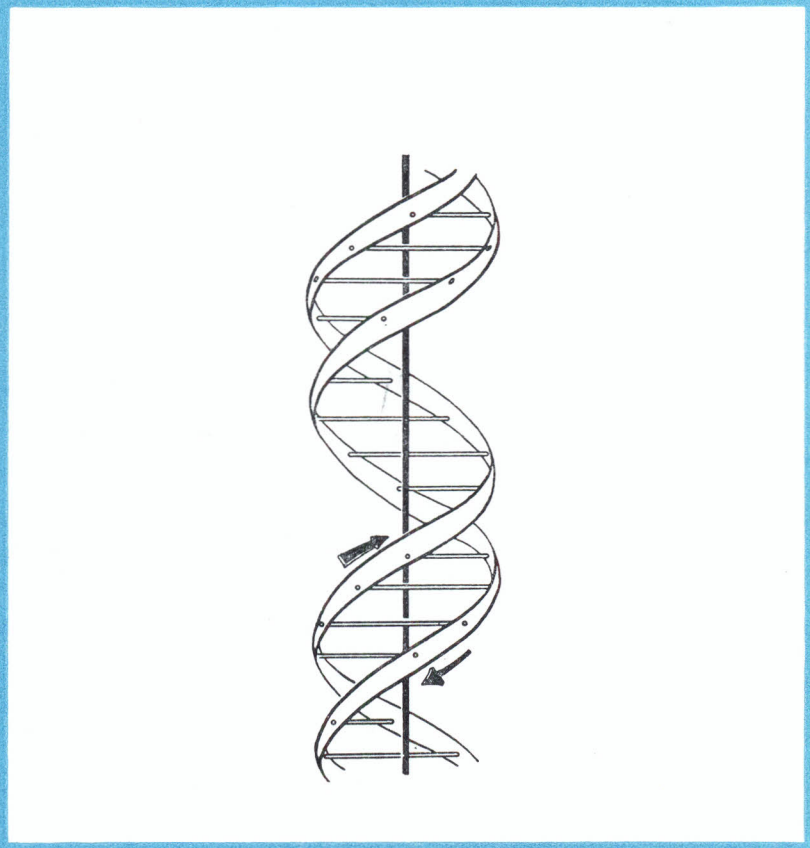
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

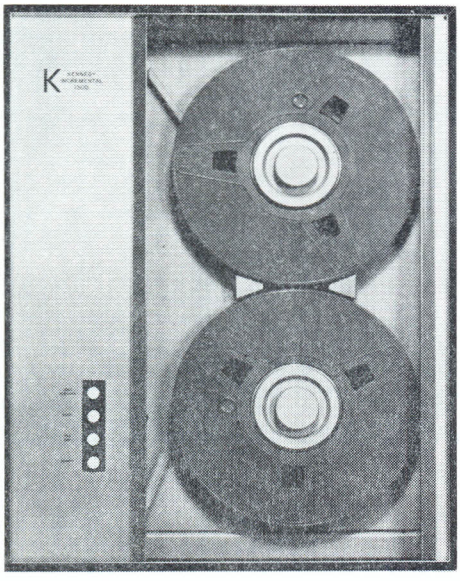
INNHOLD

Molekylær biofysikk	1
Isobarisk spinn og analogtilstander i atomkjernen II	12
Datamaskiner i Cern	16
Bøker	17
Radio-varsling av geofysiske fenomener	23

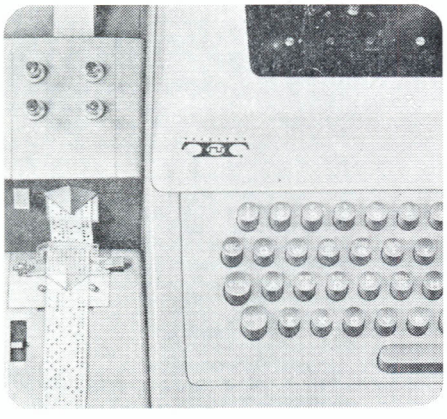


DNA molekylets 3-dimensjonale struktur.
(se side 1)

Nr. 1 - 1968
30. årgang



KENNEDY Incremental Magnetic Tape Recorders leveres til de fleste større forbrukere av slike recordere. **KENNEDY** — det største spesialfirma for Incremental Recorders gir ett års garanti og recorderne kan fåes i en rekke modeller/versjoner på akseptable leveringstider. Mer enn 1000 maskiner er i daglig bruk over hele verden.



