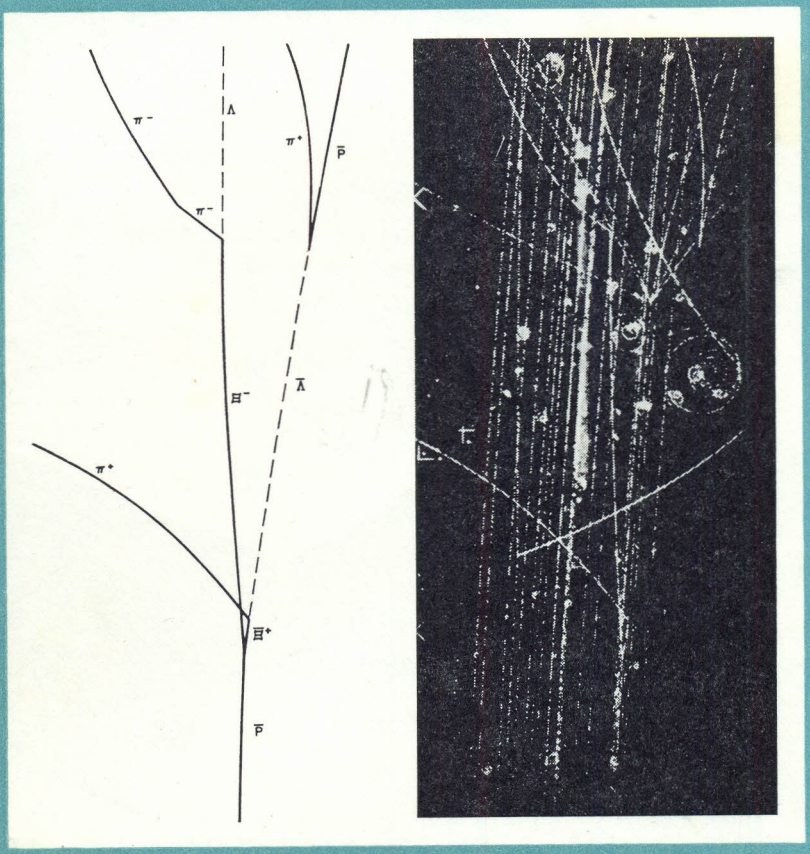
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Redaktørskifte	1
Fra Redaktøren	2
Nytt fra CERN	2
Forsøksundervisning i fysikk i U.S.A.	3
Tendenser i høyenergifysikken	6
Lys fra den øvre atmosfære	10
En vindgenerator til undervisningsbruk	15
Fiberoptikk	16
Magnetohydrodynamisk konvertering av energi	18
AHA-spalten	20
Symposiet på Golå	21
Fysikermøtet 1962	24
Brev fra leserne	24



Det nyoppdagede $\bar{\Xi}$-hyperonet, se side 2 og 6. (Foto: Brookhaven National Laboratory).

Nr. 1 - 1962
24. årgang

SIEMENS

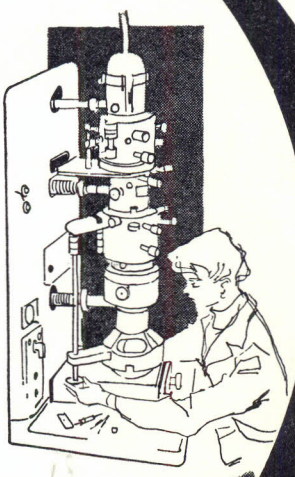
1,4 mμ

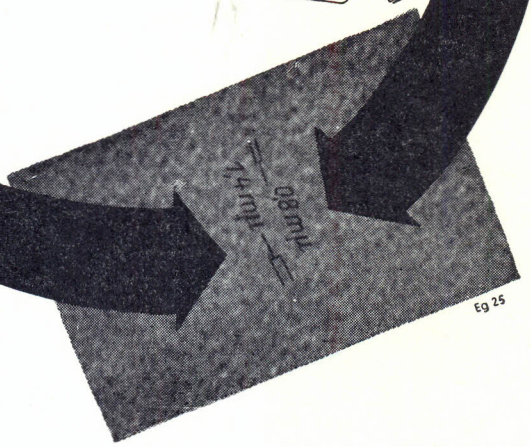
Oppløsningsevnen er ca. en milliontedels mm!

Med elektronmikroskopet ELMISKOP I er i praksis oppnådd 1,5 mμ oppløsningsevne.
Katodespenninger:
40, 60, 80 og 100 kV.

For den spesielle preparasjonsteknikk leverer vi:

Apparat for vakumpådampning av metallskikt.
Ultralydapparat.





Prøveopptak med pådampet platin-iridium skikt.
Total forstørrelse 1 000 000 : 1.

FABRIKANT: SIEMENS & HALSKE AG · BERLIN · MÜNCHEN

AKSJESELSKAPET
PROTON

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1962

Redaktør: HAAKON OLSEN

24. årgang

Redaktørskifte i

Fra Fysikkens Verden.

Professor G. Kvifte har nå gjennom en årrekke vært redaktør for tidsskriftet «FRA FYSIKKENS VERDEN», helt fra 1956 da han ble overlatt denne oppgave etter professor E. Hylleraas, som hadde redigert tidsskriftet helt fra starten i 1939.

Professor Kvifte har en tid ytret ønske om å bli løst fra dette verv, særlig etter at hans arbeidsbyrde ble økt ytterligere da han ble rektor ved Norges Landbrukshøgskole, og vi kan godt forstå at han da ikke lenger har tid til å fungere som redaktør.

Styret i Norsk Fysisk Selskap vil ved denne anledning rette en hjertelig takk til professor Kvifte for det uegennyttige og energiske arbeide han har utført i disse årene, og likeledes vil vi få takke redaksjonskomiteens medlemmer for deres innsats.

Det har lyktes oss å få en av redaksjonskomiteens medlemmer, professor Haakon Olsen, til å overta redaktørvervet etter professor Kvifte. Professor Olsen kjenner tidsskriftet fra sitt medarbeiderskap i redaksjonen gjennom mange år, og har de aller beste forutsetninger både på denne måte og faglig for å kunne bli en verdig etterfølger etter professor Kvifte. Vi takker professor Olsen for at han ville påta seg dette verv, enda han bedre enn de fleste vet hva det vil kreve av arbeidsinnsats. Når han allikevel påtar seg denne oppgave, ser vi dette som et uttrykk for hans interesse for fysikken, og fordi han mener at tidsskriftet fyller et behov i vårt land. Vi ønsker ham hjertelig til lykke med dette arbeide, som i videste forstand tjener formålet for Norsk Fysisk Selskap å fremme og støtte forskning, opplysning og samarbeide på fysikkens område.

Sverre Westin
Styreformann i Norsk Fysisk Selskap

Fra Redaktøren

Når Fra Fysikkens Verden fra og med dette nummer opptrer for sine lesere i nytt format og med nytt utstyr, har dette to grunner. Først og fremst er det for å tilfredsstille et krav om å gi tidsskriftet et mest mulig tiltalende utseende. Dernest er det, og dette er ikke mindre viktig, for å kunne utnytte trykningsbudsjettet på den beste måte.

Denne ytre forandring er ledsaget av visse forandringer med hensyn til innhold. I tråd med det formål tidsskriftet alltid har hatt, vil vi bringe oversiktsartikler over aktuelle emner innenfor den fysiske forskning, og vi vil legge sterk vekt på en lett forståelig, umatematisk fremstilling i artiklene.

Som enkelte ganger tidligere i tidsskriftet, vil vi søke å bringe stoff fra anvendelsene av fysikk i teknikk og industri.

Vi vil også ta for oss problemer på det pedagogiske område — når det gjelder utbygging av fysikkundervisningen ved våre høgre skoler, universiteter og høgskoler. Dette ønske om å gjøre Fra Fysikkens Verden til et forum for meningsutveksling også om disse spørsmål, markeres ved en artikkel i dette nummer om det internasjonale samarbeide som er kommet i stand for å revidere fysikkundervisningen ved den høgre skole.

Nytt er at vi i hvert nummer bringer en nyhetsspalte der korte meddelelser om nye oppdagelser innenfor den fysiske forskning vil bli presentert for leserne. Vi vil til slutt nevne vår problemspalte og vår spalte for leserbrev. Vi håper at disse vil vekke interesse blant våre lesere.

Nytt fra CERN

Oppdagelsen av anti-ksi-hyperonet.

For kort tid siden ble det ved høyenergilaboratoriene i CERN og Brookhaven omtrent samtidig oppdaget en ny elementær-partikkel, det såkalte $\bar{\Xi}$ (anti-ksi)-hyperonet. Denne partikkel er positivt ladet og hører til de tyngste elementærpartikler som er kjent. Den er antipartikkelen til det negative Ξ-hyperonet som ble oppdaget for flere år siden.

Ksi- og anti-ksi-partiklene ble dannet ved en annihilasjon av et antiproton med en energi på omkring 3 GeV med et proton i vannstoff-boblekammeret, se figur 3 i Dr. Lundbys artikkel side 9. Dette billede er et meget vakkert eksempel på et boble-kammerfotografi, der alle partikler (på en nær) kan identifiseres ved sine desintegrasjonsprodukter. Den ene partikkelen som ikke lar seg identifisere på denne måte, er Λ° fra desintegrasjonen av ksi-hyperonet.

Det ligger et meget stort arbeide bak oppdagelsen, det kan for eksempel nevnes at omkring ti tusen fotografier ble undersøkt før dette ene eksemplet ble funnet.

Mens det negativt ladede og det uladede ksi-hyperon ofte blir dannet i høyenergikollisjoner, har en aldri tidligere sett et positivt ladet ksi-hyperon. Dette vil si at ksi-hyperonet som *partikkel* bare forekommer i to varianter, negativt ladet og uladet. Den foreliggende oppdagelse viser at det positivt ladede ksi-hyperon er *antipartikkelen* til det negativt ladede, siden de to primært produserte partikler må ha motsatte baryontall. Baryon-tallet er nemlig null for proton-antiproton-systemet før kollisjonen, og må, siden det er bevart under kollisjonen, også være null for ksi-anti-ksi-systemet etter kollisjonen.

Måling av μ-mesonets magnetiske moment.

Det såkalte g-minus-to-eksperimentet ved CERN fra i fjor er nå gjentatt med større presisjon. μ-mesonets gyromagnetiske forhold g ble funnet å være

$$g = 2.002324 \pm 0.00001 .$$

Dette resultatet stemmer overens med det som er teoretisk beregnet under forutsetning av at μ-mesonet bare adskiller seg fra elektronet ved en større masse.

Eksperimentet viser at μ-mesonet er et tungt elektron og at det altså ikke har noen andre vekselvirkninger enn de elektronet har, nemlig elektromagnetisk og svak vekselvirkning.

Forsøksundervisning i fysikk i U.S.A.

Finn Berntsen

Den høgre skolens fysikkundervisning har vært sterkt i søkelyset de senere år. De problemer som reiser seg i forbindelse med en revisjon av målsetting, pensum og leseplaner, tør være velkjente av alle fysikklærere. Vårt eget skolesystem krever sin løsning på disse problemene. Under våre drøftinger av de til dels motstridende krav som stilles til fysikkundervisningen i dag, kan det være nyttig å vurdere nærmere den foreløpige løsning som The Physical Science Study Committee (PSSC) har utarbeidet for USA.

Utviklingen av PSSC-programmet.

Det kan være på sin plass først å resymere enkelte fakta om PSSC. Utvalget ble nedsatt i 1956 blandt universitets- og skolefolk og har som oppgave å revidere og utvikle fysikkundervisningen i skolen. Målet var i første omgang å bygge opp et begynnerkurs av 1–1½ års varighet for elever i alderen 16–17 år. Forutsetningen var da at elevene skulle kunne bruke ¼ av sin arbeidstid på faget. Til formålet er det skrevet en lærebok, en veiledning til elevøvinger og en hjelpebok for lærere. Samtidig er det uteksperimentert helt nytt utstyr til øvingene og laget en rekke filmer i tilknytning til læreboka. Til dette arbeid har hovedkomiteen hatt flere hundre medarbeidere — alle framtredende eksperter på forskjellige områder. De nøyaktige omkostninger er ikke kjent, men pålitelige kilder nevner tall mellom 5 og 10 mill. dollars.

Undervisningen etter PSSC-planen begynte beskjedent i 1957 ved 8 skoler med 300 elever. Senere har den frivillige overgang til denne planen økt med sterk akselerasjon fra år til år. I dag underviser mer enn 1000 lærere som har ført over 80 000 elever gjennom kurset. Helt fra begynnelsen av denne virksomheten har PSSC drevet et bemerkelsesverdig «feed back»-program. Formålet har vært å forbedre kurset på grunnlag av de erfaringene som ble vunnet etterhvert. Under dette arbeid ble alle tenkelige informasjonskilder tatt i bruk. Det innkomne materiale har gitt som resultat at læreboka og øvingene er blitt revidert, for visse delers vedkommende, opptil tre ganger. I det hele tør en nok si at PSSC-programmet representerer et pedagogisk forsøk som på sitt felt er ganske enestående hva omfang og grundighet angår. PSSC er nå i gang med sitt neste mål som går ut på å omarbeide kurset i en elementær og en mer videregående del. Begge disse pensa vil bli utvidet slik at de to deler av lærebygningen vil bli tjenlige til å gi en ajourført fysikkundervisning f. eks. for aldersgruppene 13–15 ar og 15–18 år.

Karakteristiske trekk ved PSSC-boka.

Elevenes vei til fysikkens verden går gjennom lærebok, øvinger, filmer, problemløsinger, drøftinger i klassen og supplerende lesning. Det er imidlertid umulig i en kort framstilling å gi en noenlunde rettferdig vurdering av programmets forskjellige sider. I øyeblikket tør vel selve læreboka, og da særlig de deler av den som behandler vår tids fysikk, være av størst interesse for oss.

Boka har fire hoveddeler, hvorav den første delen går med til å presentere begrepene tid, rom og stoff i fysikalsk sammenheng. I denne delen blir også fysikerens verktøy, sansene og måleinstrumentene, men også deres begrensning behandlet. I annen del kommer optikken som blant annet har det mål å introdusere strålingsfysikken. Tredje del gir mekanikkens grunnlover og så, mest som et anhang til disse, varmelæren. Fjerde del omfatter elektrisitetslære og atomfysikk. Atomistiske synspunkter introduseres tidlig i første del og bygger senere bro mellom mekanikk-varmelære og mekanikk-elektrisitetslære. På samme måte bygger bølgelæren, som studeres meget grundig i bølgetanken, bro mellom optikk og elektromagnetisk stråling. Både optikken, mekanikken og elektrisitetslæren sikter målbevist mot en syntese i siste del, atomfysikken.

