen her har arbeidet med fluktuasjoner i reaksjonstverrsnittene og studert vinkelfordelingen for (d, p) reaksjoner i magnesiumisotopene. Han påviste at eksitasjonsfunksjonene har markerte fluktuasjoner og at vinkelfordelingen varierer sterkt ved endringer i energien på 20–30 keV.

De tre følgende innlegg handlet om høyenergi fysikk, hvor instituttet som et ledd i et større internasjonalt samarbeide har tatt opp en undersøkelse av forskjellige sjeldne desintegrasjonsformer for tunge elementærpartikler. Således fortalte *A. Halsteinslid* at det for Σ hyperonet var funnet 12 tilfeller av desintegrasjonsformen $\Sigma \rightarrow n + \bar{p} + \bar{\nu}$. Disse var funnet ved å studere 120 000 boblekammer bilder. Forholdet mellom denne typen og alle andre typer for desintegrasjon av Σ hyperonet var av dette beregnet til $(1,5 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$. *J. M. Olsen* redegjorde for en undersøkelse av desintegrasjonsformen $\omega^0 \rightarrow e^+ + e^-$, hvor resultatet, etter å ha undersøkt 200 000 bilder, bare var ett slikt tilfelle. (Dette ene tilfelle var selvsagt funnet i de 30 000 bilder som var tildelt gruppen i Bergen).

K. Myklebost omtalte videre måling av virkningstverrsnittet for elastisk og uelastisk spredning av Λ hyperonet mot protoner. Disse målingene er ennå ikke ferdige, men han ble provosert til å gi en foreløpig, bare delvis korrigert verdi på 0.074 mbarn for den elastiske spredning.

Til slutt fortalte *S.-L. Ullaland* om målinger han hadde utført sammen med *H. Trefall* over periodiske røntgenstrålingsbegivenheter i nordlyssonen i energiområdet 25–100 keV. Periodene lå i området 7–10 min, og synes å være forbundet med magnetiske pulsasjoner og hydromagnetiske svingninger i magnetosfæren.

Anders Storruste.

Akustikk

I akustikksesjonen ble det referert seks arbeider, de fleste om hørsel.

G. Arnesen, K. Gjævenes og *T. Søhoel* har

arbeidet med å klarlegge i hvilken grad retningsbestemmelsen mot en lydkilde blir forstyrret når en har nedsatt hørsel på det ene øret. Signalpresentasjonen fant sted i ekko-fritt rom ved hjelp av høyttaler. Forsøkspersonene, uten mulighet for optisk orientering, anga kildens antatte posisjon. Resultatene viste forskjeller mellom signaltypene, og en klar sammenheng mellom lokalisasjonsevne og terskeldifferens mellom to ører.

K. Gjævenes, E. Vigran og *G. Arnesen* refererte noen eksperimenter som er utført for å prøve innsvingningstidens innflytelse på hørestyrken av en 750 Hz ren tone og en bredbåndstøy. For bredbåndstøyen ble det funnet en reduksjon av hørestyrken med økende innsvingningstid, svarende til en reduksjon av lydtrykk-nivået på omkring 3 dB. For ren-tone signalet var forandringen meget mindre.

S. Gran har utarbeidet apparatur til måling av ørets akustiske impedans, og har laget en teori på et analytisk mekanisk grunnlag for å kunne tilbakeføre karakteristiske fenomener i impedanskurvene til mekaniske egenskaper ved ørets svingedyktige system.

I. B. Efremova, K. Fintoft og *H. Ormestad* har undersøkt en-stavelers og to-stavelers tonelag i østnorsk (eks. eter-ete). Det viser seg at ni av ti lyttere identifiserer tonelaget innen 0,3 sekund fra ordets begynnelse, uansett lengden av vokalen.

T. E. Vigran har undersøkt hvordan hørestyrken av rene toner i det ene øret forandrer seg ved forstyrrende hvitstøy på det andre øret. Det ble målt hørestyrke-enderinger svarende til 7–8 dB forandring i rentonens nivå. Effekten må forklares som summasjon i det sentrale nervesystem.

N. P. Wedege og *T. E. Vigran* har gjort tilsvarende undersøkelser av pitch, dvs. hørt tonehøyde. En rentone på 500 Hz ble lagt på det ene øret og forstyrret av 1/3 oktav hvit støy på det andre øret. Enkelte forsøkspersoner får da en tydelig pitch-endering. Målingene tyder på at dette ikke skyldes hørestyrke-enderinger.

Helmut Ormestad.

Teoretisk kjernefysikk

Til seksjonen for teoretisk kjernefysikk var det anmeldt 4 foredrag.

A. Reitan, var første foredragsholder og emnet var «Reaksjonen (γ , np) i tunge kjerner».

Et av målene ved arbeidet hadde vært ved hjelp av studiet av (γ , np) reaksjoner å undersøke parkorrelasjonen i atomkjernene.

Ut fra Levingers teori skulle virknings-tverrsnittet for (γ , np) reaksjoner være proporsjonal med absorpsjonstverrsnittet for γ -stråler i deuteronet. Levinger antok at bare små r_{np} (hvor r_{np} er avstanden mellom neutronet og protonet i reaksjonen) var betydningsfulle for reaksjonen.

Hvis dette er riktig, skulle man da få opplysninger om korrelasjonsfunksjonen.

A. Reitan påviste i sitt foredrag at Levingers teori om proporsjonalitet mellom virknings-tverrsnittet og absorpsjonstverrsnittet for deuteronet hadde gyldighet, men i strid med Levingers teori kom foredragsholderen til at man ikke kunne si at små r_{np} var dominerende for reaksjonen.

Korrelasjonsfunksjonen ville bare gi ca. 5 % bidrag til tverrsnittet, og det er for lite til at man foreløpig kan finne opplysninger om parkorrelasjonen ved studiet av denne reaksjon.

Foredragsholderen mente imidlertid at spørsmålet om små eller store r_{np} er avhengig av hvilken vekselvirkning man antar mellom nukleonene.

Neste foredragsholder var K. Kolltveit, som redegjorde for et arbeid som var utført i samarbeid med dr. Kallio, Nordita: «An Application of the Separation Method in Shell - Model Calculation».

I arbeidet var $1 \hbar\omega$ eksitasjoner i O^{16} beregnet ved antakelsen av en to-nukleon vekselvirkning med hard core. Vanskeligheten med en hard core er først og fremst at matriseelementene blir uendelige. Ved hjelp av Scott og Mozkowskij's separasjonsmetode var disse vanskeligheter overvunnet.

Odde paritet tilstandene var deretter beregnet uten og med groundstate correlations. De numeriske resultatene ble framlagt.

Det var dessuten foretatt beregninger av noen overgangssannsynligheter. Disse viste seg imidlertid å være en størrelsesorden fra de eksperimentelle verdier, noe som går igjen ved alle slike beregninger. Foredragsholderen viste deretter hovedårsaken til denne avvikelse og påpekte hvordan man med antakelse av bedre uperturberte bølgefunksjoner kunne komme tett til de eksperimentelle data.

G. Dahll: «Diskusjon av tilnærmingsmetoder for beregning av kobling mellom enkeltpartikkelbevegelse og overflatevibrasjoner».

Ved beregning av kobling mellom enkelt-

partikkelbevegelsen og overflatevibrasjonene i kjerner vil man få en uendelig matrise man ikke kan diagonalisere eksakt. G. Dahll hadde diagonalisert deler av den uendelige matrisen og viste i sitt foredrag at man på denne måte fikk en sikrere og mer overskuelig konvergens enn ved perturbasjonsteori, idet det er svært vanskelig å vite hvor man skal bryte av perturbasjonsserien. Det ble også påvist at metoden hadde mye til felles med variasjonsmetoden.

K. Gjøtterud: «Diskusjon av opprinnelsen til den midlere spinnbanekobling i kjerner.»

K. Gjøtterud hadde tatt for seg opprinnelsen til spinn-banekoblingen i kjernene. Denne koblingen er grunnlaget for skall-modellen.

$L \cdot S$ potensialet i skall modellen gir en splitting av energinivåene av midlere størrelse: $E_{1-\frac{1}{2}} - E_{1+\frac{1}{2}} = 9,8 A^{-2/3} (2I + 1) \text{ MeV}$. Denne forskjell er for stor til at den kan forklares ved Thomas termen eller tensor del alene.

Spørsmålet er da om våre beste to-nukleon krefter gir en splitting av den ovennevnte størrelse. Foredragsholderen tok for seg Hamada-Johnston potentialet som er karakteristisk idet det inneholder alle mulige uavhengige termer.