TELETYPE — den rimelige utlesningsenhet for computere, dataloggere, «on-line» tilknytning samt kommunikasjon. Stor fleksibilitet og punch/leser og skriver kan leveres som en enhet.
Vi leverer nå både 33 og 35 modeller og kan gi **full service.**

RØDLAND & RELLSMO A.S.
Forskningsinstrumenter

ADR.: LØRENVN. 6, OSLO 5
TLF.: 22 55 89
TELEGRAMADRESSE: DAVINOR

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 1 - 1968

Redaktør: HAAKON OLSEN

30. årgang

Molekylær biofysikk

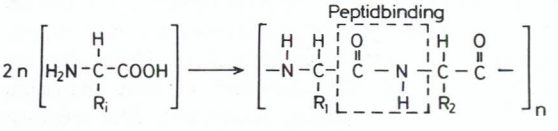
Thormod Henriksen

Den historiske utvikling av naturvitenskapen har ført til at vi deler den inn i fagområder som fysikk, kjemi, biologi og medisin. Denne inndeling har kanskje vært uheldig når det gjelder å oppnå ny erkjennelse og skape fruktbare forskningsmiljø på grenseområdene mellom disse fag. Biofysikk er nettopp et fagområde som ligger på grensen mellom fysikk, kjemi, biologi og medisin og det er et fag hvor det for tiden foregår en rivende og fascinerende utvikling. Det er vanskelig å gi noen klar definisjon av dette faget og det er noe nær umulig å ramse opp de forskningsprosjekter som det rommer. Vi skal derfor i det følgende begrense oss og forsøke å se litt på den delen av biofysikken som kan kalles molekylær biofysikk.

La oss som utgangspunkt ta for oss kreftsykdommene. Populært kan vi si at kreft er celler som har mistet evnen til å kontrollere sin vekst og deling. Hvis vi, f. eks. får et sår på en finger eller fjerner en del av leveren på en rotte, vil det straks settes igang en vekst av nye celler. Når veksten når et bestemt punkt vil en kontrollinstans få den til å stoppe opp. På samme måte vil normale celler som vokser i en glasskål stoppes i veksten når de har nådd et encellelag. På dette punkt vil kreftceller skille seg ut idet de bare vokser videre uten kontroll, det ene cellelag på det andre. Hvis enkle lever- og nyre-celler befinner seg i en suspensjon vil celler av samme type etter en tid klumpe seg sammen og danne en liten «lever» og «nyre». Dette må bety at cellene kjenner hverandre og vet hvem de hører sammen med. En kunne være fristet til å foreslå at det på celleoverflaten satt en liten demon som holdt utkikk og som kunne gi beskjed videre. Hvis kerftceller tilføres denne suspensjon så vil de blande seg med andre cellelag. Dette er en kjedelig egenskap hos kreftcellene og er en av årsakene til sykdommens alvorlige karakter. Hva er det så som kontrollerer cellenes vekst og egenskaper? Svaret på dette spørsmål vil nok måtte utstå ennå en rekke år, men det er en utbredt oppfatning at nukleinsyrene og enzymene danner grunnlaget for cellenes kontrollapparat. Det er derfor av sentral interesse også for en biofysiker å studere disse makromolekylenes struktur, egenskaper og ikke minst nydannelse. Vi skal i det følgende se litt nærmere på disse molekylslagene og forsøke å peke på problemer som er av biofysisk interesse.

Proteiner (enzymer).

Det var tidlig i dette århundre at Emil Fischer viste at proteinene og dermed enzymene er bygget opp av aminosyrer som



R_i = sidegruppe

2 n angir en sum av aminosyrer

Fig. 1. En skjematisk fremstilling av en peptidkjede. Det er ca. 20 forskjellige sidegrupper R_i.

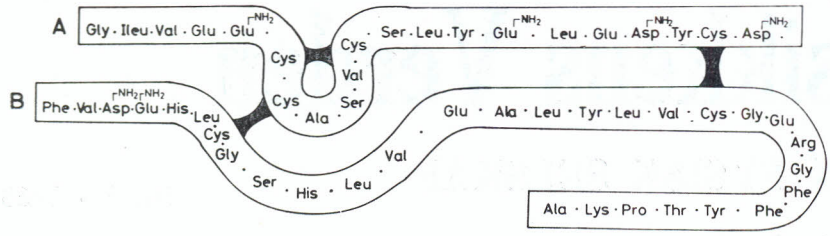


Fig. 2.
Insulinmolekylets primærstruktur. De enkelte aminosyrer skrives ved 3 bokstaver slik at gly er glycine, ala er alanin osv. De svarte broene er disulfidbindinger som knytter sammen to cystein molekyler.

er hektet sammen gjennom peptidbindinger. Nøkkelen til forståelsen av enzymenes mange oppgaver ligger i deres oppbygning og struktur. Som utgangspunkt har vi ca. 20 forskjellige byggestener og disse er hektet sammen til lange kjeder som vist i Fig. 1. En peptidbinding oppstår når karboksylgruppen (COOH) i den ene aminosyren bindes til aminogruppen (NH_2) i den andre med avspaltning av vann. De enkelte aminosyrene inneholder et asymmetrisk carbonatom. Dette betyr at de vil dreie planpolarisert lys, og av en eller annen grunn har naturen foretrukket venstredreiende aminosyrer til å bygge opp proteiner.