Rektor Finn Berntsen, Sverresborg Skole, Strinda, var Undervisningsrådets representant ved OECD's innføringskurs for fysikklærere i PSSC-prosjektet i Cambridge sommeren 1961. Han er også medlem av komiteen for PSSC-projektet i Norge.

Det framgår av dette at programmet, i sterkere grad enn vi vel er vant til, legger opp et helhetssyn på fysikken. En kan si at PSSC for alvor har trukket konsekvensene av den veldige utvikling vi har sett i de siste mannsaldre. De kunnskaper det 20. århundres fysikk har gitt om en dypere sammenheng mellom fenomenene er her trukket inn på gymnasplan. Dermed er faseforskyvningen mellom vitenskapens aktuell arbeidsområde og menigmannsfysikken i skolen blitt så noenlunde normal igjen i USA. Hos oss er den jo ennå for stor. Den lærdom vi kan trekke av PSSC-boka må da være at en revisjon av fysikkpensum ikke kan innskrenke seg bare til et mer passende emnevalg. Like viktig er det å tilpasse framstillingen i et logisk hele i lys av vår nåtidige viten. I PSSC-boka har ethvert emne en klar plass i en slik sammenheng.

Nå er det mange interessante sider ved dette verket som fortjener nærmere vurdering — noen vil si kritikk. La oss som et særlig aktuelt emne ta for oss i korte trekk den behandling atomfysikken har fått. Under oppbygning av de mer tradisjonelle deler av pensum er det gitt plass til en ganske grundig forberedelse på de områder som gir tilknytningspunkter for atomfysikken. En rekke sannsynlighetsbevis for atomenes eksistens får vi tidlig i første del. De blir hentet fra kjemien, fra enkel spektralanalyse og endog fra billeddannelsen i feltionemikroskopet. Ved måling av tykkelsen av et «monolayer» får elevene selv sin første erfaring om dimensjonene i atomenes verden. Resultatene fra telling av scintillasjoner fra en kjent mengde polonium gir nye holdepunkter både for antall og dimensjoner. Avogadros tall, atommasser og begrepet isotoper kommer også med her. En norsk leser vil nok helst tro at de elever som skal få fullt utbytte av denne innledningen, bør ha et kjemikurs bak seg omtrent svarende til vårt nåværende pensum. I mekanikken får vi nye tilknytningspunkter. Her legges det stor vekt på å innarbeide impulsbegrepet og setningen om bevegelsesmengdens konstans innenfor et fritt system. Det faller da lett å gjennomgå de støtberegninger som satte Chadwick på spor etter neutronet. Det forberedende arbeid i mekanikken tillater videre en god behandling av den kinetiske gassteori. Her behandles også på mekanisk grunnlag en-atomige og to-atomige gassers egenvarme.

I elektrisitetslæren får vi tidlig gassers og oppløsningers ledningsevne, tåkekammeret og katodestråleoscillografen. Etter studiet av Coulombs lov (ved elevøving) og elektriske felter kommer en bred omtale av Millikans måling av det elektriske elementærkvantum. Millikans forsøk er riktognok transformert opp i en fotograferbar skala ved at oljedråpene er erstattet med små plastkuler. Grunnen er dermed lagt for en forståelse av hvordan elektriske partiklers avbøyning i elektriske og magnetiske felter kan brukes til å bestemme partiklenes masse og hastighet. Valget av enheter i elektrisitetslæren er karakteristisk for bokas atomistiske program. Etter at det elektriske elementærkvantum er funnet, defineres volt som $1.6 \cdot 10^{-19}$ joule pr. elementærladning. Tallet 1,6 gir ellers en fin drøfting av et viktig spørsmål — våre vilkårlige, men dog hensiktsmessige valg av enheter. En enkel beregning gjennom Coulombs lov viser nemlig at størrelsen 1 elektronvolt = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ joule kan gi oss passende måltall for vanlige bindingsenergier i atomfysikken.

På dette grunnlag kan kapitlene om atomfysikk begynne. α-partiklers spredning ved passering av tynne metallfolier velges som passende angrepspunkt. Beregningen av spredningens rumlige fordeling, under forutsetning av Coulombkrefter i atomene, er her trukket ned på et begripelig gymnasialt nivå. Nå kan en jo ikke gjenta de tilsvarende målingene av Geiger og Marsden i skolen. Det er allikevel morsomt å se disse klassiske arbeidene tatt inn i skolefysikken. Skal vi i det hele tatt komme videre i fysikkundervisningen, må nok elevene sverge en del til magisterens ord. Spredningsforsøkene utnyttes så videre til å finne sammenhengen mellom kjerneladning og atomnummer og gir også opplysning om atomkjernens dimensjoner. Dette avsnitt ender med Rutherfords atommodell, men overskriften er meget talende: Troubles.

Men den klassiske fysikks utilstrekkelighet kom jo ikke bare til syne i Rutherfords atommodell. Læreboka gir da også noe mer av bakgrunnen for Bohrs revolusjonerende ideer. Lysets partikkelnatur blir belyst ved forsøk og partiklenes tendens til å følge visse statistiske lover blir greid ut gjennom Taylors interferensforsøk. Likeledes kommer her den fotoelektriske effekt og den tydning som stadfester sammenhengen $E = h\nu$ for fontonenes energi. Et lite brudd i den historiske linje er det riktignok at et ganske utførlig avsnitt om materiebølger kommer umiddelbart etter en utgreiing om fotonenes bevegelsesmengde. Men den logiske sammenheng er åpenbar.

Siste kapitel innfører så begrepet energinivåer i atomene ved Frank-Hertz eksperimentet og ved tydning av emissjons- og absorbsjonsspektra. Energinivåer i hydrogenatomet blir viet særlig behandling. Elektronene tydes da som stående materiebølger. Denne tydningen fører fram til beregning av banehastigheter, radier og energinivåer som funksjoner av ladninger og kvantetall. Den gamle modell av atomet som et lite planetsystem er dermed forlatt, også i skolefysikken.

Historisk perspektiv og vitenskapelig metode.

Læregangen i PSSC-kurset følger gjerne historiske linjer, men bare i den utstrekning de kan nyttes til rasjonell oppbygning av stoffet. I sammenheng med det historiske syn tilstreber undervisningen å vise hvordan vitenskapen arbeider. Det understrekes sterkt hvilken rolle modeller av den fysikalske virkelighet har spilt for forskernes gradvis bedre beskrivelse av naturfenomenene. Typisk i så måte er arbeidet med de to modeller for lyset. En rekke fenomener beskrives til støtte for partikkelmodellen — endog elevøvinger med partikler som passerer en grenseflate tyder på at disse følger Snellius' brytningslover. Men så kommer tvilen under studiet av refraksjon, diffraksjon og lysets hastighetsforandring ved overgang til et annet medium. Partikkelmodellen svikter og vi må se oss om etter en annen modell. Kan energi forplante seg på annen måte i rommet? Alle har ihvertfall sett at energi kan forplante seg ved vannbølger uten transport av stoff. Dette gir støtet til ganske inngående studier av forplantningshastigheter og refraksjons- og diffraksjonsfenomener i en bølgetank. Det viser seg at vi finner lovmessigheter som minner påfallende om lover vi kjenner fra optikken. Dermed er grunnen lagt for en forståelse av den nødvendige dualisme mellom de to modeller.

Men selve oppbygningen av dette stoffet tør pedagogisk sett være like viktig som det endelige resultat. Vi ser her tydelig samspillet mellom den intuisjon som skaper en ny modell og de forsøk vi selv legger til rette for å prøve modellen. Og like viktig — en ny modell åpner jo ofte nye perspektiver. I bølgetanken har vi oppdaget interferensfenomener og lært hvordan de kan nyttes til å måle bølgelengder. Bølgemodellen fører oss da på sporet etter tilsvarende interferensfenomener for lyset og til måling av bølgelengder også her.

Begrensning av pensum.

En kan med full rett spørre om et kurs av $1\frac{1}{2}$ års varighet og av slikt omfang kan rekke mer enn en overfladisk eller populærvitenskapelig behandling. Det kan imidlertid trygt sies at stoffet setter minst like store krav til leserens tenkeevne og analyse som vårt gymnaspensum. Nå innrømmer imidlertid også lærerne i PSSC-kurset at de helst liker å ha 2 år på pensum. Dertil kommer at boka overhodet ikke behandler en rekke emner som vi er vant til å betrakte som nødvendige. Av slike emner kan nevnes:

Varmelære: Hele varmelæren er sløyfet, bortsett fra den kinetiske gassteori, varmelærens første hovedsetning og litt om varmeledning.

Mekanikk: Statikk, oppdrift og egenvekt, elastiske formforandringer, faste legemers rotasjon.

Bølger, lyd, lys: Akustikk, linsefeil, spektralapparat og gitter (bare interferensbilder bak en og to spalter), polarisasjon.

Elektrisitetslære: Faradays lover. Alt om vekselstrøm. Kapasitet. Dielektrikum. Radio.

Dessuten er alt stoff av teknologisk art sløyfet.

Svensk-norsk forsøksundervisning etter PSSC-programmet.

En europeisk fysikklærer kan finne mangt å kritisere i dette kurset. Særlig hvis han representerer en presenterer en godt innarbeidet tradisjon og har gode lærebøker og vel utstyrte samlinger fra før. Dommen bør imidlertid ikke felles før alle kursets aktiviteter er gransket, og det kan egentlig bare gjøres i praktisk undervisningsarbeid. Svenske og norske skolemyndigheter har funnet at PSSC-programmet er et forsøk verdt. Med støtte av OECD er det nedsatt utvalg i begge land som nå samarbeider om å supplere og omforme PSSC-boka, øvingsutstyret og filmene, slik at kurset blir tjenlig i gymnas og tekniske skoler. Formann i den norske komiteen er rektor Sigurd Stensholt, Oslo. Høsten 1962 starter de første prøveklasser. De vil bli fulgt med stor interesse.

Litteratur:

Physical Science Study Committee: Physics, D. C. Heath and Company, Boston.

Tendenser i høyenergifysikken

Arne Lundby

Inntil for noen år siden ble elementærpartiklene ansett som fundamentale enheter uten indre struktur. Dette syn er for de fleste elementærpartiklers vedkommende blitt radikalt forandret av de eksperimentelle resultater som er oppnådd med høyenergetiske projektilpartikler. Ved spredning av elektroner mot nukleoner (protoner og neutroner) er en romlig struktur av disse elementærpartikler kommet til syne, og fra spredning av π-mesoner mot nukleoner ble det funnet at π-mesonet og nukleonet kan danne resonanstilstander, altså eksiterte tilstander for nukleonet.
I løpet av det siste året er dette billede av elementærpartiklenes struktur blitt ytterligere forsterket gjennom oppdagelsen av en rekke eksiterte tilstander også for mesoner og hyperoner. Disse resultater indikerer at elementærpartiklene har en komplisert indre struktur, kanskje like komplisert som de tyngre atomkjerner.

Ved høyere energier trenger en dypere inn i atomkjernene og nye partikler blir dannet. Vi forsøker å beskrive fenomenene som vi observerer ved å kalle noen av de mange partiklene som oppstår *elementære*, og fortsetter med å studere produksjonsmekanismer, struktur, symmetriegenskaper og gjensidig vekselvirkning mellom elementærpartiklene. Vi er ikke kommet svært langt i disse studiene.

Elementærpartiklene har dimensjoner av størrelsesorden 10^{-13} *cm* (1 *fermi*). Hvis vi ønsker å utforske områder med utstrekning x må bølgelengden λ for partikkelen (impuls p) som vi sender inn, oppfylle betingelsen (i masse-senter systemet)

$$\lambda = \frac{h}{p} \ll x \quad : p \gg \frac{h}{x}.$$

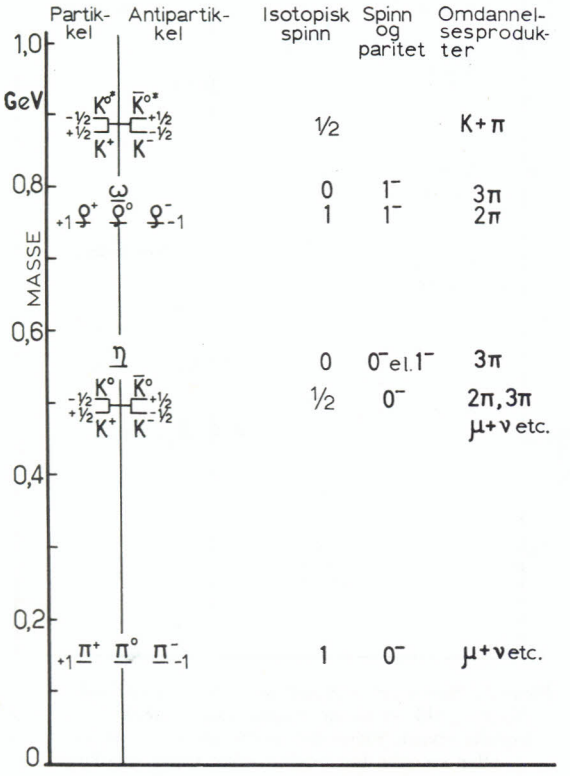
Med 25 Gev protoner fra CERN's proton-synchrotron finner vi i proton-proton kollisjoner at $\lambda/2\pi = 10^{-14}$ *cm* $= 0.1 f$, med andre ord ganske godt egnet for å undersøke de indre regioner av elementærpartiklene, skjønt enda høyere energier utvilsomt er ønskelige for en dypere utforskning av materiens struktur.

Eksiterte mesoner.

Nu viser det seg selvfølgelig at kollisjoner ved høye energier også domineres av store støtparametre, det vil si kollisjoner i det ytre området av elementærpartiklene. Et nukleon (proton eller neutron) kan jo oppfattes som en sentral kjerne omgitt av en sky av π-mesoner langt ute (i en avstand fra sentrum på omkring 1 f) og K-mesoner og tyngre partikler lenger inne (i en avstand fra sentrum på omkring 0.1 f). Sender man et π-meson inn mot et nukleon, observerer man en diffraksjonsspredning som stort sett er gitt ved størrelsen av mesonskyen omkring nukleonet. Det innfallende π-meson reagerer ofte med et π-meson i nukleonskyen, og det dannes mesontilstander som for eksempel ϱ og ω. (Se fig. 1). Disse partiklene dannes også i nukleon-nukleon og antinukleon-nukleon kollisjoner, og synes å ha en dyptgående innflytelse på støtprosessene. De har indre symmetriegenskaper som gjør at de hurtig (i løpet av 10^{-22} sek) omdannes i π-mesoner.