Han mente det da ville være interessant å innføre koblingskonstantene fra mesonteorien og deretter midle det fremkomne potentialet over kjernen. Den derved fremkomne $L \cdot S$ splitting skulle så sammenliknes med den ovennevnte størrelse.

Kristofer Kolltveit.

AHA*-spalten

Problem:

I det fotografiske kamera utnyttes lysets geometriske egenskaper til å danne et bilde av et objekt, hva enten kameraet er utstyrt med et komplisert linsesystem eller det er et primitivt «pin-hole» kamera. Lyset har imidlertid også bølge-egenskaper, og problemet lyder:

Er det mulig å utnytte den informasjon som ligger i et diffraksjons/interferens-mønster på en slik måte at et bilde av det opprinnelige objekt kan reproduseres?

* Astigmatic Hypercritical Assembly: Benyttes til diffraksjons-eksperimenter. Leserene kan velge mellom flere vakre interferensmønstre i årets motefarver.

Lettvint forsøk med kastebevegelse

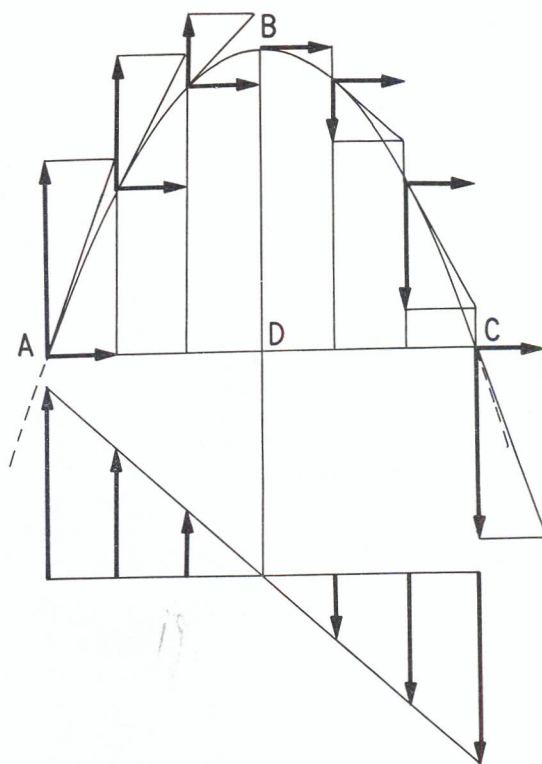
Halvard Sollie

De som underviser i fysikk på gymnasnivå er sikkert enige i at det kan være vanskelig å få elevene til å forstå uavhengighetsprinsippet på f. eks. kastebevegelse. Hvor mange studenter er det ikke som går rundt og tror at akselerasjonen på toppen av en kastebane er lik null? Derfor har jeg laget en liten elevøvelse som jeg tror sparer meg for både slit og ergrelser.

Karbonpapir legges med svertningssiden mot et hvitt papir på et hardt underlag som er stilt på skrå. En stålkule, diameter ca. en tomme, kastes på skrå oppover karbonpapiret. Kula ruller, og på papiret under får vi et tydelig spor av en «kastebane». I figuren er ABC en virkelig «kastebane» med en vanlig hard bygningsplate som underlag. Det er tydelig at friksjonen i dette tilfellet ikke er synlig merkbar. Det at kula ruller og ikke glir, har ingen interesse i forbindelse med det som vi vil vise. I og med at friksjonen er ubetydelig, er den horisontale hastighetskomponent konstant overalt i banen. Lengden av denne vektor velges slik at kastevidden AC deles i f. eks. seks like deler. Vi har altså valgt oss en enhet for tid som er så stor at kula bruker seks tidsenheter på banen ABC. Hvis papiret er et ruteark, er kanskje avstanden mellom to ruter en passende lengdeenhet. Har elevene klart for seg de valgte enheter for lengde og tid, kan de prøve om de kinematiske bevegelseslikningene stemmer.

Den momentane hastigheten i banen bestemmes ved å trekke tangenten. Dermed er den «vertikale» hastighetskomponenten bestemt. Denne komponenten avsettes i et fart-tidsdiagram rett nedenfor banen.

En elev skulle her få en bedre forståelse av at 1) hastigheten er en vektor og må behandles som en sådan, 2) den «vertikale»



hastighetskomponent avtar lineært med tiden. Derfor er akselerasjonen konstant overalt i banen, også på toppen. 3) Farten i samme horisontale nivå er like og 4) arealet av en av trekantene er lik høyden DB. Bevegelseslikningene kan som før nevnt også prøves.

Mye kan vries ut av denne øvelsen. Derfor lar jeg elevene gjøre den to ganger. Først i et pre-stadium og siden som «plugg-in».

Opgaven kan varieres ved at A og C ligger i forskjellig høyde. Særlig enkel blir den som horisontalt kast.

Cand. real. Halvard Sollie er lektor ved Horten tekniske skole.

1813 - 1963

Thomas Andrews

K. Jostein Knutsen

I anledning av at det er 150 år siden Thomas Andrews fødsel, skal vi her ganske kort ta for oss de viktigste bidrag han ydet vitenskapen.

I 1823 hadde det lyktes Michael Faraday å fortette H_2S , HCl , SO_2 , C_2N_2 , NH_3 og Cl_2 til væske. Tidligere hadde man ment at dette ikke var mulig. Faraday fant ut at det som skulle til for å fortette en gass til væske, var høyt trykk og avkjøling. Han anvendte dette prinsippet på flere andre gasser, og hadde hellet med seg når det gjaldt noen av dem. De gassene som det ikke lyktes å fortette, ble kalt permanente gasser. Etter hvert lyktes det forskerne å få flere og flere gasser over til væsker. Til slutt sto bare helium igjen. I 1908 lyktes det også å fortette den ved $4,3^\circ \text{K}$. Begrepet permanent gass falt da helt bort.

Etter Faraday fortsatte Thomas Andrews undersøkelser på dette felt. Hans arbeide begynte i 1861 og fortsatte i flere år. Han brukte et kapillarrør som var lukket i den ene enden. En kvikksølvstreng hindret gassen som skulle undersøkes, i å unnslippe. Det høye trykket fikk han ved å skru en skrue inn i kapillarrøret, slik at kvikksølvstrengen presset gassen sammen. I 1863 oppdaget han at karbondioksyd ikke kunne fortettes dersom temperaturen var høyere enn en viss verdi, som han kalte den kritiske temperatur, selv om trykket ble gjort meget høyt. Han oppdaget også at overgangen fra gass til væske foregikk kontinuerlig. Han skrev om dette: «I karbondioksyd som delvis er bragt i væskeform bare ved hjelp av trykk, vil overflaten som markerer skillet mellom væske og gass etter hvert viskes bort og til slutt helt forsvinne om temperaturen gradvis økes til 31°C For temperaturer over 31°C kan man ikke få noen (øyen)synlig dannelse av væske av karbondioksyd eller skjelne tydelig mellom

noen aggregattilstander, selv om det anvendes trykk på 300 eller 400 atmosfærer. . . . De egenskaper som er beskrevet i denne forbindelse, og som viser seg for karbondioksyd, er ikke spesielle for dette stoffet, men er til stede hos alle legemer som kan bestå som gasser eller væsker».

Begrepet kritisk trykk skriver seg også fra Andrews. Andrews' resultater kan best illustreres ved hjelp av et pV-diagram, som man i dette spesielle tilfellet kaller et Andrews' diagram. En nærmere redegjørelse for dette diagram skal ikke gis her, da det finnes i de fleste lærebøker i fysikk, f. eks. i den nye utgaven av Isaachsen (2).

Fra Andrews' liv kan videre nevnes at han ble født i Belfast 19. desember 1813. (3). Han studerte kjemi i Glasgow, og arbeidet en tid som kjemiker i Dumas' laboratorium i Glasgow. I 1835 tok han medisinsk embets-eksamen i Edinburgh, og praktiserte som lege i sin fødeby. Men fortsatte samtidig med sine eksperimenter, så da Queens College i Belfast ble opprettet, sto han vel rustet til å overta stillingen som professor i kjemi. Denne stilling beholdt han til 1879. Andrews' vitenskaplige arbeider holder seg i grenseområdet mellom kjemi og fysikk. Hans eksperiment med karbondioksyd må regnes til hans betydeligste, men hans undersøkelser av ozon og av varme-utviklingen ved kjemiske reaksjoner, er også betydelige arbeider.

Andrews døde i Belfast 26. november 1885. Hans vitenskapelige arbeider og hans biografi har fått en utførlig omtale i verket «The scientific papers of Thomas Andrews with memoir by F. G. Tait and A. C. Brown (1889)». Denne avhandling har det dessverre ikke vært mulig for forfatteren av denne artikkel å skaffe til veie.