Det som skiller de enkelte byggestener er sidegruppen R_i. Den kan variere fra et enkelt hydrogenatom som i glycin til forholdsvis store grupper som f. eks. i tryptofan. Antallet og rekkefølgen av amonisyrer i et protein blir gjerne etter Linderstrøm-Lang kalt proteinets primære struktur. For omkring 10–12 år tilbake lyktes det Sanger og hans medarbeidere i Cambridge å bestemme amonisyresekvensen i insulinmolekylet som er et av de minste proteiner vi har. Det todimensjonale molekyl de kom frem til (Fig. 2) består av 51 aminosyrerester i to forskjellige polypeptidkjeder som er bundet sammen ved disulfidbindinger. Dette arbeid lyktes først og fremst fordi de benyttet seg av et par nøkkelmetoder som papirkromatografi og kjemiske forbindelser som selektivt bindes til bestemte steder på peptidkjeden. Teknikken består i å bryte ned molekylet i mindre enheter og derved kan aminosyresekvensen i disse bestemmes med ganske stor sikkerhet. En ender altså opp med et puslespill hvor oppgaven består i å sette de små deler av polypeptidkjeden på rett plass. Sangers banebrytende arbeid er etterfulgt av flere andre og idag kjenner vi den primære struktur for en rekke proteiner. Det største protein hvor vi kjenner aminosyrerekkefølgen er chymotrypsinogen. Dette enzym er bygget opp av 246 aminosyrer og en regner med at arbeid som er nedlagt for å bestemme molekylets primære struktur tilsvarer ca. 15 årsverk. Når vi derfor tenker på den store mengde proteiner som eksisterer i naturen, må vi innrømme at det fortsatt er meget arbeid som gjenstår for morgendagens forskere.

Bestemmelsen av aminosyresekvensen i proteinene er først og fremst kjemikerens oppgave og det gir flate todimensjonale molekyler. For å komme frem til et molekyl som strekker seg ut i den tredje dimensjon, må vi se på de krefter som virker i molekylet. I første omgang vil vi kikke på selve peptidbindingen, fordi den danner nøkkelen til

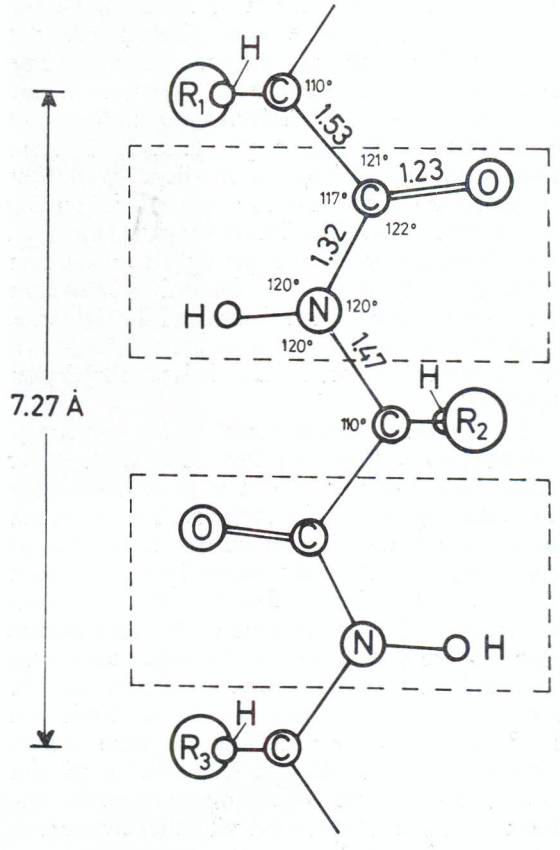


Fig. 3. Peptidkjedens struktur. De ulike båndlengder er gitt i Å. De strekede rektangler angir de plane peptidgruppene.