Hvis støtet av π-mesonet mot kjernen er mer sentralt kan et K-meson bli revet ut enten i grunntilstanden eller i en eksitert tilstand (K^*, se Fig. 1). Dannelsen av K-mesoner foregår på en slik måte at det ikke er umulig at det primære π-meson reagerer først med et K^*-meson som kan tenkes å befinne seg fra tid til annen i skyen omkring nukleonet. I fri tilstand omdannes K^*-mesonet hurtig i et K og et π meson. Dette minner oss om neutronet som i fri tilstand omdannes til et proton og et elektron, men som er stabilt når det er bundet i en atomkjerne. Er elementærpartiklene, som for eksempel nukleonene, like kompliserte som de tyngre atomkjernene? Når vi betrakter de tyngre partiklene (baryonene) som oppstår i kollisjoner ved høye energier, skal vi se at det er meget som tyder på at det ikke er så langt fra tilfelle.

Dr. Arne Lundby er leder for en gruppe fysikere som gjør eksperimenter ved høyenergi-akseleratorene i CERN, Geneve.



Figur 1. Verdien for T_z for en partikkel er angitt ved siden av massenivået for partikkelen.

Det isotopiske spinn.

La oss imidlertid først minne om at elementærpartiklenes samspill reguleres av en rekke symmetriegenskaper blant hvilke *det isotopiske spinn* inntar en fremtredende plass. Vi vet godt at en partikkel med mekanisk spinn $\frac{1}{2}$ kan innta to stillinger i rommet, med for eksempel spinnet pekende opp eller ned. Hvis vi kaller retningen opp for positiv z-akse finner vi at spinnet $\mathcal{J}$ kan ha verdiene $\mathcal{J}_z = +\frac{1}{2}$ eller $-\frac{1}{2}$. Dette følger av kvantemekanikken.

I moderne fysikk er vi blitt vant til å abstrahere begrepet rom, så vi kan akkomodere størrelser som kan oppløses i komponenter som ofte ytrer seg på analoge måter til romstørrelser. Det isotopiske spinn T er en slik størrelse. Vi begriper ikke hvorfor det er så viktig, vi vet bare at det gir oss den viktigste spilleregel for sterke vekselvirkninger. Nukleonet har isotopisk spinn $T = \frac{1}{2}$ med to komponenter i det abstrakte isotopiske spinnrommet $T_z = +\frac{1}{2}$(protonet) og $T_z = -\frac{1}{2}$ (neutronet). Ξ-hyperonet har også $T = \frac{1}{2}$ med komponenter $T_z = +\frac{1}{2}(\Xi^0)$ og $T_z = -\frac{1}{2}(\Xi^-)$. Vi ser at $T_z = +\frac{1}{2}$ for en positiv partikkel i et tilfelle (p) og for en nøytral partikkel i det andre (Ξ^0). Forskjellen i ladningen Q mellom de to partiklene av samme isotopiske spinnmultiplett er imidlertid i begge tilfeller $\Delta Q = Q(p) - Q(n) = Q(\Xi^0) - Q(\Xi^-) = \Delta T_z = +1$. Det isotopiske spinn har derfor øyensynlig noe med ladningen av partikkelen å gjøre, men vi forstår ikke sammenhengen.

Eksiterte baryoner.

I en kollosjon mellom protoner ved noen hundre Mev kan vi observere en reaksjon der et positivt π-meson dannes samtidig som de to nukleonene i slutt-tilstanden bindes sammen til et deutron,

	p	+	p	→	d	+	π^+
T	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$		0		1
T_z	$+\frac{1}{2}$		$+\frac{1}{2}$		0		$+1$
Q	$+1$		$+1$		$+1$		$+1$
B	$+1$		$+1$		$+2$		0

Vi har under partikkelen angitt dens totale isotopiske spinn T, dettes z-komponent T_z, ladningen Q og baryontallet B. T_z, Q og B er additive og må gi samme sum før og etter støtet. Det totale isotopiske spinn på hver side er bevart og er summen eller differensen mellom T-verdiene for de individuelle partiklene, og må være lik eller større enn summen av T_z. Baryontallets bevarelse kan en kanskje intuitivt forstå ved å minne om at vår verden er bygget opp av nukleoner, som baryonene tilslutt omdannes til. Materien består også av elektroner, slutt-tilstanden for leptonene, og som vi senere skal se er leptontallet også bevart.

Hvis en nå bombarderer deuteronet med protoner oppstår H^3 og He^3 som igjen kan bombarderes til å gi tyngre elementer. Tyngre elementer dannes også i eksiterte tilstander som omdannes til grunntilstanden ved utsendelse av gamma-stråling. Hvis imidlertid forskjellen mellom dreieimpulsen i de to tilstander er stor blir overgangen forbudt og prosessen foregår meget langsomt. Vi skal se at analoge utvalgsregler synes å bestemme omdannelsen av elementærpartiklene.

I nukleon-nukleon eller meson-nukleon kollisjoner i Gev-området dannes, bortsett fra mesontilstandene nevnt tidligere, en myriade av baryontilstander. En uelastisk spredning

av π-mesoner mot nukleoner gir eksiterte nukleoner.

$$\pi + N \rightarrow \pi + N^*$$

som er angitte i Fig. 2. Vi vet ikke enda om de høyere massetilstandene er virkelige resonanser og har bestemte kvantetall for dreieimpulsen. Som vi ser dannes det i dette tilfellet baryoner med isotopisk spinn $\frac{1}{2}$ og $\frac{3}{2}$. Det eksiterte nukleon faller tilbake til grunntilstanden ved å utsende ett eller flere π-mesoner. Levetiden er mellom 10^{-22} og 10^{-23} sek som er karakteristisk for reaksjonstiden for sterke vekselvirkninger.

De eksiterte nukleonene tolkes av mange som dynamiske tilstander av π- (eventuelt ϱ eller ω)-mesoner og nukleonet, med andre ord π-mesoner bundet til et nukleon.

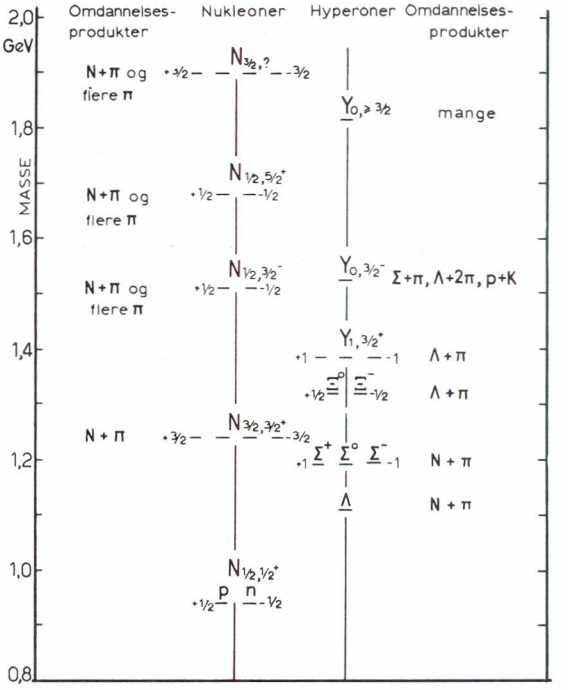
Vi betrakter deretter reaksjonene

$$\pi + N \rightarrow K + Y^*$$
$$\text{eller } (K + N \rightarrow \pi + Y^*)$$

hvor Y^* kan ha isotopisk spinn 0, 1 eller 2. Y^* omdannes i løpet av 10^{-22} sek til et hyperon og ett eller flere π-mesoner, for eksempel $Y_{1,\frac{3}{2}} \rightarrow \Lambda + \pi$. Her angir første indeks verdien for det isotopiske spinn, mens det andre indekset angir det mekaniske spinn. Dette minner oss om desintegrasjonen av et eksitert nukleon, f. eks. $N^3_{\frac{3}{2},\frac{3}{2}} \rightarrow p + \pi^+$. Vi har vel her for oss en ytring av en universell vekselvirkning mellom π-mesoner og baryoner (en såkalt «global symmetri»). Forutsatt at de eksiterte nukleonene kan forstås som systemer av nukleoner og π-mesoner bør det finnes tilsvarende eksiterte tilstander for hyperonene Λ, Σ og Ξ. $N^3_{\frac{3}{2},\frac{3}{2}}$ og $Y_{1,\frac{3}{2}}$ synes å være et uttrykk for denne universalitet, men det er for øyeblikket det eneste eksempel på den. Vi har imidlertid såvidt begynt undersøkelsene på dette området, således er for eksempel $\bar{\Xi}$-hyperonene ikke utforsket i det hele tatt. De dannes for eksempel i reaksjonen

$$K^- + N \rightarrow K^+ + \Xi \text{ (eller eksiterte } \Xi).$$

Om et par års tid skal vi komme tilbake til disse partiklene, idet vi da utvilsomt kommer til å kjenne dem bedre. De studeres forøvrig også i den annihilasjonsprosessen (fig. 3) som nylig er observert i boblekammer i Brookhaven og CERN,



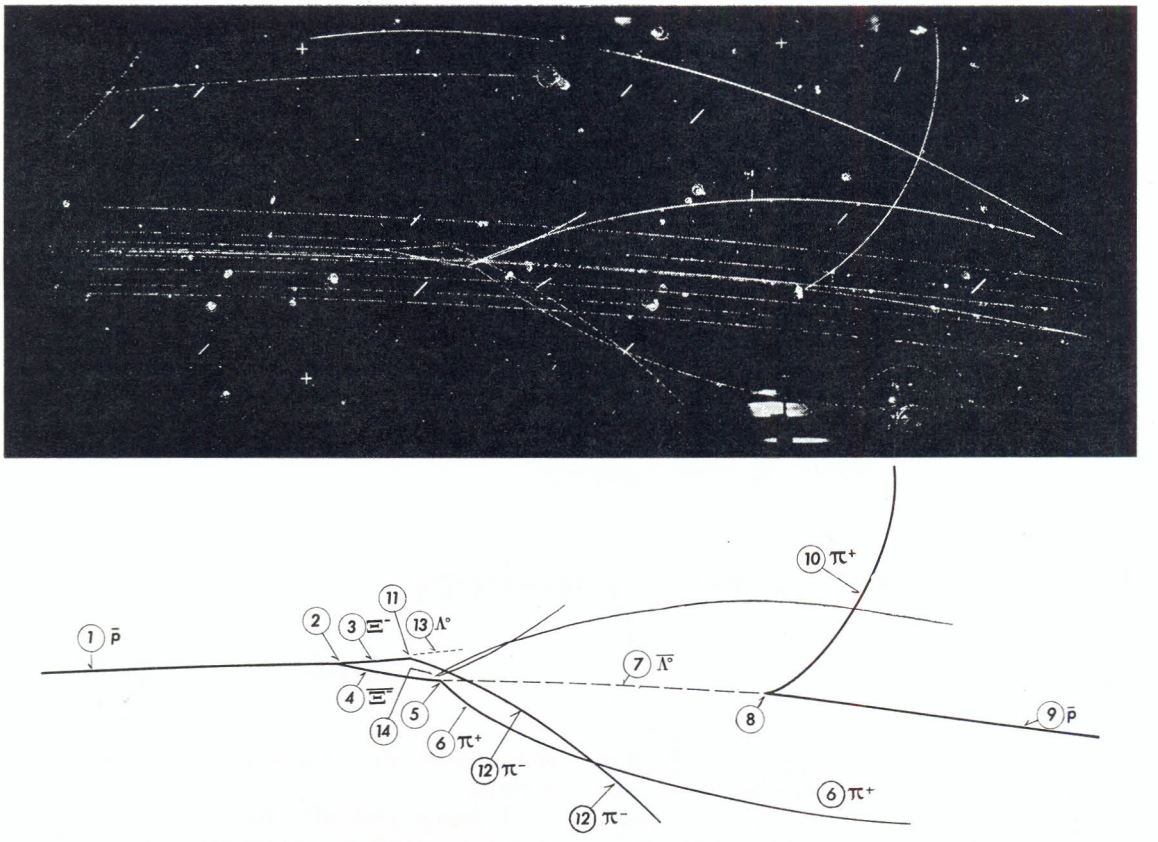
Figur 2. Baryoner. Symbolet for partikkelen er $X_{T,J\pm}$, slik at første indeks angir partikkelens isotopiske spinn, mens det andre angir mekanisk spinn + eller — står for positiv eller negativ paritet. Nivåene som er tegnet inn, angir mulige verdier for T_z i den isotopiske spinn-multiplett. Til alle partikler svarer antipartikler med motsatt Q, B og T_z.

	$\bar{p}$	+	p	$\rightarrow$	Ξ^-	+	$\overline{\Xi^-}$
T	$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$		$\frac{1}{2}$
T_z	$-\frac{1}{2}$		$+\frac{1}{2}$		$-\frac{1}{2}$		$+\frac{1}{2}$
Q	-1		$+1$		-1		$+1$
B	-1		$+1$		$+1$		-1

Vi har ikke nevnt hyperfragmentene som er komplekser bestående av nukleoner og hyperoner. Disse partiklene er blitt studert av professor S. O. Sørensen og hans medarbeidere i Oslo.

Omdannelsen av elementærpartiklene.

Resonanstilstandene av hyperonene og mesonene brytes opp av sterke vekselvirkninger med en tilsvarende kort levetid på mellom 10^{-22} og 10^{-23} sek. Dette er omtrent tiden det tar for en hurtig partikkel eller et signal (med hastighet $3 \cdot 10^{10}$ cm/sek) å bevege seg tvers gjennom partikkelen (en distanse på omtrent 1 f). Alle kvantetall er bevart i prosessen.



Figur 3. Et eksempel på annihilasjonsprosessen $\bar{p} + p \rightarrow \Xi^- + \overline{\Xi^-}$ i et 80 cm diameter vannstoff boblekammer i CERN. Det primære antiproton (1) har en impuls på 3 Gev/c og annihilerer i (2). Ξ^- omdannes i (11) i et π^- (12) og Λ° (13).
$\overline{\Xi^-}$ omdannes i (5) i et π^+ (6) og Λ° (7) som videre omdannes i (8) i et $\bar{p}$ (9) og et π^+ (10). Sporene er krummet på grunn av magnetfeltet loddrett på billedet. (Foto: CERN).