Cand. real. K. Jostein Knutsen er lektor ved Luftkrigsskolen, Trondheim.

[1] W. F. Magie: A Source Book in Physics, McGraw-Hill, 1935, p. 187.

[2] D. Isaachsen: Lærebok i fysikk I. 16. opplag. p. 123.

[3] Salomonsens Konversasjonsleksikon 1915.

Plasmatilstanden

– fysikk og anvendelser

Jon Arne Bakken

1. Plasma og ionisert gass.

Plasma ble innført som betegnelse for ioniserte gasser av den engelske fysiker Langmuir i 1929. Fysikere og teknologer bruker ordet «plasma» i en mer eller mindre klart avgrenset betydning. Plasmafysikerne er enige om at et plasma må inneholde like mange positivt og negativt ladede partikler, slik at plasmaet er elektrisk nøytralt utad. Lokale avvik fra elektrisk nøytralitet kan imidlertid forekomme innenfor tilstrekkelig små områder (kvasinøytralitet). Disse er karakterisert ved *Debye-lengden* λ_D som avhenger av temperaturen T og elektrontettheten n_e . Et plasma ble av Langmuir definert som en ionisert gass, hvis utstrekning er større enn λ_D , slik at kravet om kvasi-nøytralitet er tilfredsstillt:

$$l > \lambda_D = 69 \sqrt{T/n_e}$$

Vi bruker MKSA-enheter i formlene.

I et typisk termonukleært plasma (se 4.2) er $T \sim 10^8$ °K og $n_e \sim 10^{21}$ m⁻³, som gir $\lambda_D \sim 10^{-5}$ m.

Enkelte forskere foretrekker å bruke plasma som betegnelse bare for fullstendig ioniserte gasser, men oftest forstår man med et plasma en delvis ionisert gass som også inneholder nøytrale molekyler og atomer, og som er kvasinøytral.

Denne artikkelen er ment som en grov oversikt over plasmafysikken og noen av dens tekniske anvendelser. Vi vil ikke prøve å holde oss til noen klar og avgrenset definisjon av «Plasmafysikk».

Plasmatilstanden er blitt kalt for materiens fjerde tilstandsform. Når en gass blir oppvarmet til en temperatur av størrelsesorden 10^5 °K vil den midlere kinetiske energien hos partiklene svare til ionisasjonsenergien (noen eV), og gassen vil være nesten fullstendig ionisert. Ledningsevnen er da betydelig og kan måle seg med grafitts (10^5 mho/m).

Ved termonukleære temperaturer -10^8 °K – vil et deuteriumplasma ha langt større ledningsevne enn gode metalliske ledere ved romtemperatur (10^9 mho/m, jfr. kopper $5,8 \cdot 10^7$ mho/m). Men allerede ved atskillig lavere temperaturer, $5-10.000$ °K, vil mange gasser ha en ionisasjonsgrad som er større enn 10^{-4} , og ledningsevnen, som kan sammenlignes med sterke elektrolytters (10^2-10^3 mho/m), er stor nok til at elektromagnetiske effekter kan bli betydelige.

2. Naturlige og kunstige plasma.

Mer enn 99,9 % av materien i universet består av plasma i form av interstellar gass og stjerner. Astrofysikerne ble tidlig interessert i vekselvirkningene mellom plasma og magnetfelt i universet, f. eks. i galaksene og på solen. Hvis man skulle prøve å lage analogier i laboratorieskala (10 cm) til fenomener i kosmiske plasma, f. eks. interstellar gass hvor tettheten og den magnetiske feltstyrke er uhyre liten, men dimensjonene i tid og rom er uhyre store, måtte man eksperimentere med meget store tettheter (10^{27} m⁻³ eller 10^2 atm. trykk ved romtemperatur) og enorme feltstyrker (10^9 G). Den typiske tidsskalaen ville bli bare 10^{-4} s. Overraskende er det at det finnes ingen analogi i kosmos til høyvakuum-eksperimenter i laboratoriet.

Omkring jorden finner vi plasma med elektrontetthet $10^{10}-10^{12}$ m⁻³ i ionosfæren, hvis eksistens ble forutsagt i 1878 av Balfour Stewart, som antok at de daglige variasjonene i det jordmagnetiske feltet kunne forklares ved elektriske strømmer i den øvre atmosfære. Han var også den første til å postulere ionosfærens innflytelse på forplantning av elektromagnetiske bølger. Senere har ionosfærens betydning for radiokommunikasjon over store avstander ført til intens forskningsvirksomhet.

Det var naturlig at *astrofysikerne* og til dels også *ionosfærefysikerne* kom med de første og noen av de fineste bidrag til plasmafysikken (Saha, Chapman, Cowling, Ferraro, Chandrasekhar, Spitzer, Alfvén og andre).

Siv.ing. Jon Arne Bakken er ansatt ved NTNf's plasmafysikkgruppe ved Universitetet i Bergen.

Det mest dagligdagse naturlige plasma har vi i lyn, som er gassutladninger der spenningen kan være av orden 10^8 V og strømstyrken $10^4 - 10^6$ A.

Plasma kan dannes kunstig på flere måter. I laboratoriet er det mest alminnelig å lage plasma v. h. a. elektriske utladninger i gasser, gjerne ved lavt trykk og i nærvær av magnetfelt, som kan ha drastisk innvirkning på plasmaets egenskaper. Det er et naturlig slektskap mellom *gassutladningsfysikken* og *plasmafysikken*, som en kan si er utsprunget fra den første disiplinen.

Sjokkbølger kan forårsake ionisasjon og dannelse av plasma hvis de er sterke nok. Trykk-drevne konvensjonelle sjokkrør (Mach-tall på opptil 20) og forskjellige typer av elektromagnetiske sjokkrør (Mach-tall på opptil 100 og mer) blir mye brukt til fremstilling og studier av plasma med høy temperatur ($10^4 - 10^5$ °K) og stor strømningshastighet ($10^3 - 10^6$ m/s). Romskip og raketter som beveger seg med overlydhastighet gjennom atmosfæren, vil få nesepartiet omgitt av et plasmasjikt, fordi en del av den høye kinetiske energien sjokk-omvandles til varme. Plasmasjiktet har stor innflytelse på bl. a. radiosambandet med romskipet. Dette blir nærmere omtalt senere.

Metallisk plasma kan lages ved å sende en så stor strøm gjennom en metalltråd at den fordamper og blir ionisert («exploding wire»).

Ved enkelte kjemiske forbrenningsreaksjoner kan energiutviklingen få temperaturen opp i over 5000 °K, slik at den elektriske ledningsevnen i gassflammen kan bli stor nok til å være av teknisk betydning, eventuelt etter tilsetning av lett ioniserbart stoff.

Ildkulen i en atom- eller hydrogenbombeeksplosjon kommer opp i 10^5 , henholdsvis 10^8 °K, og består derfor av fullstendig ionisert plasma på samme måte som stjernenes indre.

Av mer prosaiske plasmakilder kan nevnes de vanlige lysstoffrør og neonlys, den elektriske lysbuesveis og kvikksølvlikeretteren. Et karakteristisk trekk ved disse og andre elektriske utladninger er at elektronene gjerne har langt høyere temperatur enn ionene og de nøytrale molekylene. Plasmaet er altså ikke i termisk likevekt. Dette skyldes at det hovedsakelig er elektronene som blir oppvarmet av strømmen, og at elektron-ione-kollisjoner er lite effektive når det gjelder overføring av energien til ionene. I neonrøret f. eks. holder den nøytrale gassen badevannstemperatur, mens elektronene holder ca. 25.000 °K. I sjokk-genererte plasma er det omvendt;

der har ionene høyest temperatur inntil termisk likevekt har innstilt seg.

3. Teoretiske betraktninger.

To vesensforskjellige fremgangsmåter blir brukt for å studere et plasmas egenskaper og dynamikk i et elektromagnetisk felt: Den mikroskopiske teori, som er en enkeltpartikkelbeskrivelse, og den makroskopiske teori, hvor plasmaet betraktes som et *kontinuum* eller en væske.

3.1. Den mikroskopiske teori og Boltzmanns likning

Man tar her sitt utgangspunkt i de enkelte partiklers bevegelse under innflytelse både av ytre kraftfelt og av vekselvirkningen med andre partikler. I kinetisk gassteori for nøytrale gasser antar man at vekselvirkningen mellom molekylene utelukkende beror på direkte (binære) kollisjoner, og at molekylene beveger seg fritt i forhold til hverandre mellom kollisjonene. I et plasma derimot, vil de ladede partiklene stadig påvirke hverandre p. g. a. langtreckende Coulomb-krefter. Man kaller denne typen vekselvirkninger for «fjerne» kollisjoner.