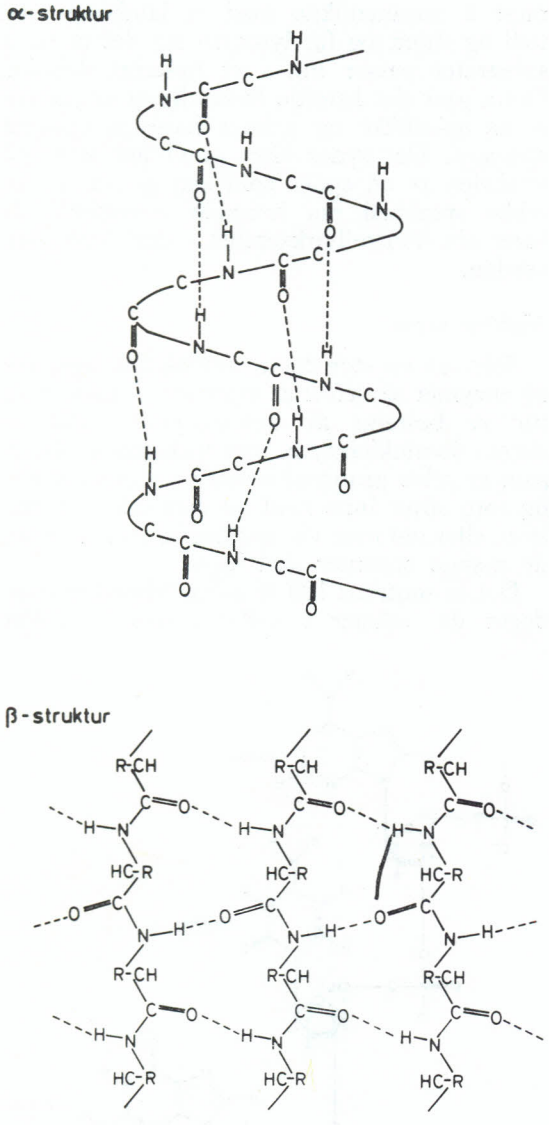


Fig. 4. En skjematisk fremstilling av proteinenes sekundære struktur.

proteinets struktur. På den eksperimentelle side har vi Pauling og Corey's røntgendiffraksjonsstudier og på den teoretiske front kan stille opp med bindingsteori som er en anvendelse av kvanteteorien innenfor organisk kjemi. Det bilde vi kommer frem til er vist i Fig. 3. Selve peptidgruppene er plane og de er hengslet sammen gjennom aminosyrenes asymmetriske carbonatomer. Når det gjelder elektronstrukturen i proteinene kan vi slå fast at de enkelte byggestener, på fire unntagelser nær (fenylanin, tryptofan, tyrosin og histidin), er mettede og inneholder ikke delokaliserte π-elektroner. Selve peptidgruppen derimot vil inneholde delokaliserte elektroner. Således vil carbonatomets fjerde valenselektron være i en 2 p bane loddrett på peptidplanet. Videre fåes et π-elektron fra oksygen og to fra nitrogen (de to siste er et såkalt «lone-pair»). Dette betyr at peptidgruppene sammen med fire av aminosyrenes sidegrupper danner små øyer av bevegelige π-elektroner i et ellers mettet system.

Det faktum at det er full rotasjonsmulighet om det asymmetriske carbonatom fører til at peptidkjedene er foldet. Denne folding kalles proteinets sekundære struktur. Pauling og Corey studerte peptidkjedenes struktur og benyttet seg av syntetiske polypeptider hvor alle sidegruppene er like og hvor mange av de komplikasjoner som forekommer for vanlige proteinmolekyler er eliminert. De fant to forskjellige typer av røntgendiffraksjonsbilder, og dette har ført til at en deler polypeptidene inn i en α- og en β-struktur. β-strukturen som er den enkleste består av parallelle polypeptidkjeder holdt sammen av hydrogenbindinger (Fig. 4). Strukturen danner et flak som kan være foldet omtrent som en trekkspillbelg.

I α-strukturen er peptidkjeden foldet som en korketrekker og danner det vi kaller en helix (Fig. 4). Hvis vi tar hensyn til at peptidgruppen er plan og at hydrogenbindingene stort sett er lineære med en oksygen-nitrogen avstand på ca. 2.8 Å så er det bare et par mulige helixtyper. Således fant Pauling og Corey at det var mulig å tilfredsstille de ulike krav med en helix hvor det var 3,7 aminosyrerester pr. omdreining og en hvor det var 5,1 aminosyrerester. Senere har det vist seg at bare den første av disse, den såkalte α-helix eksisterer. Den har en stigning eller gjengehøyde på 5,4 Å. I α-strukturen går hydrogenbindingene parallelt med selve helixen og knytter sammen aminosyrerester innenfor samme peptidkjede (se Fig. 4). Det er med andre ord en intrakjedebinding. Det kan nevnes at disse hydrogenbindingene, som knytter sammen de ovenfor nevnte øyer av delokaliserte π-elektroner, har ført til heftige diskusjoner om elektronledning i proteinene. Således har en forsøkt å forklare proteinenes halvlederegenskaper ved ledningsbånd bestående av hydrogenbindinger og peptidgrupper.