La oss så betrakte desintegrasjonen av Ξ-hyperonet i grunntilstanden

	Ξ^-	$\rightarrow$	Λ	+	π^-
T	$\frac{1}{2}$		0		1
T_z	$-\frac{1}{2}$		0		-1
Q	-1		0		-1
$\tilde{B}$	$+1$		$+1$		0

Det isotopiske spinn er ikke bevart, T_z forandrer seg med $\frac{1}{2}$, $\Delta T_z = \frac{1}{2}$. Det er umulig for Ξ å desintegrere uten at det isotopiske spinn forandrer seg. Overgangen kan derfor ikke gå ved sterke vekselvirkninger, vi har en «isotopisk spinn barriere», og prosessen er omtrent 10^{13} ganger langsommere, det vil si levetiden er omtrent 10^{-10} sek. Videre er ikke pariteten bevart i prosessen, hvilket blant annet resulterer i at Λ-hyperonet har spinnet orientert i bevegelsesretningen. Om det er slike utvalgsregler som gjør prosessen så langsom eller om vi står foran en ny vekselvirkning går vel ut på det samme. Vi klassifiserer nå prosessen blant de *svake vekselvirkninger*.

Det samme er tilfellet med omdannelsene

$$\Lambda \rightarrow p + \pi^-$$
$$\pi^- \rightarrow \bar{\nu}_1 + \mu^-$$
$$\mu^- \rightarrow e^- + \nu_2 + \bar{\nu}_2$$

Her møter vi to nye eiendommelige partikler som ikke deltar i sterke vekselvirkninger i det hele tatt. ν_1 og ν_2 er neutrinoer (muligens er $\nu_1 \equiv \nu_2$), partikler uten masse og ladning, men med spinn $\frac{1}{2}$ som er rettet langs bevegelsesretningen. Siden de ikke er ladet, har neutrinoene heller ikke elektromagnetiske vek-

selvirkninger. Ved å studere neutrinoenes reaksjoner med materien får vi derfor rene opplysninger om svake vekselvirkninger. Universet er fylt med neutrinoer på grunn av kjernereaksjonene i stjernene som gjør at de lyser, men svake vekselvirkninger er så svake at det er vanskelig å observere effekten av neutrinoene. Ved de store akseleratorene i Brookhaven og CERN har en innledet eksperimenter for å se prosesser som

$$\nu + p \rightarrow e^{+} + N$$

ved høye (1–2 Gev) energier, men hittil har en ikke sett noen.

Elektronet, μ-partikkelen og neutrinoene kalles leptoner og deltar bare i svake vekselvirkninger, eller når de har ladning også i elektromagnetiske vekselvirkninger. Fra eksperimenter vet vi nå at lepton-tallet er, i likhet med baryontallet, bevart i svake vekselvirkninger, og vi har en stabil materie bygd opp av nukleoner og elektroner.

μ-leptonet er 200 ganger tyngre enn elektronene, men ellers oppfører det seg på samme måte. μ-leptonet ser derfor ut til å være en overflødig partikkel i naturen, skjønt kanskje ikke mer overflødig enn alle hyperonene. Etterhvert finner vi vel forhåpentlig gjennom høyenergifysikken fram til en noenlunde tilfredsstillende beskrivelse og systematisering av alle disse partiklene og deres vekselvirkninger.

Lys fra den øvre atmosfære

Anders Omholt

Det problemkompleks vi skal omtale her kan, om vi vil, sees ut fra to vidt forskjellige synspunkter. Det ene er den deskriptive geofysikers. Han beskriver de lysfenomener fra himmelen som observeres og spør seg selv: Hvilke sammenheng har dette med andre kosmiske og geofysikalske fenomener? Det annet synspunkt er fysikerens, som sier som så: Her har vi et gigantisk lavtrykkslaboratorium hvor naturen selv arrangerer en rekke eksperimenter for oss. Disse kan vi observere fra bakken og forsøke å tolke, og dermed gi bidrag til den rene fysikk. Med den senere tids teknologiske utvikling, som har gitt oss raketter og satelitter, kan vi observere disse fenomenene ennå mer i detalj. Raketter og satelitter har også gitt oss muligheter for å arrangere nye eksperimenter i dette lavtrykkslaboratoriet. Vi kan slippe ut stoffer som gir kjemiske reaksjoner med den permanente atmosfære, vi kan arrangere kjemiske eksplosjoner og atomeksplosjoner som påvirker atmosfæren, og det har endog vært foreslått å sende opp elektrostatiske akselleratorer for å produsere høyenergetiske elektroner. Man kan også tenke seg å utføre eksperimenter som i og for seg ikke har noe med atmosfærefysikk å gjøre, men bare bruke atmosfæren som et gigantisk lavtrykkslaboratorium.

I denne artikkelen har vi valgt å anlegge den rene fysikers synspunkt, og skal legge hovedvekten på de prosesser som ligger til grunn for de optiske emisjoner som forekommer. Det er ikke mulig å behandle alt i detalj, men vi skal prøve å gi leserne et inntrykk av hva slags fenomener og problemer vi har med å gjøre.

Vi skal her se på lys emitert fra det vi kaller den øvre atmosfære. Med dette mener vi stort sett den del av atmosfæren som ligger over det som meteorologene intereserer seg for til daglig, en passelig grense kan vi sette ved omkring 30 km. Til orientering kan vi nevne at trykket her er ca. 10 mm. Hg. Ved 100 km er det kommet ned i ca. 10^{-4} og ved 200 km ca. 10^{-6} mm Hg.

De emisjoner vi skal omtale kan vi passelig dele inn i tre hovedgrupper:

A: Emisjoner utsendt direkte etter eksitasjon. Vi vet at optisk eksitasjon skjer som en følge av innfall av elektriske partikler (nordlys, partikkeleksitasjon), ved absorpsjon av lys og røntgenstråler som kommer fra solen (fotoneksitasjon). Videre er det mulig at elektriske utladninger (strømmer) i ionosfæren kan eksitere denne til optisk emisjon. En

Dr. Anders Omholt er bestyrer av Det norske institutt for kosmisk fysikk's avdeling i Oslo.

type fotoneksitasjon er resonansspredning av sollyset, som vi skal omtale nærmere siden. Nordlys skydes i alt vesentlig partikkelinfluks, men det er ikke utelukket at elektriske utladninger kan gi noe bidrag.

B: Emisjon av «lagret» energi. Med dette mener vi emisjon av energi som frigjøres f. eks. ved rekombinasjoner enten av nøytrale atomer til molekyler, eller av ioner og elektroner til nøytrale partikler. Slike prosesser gir et lys som vi kan observere om natten, det såkalte natthimmellyset. De finner også sted om dagen, men da kan vi ikke observere lyset på grunn av at vi blendes av spredt stråling fra himmelen. Med raketter har det imidlertid lykkes å observere slik stråling også om dagen. Termisk stråling kan også sies å være en utstråling av lagret energi. Den har betydning for varmebalansen i atmosfæren, men vi skal ikke komme nærmere inn på dette her.

C: Kunstig induserte emisjoner. Med dette mener vi optisk emisjon som er en følge av inngrep i atmosfæren ved hjelp av f. eks. raketter eller satelitter. Som slike inngrep kan vi tenke oss injeksjoner av «fremmede» gasser eller faste stoffer, kjemiske eksplosjoner og atomeksplosjoner. På dette felt er det foreløbig bare gjort noen relativt få, enkle forsøk, men vi har grunn til å vente oss at dette kan utvikle seg til et ganske stort forskningsfelt.

Det er ikke mulig og har heller ingen hensikt å gi en fullstendig beskrivelse av alle de emisjoner vi observerer. Vi skal nøye oss med det viktigste, og beskrive noen av de fysikalske prosesser som vi vet eller tror ligger til grunn for disse. Og la oss da starte med det som vi her i landet har arbeidet mest med, nordlyset.

Nordlyset ligger i en høyde fra ca. 900 km og oppover, og skyldes elektroner og protoner som kommer inn i atmosfæren utenfra. Elektronene har energier av størrelsesorden 10 KeV, og protonene 100 KeV. Det nøyaktige energispektrum kjenner vi ikke, men det må åpenbart være en nokså sterk spredning på forskjellige energier. Dette er resultater man hadde kommet frem til ut fra studiet av nordlysspektret og nordlysets beliggenhet i atmosfæren, og dette synes nå å være blitt bekreftet med rakettmålinger i nordlys. Den alt overveiende mengde av energirike partikler som kommer inn er elektroner. Protonene synes å spille en mer beskjeden rolle, men de er uomtvistelig tilstede svært mange ganger.

La oss nå se hva som skjer når en slik skur av elektroner eller protoner, eller begge deler, kommer inn i jordens atmosfære. Det første som skjer da er at atmosfærens atomer og molekyler ioniseres av de innkommende partikler, primærpartiklene. De elektroner som da produseres og løper avsted, vekk fra ionet, tar med seg ganske meget energi. Det kreves rundt regnet 100 eV for hvert sekundærelektron som produseres. Primærpartiklene foretar også en del ren eksitasjon av de nøytrale atomer og molekyler, men dette krever bare en del av den totale energi som er tilgjengelig. Sekundærelektronene løper videre og foretar nye ionisasjoner og eksitasjoner. Hvert av sekundærelektronene produserer gjennomsnittlig 2 «tertiær»-elektroner, slik at den midlere energi som brukes pr. totalt produsert ionepar er omkring 30–35 eV.

Sekundær- og tertiær-elektronene, som altså løper rundt med energier av størrelsesorden 10–100 eV, gir et vesentlig bidrag til eksitasjonen av den optiske stråling, ved at de kolliderer med atomer og molekyler og tilfører disse energi, (eksiterer), som igjen kan stråles ut i form av lys. Men man har også tenkt seg muligheten av at andre prosesser kan bidra. Et eksempel på slike prosesser er:

$$O_2^+ + e \rightarrow O(\text{eksitert til nivå } {}^1S \text{ eller } {}^1D) + O,$$

fulgt av

$$O(\text{eksitert til nivå } {}^1D) \rightarrow O + h\nu .$$

Et annet er

$$O_2 \text{ eller } O + e \rightarrow O_2^- \text{ eller } O^- ,$$

hvoretter

$$N_2^+ + O_2^- (\text{eller } O^-) \rightarrow N_2(\text{eksitert til nivå } B^3\pi) + O_2 (\text{eller } O) ,$$

og videre

$$N_2(\text{eksitert til nivå } B^3\pi) \rightarrow N_2(\text{eksitert til nivå } A^3\Sigma) + h\nu ,$$

og

$$N_2(\text{eksitert til nivå } A^3\pi) \rightarrow N_2 + h\nu .$$

Symbolene ${}^1S$, $B^3\pi$, o. s. v. betegner de energinivåer som atomet eller molekylet er eksitert til, d. v. s. at de har en viss overskuddsenergi som kan avgis helt eller delvis som stråling.)

På grunnlag av undersøkelser av de hurtige tidsvariasjonene i nordlysspektret mener vi nå å kunne fastslå at i alle fall disse prosessene ikke har tilstrekkelig hastighet til å spille noen rolle. Disse prosesser ville nemlig føre til at vedkommende emisjon ble forsinket i forhold til resten av lyset, idet det tar noen tid fra elektronet eller ionet dannes til reasjonen skjer. Men det kan tenkes at andre, liknende prosesser er av betydning, og vi er derfor for tiden interessert i å undersøke om alle spektrallinjer og bånd i nordlysspektret varierer i takt. Målbare faseforskyvninger vil gi oss opplysninger om sekundærreaksjoner bidrar til eksitasjonen i nevneverdig grad.

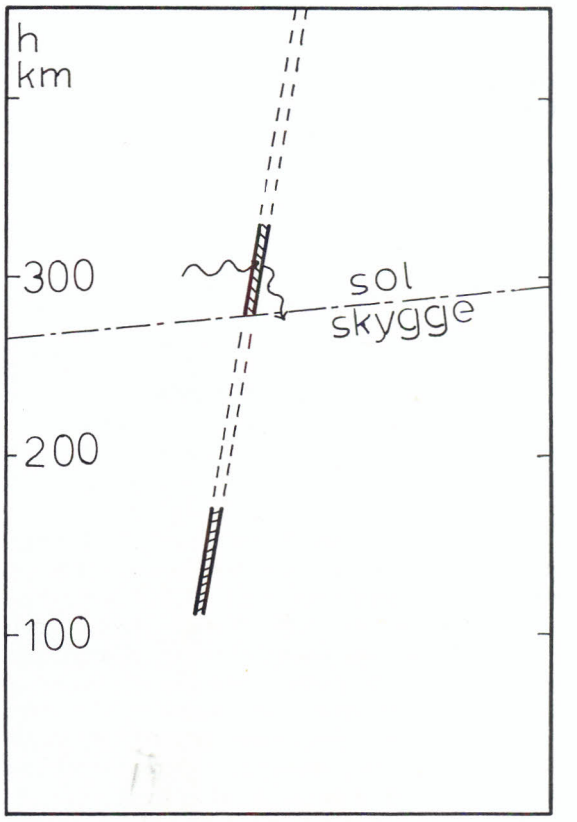
Vi vet at elektriske strømmer forekommer i ionosfæren, antagelig i en høyde av 100–140 km. Det har vært spekulert meget på om disse kan gi noen effektive bidrag til eksitasjonen av optisk stråling, på samme måte som den elektriske strøm gjennom et utladningsrør i laboratoriet. Konklusjonene er stort sett negative. Ledningsevnen i ionosfæren er så stor at det blir relativt små elektriske felter som kan etableres. Når potensialforskjellen over den midlere fri veilengde er liten blir den midlere energi pr. elektron relativt lav, slik at ytterst få av dem får energi nok til å eksitere optiske nivåer. Vi skal komme tilbake til dette som en alternativ forklaring til eksitasjonen av en spektrallinje i natthimmellyset.