Hvis partikkeltettheten er liten og temperaturen høy nok (som f. eks. i en tenkt fusjonsreaktor), kan man se bort fra både nære og fjerne kollisjoner. Bevegelsen av en partikkel med masse m , ladning q og hastighet $\mathbf{w}$ er da bestemt av vektorlikningen

$$m \, d\mathbf{w}/dt = q\mathbf{w} \times \mathbf{B} + q\mathbf{E} \quad (2)$$

hvor $\mathbf{B}$ = magnetisk induksjon, $\mathbf{E}$ = elektrisk felt og $\times$ betegner vektormultiplikasjon. Det første leddet på høyre side er *Lorentz-kraften*, som er den kraft magnetfeltet påvirker en ladet partikkel i bevegelse med. Størrelsen av Lorentz-kraften er lik $qw_{\perp}B$ ($w_{\perp}$ er hastighetskomponenten loddrett på magnetfeltet), og retningen er loddrett på både partikkelbanen og feltet. Det andre leddet er den elektrostatiske kraften.

Av likning (2) kan vi utlede at ionenes og elektronenes bevegelse i et elektromagnetisk felt er sammensatt av en sirkelformet bevegelse eller *gyrasjon* omkring de magnetiske feltlinjene, plus en *drift* loddrett på både det elektriske og det magnetiske feltet. Gyrasjons-

radien kalles gjerne *Larmor-radien* (eller cyclotronradien) og er gitt ved:

$$\lambda_g = m v_{\perp} / q B \quad (3a)$$

Larmor-radien for et hydrogen-ion er altså 1380 ganger større enn for et elektron med samme fart. λ_g er en viktig karakteristisk lengde i plasmafysikken. Den tilsvarende *gyrofrekvens* (eller cyclotronfrekvens) er også en viktig karakteristisk størrelse:

$$\omega_g = v_{\perp} / \lambda_g = q B / m \quad (3b)$$

I et plasma med kollisjoner er det en umulig oppgave å beregne banene til alle partiklene. Det beste man kan gjøre er å beregne statistiske middelerverdier for bevegelsene til et meget stort antall plasmapartikler. Man innfører *fordelingsfunksjonen* $f(\mathbf{r}, \mathbf{w}, t)$ for en enkelt-partikkel i det 6-dimensjonale faserommet svarende til posisjonen $\mathbf{r}$ og hastigheten $\mathbf{w}$. I den vanlige gassteori er f bestemt av *Boltzmann-likningen*. For et plasma må B.-likningen generaliseres ved å ta med det s. k. Fokker-Planck-ledd for «fjerne» kollisjoner i tillegg til det vanlige leddet for «nære» (og binære) kollisjoner. Videre vil den ytre kraften på en ladet partikkel også inkludere Lorentz-kraften og den elektriske kraft $q\mathbf{E}$. Denne generaliserte B.-likning (som er en ikke lineær integro-differensiallikning) må kombineres med Maxwells (lineære) elektromagnetiske likninger. Man får et meget komplisert likningssystem, som ikke kan løses eksakt selv for ganske enkle problemer i plasmafysikken. I enkelte tilfelle kan man finne tilnærmede løsninger ved linearisering.

Den generaliserte Boltzmann-likningen tjener to meget viktige formål. For det første er det mulig å utlede de fundamentale makroskopiske (kontinuum-)likninger fra B.-likningen. For det andre kan B.-likningen gi nyttige opplysninger om transportkoeffisienter (f. eks. elektrisk og termisk ledningsevne, viskositetskoeffisient o. a.) og deres relasjon til makroskopiske fysiske størrelser som tetthet og temperatur. Disse relasjoner kan ellers bare bestemmes eksperimentelt.

3.2. Den makroskopiske teori og magnetohydrodynamikken.

Ved mange problemer i plasmafysikken er

den mikroskopiske analysen v. hj. a. Boltzmann-likningen for detaljert og komplisert til å være praktisk anvendbar. Vi er ikke interessert i den enkelte partikkels bevegelse, men bare i den resulterende virkning av et stort antall av dem. Med andre ord: vi ønsker å finne relasjoner mellom makroskopiske størrelser som tetthet ρ , trykk p , midlere massehastighet $\mathbf{v}$, strømtetthet $\mathbf{J}$ o.s.v., med tid og posisjon som uavhengige variable. Disse makroskopiske likningene kan, som vi påpekte i forrige avsnitt, utledes fra den generaliserte Boltzmann-likning.

I mange tilfelle kan plasmaet betraktes som et elektrisk ledende og kontinuerlig medium (væske), der sammensetningen (d.v.s. konsentrasjonene av ioner, elektroner og nøytrale molekyler) er konstant i tiden. De makroskopiske likningene blir da enklet mulig og kalles gjerne for *magnetohydrodynamikkens* grunnlikninger*. Disse er bygget opp av: 1) de klassiske hydrodynamiske likninger for massens, impulsens (Navier-Stokes bevegelseslikning) og energiens bevarelse, de to siste med ekstra ledd for elektromagnetiske krefter, 2) Maxwells likninger, 3) en relasjon av typen Ohms lov og 4) en relasjon mellom trykk og tetthet (tilstandslikning). Den generaliserte Navier-Stokes *bevegelseslikning* kan skrives slik på vektorform:

$$(4) \quad \rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\nabla p + \rho \left[\nabla^2 \mathbf{v} + \frac{1}{3} \nabla (\nabla \cdot \mathbf{v}) \right] + \mathbf{J} \times \mathbf{B}$$

Det første leddet på høyre side er kraften p. g. a. det vanlige *kinetiske trykket*, som vi her antar er isotropt. Det andre leddet representerer de viskøse kreftene under forutsetning av at viskositetskoeffisienten ν kan regnes som konstant. Endelig har vi det siste leddet, $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$, som interesserer mest i plasmafysikken, og som vi gjenkjenner som Lorentz-kraften pr. volumenhet, jfr. likning (2).

Den generaliserte *Ohms lov* er meget komplisert på eksakt form. Et mye brukt tilnærmet uttrykk for et isotropt plasma er:

* eller «magnetogassdynamikk» for å antyde at man studerer gasser. Andre betegnelser er «hydro-magnetisme» og «plasmadynamikk». Disiplinen er også blitt kalt «kvikksølv-dynamikk», fordi den først ble anvendt på kvikksølv.

$$\mathbf{J} = \sigma(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (5)$$

hvor σ = ledningsevnen, som her er en skalar. (I et magnetisk felt vil ledningsevnen kunne avhenge av retningen og være gitt ved en tensor. Tallverdien kan være omtrent dobbelt så stor parallelt med magnetfeltet som loddrett på feltet). Strømmen består ifølge (5) av et bidrag fra det påtrykte felt $\mathbf{E}$ og et fra det induserte felt $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$, p. g. a. plasmaets bevegelse gjennom magnetfeltet. De øvrige likninger, som hører med i en fullstendig makroskopisk beskrivelse, vil vi ikke ta med her, men henviser til litteraturen. Likning (5) danner grunnlaget for bl.a. MHD-generatoren.

Magnetohydrodynamikken er, som navnet antyder, en sammenkopling av hydrodynamikk og elektromagnetisme. Av de to siste leddene i bevegelseslikningen (4) og Ohms lov (5) ser vi at det er den *elektriske ledningsevnen* σ som lager denne sammenkoplingen. Lar vi σ gå mot null, forsvinner koplingen mellom de to disipliner.

Hvis σ er meget stor, blir koplingen sterk. Dette ytrer seg ved at de magnetiske feltlinjene har en utpreget tendens til å følge med når mediet beveger seg; de kan sies å være fastfrosset i mediet. Denne «innefrysing av feltlinjene» som fenomenet kalles, får man dersom det s. k. magnetiske Reynolds tall er stort:

$$Re_m = \mu \sigma l v \gg 1 \quad (6)$$

Her er μ = magnetisk permeabilitet, l = karakteristisk lineær dimensjon og v = karakteristisk hastighet for det betraktete strømningsproblem.

I en grenseflate mellom et magnetfelt og et plasma med høy ledningsevne vil innefrysingseffekten føre til at feltet og plasmaet viser liten tendens til å diffundere inn i hverandre. Denne «utefrysing» er en betingelse for å kunne inneslutte f. eks. et fusjonsplasma i et magnetisk felt.