Peptidkjedenes superfolding i rommet danner grunnlaget for proteinenes tertiære struktur. Denne struktur holdes sammen av hydrogenbindinger, disulfidbindinger, hydrofobiske

bindinger, elektrostatiske krefter mellom positivt og negativt ladede grupper og van der Waals krefter. Det er i første rekke røntgendiffraksjonsstudier som har ført til kjennskap om proteinenes tertiære struktur. Allerede for omkring 30 år tilbake kunne Bernal i Cambridge vise de første røntgendiffraksjonsbilder av proteiner. Disse var imidlertid så kompliserte at han fikk lite ut av dem. Det hele tok en ny vending i 1953 da østerrikeren Perütz, som forøvrig er elev av Bernal, fant på å bygge tyngre atomer inn i proteinet. Dette åpnet muligheter til å benytte metoden med isomorf erstatning i Fouriersyntesen, og det er unødvendig å peke på den suksess som Kendrew og Perütz har hatt når det gjelder å forklare den tertiære struktur av henholdsvis myoglobin og hemoglobin. Det første bilde Kendrew viste av myoglobin hadde en oppløsning på 6 Å og polypeptidkjedene viste seg bare i form av staver hvis rommelige orientering var fastlagt. For å komme frem til denne modell hadde de beregnet og plottet elektrontetthetskart for 16 parallelle plan gjennom enhetscellen. Etter denne vellykkede innledning startet Kendrew og medarbeidere eksperimenter for å få en mer detaljert beskrivelse av molekylet. Da de endelig kom frem til en modell med 2 Å oppløsning viste det seg at de stive peptidstavene i 6 Å modellen løste seg opp til α-helixer med de dimensjoner Pauling tidligere hadde kommet frem til.

Røntgendiffraksjonsstudier av den type Perütz startet opp er ikke stort mer enn 10 år gamle. Året 1967 betegner i grunnen et gjennombruddsår fordi det nå publiseres en rekke arbeider som med stor oppløselighet gir oss strukturen av en rekke proteiner som ribonuklease, α-chymotrypsin, papain, cytochrome C, lactoglobulin og andre. Dette er enzymer som styrer noen av de prosesser som foregår i cellene. I et interessant arbeid har Perütz og medarbeidere vist at hemoglobin-molekylet forandrer form når det opptar surstoff som det fører ut til cellene. De kan vise at de to β-peptidkjeder i den reduserte form har beveget seg fra hverandre og dermed øker avstanden mellom deres 2 heme grupper med ca. 7 Å.

For enzymet lysozym kjenner vi idag den primære struktur og også den relative posisjon av omtrent 95 % av atomene med 0.3 Å nøyaktighet. Noen helt ferske eksperimenter gir grunnlag for å tro at en ved denne metode kan studere hvordan molekylet vekselvirker med sitt substrat. Makromolekylene blir nærmest å sammenlikne med et landskap med fjell og daler, og for lysozym ser det ut til at substratet passer inn i et bestemt dalsøkk. Dette gjør det kanskje forståelig at enzymene er så spesifikke og utfører bare en bestemt oppgave. Det synes klart at vi her står ved terskelen av en epoke som kan gi svar på en rekke spørsmål om hvordan enzymene utfører sin kontrollvirksomhet i den biologiske verden.

Nukleinsyrene.

Selv om en stor del av stoffskiftet reguleres av enzymer så vet vi at syntesen av disse i sin tur er bestemt av nukleinsyrene. Det er desoxyribonukleinsyre, som forkortes til DNA som er selve grunnsubstansen i kromosomene og som sitter inne med all genetisk informasjon, eller om man vil, oppskriften for hvordan de mange enzymer skal lages.

Det er omtrent 100 år siden Miescher oppdaget de enheter i cellene, som vi kaller