Demringslyset er et eksempel på emisjon som følge av forutgående absorpsjon av lys. Når solen er gått ned, men ennå skinner på den øvre atmosfære, lar det seg gjøre å observere flere spektrallinjer og bånd som da trer frem med særlig styrke. Den sterkeste, og derfor mest studerte av disse linjene er den gule natriumdubletten. Denne skyldes en ren resonansspredning av sollyset i høydeområdet 80–100 km:

$$Na + h\nu \rightarrow Na\ (eksitert)$$

$$Na\ (eksitert) \rightarrow Na + h\nu$$

Et annet eksempel på resonansspredning har vi i solbelyst nordlys. Solbelyst nordlys ble studert og utmålt av Størmer. Han fant at under demringen kunne nordlys observeres meget høyere i atmosfæren enn normalt. Videre oppdaget han at nordlysstråler som lå i den mørke del av atmosfæren kunne ha en fortsettelse høyere opp, i den solbelyste del. De bestod tilsynelatende av to nordlysstråler som lå etter hverandre på samme jordmagnetiske feltlinje. Fenomenet er skjematisk tegnet opp i figur 1. Forklaringen på fenomenet finner vi i resonansspredning av sollys fra nitrogenioner. Den nedre del av nordlysstrålen er



Figur 1. Størmers todelte nordlys. Nederst ordinært nordlys, øverst resonansspredning av sol-lyset fra N_2^+ ioner produsert av primærpartiklene under deres gang ned gjennom atmosfæren.

vanlig nordlys, eksitert av innkommende elektroner. Går vi oppover langs strålen blir dette lyset stadig svakere, og tilslutt usynlig for øyet på bakgrunn av den ennå relativt lyse himmelen. Imidlertid dannes det hele veien oppover langs elektronenes bane N_2^+ ioner. Disse er effektive spredere av sollys, og så snart vi kommer opp i den solbelyste del av atmosfæren gir denne «hale» av N_2^+ ioner et synlig lysfenomen, en øvre nordlysstråle. Derfor kan nordlys som produseres i den øverste og tynneste del av atmosfæren, og som normalt er usynlig for øyet, «forsterkes» og blir synlig når solen belyser denne del av atmosfæren.

Natthimmellyset, det ganske svake lyset som den øvre atmosfæren sender ut, og som kan observeres om natten, skyldes frigjøring av

lagret energi. Noen av de sterkeste linjene og båndene i natthimmellyset emiteres fra radikalet OH. En antar nå at disse eksiteres ved følgende reaksjonskjede:

$$O_3 + H \rightarrow OH\,(eksitert) + O_2\,,$$

fulgt av

$$OH\,(eksitert) \rightarrow OH + h\nu\,,$$

og

$$OH + O \rightarrow O_2 + H\,.$$

Denne prosess er bestemt av konsentrasjonene av de impliserte atomer og molekyler, og finner antagelig sted i ca. 70–90 km's høyde. Hydrogen virker her som en slags katalysator, resultatet er rekombinasjon av to oxygenatomer til et molekyl og frigjøring av energi.

Atomært hydrogen og oxygen dannes ved at den ultraviolette solstråling dissosierer vandamp og molekylært oxygen. Ozon dannes ved rekombinasjon av molekylært og atomært oxygen. Samspillet mellom dissosierende stråling, absorpsjon av denne ettersom den trenger ned gjennom atmosfæren, og rekombinasjonsprosesser gjør at vi får sterke relative variasjoner i atmosfærens sammensetning. Dette gjør at slike prosesser ofte foregår bare i relativt små høydeintervall. Den reaksjonskjede som er omtalt ovenfor, f. eks., vil avta oppover fordi konsentrasjonen av O_3 avtar relativt sterkt oppover. Den vil også avta nedover fordi konsentrasjonen av atomært hydrogen *avtar* når vi kommer under en viss høyde, som vi ennå ikke kjenner eksakt.

Den grønne surstofflinjen på 5577 Ångstrøm som emiteres i ca. 100 km's høyde, trodde man lenge skyldtes den såkalte Chapmanreaksjonen:

$$3\,O \rightarrow O_2 + O\,(eksitert\ til\ {}^1S)$$

$$O\,(eksitert\ til\ {}^1S) \rightarrow O\,(eksitert\ til\ {}^1D) + h\nu\,.$$

Denne ble foreslått av professor Chapman og syntes å være den eneste som kunne forklare den observerte intensitet av den grønne surstofflinjen. Men at den ble godtatt skyldtes at man ikke visste noe som helst om dens hastighet, og derfor kunne få alt til å klaffe hvis man valgte en bestemt reaksjonshastighet. Videre passet høyden, idet man omkring 100 km's høyde har størst konsentrasjon av atomært ozygen. Dette skyldes at lavere ned er mye av den dissosierende solstråling absorbert, og rekombinasjonen blir sterkere.

Intensiteten av den observerte emisjon kunne således gi oss den reaksjonshastigheten prosessen måtte ha for å være effektiv. I løpet av det siste år har imidlertid to grupper, uavhengig av hverandre, forsøkt å måle reaksjonshastigheten i laboratoriet. Ingen har funnet den nøyaktige verdi, men begge har funnet en øvre grense som viser at den er alt for lav til å kunne forklare den observerte intensitet i natthimmellyset. Og så står man da der og er like langt, den grønne linjen er igjen en utfordring til forskernes skarpsindighet. For å løse floken har man tydd til teorien om de elektriske strømmer. Det synes nemlig som om intensiteten av denne grønne linjen har en viss korrelasjon med de observerte forandringer i det jordmagnetiske felt. Disse forandringene, som er målt nede på bakken, skyldes tildels elektriske strømmer i ionosfæren. Teorien om eksitasjon ved elektriske strømmer er ennå hverken godtatt eller forkastet, tilstrekkelig nøyaktige kvantitative beregninger er ikke foretatt. Foreløbig overslag sier oss at teorien ikke er helt utopisk, men den skulle medføre visse andre emisjoner også, som vi ikke observerer. Da det er flere faktorer som inngår i beregningene på en nåkså kritisk måte, men er kvantitativt svært usikre, er det foreløbig alt for tidlig å si et avgjort ja eller nei til teorien.

Den gule natriumdubletten emiteres også fra natthimmelen (høyde 90–100 km) og man antar at eksitasjonen av denne skyldes en liknende syklisk prosess som den som gir OH-båndene, slik at energien tas fra den frigjorte dissosiasjonsenergi ved en rekombinasjonsprosess.

Til slutt skal vi omtale noen raketteksperimenter som har gitt observerbare optiske emisjoner. En ting man har foretatt er å slippe ut nitrogenoksyd fra rakett. Man antok på forhånd at dette ville føre til følgende reaksjoner:

$$O + NO \rightarrow NO_2 + h\nu\,,$$

fulgt av

$$NO_2 + O \rightarrow NO + O_2\,.$$

NO kan fjernes ved:

$$NO + N \rightarrow N_2 + O\,.$$

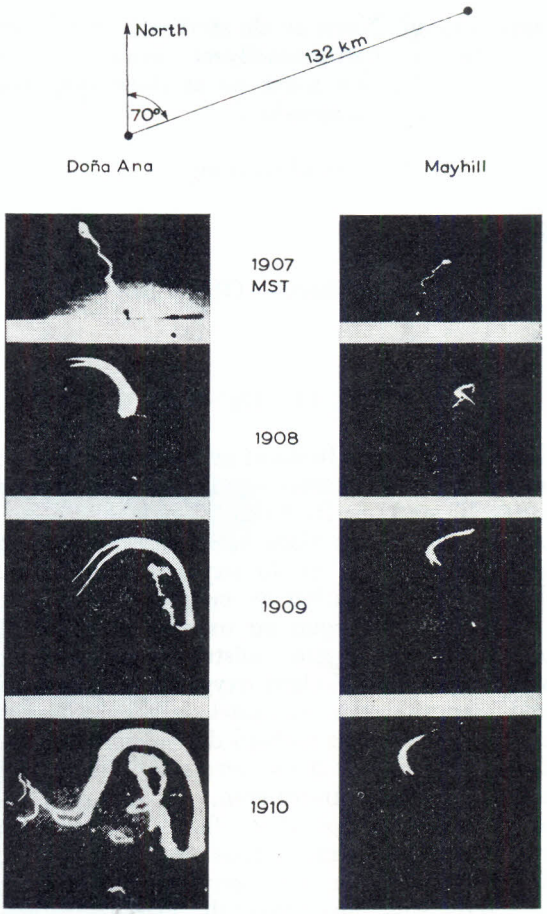
Reaksjonen produserer kontinuerlig lys som man antok skulle ha sin kortbølgede grense ved ca. 3700 Å og et maksimum i grønt. En

slik lysning ble faktisk også observert, men man har ennå ikke klarlagt prosessen helt kvantitativt.

Et meget interessant og betydningsfullt eksperiment som er utført, er å slippe ut natrium fra raketter. Man har bl. a. latt rakettene legge natrium etter seg i den øvre atmosfære som en tynn vertikal hale, og dette er gjort i den solbelyste del av atmosfæren, etter solnedgang på jorden. Da fåes en forsterket demringseffekt, idet man får meget sterk resonansemisjon av den gule natriumdubletten. Denne lysende, nesten vertikale kolonne i den øvre atmosfære forskyves, forvrenges og spres på grunn av vinder, turbulens og diffusjon i atmosfæren, som derved kan studeres ved hjelp av fotografering fra flere punkter. En serie slike fotografier er vist i figur 2. Dessuten kan man få opplysninger om hva som skjer med natriumet etter at det er sluppet løs, ved å studere hvordan totalintensiteten av natriumlinjen etterhvert avtar.

Ethylen har vært sluppet ut fra raketter, og dette ga en meget kraftig lysning. De observerte fenomener i forbindelse med dette har imidlertid vært så kompliserte at noen fornuftig tolking har ennå ikke vært mulig. Ved hjelp av kjemiske eksplosjoner har man spredd aluminiumoksyd i den øvre atmosfære. Hvis atmosfæren er solbelyst emiterer dette et meget sterkt båndspektrum, som følge av resonansspredning. Strukturen i dette spektret kan i prinsippet brukes til å bestemme temperaturen i atmosfæren. Sjokkbølgene fra kjemiske eksplosjoner gir også opphav til lysfenomener som såvidt har vært studert.

Det forskningsfelt som rakettene og satelittene her åpner for oss, har utvilsomt meget store perspektiver. Vi har her muligheter for å utnytte et gigantisk lavtrykkslaboratorium, og studere prosesser som ikke finner sted eller blir sterkt forstyrret under høyere trykk. Hittil har man begrenset seg til eksperimenter som har betydning for forståelsen av den øvre atmosfæres fysikk, men dette er ingen prinsipiell begrensning. En annen sak er naturligvis at slike eksperimenter faller svært kostbare. Man må derfor tenke seg godt om før man utfører slike eksperimenter, og ikke nødvendigvis gjøre det fordi det er noe som kan utføres med raketter. Det er uomgjengelig nødvendig at det hånd i hånd med slike eksperimenter foregår vel planlagte og omhyggelig utførte laboratorieeksperimenter, slik at eksperimenter i store høyder er tilstrekkelig forberedt og kan gi svar på bestemte spørsmål.



Figur 2. Parallaktiske seriefotografier av en lysende natriumhale etter en rakett. Serien viser hvordan en opprinnelig nesten rett vertikal kolonne deformeres av vind og turbulens.

Vi har i denne artikkelen prøvet å gi et lite inntrykk av et forholdsvis stort og komplisert forskningsfelt. La oss til slutt i fire punkter oppsummere og gi en begrunnelse for dette forskningsarbeide: For det første har vi her en rekke geofysikalske fenomener som vi vet en del om, men som vi ønsker å kjenne best mulig, både av ren nysgjerrighet og fordi det en dag kan vise seg å være nyttig. For det annet har studiet av disse geofysikalske fenomener gitt direkte bidrag til våre kunnskaper i fysikk. For det tredje har de problemer som har dukket opp vært en utfordring til laboratoriefysikere og teoretikere, og dermed vært en spore til økt aktivitet på enkelte andre felter. For det fjerde vil de kunnskaper vi har erhvervet oss danne en plattform for fortsatt aktive eksperimenter med raketter og satelitter i den øvre atmosfære eller helt utenfor atmosfæren.

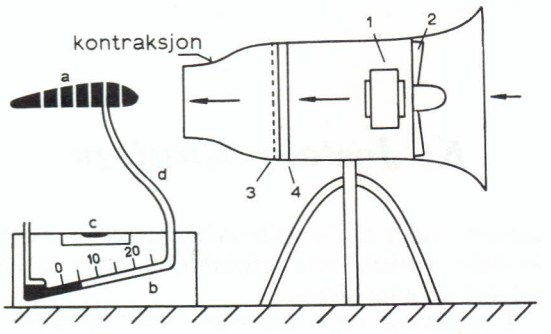
En vindgenerator til undervisningsbruk

Ole Henrik Jahren

I lærebøkene i fysikk for gymnasiets reallinje er tatt med et avsnitt om de kreftene som virker på en flyvinge. Den dynamiske oppdriftskraft blir forklart ved at luftens strømlinjer på oversiden av vingen ligger tettere enn på undersiden. Da man vet at hastigheten er størst og trykket minst der hvor strømlinjene ligger tettest, vil man få et høyere trykk på undersiden av flyvningen enn på dens overside. Resultatet av dette er at en flyvinge i bevegelse vil bli påvirket av en oppadrettet kraft.

Riktigheten av dette blir i svært liten utstrekning underbygget med eksperimenter. Man nøyer seg stort sett med å konstatere at trykket i et vannrør er størst der hvor røret er videst. Det burde derfor være et behov for å kunne utføre noen enkle aerodynamiske eksperimenter.

Jeg vil her foreslå tre eksperimenter som er svært enkle å utføre og som gir en god forståelse av de krefter vi her har med å gjøre. For å kunne utføre disse eksperimentene trenger man en vindgenerator, som består av en vifte montert inne i en trakt. Den vindgeneratoren som benyttes ved Luftkrigsskolen er levert av Phywe, Göttingen. Prisen er ca. 900 kroner.



Figur 1. Oppstillingen viser hvordan man kan måle trykkfordelingen langs en vingeprofil, a: vingemodell, b: manometer med skala, c: libelle, d: gummislange. 1: elektrisk motor, 2: vifte, 3: finmasket nett, 4: «honeycomb».

Cand. real. Ole Henrik Jahren er lektor ved Luftkrigsskolen, Trondheim.

Forsøk 1. *Trykkmålinger.*

Til dette forsøk må man ha et følsomt manometer. Dtette kan være et skråttstilt rør delvis fylt med vann. Dessuten trenger man en vingemodell som er gjennomboret med noen små hull langs profilen. Dimensjonene kan f. eks. være: Lengde 20 cm og bredde 15 cm. Figur 1 viser apparatoppstillingen. Når slangen er plasert som vist på figur 1, måler man trykket på oversiden av vingen. Ved å flytte slangen fra hull til hull og ved å måle på begge sider av vingen finner man trykkfordelingen langs profilen.

Ved å variere modellens skråstilling kan man finne løftekraftens avhengighet av angrepsvinkelen (vinkelen mellom strømretningen og vingens korde).

Ved å holde en liten plate, som kan dreie seg om en akse like bak modellvingen, vil man finne at den vil holde seg i ro bak midten av vingen, men hvis man trekker den ut til siden vil den ta til å rotere p. g. a. turbulens.