Heller ikke de magnetohydrodynamiske likninger kan løses eksakt. For å finne tilnærmede løsninger kan man linearisere likningene eller anta at ledningsevnen σ er uendelig stor (d. v. s. fullstendig «innefrysing»).

Et annet interessant begrep er *magnetisk trykk*. V. hj. a. Maxwells lov kan man vise at for feltlinjer som er tilnærmet rette og parallele, er Lorentz-kraften lik:

$$\mathbf{J} \times \mathbf{B} \approx -\nabla \left[\frac{B^2}{2\mu_0} \right] \quad (7)$$

og kan altså oppfattes som gradienten til et magnetisk trykk $B^2/2\mu_0$.

For et plasma i dynamisk likevekt må $d\mathbf{v}/dt = 0$ i bevegelseslikningen (4). Av (4) og (7) får vi:

$$\nabla p + \nabla \left(\frac{B^2}{2\mu_0} \right) = 0$$

eller etter integrasjon:

$$p + \frac{B^2}{2\mu_0} = \text{konstant i rommet} \quad (8)$$

Ved likevekt må summen av kinetisk og magnetisk trykk være konstant i plasma-magnetfeltsystemet. Et felt på 100 kG, som er lett oppnåelig idag, gir et magnetisk trykk på ca. 400 atm. Det er nettopp kinetiske trykk av denne størrelsesorden man får i et termokleært plasma.

Under hvilke forhold er kontinuum-beskrivelsen med de magnetohydrodynamiske likninger adekvat, og når må man basere seg på enkeltpartikkel-beskrivelsen? Et plasma kan i likhet med en vanlig gass betraktes som et kontinuum dersom de midlere fri veilengder λ_c for de forskjellige typer kollisjoner er små i forhold til plasmaets utstrekning: $\lambda_c \ll l$. Dette krever at partikkeltettheten er forholdsvis stor og temperaturen samtidig moderat (f. eks. $< 10^5$ °K for $n \sim 10^{21}$ m⁻³ med $l \sim 0,1$ m). Kontinuumbeskrivelsen kan imidlertid brukes også for et meget fortynnet plasma hvis det befinner seg i et sterkt magnetfelt. Det utslagsgivende er da at Larmor-radien – gitt ved likning (3a) – er liten: $\lambda_g \ll l$. Er ikke noen av disse betingelser oppfylt, må man ty til den mikroskopiske teori. Dette gjelder f. eks. et termokleært plasma hvor $\lambda_c \sim 10^3$ m, mens l kan være av orden 0,1 – 1 m.

(fortsettes)

Elementære eksitasjoner i faste stoffer

Del 2

Tore Olsen

Det er naturlig å spørre om hvilke andre fysiske egenskaper som kan forklares ved elementære eksitasjoner. La oss se på klassifiseringen av de faste stoffene. Det kan gjøres på mange måter bl. a. etter krystallsymmetri, men man kan trygt si at symmetriegenskapene alene ikke er noen særlig idéskapende klassifisering. Derimot kommer vi lenger hvis vi klassifiserer etter f. eks. stoffenes oppførsel i elektriske og magnetiske felter, d. v. s. etter karakteristiske fysiske egenskaper.

Vi skal derfor lete etter nye elementære eksitasjoner blant følgende grupper faste stoffer: Isolatorer og halvledere, superledere, metaller og magnetiske stoffer. Tabellen i fig. 2 viser en oversikt over elementære eksitasjoner i faste stoffer. Foruten elektroner og hull samt longitudinale og transverselle fononer som vi har nevnt før, har vi følgende elementære eksitasjoner:

1. Plasmoner.

Vi har nevnt at ved beskrivelse av elektroner i metaller hadde vi visse vanskeligheter med å ta hensyn til Coulombvekselvirkningen. Vi sa at Hartree-approksimasjonen ikke var til-

fredsstillende. Dette er fysisk opplagt hvis vi husker på at Coulombkreftene, selv avskjermet, virker over lange avstander og vil være istand til å organisere elektronene til en fellesbevegelse. Denne bevegelse kan beskrives som en kollektiv eksitasjon som danner en bakgrunn for enkelt-partikkel eksitasjoner. Den kollektive bevegelse kan vi tenke oss kommer istand på følgende måte: Hvis det f. eks. plutselig oppstår et hull i elektronskyen, vil ikke bare de nærmeste elektronene strømme til for å fylle hullet, men hele skyen vil trekke seg sammen om hullet, motta kinetisk energi og derved overdrive gjenfyllingen slik at den må strømme tilbake osv. Vi har fått en tetthetsmodulasjon av elektronfordelingen, og siden elektronene er en gass i et rom fylt av positive ioner, vil denne svingning være en plasmaoscillasjon. Den fysiske virkning av en kraft som virker over lange avstander mellom partiklene er derfor å sette opp en tetthetsvariasjon i partikkelskyen.

Ved et klassisk argument kan vi gjøre et overslag over frekvensen til plasmaoscillasjonene. Flyttes n elektroner en distanse x , har vi en polarisasjon

$$P = nex$$

og et elektrisk felt $E = -4\pi P$ slik at bevegelsesligningen blir

$$m\ddot{x} = -4\pi ne^2x,$$

ELEMENTÆRE EKSITASJONER I FASTE STOFFER

Fig. 2.

	Kvasipartikkel eksitasjon		Kollektiv eksitasjon				Med magnetfelt
	elektroner	hull	longitudinale fononer	transverselle fononer	plasmoner	eksitoner	helikoner og Alfvénbølger
Isolatorer og halvledere							
Superledere	elektroner	elektronpar	longitudinale fononer	transverselle fononer	plasmoner	[eksitoner]	
Metaller	elektroner		longitudinale fononer	transverselle fononer	plasmoner		helikoner
Magnetiske stoffer			longitudinale fononer	transverselle fononer		ferro- og antiferro-magnetiske spinnbølger	

d. v. s. en svingning med frekvens

$$\omega_p = \sqrt{4\pi ne^2/m} \approx 10^{16} \text{ sek}^{-1}.$$

Ved kvantisering av slike kollektive svingninger kalles kvantene for *plasmoner*. Plasmoner finnes selvfølgelig også i halvledere og superledere siden vi begge steder har vekselvirkninger mellom kvasipartiklene.

2. Eksitoner.

I ikke-metalliske krystaller kan man få absorbert lyskvanta ved at et elektron eksiteres fra valensbåndet opp i ledningsbåndet. Men det resulterende elektron og det hullet som det etterlot i valensbåndet, vil tiltrekkes p. g. a. Coulombkreftene, og på den måten kan vi få dannet et hull/elektron-par med mindre energi enn energigapet. Et slikt nøytralt par kalles et eksiton og kan vandre gjennom krystallen. Det vil transportere energi, men ikke ladning.

Det er mulig å tenke seg eksitoner som kryssninger mellom følgende ekstreme tilfelle. Enten et meget lokalisert fenomen nærmest som en eksitert atomtilstand som beveger seg gjennom gitteret eller ved at elektronet og hullet er adskilt med flere atomavstander.

Vi kan med full rett spørre hva hensikten er med å behandle dette fenomen ved et kollektivt eksitasjonsbilde. Argumentet er helt analogt til forsvaret for fononbegrepet, nemlig: Det er ikke hensiktsmessig å behandle de eksiterte atomer som uavhengige som i ny og ne sender sin energi til naboatomet. Dette fordi elektron/hull-paret, som må være en dipol, vil være i vekselvirkning med andre tilsvarende dipoler og av den grunn opptre kollektivt. Vi må, som vi gjør når vi innfører fononer, finne hele dipolsystemets fundamentale svingemoder, eller sagt annerledes: vi lineariserer ligningene til systemet om den sanne grunntilstand istedenfor om en partikkel-approksimasjon. Hopfield og Thomas har eksperimentelt påvist at det kollektive bildet er en mer korrekt beskrivelse enn ideen om stasjonære eksiterte atomer. De har gjort dette ved bl. a. målinger av eksitontilstandenes hastighetsspektrum.