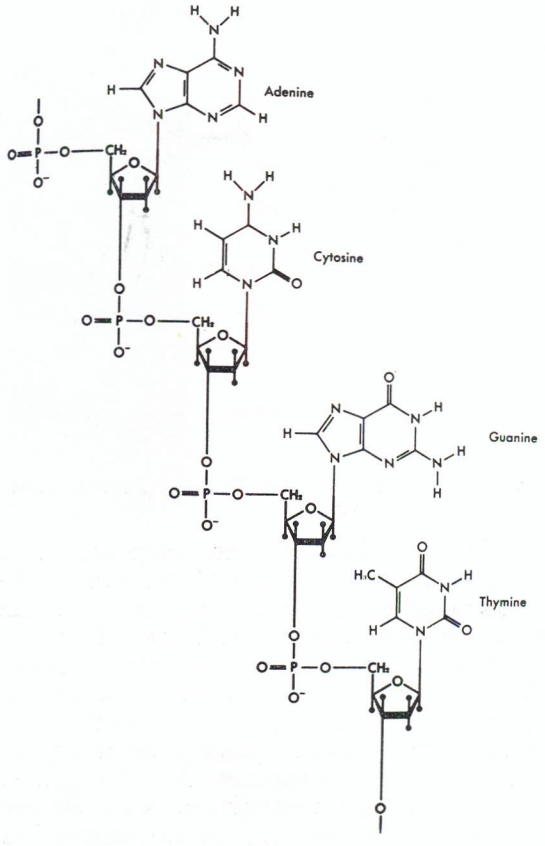


Fig. 5. DNA molekylets 6 byggestener. (Tatt fra The Molecular Biology of the Gene. J. D. Watson, Benjamin Inc., New York, 1965).

nukleinsyrene og det er likeledes omkring 100 år siden Gregor Mendel publiserte sine epokegjørende arbeider i genetikk. Idag kjenner vi sammenhengen mellom disse oppdagelser og vet at DNA ganske enkelt er det molekyl vi tidligere gav det betydningsfulle navn «arvemolekylet». Denne erkjennelse er forsåvidt av ny dato og stammer fra arbeider av Griffith og Avery. I 1928 viste Griffith at hvis normale pneumokokker fikk et ekstrakt fra døde, virulente celler så ville de «arve» den virulente karakter. Dette måtte bety at det i ekstrakten var en type molekyler som var avgjørende. Det var Avery og medarbeidere som i 1944 viste at dette molekyl var DNA. Dette kom nærmest som et sjokk for en rekke forskere i feltet, fordi de ikke kunne forstå hvordan DNA molekylet kunne sitte inne med all den informasjon som et arvemolekyl nødvendigvis måtte ha. Imidlertid satte disse oppdagelser fart i studiet av nukleinsyrenes oppbygging og struktur.

På samme måte som proteinene er nukleinsyrene bygget opp av en rekke mindre molekyler. Antall byggestener er imidlertid redusert fra 20 til 6 og to av dem (sukker og fosfat) er bare med for å danne selve rammeverket i molekylet. Det er de fire basene, adenin (A), cytosin (C), guanin (G) og thymin (T) som er de essensielle byggestener og som utgjør det genetiske alfabet (se Fig. 5). Chargaff gjorde i 1951 den viktige oppdagelse at det i et DNA molekyl var like meget adenin som thymin og like meget cytosin som guanin. Dette tydet på at det var en sammenheng mellom basene og at adenin og thymin dannet et par, mens guanin og cytosin dannet et annet. For å komme frem til den tredimensjonale struktur av nukleinsyrene var det igjen røntgendiffraksjon som var metoden. Et verdifullt bidrag fikk vi her fra Sven Furberg, nå professor ved Universitetet i Oslo, som i noen arbeider fra 1950 til 1952 fremsatte et par modeller for DNA molekylet. I den ene av disse modeller foreslo han at molekylet hadde form av en korketrekker. Radius var ca. 10 Å og de plane basene var orientert loddrett på aksen i helixen. Avstanden mellom basene var 3,4 Å.

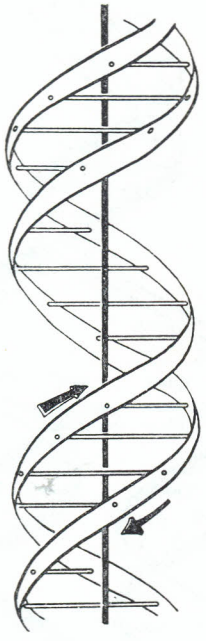


Fig. 6. Den 3-dimensjonale struktur av DNA molekylet. Sukker og fosfat danner sidekantene og to og to baser danner trinnene i denne «vindeltrappen». (Tatt fra Quantum Biochemistry, B. Pullman and A. Pullman, Interscience Publishers, New York, 1963).

Både Chargaff's og Furberg's arbeider har sikkert spilt en stor rolle for Wilkins og for Watson og Crick, da de i 1953 kom frem til den endelige struktur av DNA molekylet. Som vist i Fig. 6 antar vi at DNA molekylet er satt sammen av to helixer. Det kan sammenliknes med en vindel-trapp der sukker og fosfat danner sidekantene og to og to baser danner trinnene. Det var Watson og Crick som fant frem til at de to basene i et par var bundet sammen med hydrogenbindinger. Basert på Chargaff's oppdagelse er det naturlig å gjette at adenin er knyttet til thymin og guanin til cytosin.