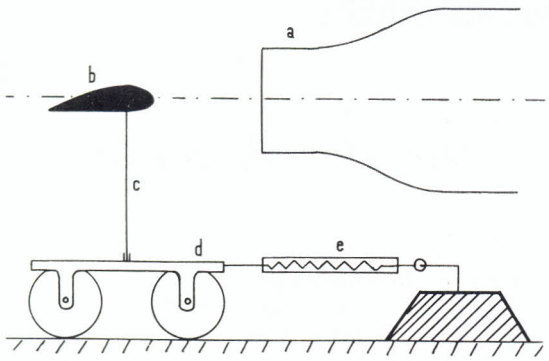
Forsøk 2. *Måling av luftmotstand for legemer med forskjellig geometrisk form.*

Man trenger her ved siden av vindgeneratoren en fjærvekt, en liten vogn og noen modeller til forsøket. Figur 2 viser apparatoppstillingen.

For at målingene skal være direkte sammenlignbare, må maksimaltverrsnittet av modellen sett i strømningsretningen være den samme for alle modellene. Vi kan med denne apparatoppstillingen også vise at luftmotstanden er proporsjonal med tverrsnittsarealet. Videre kan man sammenligne luftmotstandene for legemer med samme form, men med forskjellig overflatebeskaffenhet.

Resultatet av en måleserie ble:

	Utslag
Flat plate. Areal A	5,7
Flat plate. Areal 2A	11,5
Kule	1,7
Rotasjonsparaboloide	1,3
Strømlinjeformet rotasjonslegeme. Glatt overflate	0,4



Figur 2. Apparatoppstilling for måling av den luftmotstand et legeme får i en luftstrøm. a: vindgenerator, b: legeme, c: tynn stang, d: en liten vogn, e: fjærvekt.

Strømlinjeformet rotasjonslegeme. Ru overflate	0,5
Halvkuleformet legeme	2,7

Forsøk 3. *Måling av vindhastighet.*

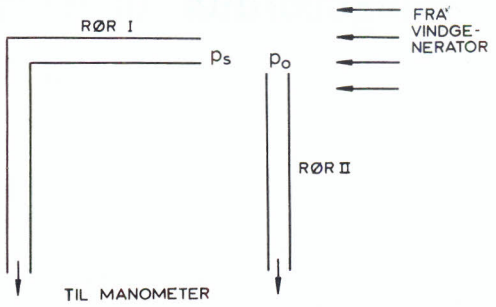
Den fundamentale ligning i aerodynamikken ved siden av kontinuitetsligningen er Bernoullis ligning, som gir relasjonen mellom trykket p og hastigheten v i en stasjonær strøm.

Dersom vi antar at fludiet er inkompressibelt (for luft er dette tilfelle for hastigheter opp til 300 km/t), antar Bernoullis ligning formen

$$\tfrac{1}{2}\,\varrho v^2 + p = \text{konstant},$$

hvor ϱ er fludiets tetthet.

Denne sammenheng mellom trykk og hastighet gjør det mulig for oss å måle lufthastigheten på en meget enkel måte. Vi kopler to glassrør v. h. a. slanger til hver sin gren av manometeret, og holder glassrørene inn i luftstrømmen som vist på figur 3.



Figur 3 viser hvordan man kan måle hastigheten av luftstrømmen fra vindgeneratoren. Foran munningen av rør I er hastigheten lik null.

Ved munningen av rør I vil lufthastigheten være lik null. Trykket her kaller vi p_s (stagnasjonstrykket). Trykket utenfor rør II vil være lik trykket ellers i luftstrømmen p_0. Vi får følgende ligning:

$$p_s = p_0 + \tfrac{1}{2}\,\varrho v^2 .$$

På manometeret leser vi av $p_s - p_0 = \Delta p$, og vi finner altså lufthastigheten av

$$v = (2\Delta p/\varrho)^{\frac{1}{2}} .$$

Dette er det samme prinsipp som benyttes til å bestemme hastigheten av en flyvemaskin.

Fiberoptikk

K. Jostein Knutsen

Det har i de senere år vokst fram en ny gren innen optikken, den såkalte fiberoptikk, som ser ut til å få meget stor betydning ved konstruksjon av instrumenter for medisinske undersøkelser, refraktometre o. l.
I fiberoptikken ledes lyset ved hjelp av indre totalrefleksjon i gjennomsiktige, krumme eller rette staver.

Allerede i 1870 viste Tyndall at det var mulig å lede lyset gjennom en vannstråle som rant ut av et kar. (Fig. 1).

Fra en lyskilde L nede i karet vil alt lys som treffer grenseflaten mellom luften og vannet under en innfallsvinkel større enn den kritiske vinkel, totalreflekteres. Lyset ledes således i vannstrålen.

I stedet for vann kan man bruke rette eller krumme glasstaver.

Åpningsvinkelen for det lysknippe som kan slippe gjennom en glasstav, blir stor om den

---

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

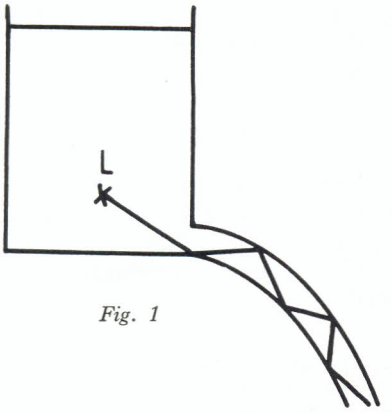


Fig. 1

kritiske vinkel er liten. Åpningsvinkelen kan også økes ved en fornuftig krumning av staven.

I fiberoptikken er glasstavene meget tynne, ca 10^{-3} cm i diameter, og består gjerne av to deler, en sylindrisk fiber av glass med en stor brytningsindeks og omgitt av et tynt lag av glass med liten brytningsindeks. Totalrefleksjonen foregår mellom de to glassorter; og det har vært mulig å fremstille fiber med kritisk vinkel helt ned til 50 grader. Lystap på grunn av absorpsjon og refleksjon kan gjøres minimalt.

Ved å kitte sammen en bunt av slike tynne fibrer og rette den ene ende mot en gjenstand, kan lyset ledes fra gjenstanden, og man kan således få et bilde av den. Bildet vil bestå av adskilte lyspunkter, og blir altså ikke sammenhengende. Dette vil begrense oppløsningen av finere detaljer. Men jo mindre diameter fibrene har, desto større oppløsning får man. En bunt av fibrer med diameter 10^{-3} cm, kan oppløse linjer som ligger 0.05 mm fra hverandre.

Når man har en bunt med fibrer, kan denne varmes opp og trekkes ut på ny. Og det er ingen vanskelighet å få individuelle fibrer med 2 mikrons diameter. Mindre diametre blir sammenlignbare med lysets bølgelengde, og så tynne fibre vil virke som bølgeledere (1.). En multipel fiber med individuelle enheter på 2 mikron, kan oppløse 250 streker pr. mm, og med en spesiell teknikk (som ikke skal omtales her) 500 linjer pr. mm.

For at bildet som man får ved hjelp av en multipel fiber ikke skal bli fortegnet, må fibrene ha den samme gjensidige plasering i stavens ender, f. eks. som på fig. 2.

Et objekt plasert til venstre for fibrene, vil gi et bilde hvor de innbyrdes geometriske forhold bibeholdes.

Fig. 2

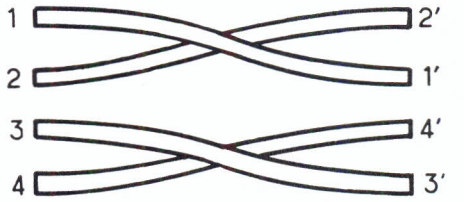


Fig. 3

Men om fibrene ordnes som på fig. 3, vil man få fortegning.

Men det bilde man har fått til høyre i fig. 3, kan man la avbilde til venstre, og da vil man få et bilde likt det opprinnelige objekt.

En annen forutsetning for å unngå fortegning er at fibrenes endeflater må være parallelle under avbildningen.

I naturen forekommer også eksempler på billeddannelse ved hjelp av fibrer. Retina i det menneskelige øye består som bekjent av staver og tapper. Og bildet som dannes av øyelinsen, blir fokusert på dem. Man har konstatert at stavene og tappene har en større brytningsindeks enn det omgivende medium, og at lyset som faller på dem, transporteres ved indre refleksjon frem til synsnerven.

Til slutt skal nevnes et par eksempler på praktisk utnyttelse av fiberbunter.

Legene kan undersøke hulrum i kroppen med det såkalte fiberscope (2). Det instrument som har vært i bruk inntil nå, kalles cystoskop og virker som et periskop. Dette har flere «blinde flekker», og da det må være stivt, medfører det stort ubehag for pasienten. I fiberscopet kan lysproblemet løses ved at det i en separat leder føres lys inn i hulrommet.

Det andre eksemplet som skal nevnes, er at man kan ta lys inn over et stort areal og «konsentrere» det over et mindre areal. Dette kan få praktisk anvendelse om man f. eks. skal fotografere en lyssvak kurve på et katodestrålerør.

Skjermen på katodestrålerøret sender ut lys i alle retninger. Plaserer man et kamera foran røret, vil linsen bare motta en liten del av den totale mengde lys som sendes ut. Ved å dekke skjermen helt til med den ene enden av en

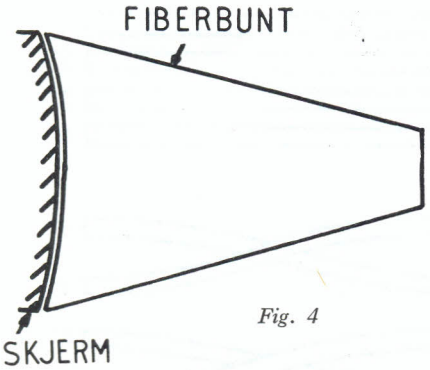


Fig. 4

fiberbunt, kan meget mer lys komme frem til kameralinsen. Effekten kan ytterligere økes om den enden som vender mot kameraet, er tynnere enn den enden som vender mot skjermen. Se fig. 4.

Lyset blir altså tatt inn over et stort område og konsentrert på et mindre (3).

Eksempler på hvordan fiberbunter kan brukes til å korrigere for linsefeil, til konstruksjon av refraktometer og som bølgeledere, skal ikke gjennomgåes her. Interesserte henvises til en elementær oversiktsartikkel i Scientific American (4).

1. *N. S. Kapany:* J. Opt. Soc. Am. 51. 10 1067 (1961).
2. *J. H. Hett:* J. Opt. Soc. Am. 51. 5 581 (1961).
3. *N. S. Kapany:* J. Opt. Soc. Am. 51. 1 32 (1961).
4. *N. S. Kapany:* Scientific American. Nov (1961).

Magnetohydrodynamisk konvertering av varme til elektrisk energi

Kjell Budal

Eksisterande varmekraftverk nyttar ut ca. 30 % av varmeenergien i brenselet. Ved magnetohydrodynamisk konvertering av varme til elektrisk energi reknar ein med å kunne nytta ut heile 60 %.

Den konvensjonelle måten å omdanna varmeenergi til elektrisk energi er først å overføra varmeenergien til mekanisk arbeid som så blir omsett til elektrisk energi. Brenselet varmer opp vatnet i ein kokar og produserer damp med høgt trykk. Dampen driv ein turbin. Den roterande rørsla til turbinen driv dynamoen som genererer den elektriske krafta.

Slik blir det meste av den elektriske energien i verda produsert. Hydroelektrisiteten dekker t. d. i England berre 2 % av det totale elektrisitetsforbruket, i U.S.A. 20 %, medan det i Norge er 99 %.

Det går svært mykje energi til spille ved produksjon av elektrisk energi med varmekraftmaskinar. Dette kjem av den låge verknadsgraden ved overføringa av varmeenergien til mekanisk arbeid. Termodynamikkens andre hovudsetning seier at dersom temperaturen til dampen i kokaren er T_2 (°Kelvin) og temperaturen i kondensoren er T_1, så er den maksimale nyttegraden:

$$\eta = \frac{\text{mekanisk arbeid}}{\text{varmeenergi}} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

I England reknar ein med at effektiviteten til dei eksisterande elektrisitetsverka er ca. 25 %, dvs. 3/4 av energien i brennstoffet går tapt.

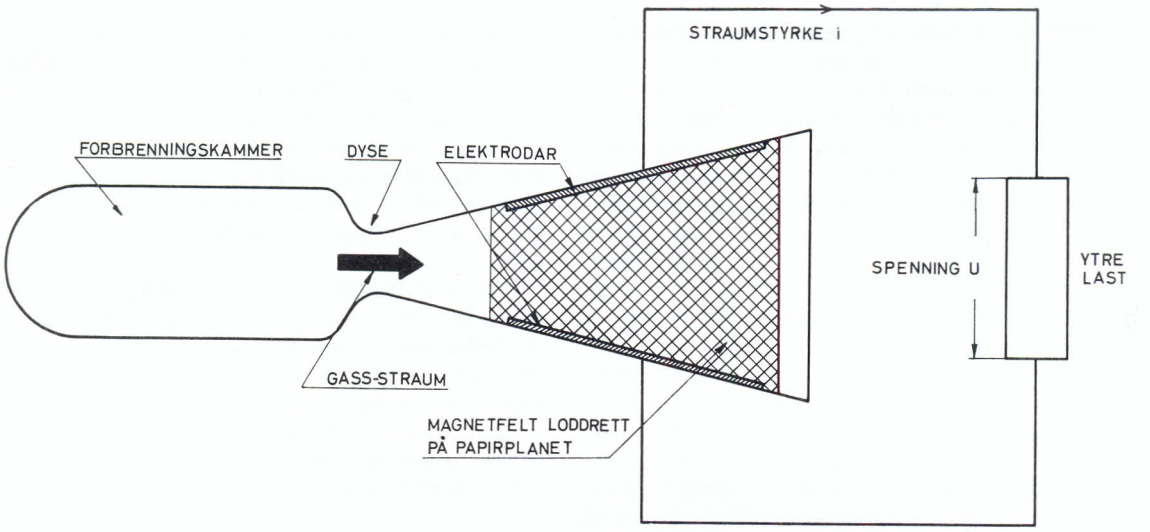
Av formelen går det fram at di varmare dampen er, di større blir verknadsgraden. Dei kraftstasjonar ein bygger idag har difor høgre arbeidstemperatur og trykk enn eldre kraftverk. Verknadsgraden er omlag 30 %. På denne vegen kan ein truleg ikkje klara å nytta ut meir enn maksimalt 40 % av energien i brenselet. Det er difor naturleg at ein har sett seg om etter nye metodar til konvertering av varmeenergi til elektrisk energi. Også for atomkraftverka er dette av grunnleggande betydning, noko som nok har intensivert forskinga på dette feltet.