3. Spinnbølger.

Spinnbølger i isolatorer er ikke noe annet enn en modifisering og generalisering av

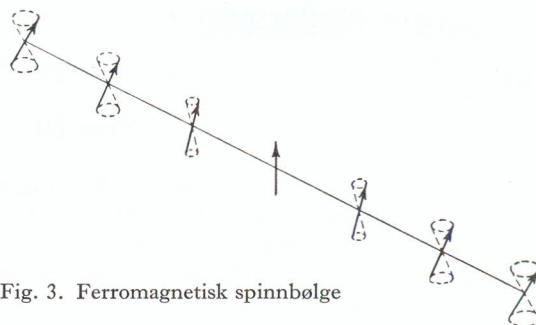


Fig. 3. Ferromagnetisk spinnbølge

eksitonbegrepet. Spinneksitasjonene kan betraktes som om det øvre tomme bånd (ledningsbåndet) ikke er et nytt bånd i vanlig betydning, men derimot et lignende bånd, som det elektronet kom i fra, bare med motsatt spinn. Atter en gang kan vi begrunne spinnbølgene slik som fononene ble begrunnet, men la oss isteden se på det halvklassiske bildet av spinnbølgene. Vi betrakter en ideell ferromagnet d. v. s. et stoff hvor alle spinnevektorene ligger parallelt. En spinnbølge i et slikt system kan da illustreres som i fig. 3, d. v. s. som en presesjonsbølge i de magnetiske spinn.

Det kan ha interesse å se på hva det betyr at en slik spinnbølge er i n -te kvantetilstand eller inneholder n spinnbølgekvantar. La oss se på magnetiseringsintensiteten i den opprinnelige retning. I vårt bilde må vi da midle over presesjonsbevegelsen, og vi vil finne at amplituden til svingetilstanden slik at bølgen er eksitert til tilstanden n , så svarer dette til at spinnet på n elektroner er snudd. Det er derfor en beroligende nær sammenheng mellom spinnbølgebildet og det mer intuitive «enten opp eller ned»-bildet. Spinnbølger er nå et fastspikret eksperimentelt faktum, og de kan studeres ved uelastisk nøytronspredning og gjennom koblingen med fononspektret.

En ideell antiferromagnet, som vist på fig. 4, kan enten ses på som en ferromagnet på et meget høyt eksitasjonsnivå eller som et sammensatt gitter av alternerende spinn. Tar vi denne regelmessige ordning som vår grunntilstand, kan vi lett forestille oss en ny type spinnbølger. Disse antiferromagnetiske spinnbølgene består i spinnreverseringen fra denne konfigurasjon.

4. Eksitasjoner i et magnetfelt.

Et ytre magnetfelt vil sette ladningene i et

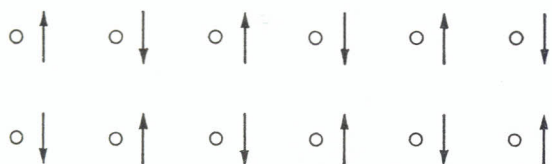


Fig. 4. Antiferromagnetisk spinnordning.

plasma i rotasjon, og dette gir opphav til nye typer eksitasjoner.

For det første *helikoner* som man lettest forestiller seg i et metall, men som også finnes i halvledere. Lar vi, som i fig. 5, et sterkt magnetfelt gå langs z -aksen, vil et elektrisk felt som roterer loddrett på dette feltet, kunne opprettholde seg selv såsant vi har neglisjerbar motstand. For p. g. a. Lorentz-kraften vil $\mathbf{E}$ være opphav til en strømtetthet $\mathbf{J}$ loddrett på $\mathbf{E}$ og $\mathbf{B}$. Maxwells ligninger gir at $\mu_0 \mathbf{J} = \nabla \times \mathbf{b}$ hvor $\mathbf{b}$ er et tilleggfelt, men tidsvariasjonen i dette felt $\dot{\mathbf{b}} = -\nabla \times \mathbf{E}$ d.v.s. ringen er sluttet. Siden $\mathbf{b}$ er en liten pertubasjon på $\mathbf{B}$, vil $\mathbf{E}$ beskrive en heliks istendenfor en sirkel. Kvantene av denne type plasmabølger kalles *helikoner*. Det er verdt å merke seg at eksitasjonen er den samme som i ionosfærefysikken kalles «whistlers». Også en annen eksitasjon hvis analogi er kjent fra ionosfærefysikken, kan eksiteres i faste stoffer, nemlig Alfvénbølger. Hvis en halvleder med like antall hull og elektroner settes i kryssede elektriske og magnetiske felter vil både hullene og elektronene i gjennomsnitt drive loddrett på det elektriske felt og begge driver samme vei. Det betyr at vi kan få en forflytning av masse uten samtidig å ha en ladningsforflytning. Gjennom denne mekanisme kan det settes opp bølger som er

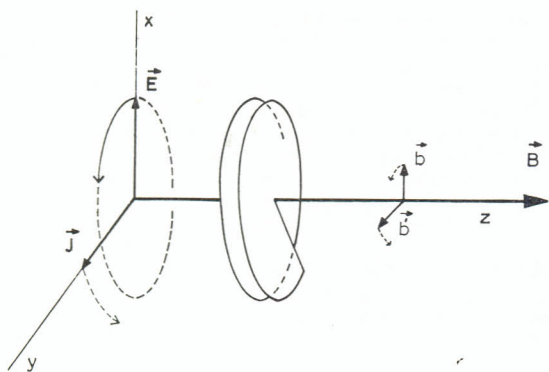


Fig. 5. Helikon. Den elektriske feltvektor vil gjennomløpe en heliks rundt magnetfeltet.

en vekselvirkning mellom kinetisk og magnetisk energi.

5. Superledere.

Mens kvasipartiklene i et vanlig fermion-system, som elektronene i et metall, har et kontinuerlig eksitasjonsspektrum vil kvasipartiklene i en superleder ha et energigap i eksitasjonsspektret. Det er dette energigap som er årsak til mange av superlednings-effektene.

Bardeen, Cooper og Schrieffer fant dette energigap ved å betrakte et fermion-system med følgende vekselvirkning mellom partiklene: En konstant tiltrekning for partikler ved Fermiflaten og null ellers. Denne tiltrekning gir årsak til en korrelasjon over lange avstander mellom partikler med motsatt spinn og impuls. Cooper har vist at slike par vil dannes uansett hvor svak denne tiltrekningen er, d. v. s. Fermifordelingen er ustabil ovenfor dannelsen av slike par.

Den tiltrekkende vekselvirkning mellom elektronene i metallene skyldes en kobling via en polarisasjon av gitteret. Vi har derfor to vekselvirkninger mellom ledningselektroner, nemlig en skjermet Coulombfrastøtning og en tiltrekning via ionegitteret. Dette siste kan også betraktes som en utveksling av virtuelle fononer. Det er nå eksperimentelt påvist at den elektriske transport i superledende metaller skjer ved partikler med ladning $2e$, d. v. s. bundne elektronpar.

Vekselvirkning mellom elementære eksitasjoner.

Vi sa til å begynne med at å forestille seg atomene i et gitter som selvstendige partikler som i ny og ne sender endel av sin energi til naboene, ikke var brukbart, men på den annen side så gir dette et intuitivt riktig bilde av f. eks. varmetransport i faste stoffer. Etter å ha innført fononer, d. v. s. bølger som beveger seg med lydhastighet, møter vi problemet med å redusere energitransporten fra lydhastighet til noe nær diffusjonshastighet som er det man møter eksperimentelt. Fra ideen om en «gass» av fononer ligger det nær å foreslå at motstanden mot den hurtige varmetransport er å finne i kollisjoner mellom fononene innbyrdes eller mellom fononer og andre partikler og uregelmessigheter i det volum som omslutter fononene.

Nå kan det synes som om dette er et brudd på det postulat at fononene, som alle andre

elementære eksitasjoner, skulle være uavhengige og derved ute av stand til å vekselvirke med hverandre. Vi må imidlertid huske på at dette var en idealisering slik at et avvik fra dette ideal vil i vårt språk arte seg som kollisjoner mellom partiklene. Den groveste tilnærming vi gjør for å finne fonontilstandene er å si at de krefter som virker mellom atomene er harmoniske, og vi kutter rekkeutviklingen av potensialleddet i Hamiltonoperatoren etter annen ordens ledd. Er kreftene derimot anharmoniske vil dette føre til at våre gitterbølger langsomt deformeres. Det er denne deformasjon av de plane, ideelle bølger som i fononbildet beskrives som en plutselig overgang fra en tilstand til en annen. Dette er altså den fysiske bakgrunn til de såkalte fonon/ fonon vekselvirkninger. Den tilsvarende anharmoniske kobling mellom elektronene finner vi i det skjermede Coulombpotensialet. Denne kobling gir oss elektron/elektron kollisjoner, men også de plasmasvingningene vi har nevnt før.

Foruten å vekselvirke seg imellom vil selvfølgelig de elementære eksitasjoner vekselvirke med hverandre. Eksperimentelt sett er slike vekselvirkninger den beste måte å studere eksitasjonenes egenskaper på. Den utvilsomt viktigste av slike vekselvirkninger er den mellom elektroner og fononer.