Vi kan også ved mer teoretisk pregede betraktninger komme frem til basekoplingen, eller baseparingen i DNA. For det første har dobbelthelixen en diameter på 20 Å og siden vi har to «lange» og to «korte» baser (de to purinbasene A og G er lange) tilsier de fysiske dimensjoner at en kopler sammen en av hver type. Dette reduserer antall koplingsmuligheter til 4. Det neste krav er knyttet til mulighetene for å danne hydrogenbindinger. En hydrogenbinding er jo i all enkelhet et proton delt mellom to par av elektroner. Dette er de såkalte «lone-pair» som en kan finne hos nitrogen og oksygen atomene i de fire basene. I Fig. 7 A er vist de 4 basene med de aktuelle «lone-pair» elektroner og protoner som kan ta del i hydrogenbindinger. Når vi derfor tar hensyn til hydrogenbindingene har vi kun de to muligheter at adenin koples til thymin og guanin til cytosin.

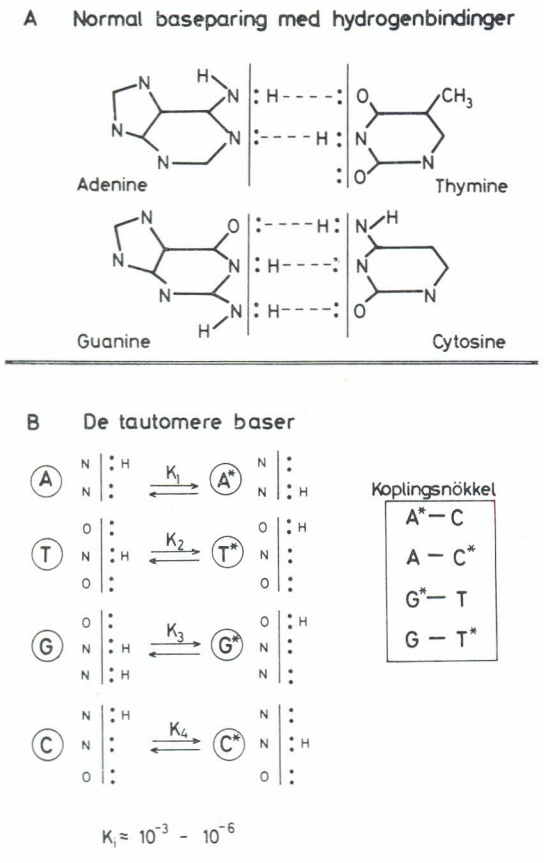


Fig. 7. DNA basene og deres muligheter for å danne hydrogenbindinger. De enkelte protoner og lone-pair elektroner er spesielt fremhevet. Basene forekommer i to former som vist i B. Forandringen består i at aminogrupper går over i iminogrupper og ketogrupper til enolgrupper. Dette innebærer at et proton forandrer plass og dermed vil også koplingsmulighetene endres.

Som antydet rent skjematisk i Fig. 7 B kan hver base forekomme i to former som adskiller seg fra hinannen ved at et proton har forandret plass. Likevektskonstanten for denne basetautomeri er ikke tilstrekkelig kjent, men er sannsynligvis i området 10^{-3} til 10^{-6}. Det som i denne sammenheng er av interesse er at de tautomere baser har andre muligheter for å danne hydrogenbindinger, og baseparingen vil endres straks en fører inn en eller flere av de tautomere former. Selve koplingsnøkkelen for de mer sjeldne former av basene er gitt i Fig. 7 B.

Det DNA molekyl vi har kommet frem til er selve bæreren av det genetiske budskap. Det er antall og rekkefølgen av baser langs molekylet som er avgjørende. Siden et middels stort gen inneholder ca. 1500 basepar (molekylvekt ca. 10^6) er det mulighet for 4^{1500} permutasjoner av de fire bokstavene A, T, G, C i det genetiske alfabet.

Nydannelse av DNA og mutasjoner.

Før en celle deler seg må det foregå en nydannelse av de viktige molekylslag i cellen. I og med Watson-Crick modellen kunne en straks foreslå en enkel måte for DNA duplisering. De to halvdeler av DNA molekylet kan betraktes som et fotografisk positiv og negativ. Det eneste vi må tenke oss er å bryte hydrogenbindingene og derved vil hver halvdel kunne virke som en «støpeform» slik at hver av de to DNA trådene gir et fullstendig molekyl med samme baseparsekvens som det opprinnelige. Dette er i prinsippet en enkel modell, men de finere detaljer i dupliseringsmekanismen byr på mange problemer og det er de siste ti år blitt fremsatt en rekke modeller. I de fleste av disse modeller antar en