Det fins fleire metodar til direkte omdanning av varme til elektrisk energi. Vi skal her kort omtala den magnetohydrodynamiske (MHD) generatoren.

I figuren er vist prinsippet for denne generatortypen.

Frå forbrenningskammeret blir dei varme gassane sende ut gjennom ei dyse. Varmeenergien blir delvis overført til kinetisk energi.

Siv.ing. Kjell Budal er høgskolestipendiat ved Fysisk Institutt, Norges tekniske høgskole, Trondheim.



På grunn av den høge temperaturen blir det danna ioner i gassen, slik at han blir elektrisk leiande. Gassen går med stor fart gjennom eit magnetfelt som står vinkelrett på rørsleretninga til gass-straumen. Nøyaktig som i ein vanleg dynamo, der ein metallisk leiar beveger seg vinkelrett på eit magnetfelt, blir det her generert ei elektromotorisk kraft over den leiande gassen. Ein kan tappa ein elektrisk straum frå elektrodane som er plasert på veggen i utstrøymingskanalen.

Ei meir direkte forklåring på konverteringa av varmeenergi til elektrisk energi er som fylgjer:

Når dei positive og negative ionane i gassen kjem inn i magnetfeltet blir dei avbøygt. Det blir ein konsentrasjon av positive ladningar på eine sida av utstrøymingskanalen og negative ladningar på den andre sida, som set opp eit elektrisk felt. Vi veit at det går med energi til å føra positive og negative ladningar frå einannan. Energien til denne ladningsseparasjonen blir tatt frå den kinetiske energien til ionane, som blir retardert i det elektriske feltet. Varmeenergien er konvertert til elektrisk energi.

Straumstyrken som generatoren leverer er gitt ved:

$$i = (vH - U)\sigma$$

der v er farten til ionane, H er den magnetiske feltstyrken, U er spenninga over lastmotstanden og σ den elektriske leidningsevna til gassen.

Ved ein av dei første eksperimentelle oppstillingar arbeidde ein med σ: 0,5–1,5 $\Omega^{-1}\,\mathrm{cm}^{-1}$, $H = 14$ kG og oppnådde ein straumstyrke $i = 400$ A og ei spenning $U = 25$V som gir ein effekt på 10 kW. Storleiken på utstrøymingskanalen var 2,5 × 7,5 × 50 cm.

Energien som kan bli trekt ut av ein gasstraum er direkte proporsjonal med leidningsevna σ. Eit hovudproblem er difor å gjera gassen godt leiande. Nå vil leidningsevna til gassen vera ein funksjon av ioniseringsgraden α (brøkdelen av partiklar som er ioniserte). Samanhengen er gitt ved formelen:

$$\sigma = \frac{1}{2}\frac{e^2}{m\bar{c}}\frac{\alpha}{Q_0 + \alpha Q_i}$$

der e, m og $\bar{c}$ er ladning, masse og middel-fart til elektronet og Q_0, Q_i er støyttversnittet for elektroner med nøytralpartiklar og ionar. Q_i er typisk nokre tusen ganger større enn Q_0, slik at når α er ca. 10^{-3} vil σ ha nære på sitt maksimale verde. Ved ein ioniseringsgrad på 0.1 % vil altså ein gass ha omlag like stor leidningsevne som når han er fullstendig ionisert. Leidningsevna vil då vera av storleiksorden ein milliondel av leidningsevna til kopar ved romtemperatur.

Nå er ioniseringsgraden sterkt avhengig av temperaturen. Men skulle ein oppnå ei rimeleg leidningsevne ved berre å varma opp gassen måtte ein opp i temperaturar på ti-tusener grader. Slike høge temperaturar ville nok snøgt brenna opp heile generatoren. Nå har ein funne på å tilsetja gassen små mengder (ca. 1 %) av materialer som lett blir ioniserte, slik som Cesium eller Kalium. Dette forbetrar dei elektriske eigenskapane til gassen radikalt. Ein kan då koma ned i ein arbeidstemperatur på 3000–2500 °K. Under 2000 °K blir gassen praktisk ein isolator.

3000 °K er endå ein svært høg temperatur og for berre nokre år sidan hadde ein ikkje noko material som kunne tåla ei slik varmepåkjenning. Men i dei seinare åra har det vore ein sterk framgang i utviklinga av varmefaste material og det er dette som har gitt støyten til fornya interesse for det magnetohydrodynamiske prinsippet. Det er idag fleire grupper som driv forskning på dette feltet.

Dei forsøksanlegga som har vore i drift hittil har berre kunna arbeida frå nokre få sekund til maksimalt ein time. Det er m. a. rapportert at ein 10 kW generator har funksjonert i 50 minutt. Nytteeffekter på 200 kW i nokre sekund er oppnådd. Det er materialet i utstrøymingskanalen og elektrodane som ikkje tålar påkjenninga av den høge temperaturen.

Dei resultata ein har nådd hittil gir grunn til å tru at kommersielle MHD-generatorar før eller seinare blir utvikla. Ein er av den meining at MHD-generatoren først blir konkurransedyktig for effektar av storleiksorden 100 MW. Sjølve generatoren vil ha ein verknadsgrad på ca. 25 %. Men gassen som strøymer ut av kanalen har ein temperatur på ca. 2000 °K og inneheld endå mykje energi som enten kan nyttast til å driva ei konvensjonell varmekraftmaskin, eller ein kan bygga eit lukka syklisk system der gassen blir brukt om att og om att. Ein reknar då med å kunna oppnå ein total verknadsgrad på omlag 60 %. Dette vil vera eit stort framsteg samanlikna med ein verknadsgrad på 40 % som er det ein maksimalt kan rekna med å oppnå med vanlege varmekraftverk.

Ein stor føremun med MHD-generatoren er at han tar liten plass og vil kanskje vega storleiksordenar mindre enn ein vanleg generator av tilsvarande effekt. Han har dessutan ingen bevegelege deler.

Den vidare utviklinga av MHD-generatoren vil henga nøye saman med framgangen innan høgtemperatur-teknologien.

Litteratur:

New Scientist, 24. september 1959.
New Scientist, 1. februar, 1962.
Nucleonik, *4*, 58 (1962).
Science and Technology, mars 1962.
J. Kaye og *J. A. Welsh*: Direct conversion of Heat to Electricity, (London: *J. Wiley*).

AHA-spalten*

Problem 1.

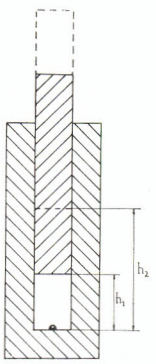
Romfareren Per Aspera sitter i sitt romskip på vei til månen. Det er nymåne, rakettene er slukket, og romskipet befinner seg i skyggen av jorden. Det er derfor så mørkt inne i trykkkabinen at han ikke kan se å lese «Fra Fysikkens Verden». Per tenner glødelampen på instrumentbordet, men på grunn av vektløsheten lyser lampen bare ganske svakt. Heldigvis finner Per en lysestump i lommen. Den tenner han, og kan nå fornøyd fortsette sin lesning.

Er det noen feil i denne beretning?

Problem 2.

En vanndråpe befinner seg på bunnen av en varmeisolert messingsylinder. Et tettsluttende, varmeisolerende og friksjonsfritt stempel befinner seg i en likevektshøyde h_1 over bunnen. Stemplet tildeles et kraftig slag, hvoretter det (p. g. a. en konstruksjonsfeil) kiler seg fast i en høyde h_2 over bunnen. Hva kan ha skjedd med vanndråpen? Diskuter tilfellene:

a) $h_2 << h_1$
b) $h_2 = h_1$
c) $h_2 >> h_1$



Løsningene sendes «Fra Fysikkens Verden»s redaksjon, Fysisk Institutt, N.T.H., Trondheim. Konvolutten bes merket: «Problem». Løsningene kommer i neste nummer.

* Alle Hjerner i Aksjon!

Det Nordisk-Nederlandske akseleratorfysikk-symposium

Johannes M. Hansteen

Foreleserne French (bakerst), Brown og Blair (i forgrunnen). (Foto: Odd Wormnes).

Et symposium for lavenergi kjernefysikk ble avholdt på Golå Høyfjellshotell i tiden 18.–24. mars i år. Vi har bedt cand. real. Hansteen om å gi et referat fra symposiet.

Erfaringen har vist at de store internasjonale konferanser i kjernefysikk ofte har et så betydelig deltagerantall at det er meget vanskelig, om ikke ugjørlig, for det store flertall av alminnelige delegerte å gjøre seg og sine synspunkter gjeldende. Adgangen til personlige diskusjoner om spesielle spørsmål blir sterkt begrenset eller aldeles borte. Dette fører uvegerlig til at det faglige utbytte av en slik konferanse for manges vedkommende blir mindre enn det kunne ha vært under andre og gunstigere omstendigheter.

Det var forhold av denne art som førte til at det første Nordisk-Nederlandske akseleratorfysikk-symposium ble avholdt i august 1959 i Fiskebäckskil i Sverige med deltagere fra laboratorier i Danmark, Finnland, Nederland, Norge og Sverige. Innen disse nevnte deltagernasjoner har man basert meget av den eksperimentelle kjernefysiske forskning på lavenergetiske partikkelakseleratorer. (Med lave energier vil vi i denne forbindelse mene partikkelenergier fra ca. 200 MeV og nedover). Det var derfor meget rimelig, også av geografiske grunner, at representanter for disse land kom sammen for å drøfte spørsmål av felles interesse innen den lavenergetiske kjernefysikk både fra eksperimentell og teoretisk synsvinkel, og for å bli belært av innkalte spesialister.

Den drivende kraft bak symposiet i Fiskebäckskil var Dosent Ingmar Bergström fra Nobel-Institutet i Stockholm. Dette symposium ble så vellykket i alle henseender at det på stedet ble vedtatt at en ny samling skulle finne sted om ca. to år, og det falt på Norge å påta seg dette arrangement. Det var realiseringen av denne beslutning som fant sted på Golå Høyfjellshotell i tiden 18.–24. mars 1962.

Det er ugjørlig i en fremstilling som denne å få med alt av betydning som ble sagt i løpet av de seks dager konferansen varte; det ville fullstendig sprenge rammen for en artikkel i dette tidsskrift. Et utvalg må nødvendigvis foretas. Den følgende fremstilling vil derfor få et preg av «conference summary», en sammentrengt og subjektiv oppsummering av konferansens resultater.

Det var fem spesielt inviterte foredragsholdere. Vi vil prøve å antyde hovedlinjene i deres forelesninger.

1. *Professor G. E. Brown*, Nordita, København.

Emnet for professor Browns forelesninger var «Om Kjernemodeller.» Det kan uten overdrivelse sies at denne serie var av den største interesse for samtlige konferansedeltagere, uansett hvilket problem innen lavenergetisk kjernefysikk man arbeidet med. Foreleseren tok for seg fire kjernemodeller som alle er sterkt fremme i tiden. Disse fire var: 1) Skallmodellen. 2) Den kollektive kjernemodell.

Cand. real. Johannes M. Hansteen er forskningsstipendiat i fysikk ved Fysisk Institutt, Universitetet på Blindern.

3) Vibrasjonsmodellen. 4) Den optiske modell. — Et fremherskende trekk ved denne forelesningsrekke var det helhetssyn på samtlige kjernemodeller som professor Brown hele tiden sterkt understreket. Han baserte konsekvent sine refleksjoner på den såkalte Hartree-Fock metode, hvor utgangspunktet er at kjernebølgefunksjonen skrives som antisymmetriserte produkter av enkeltpartikkel-bølgefunksjoner. Ut fra dette ble de nevnte kjernemodeller presentert ved anvendelse av spesielle synsmåter i hvert enkelt tilfelle. Således er den enkleste utgave av skallmodellen karakterisert ved at nukleonene beveger seg uavhengig av hverandre i et midlere potensial samtidig med at Pauliprinsippet kreves oppfylt. Den kollektive modell fremkommer ved å bemerke eksistensen av rotasjonsløsninger av Hartree-Fock ligningene for en deformert kjerne.[1] Hva angår de systematiske teoretiske studier av vibrasjonsfenomener i sfæriske kjerner (som f. eks. ^{16}O og ^{40}Ca som begge har dobbelt lukkede nukleonskall), har disse i høy grad vært ledet av professor Brown selv med særdeles oppmuntrende resultater.[2]

Vi understreker igjen at det er ikke ofte man opplever en forelesningsserie som var så inspirerende som denne.

2. *Dr. J. S. Blair*, University of Washington, Seattle, U. S. A., p. t. gjest ved Universitetets Institut for Teoretisk Fysik i København.

Det vil være kjent fra den klassiske optikk at man ved å sende lys inn mot en skyggegiver kan få frem karakteristiske interferensstriper på en hvit skjerm plasert bak dette objekt. Navnene Fresnel og Fraunhofer er knyttet til disse fenomener. Det viser seg at man ved partikkelbombardement av atomkjerner, under forutsetning av at prosjektilets de-Broglie-bølgelengde er liten i forhold til targetkjernens dimesjoner, kan få frem en helt analog Fraunhoferspredning. Dr. Blair har vært blant dem som har utdypet vår forståelse av slike prosesser.[3] Man kan således i sine beregninger innføre et mer konkret bilde av targetkjernen og studere de kollektive eksitasjoner som fremkalles ved uelastisk partikkelspredning. En rekke interessante interpretasjoner av utførte målinger er resultatet av denne behandlingsmåte.

3. *Professor E. B. Paul*, University of Manchester, England.

«Eksperimentell Neutron-fysikk» var titelen på professor Pauls forelesninger. Problemer innen neutronfysikken ble tatt opp på meget bred basis. Både de eksperimentelle hjelpemidler man har til rådighet innen denne forskningsgren og den teoretiske interpretasjon av målinger ble systematisk drøftet. Foredragsserien munnet ut i en gjennomgåelse av de siste resultater oppnådd i Harwell-laboratoriene i England på dette område.

4. *Dr. H. E. Gove*, Chalk River, Canada, p. t. gjest ved Institut for Teoretisk Fysik i København.