Det fysiske bildet av en fonon/elektron vekselvirkning er enkel nok. Fononet representerer en forstyrrelse av gitteret slik at flere atomer ikke ligger i de posisjoner som krystallstrukturen tilsier, og elektronene merker forstyrrelsen og blir spredt ut av sin opprinnelige kurs. Hva er så konsekvensene av elektron/fonon vekselvirkningene? Den mest kjente virkning er spredning av elektronene fra fononene d. v. s. årsaken til den elektriske motstand i metaller. En annen kjent konsekvens er elektronenes absorpsjon av fononer som gir en mekanisme til elektronisk demping av lyd i metaller eller til noe som er en annen side av samme sak, nemlig varmemotstand i metaller. Vekselvirkningen vil også bety en endring i ett-elektronenergiene og en endring i fononspektret f. eks. vil vekselvirkningen bety at elektronmassens spesifikke varme forandres. Den kanskje mest betydningsfulle vekselvirkningsmekanisme er allikevel den som kommer istand ved at et elektron polariserer ionene og at denne polarisering i neste omgang virker på et annet elektron, d. v. s. en vekselvirkning av virtuelle fononer. Det

er, som vi så, denne vekselvirkning som gir opphav til superledning.

Elektron/fonon vekselvirkninger representerer intet enkelt problem og vanskeligheten er å ta hensyn til «de andre» elektronene d. v. s. de som ikke er involvert i den spredningsprosess vi betrakter. Det er jo slik at ionenes bevegelse vil endre hele elektron-skyen idet denne vil flytte seg med ionene. Dette problem er på ingen måte fullstendig avklart i dag.

Det faktum at de elementære eksitasjoner er en meget virkningsfull angrepsmåte i mangelegemeproblemet, har ført til at faste stoffers teori har fått et skjær av respekt over seg. Om dette skyldes en genuin interesse for faste stoffer eller om det skyldes at elementære eksitasjoner i faste stoffer er en ypperlig prøveklut for en kvantemekanisk behandling av mangepartikkelproblemer og at slike problemer har anvendelse langt utover de faste stoffenes fysikk, skal være usagt.

Bøker

Andres Bjørnhaug: Fysikk for ungdomsskolen 7. klasse. Dreyer 1963. 95 s. kr. 8.80.

Lærebøkene i fysikk for realskolen har utvilsomt fortonet seg meget kjedelige for en stor del av elevene. Dette skyldes vel at de i altfor liten grad har maktet å knytte bro mellom teorien og den praktiske anvendelse, slik at elevene ikke har fått full forståelse av nødvendigheten av å tilegne seg det teoretiske stoff.

Foreliggende bok følger stort sett den tradisjonelle måte å fremstille teorien på, men man blir stadig minnet om den praktiske anvendelse ved en rekke eksempler. (Det blir sikkert populært at f. eks. bilen får en bred omtale.) Jeg er fullstendig enig i dette opplegg, og tror at det må gi et tilfredsstillende resultat.

På plussiden skal også nevnes at det finnes et fullstendig register samt svar på regneoppgavene til slutt i boken. Dessuten er figurene stort sett meget gode.

Av mindre heldige ting kan nevnes at teksten til elevøvelsene er for snau. På side 49 finner man navnet glyserin, det riktige er glyserol. På side 67 er time betegnet med t, det riktige er h. Videre tror jeg at det også på dette trinn er riktig å bruke newton som enhet for kraft.

Boken kan absolutt anbefales som lærebok.

Jostein Knutsen.

Oppfinnelsenes Historie, 357 sider. Norsk utg. 1964 (Gyldendal) av Storia Figurata Delle Invenzioni (V. Bompiani & Co, Milano 1961).

Den italienske tittel er mer dekkende enn den norske, for det virkelig verdifulle er bokens enestående billedstoff. Dette stammer fra de store muséer og biblioteker og fra et utall av yngre og eldre trykte verk. Av de siste nevner jeg Kirchers og Schotts illustrerte populærvitenskap fra det 17. århundre og Diderots *Encyclopédie des Sciences, des Arts et des Métiers*. Av gamle malerier er gitt helsides reproduksjoner i farger. Mesteparten av billedstoffet er valgt, både ut fra saklige og kunstneriske hensyn, og plasseringen er slik at hver ny dobbeltside blir en fryd for øyet.

I tilgift er endog de egentlige tekstsider (knappt 190) rikelig illustrert. Teksten imponerer på en måte den også – ved det vell av primære og sekundære realopplysninger som forlaget har skaffet til veie og forsynt forfatterne med. Forfatterne Eco og Zorzoli har da også lest, filosofert og skrevet som helter, og – hånden på hjertet – kunne selv en spesialist ha gjort det hele så meget bedre? Ingen enkeltmann kan beherske alle de emner boken behandler. Hva skal så en anmelder si? Han leser grundig de partier av boken hvor han er presumptivt sakkyndig og noterer som aktivaposter et par ham ukjente opplysninger som han er takknemlig for. På passivasiden må det føres opp en god del lettvin og omtrentlig filosofering foruten en hel del kjedelige feil. Dermed blir man skeptisk også overfor de partier hvor man selv ikke har særkunnskaper.

I rand- og billedtekst gis ekstra opplysninger, men de stemmer ikke alltid med angivelsene i den fortløpende tekst. Så gir man seg atter billedene i vold, nyter, beundrer og lærer ganske meget av dem. Det er lite en kan pirke på der. Dog fester en seg ved at registeret omtaler en anatomisk plansje som «Tegninger av Kepler». Kepler var selvsagt ikke anatom, men trengte noen diagrammer over øyet til bruk for sin utredning om synets optikk. Derfor gjenga han plansjen etter Platers *De partium corporis humani structura*.

Det italienske Casa Editrice har med sin billedbok levert en fantastisk forlagsprestasjon og har fått den utgitt i de fleste vesteuropeiske land. Hvis nå de enkelte lands forlag ikke nøyde seg med å oversette og distribuere, men lot fagfolk gå kritisk gjennom oversettelsen før den ble trykt, kunne denne billedbok blitt et oppslagsverk, hvor en også kunne stole på teksten. Den norske oversettelse er nok delvis meget dyktig gjort, men uheldige ting fins dog. Som eksempler kan nevnes den norske versjon av titlene på Galileis to hovedverk. Videre har enkelte personnavn bevart originalens italienske skrivemåte, som når den polsk-tyske Witelo kalles «Vitellione».

J. A. Lohne.

V. I. Kogan and V. M. Galitskiy: Problems in Quantum Mechanics. Prentice Hall, Inc., 1963. 369s.

Boken inneholder 160 regneoppgaver fra forskjellige områder av kvantemekanikken, med fullstendige løsninger til alle oppgaver. Mange av oppgavene egner seg utmerket som øvelsesoppgaver for studenter i forbindelse med forelesningsserier i kvantemekanikk, mens andre kanskje er mer velegnet som regneeksempler forelesninger eller kollokvier. Løsningene er gjen-

nomført på en meget klar og oversiktlig måte, med en rikelig mengde av forklarende tekst.

De to største kapitlene i boken behandler problemer fra spredningsteorien samt beregning av sannsynlighetsfordelinger og middelveidier. Det skal videre nevnes at boken inneholder et kapittel med problemer fra π -mesonfysikken.

Arne Reitan.

W. T. Welford: Geometrical Optics. Undergraduate Textbooks in Physics, Vol. I. North-Holland Publishing Company, 1962. 200s. Pris Gld 17,50

Det foreliggende verket er første bind i en ny serie av lærebøker fra North-Holland Publishing Company. Serien har til formål å gi en oversikt over de forskjellige grener av fysikken og er først og fremst beregnet på fysikkstudenter på begynnertrinnet, med særlig henblikk på «undergraduate students» ved de engelske universiteter.

For de fleste av oss står den geometriske optikk som en noe tørr og kjedelig materie, og forfatteren skal ha honnør for at en gjennomlesning av boken iallfall ikke bidrar til å forsterke dette inntrykket.

Boken starter med en behandling av de vanlige lover for optisk avbildning i linser, speil og prizmer. Dernest følger et forholdsvis langt avsnitt som behandler aberrasjonsteorien. Berettigelsen og nødvendigheten av en såpass omfattende behandling av denne delen av optikken kan selvsagt diskuteres, men det må innrømmes at det har lyktes forfatteren å gi en grei og oversiktlig behandling av de forskjellige aberrasjonsformer.

Den siste delen av boken (i alt ca. 60 sider) gir en behandling av noen av den geometriske optikk mange anvendelser i form av optiske instrumenter. Av stor nytte er her et avsnitt om metoder til prøvning av avbildningskvaliteten i slike instrumenter.

Arne Reitan

L. Landau og G. B. Rumer: Hva er relativitet? Oversatt av Tor Bjerkmann, Cappelen's Realbøker, 1964. 80 s., pris. kr. 8.—.

De to berømte russiske fysikerne Landau og Rumer har i denne boken søkt å gi legmannen en innføring i den spesielle relativitetsteori og en forståelse av noen av dens mange konsekvenser.

Boken inneholder først en del velkjente eksempler på relativitet, og ved hjelp av enkle forklaringer og morsomme tegninger gis så en lettfattelig fremstilling av relativiteten i rom og tid, lyshastighetens konstans, reglene for addisjon av hastigheter, massens avhengighet av hastigheten osv.

Boken som sådan er meget velegnet til sitt formål, men det finnes en del merkverdigheter i fremstillingen, noe som kanskje oversetteren får ta skylden for. F. eks. lyder en av setningene i boken: «Lyshastigheten slår ut alle andre hastigheter, eller i ytterste tilfelle, er like hurtig».

Det skal nevnes at boken er oversatt etter den tilsvarende engelske utgaven. Jeg synes nok at forlaget kunne ha spandert på å få den oversatt direkte fra originalspråket russisk, for å minske risikoen for feil og forvanskninger i den norske utgaven.

Arne Reitan.

Lennart Råde: *Sannolikhetslära och Statistikk*. Biblioteksförlaget Stockholm, 1963. 232 s., sv. kr. 28.50.

Denne bok er en pedagogisk vel gjennomtenkt introduksjon til sannsynlighetslæren og til teoriene bak de statistiske metoder som anvendes innen samfunns- og naturvitenskapene.

De grunnleggende begreper og metoder er forklart og utledet ved elementære matematiske hjelpemidler, men med bibehold av den nødvendige stringens. En kortfattet innføring i grunnleggende mengdelære og kombinatorikk bibringes leseren i bokens første kapitel.

Fremstillingen er logisk bygget opp omkring begrepet stokastiske variable som funksjoner definert i et utfallsrom — annet kapitel behandler enklere sannsynlighetsproblemer i endelige utfallsrom, mens efterfølgende kapitler er viet stokastiske variable og de til disse forbundne begreper — varians, ekspektanseverdi og fordelingsfunksjoner.

Boken fører frem til utvikling av de statistiske inferensmetoder, med avsnitt om regresjonsanalyse og statistisk forsøksplanlegging. Begrepet konfidensintervall illustreres i tilknytning til flere praktiske eksempler, og et kapittel om statistisk hypoteseundersøkelse er direkte utviklet omkring et praktisk problem.

Med sitt store antall gjennomregnede eksempler (ca. 100) og øvelsesoppgaver (235 — med svar og henvisninger), er boken særdeles vel egnet til selvstudium, men er også utmerket som støtte ved forelesninger — for lærer såvel som elev.

I boken er medtatt tabeller over Binomial-, Poisson- og Normalfordelingsfunksjonene, samt tabeller over tilfeldige tall. Man savner et stikkord-register.

Forfatteren er Universitetslektor i Matematisk Statistikk ved Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg.

Richard R. Solem.

Walter Heitler: *Mennesket og den Naturvidenskapelige Erkjennelse*. 117 s. kr. 29.50. Servolibris, Oslo 1962.

Johannes Kepler: *Stjernen og Tanken*. 118 s. kr. 36.—. Servolibris, Oslo, 1961.

Jeg vil gjerne gjøre tidsskriftets lesere oppmerksomme på en verdifull serie av naturfilosofiske skrifter som i de siste år er kommet ut i Oslo. Det er dels arbeider av nulevende forfattere som Heitlers bok ovenfor, dels oversettelse og samling av originalt kildestof som i «Stjernen og Tanken». Heitler behøver kanskje ingen nærmere presentasjon for den moderne fysikstudent. Han fant sammen med Fritz London forklaringen på de eendommelige krefter som bestemmer atomenes kjemiske valens. Det er en av kvantemekanikkens største triumfer. Senere ble han en pioner i kvanteelektrodynamikken, mange berømte formler er knyttet til hans navn og noen av de ledende fysikere i den yngre generasjon — fra ytterste Vesten til det fjerne Østen — har vært hans elever. Men såvidt jeg vet er «Mennesket og den Naturvidenskapelige Erkjennelse» den første åpenhjertige ytring fra Heitlers side om mere almene spørsmål. Den vakte ikke så liten opsikt i fagkretser. For vel er 99% av boken intet annet enn en videnskapelig og meget pedagogisk redegjørelse for våre nåværende innsikter i Naturen. Men den inneholder desuten en

åpen og likefrem stillingtagen til spørsmål om godt og ondt. Lettest er det å undvike disse ubehagelige spørsmål fra almenheten. Man kan jo alltid påberope seg at den objektive beskrivelse av naturfenomener er moralsk indifferent. Den praktiske målsetting og anvendelse har da også hittil blit dominert av de politiske organer for hvem vitenskapen i første rekke er et maktmiddel. I ly av dem kan vitenskapsmennene — ihvertfall for en tid — føre en tilsynelatende behagelig tilværelse som prostituerte. Det gjør derfor et sterkt inntrykk når en av den moderne fysiks største mestere — Walter Heitler — går ut av «elfenbenstårnet» og toner flagg som almindelig menneske. Han pretenderer ikke å kunne peke på noen patentløsning, men han stiller spørsmålene og det er allerede mere enn de fleste autoriteter har våget. Han stiller spørsmålene på basis av en situasjonsversikt som forekommer mig å være en av de mest grundige vi har om naturfagernes nåværende status.

Den annen bok, om Keplers verker gir for største delen originalkildene: «*Mysterium Cosmographicum*», «*Astronomia Nova*», og «*De Harmonice Mundi*». Innledningen og oversettelsen er av Aasmund Brynildsen. Kommentarene til de store verk i vitenskapshistorien vil jo arte sig forskjellig alt eftersom det er Koestler eller nogen annen som gir dem. Men kildene er hermed tilgjengelige for hver enkelt leser, og det i en god oversettelse, pent og leselig trykk. Av andre meget lesverdige bøker i Servolibris' serie vil jeg også nevne «*Tanker i Tiden*» og «*Filosofiens Virkelighet*» av Dr. Carl Høeg og en oversettelse av Nicolaus Cusanus' «*De Deo Abscondito*», men da de bare har perifer forbindelse med fysikken skal jeg ikke omtale dem nærmere her.

H. Wergeland.

L. v. Erichsen: *Friedliche Nutzung der Kernenergie, ihre Vorteile und ihre Gefahren*. 235 sider. Springer Verlag 1962.

Med denne boka har forfatteren vunne førsteprisen i ei tevling utlyst av vitenskapsakademiet i Heidelberg. Forfatteren er professor i fysikalsk kjemi ved universitetet i Bonn og boka ber nok sterkest preg av å vere skriven av ein naturvitskapsmann. Ho gir ei god innføring i det fysiske grunnlaget for reaktorar og tekniske problem som knyter seg til konstruksjon og drift av dei. I andre kapittel får vi høyre om den biologiske verdien av radioaktiv stålning og om problem med lagring av radioaktivt avfall og plassering av reaktorar.

Eit interessant emne som også blir teke opp er dei sosiologiske problema som knyter seg til utnyttinga av atomenergien. Forfatteren peikar på kva innverknad energiforsyninga og spesielt atomenergien kan få på utviklinga av levestandarden, på auken av folketalet i verda, og kanskje endå meir på fordelinga av folkesetnaden. Kva rolle atomenergien vil spele i så måte i dei nærmaste åra er også avhengig av emosjonelle og irrasjonelle moment, dette spørsmålet er teke opp i eit kapittel om sosiopsykologi og kjerneenergi.

Ein må bli imponert av at ein einskild mann har makta å dekke alle disse emna. At han har vore åleine om oppgåva har utan tvil vore ein foremon, det gir boka eit preg av heilskap som stiller henne i fremste lina mellom dei bøker som finst om dei emne ho dekkjer. Dette er rette boka for den som vil ha ei allsidig orientering om atomenergien og utnyttinga av den, denne boka åleine gir opplysningar som ein elles lyt søkje i mange andre.

Tormod Riste.

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, Univer-
sitetet i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN,
Genève.

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 ekspedi-
sjonen. Årsabonnement kr. 15,—. Årsabonnement for studen-
ter og skoleelever kr. 10,—

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

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

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

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

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

Postgirokonto: 88388 **Bankgirokonto:** 236880 - 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.