For øyeblikket eksisterer ingen eksakt teori for kjernereaksjoner. En slik teori ville forutsette løsningen av kjernemangelegemeproblemet, noe man ennå ikke mestrer. Den såkalte «direct reaction model» antar at en kjernereaksjon skjer i løpet av ett eneste trinn uten dannelse av noen mellomkjerne, «compound nucleus formation». Denne teori har i de senere år hatt adskillig suksess; det samme kan dog også sies om mellomkjerne modellen, «The compound nucleus model». De to modeller synes å representere komplementære aspekter av en og samme kompliserte prosess. Dr. Gove redegjorde i en av sine forelesninger for den aktuelle eksperimentelle situasjon hva angår de direkte reaksjoner. Spesielt var det interessant å merke seg samarbeidet mellom eksperimentatorer og teoretikere når det gjelder anvendelsen av den såkalte «distorted wave Born approximation» på de direkte kjernereaksjoner.[3] Beregningsmessige vanskeligheter er blitt overvunnet og lovende resultater fremkommet. Dette er et felt hvor man sikkert i den nærmeste fremtid kan vente seg mange nye resultater.

Dr. Gove redegjorde i sine andre forelesninger for de nyeste av de store og grundige eksperimentelle arbeider som er utført i Chalk River laboratoriet med studiet av eksiterte tilstander av kjerner i det såkalte s-d skallet. Av andre nærliggende kjerner er spesielt kjernen ^{20}Ne blitt usedvanlig grundig undersøkt, blant annet ved å bombardere ^{12}C med ^{12}C-ioner fra tandemakseleratoren i Chalk River.[4]

5. *Professor J. B. French*, University of Rochester, Rochester, N. Y., U. S. A.

Det var et meget vidt felt professor French dekket i sine forelesninger. Han begynte med å behandle den såkalte iso-spinn formalisme og dens anvendelse ved studiet av forskjellige typer av kjernereaksjoner. Isospinn-begrepet viser seg å ha et større anvendelsesområde enn man for noen tid tilbake var tilbøyelig til å tro

Professoren understreket også betydningen av at man nu var i stand til å utføre detaljerte studier av kjernereaksjoner fremkalt med prosjektiler som ^{3}He og ^{3}H. Det var å anta at de tidligere nevnte direkte kjernereaksjoner ville få økende betydning i den nærmeste fremtid. Et særdeles nytt og interessant aspekt av studiet av de direkte kjerneprosesser er muligheten av eksperimentelt å bestemme det gjennomsnittlige antall nukleoner i et kjerneskall. De målinger som hittil er utført, synes å passe temmelig godt med forutsigelser basert på den såkalte «pairing model»,[5] og det er grunn til å følge denne utvikling med spenning.[6]

Så meget om de regulære forelesere.

Det var imidlertid også enkeltforedrag av andre av konferansens deltagere og dessuten utvalgte bidrag av særlig aktuell interesse fra enkelte av de deltagende laboratorier. Av enkeltforedrag vil vi nøye oss med å omtale ett eneste.

6. *Professor P. M. Endt*, Universitetet i Utrecht, Nederland.

Som et nødvendig og viktig ledd i arbeidet med å akkumulere eksperimentelle data om energinivåer i atomkjerner, inngår studiet av resonansfenomener. Særlig når det gjelder lette kjerner, har eksperimenter av denne art med ladete partikler (protoner, deutroner, α-partikler) funnet meget utstrakt anvendelse. Professor Endt ga en bred oversikt over det arbeide som hittil er utført og de resultater som er oppnådd for de targetelementer for hvilke $20 < A < 40$, hvor A er elementets massetall. Ved instituttet i Utrecht har man samlet, vurdert og publisert oversikter over slike måleresultater fra hele verden.[7] Det var et meget interessant helhetsbilde som utkrystalliserte seg av professor Endts oversiktsforedrag. Det var også interessant å konstatere at målinger utført med Van de Graaff akseleratorer i Norge inntar en ikke uvesentlig plass i den sterkt sammensatte mosaikk dette felt fremviser.

7. Ved Istitutt voor Kernphysisch Onderzoek i Amsterdam har man foretatt observasjoner av de γ-stråler som følger en (α, 4n) reaksjon. Professor P. C. Gugelot rapporterte om de foreløbige resultater av undersøkelsene. Man har bombardert et gadolinium-target med α-partikler med energi lik 52 MeV. Prinsipielt skulle man på denne måten kunne tilføre kjernen opptil hele 25 impulsmomentenheter. Forventningen går ut på at target-kjernen etter kollisjonen er i en eller annen høyt eksitert rotasjonstilstand. Man har hittil (medio mars 1962) observert rotasjonsnivåer med impulsmomenter opp til 12 $\hbar$. Eksperimentene fortsetter.

8. Ved å studere (p, 2p) reaksjoner med protonenergier like under 200 MeV har det vist seg mulig å studere bindingsenergien for protoner i lette kjerner og således direkte verifisere eksistensen av en skallstruktur i disse.[8] Imidlertid synes enkelte ganske nylig utførte eksperimenter å tyde på at mens kjernen ^{7}Li fremviser en tydelig skallstruktur, synes en slik ikke å være tilstede i ^{6}Li.[9, 10]

Dr. G. Tibell fra Gustav Werner Institutet i Uppsala rapporterte om forsøk som pågår for å bekrefte eller avsanne disse resultater for ^{6}Li.

Situasjonen under Golåkonferansen var at ^{6}Li stadig ikke synes å besitte noen skallstruktur. Hvis dette viser seg å være riktig, er det et meget interessant og viktig bidrag til vår forståelse av meget lette kjerners strukturer.

I likhet med andre konferanser og symposier hadde også Golå-møtet en rekke ikke-faglige innslag. Mulighetene for å dyrke skisporten var store, og de fleste konferansedeltagere dyrket denne idrett med iver og ut fra sine individuelle forutsetninger. Det er hevet over tvil at samsamværet i skibakken bidro vesentlig til konferansens uformelle og fruktbringende atmosfære. En gnistrende kald aften ble det arrangert kanefart, noe spesielt de utenlandske gjester satte meget pris på. Det fokloristiske innslag manglet heller ikke. En demonstrasjon av folkemusikkinstrumenter fra Vågå-traktene var sterkt fengslende og vakte stor begeistring hos samtlige. En musikkaften hvor verker av norske komponister ble fremført, avrundet på en fortreffelig måte denne del av arrangementet.

Den norske komite som har æren av det vel gjennomførte Golå-symposium, besto av professor dr. Roald Tangen, forskningsstipendiat Rolf Nordhagen, Ph. D., og universitetslektor cand. real. Svein Messelt. At komiteens medlemmer gjorde en fremragende innsats, vil alle som var tilstede på Golå kunne bevidne. Hverken før eller under konferansen sparte de seg før alle praktiske detaljer var vel i havn.

Det ble på Golå planlagt at neste Nordisk-Nederlandske Akseleratorfysikk-symposium skal avholdes i Finnland. En tradisjon er altså i ferd med å skapes, noe de deltagende fysikere vil konstatere med tilfredshet og forventning.

Til sist må det nevnes at på samme måte som i 1959, var det pengebidrag fra Nordita, Nordisk Institut for Teoretisk Atomfysik, som muliggjorde avholdelsen av symposiet. Firmaene Norsk Hydro A/S og A/S Per Kure ydet også økonomisk støtte.

[1] *D. J. Thouless* og *J. G. Valatin*: Phys. Rev. Letters *5*, (1960) 509.

[2] *G. E. Brown*: Proceedings of The Rutherford Jubilee International Conference, Manchester 1961, p. 232.

[3] *W. Tobocman*: Theory of Direct Nuclear Reactions. Oxford University Press 1961.

[4] *H. E. Gove, A. E. Litherland* og *M. A. Clark*: Proc. of Rutherford Conference, Manchester 1961, p. 799.

[5] *L. S. Kisslinger* og *R. A. Sorensen*: Mat. Fys. Medd. Dan. Vid. Selsk. *32*, no. 9 (1960).

[6] *J. B. French*: Proc. of Rutherford Conference, Manchester 1961, p. 423.

[7] *P. M. Endt* og *J. C. Kluyver*: Rev. Mod. Phys. *2A*, (1954) 95.
P. M. Endt og *C. M. Braams*: Rev. Mod. Phys. *29*, (1957) 683.
P. M. Endt og *C. von der Leun*: kommende oversiktsartikkel i Nuclear Physics.

[8] *H. Tyren, P. Hillman* og *Th. A. J. Maris*: Nucl. Phys. *7*, (1958) 10.

[9] *M. Riou*: Proc. of Rutherford Conference, Manchester 1961, p. 99.

[10] *J. P. Garron, J. C. Jacmart, M. Riou, Ch. Ruhla, J. Teillac* og *K. Strauch*: Phys. Rev. Letters *7*, (1961) 261 og kommende publikasjon i Nuclear Physics av de samme forfattere.

FYSIKERMØTET 1962

Norsk Fysisk Selskap avholder alminnelig fysikermøte den 21. og 22. mai på Kjeller og den 23. mai på Blindern.

Det vil bli gitt ett eller to hovedforedrag ved innbudte foredragsholdere om aktuelle emner, og en rekke kortere spesialforedrag innenfor områder av den eksperimentelle og teoretiske fysikk.

Arrangementskomiteen består av: Dr. Tormod Riste, I.F.A. (formann), Dr. Tor Hagfors, F.F.I., Cand. real. Norman Holt, I.F.A. og Cand. real. Olav Steinsvoll, I.F.A.

Brev fra leserne

Denne spalte er åpen for korte innlegg fra leserne. Redaksjonen håper på denne måte å skape en nærmere kontakt mellom leserne og mellom leserne og redaksjonen.

Herr redaktør!

Fra min barndom erindrer jeg et for husmoren dengang så uunnværlig instrument: vaskebrettet, som imidlertid, med den moderne teknikks inntog, er forsvunnet fra de tusen hjem — bare for å dukke opp igjen — på kjørebanen.

Mange av oss har smertelige erfaringer fra møter med vaskebrettet i denne nye rolle, og for noen forekommer vaskebrettets oppståen på våre veier like gåtefull som den kontinuerlige skapelsesprosess herr Hoyle forfekter. «Et av naturens luner» sier vi kanskje — registrerer fenomenet, og avfinner oss med det — i likhet med Gravitasjonen, Stavangerensemblet og Snørrete Unger. Det bare *er* der rett og slett.

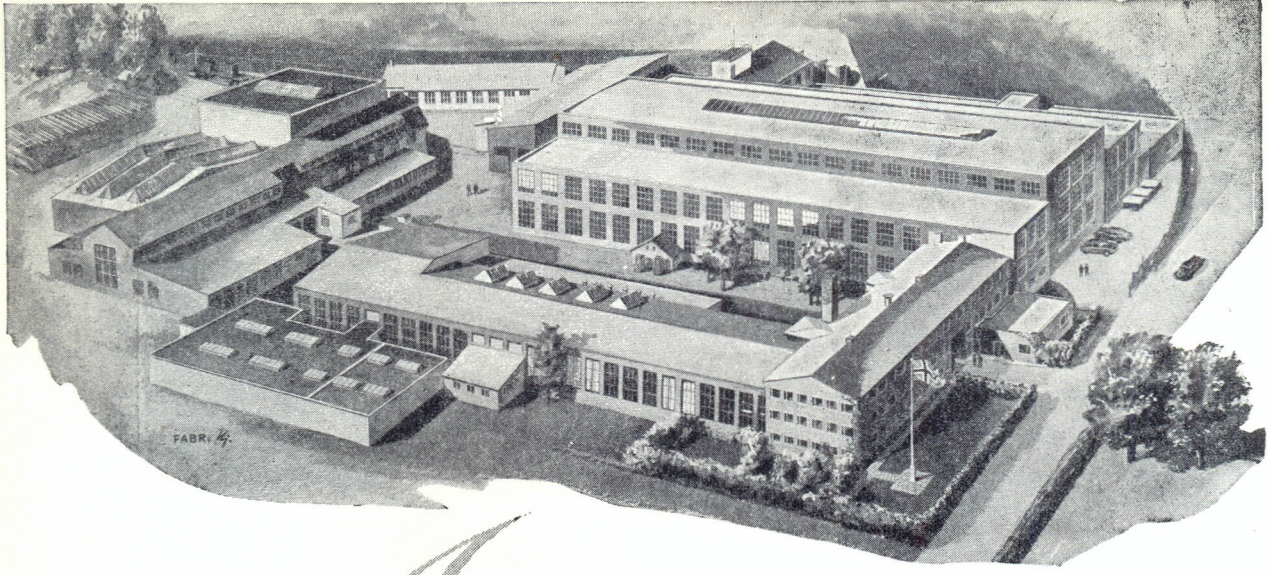
De fleste av leserne er vel for øyeblikket travelt opptatt med å fravriste naturen dens siste hemmeligheter, — skulle dog noen i forbifarten ha løst enkelte av de følgende problemer som jeg, og sikkert også andre, har grublet over, ville det ikke være uten en viss interesse å få høre litt derom.

Altså:

1) Under hvilke forutsetninger opptrer «vaskebrett»?
2) Hvilken rolle spiller veilegemets beskaffenhet?
3) Hvilken rolle spiller kjøretøyenes beskaffenhet?
4) Finnes der noen sammenheng mellom vaskebrettets «bølgelengde» og noen av de parametre som inngår i beskrivelsen av veilegemets og kjøretøyenes egenskaper, og hvordan kan i tilfelle denne sammenheng formuleres?

Trondheim i april 1962

Richard R. Solem



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

Transformatorer — fra de største — store som hus — for de store kraftanlegg, — til de minste fordelings-transformatorer av den typen som man kan se i ledningsstolpene landet over.

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

Mottoet ved all vår produksjon er:

KUN DET BESTE ER GODT NOK

A/S Per Kure

OSLO - BERGEN - HAMAR - KRISTIANSAND S. - LARVIK
STAVANGER - TROMSØ - TRONDHEIM - ÅLESUND

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

Styre: Direktør O. Chr. Böckman
Professor dr. Leiv Harang
Dr. philos. Anders Omholt
Dosent Steingrim Skavlem.

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

Postgirokonto: 88388 **Bankgirokonto:** 36880 – 285

Fra Fysikkens Verden

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

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

Redaksjonskomite: Rektor Finn Berntsen, Sverresborg skole, Trondheim.
Universitetslektor Wilhelm Løchstøer, Universitetet på Blindern.
Dosent Steingrim Skavlem, Universitetet i Bergen.
Dr. techn. Helge Øverås, CERN, Genéve.

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

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

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

Ekspedisjonens adresse: Fysisk Institutt, N. T. H. Trondheim.

Postgirokonto: 10472 **Bankgirokonto** 36545–285

Aktietrykkeriet i Trondhjem