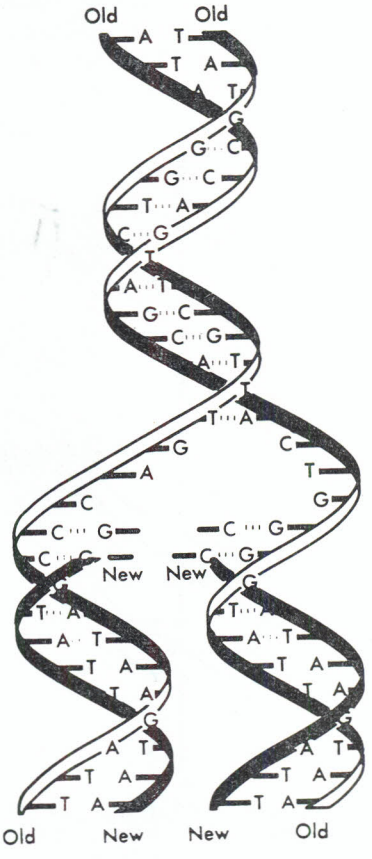


Fig. 8. Skjematisk fremstilling av DNA duplisering (Tatt fra The Molecular Biology of the Gene, J. D. Watson, Benjamin Inc., New York, 1965).

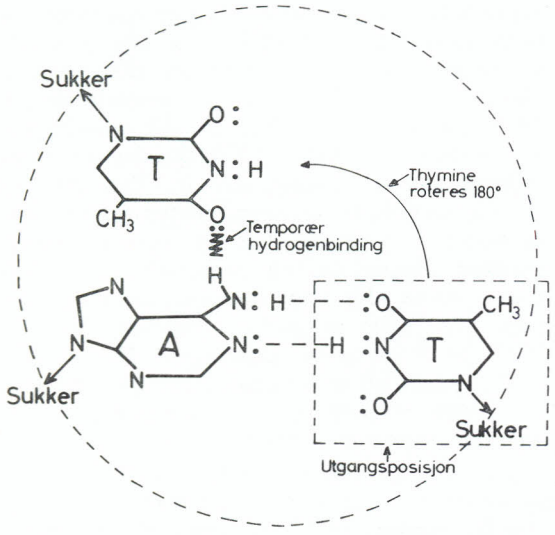


Fig. 9. Dupliseringsplanet. En tenker seg et plan loddrett på helix-aksen som inneholder de gamle og som gir plass for de nye basene. Molekylets sidekanter (sukker-fosfat kjeden) er lokalisert ved den stiplede sirkelen. (Delvis omtegnet fra Quantum Geneties and the Aperiodic Solid av P. O. Løwdin i Advances in Quantum Chemistry Volume 2, Academic Press, New York, 1965).

at det foregår en nydannelse parallelt med oppsplittingen av den opprinnelige dobbelthelix fordi det ville fordre alt for meget energi å bryte alle hydrogenbindingene samtidig. Den modell som idag er mest i skuddet er den såkalte Y-modell som er foreslått av Delbrück og Stent (Fig. 8). Åpningen av dobbelt-helixen skjer som for en glidelås og samtidig dannes nye DNA tråder i forgreningspunktet. En kan tenke seg et dupliseringsplan som beveger seg fra den ene enden av DNA molekylet til den annen. Dette skjer sannsynligvis med en hastighet av noen tusen baser pr. sekund.

Det dupliseringsplan vi introduserte står loddrett på helix-aksen og inneholder de to opprinnelige basene. Hver base dekker en sektor på ca. 90° slik at en kan få plass til fire baser i planet uten ekstra geometriske problemer. I en modell som opprinnelig stammer fra Crick ble det antatt at den ene av DNA trådene kunne roteres 180°. Hvis vi bygger videre på denne antagelse ser vi at vi har fått åpnet hydrogenbindingene (eller den genetiske kode), rotert en av basene (se Fig. 9), og begge de opprinnelige basene er dermed klare for kopling med nye partnere. I denne modellen vil selve dupliseringsplanet stabiliseres ved at det dannes temporære hydrogenbindinger som i Fig. 9. Dette betyr at når nye nukleotider (det er en gruppe bestående av base-sukker-fosfat) føres til har vi beholdt de restriksjoner som stammer fra hydrogenbindingene, fra molekylets geometri og har i tillegg fått temporære hydrogenbindinger som hjelper til å velge ut de normale baser og ikke deres sjeldne tautomere former. I dupliserings planet vil vi med de nye basene få til sammen fire baser og de to temporære hydrogenbindingene vil bidra til å stabilisere strukturen som vist i Fig. 10. Vi ser også at hvis vi istedet for adenin forsøker å bygge inn den tautomere form av guanin (G*) får vi en temporær hydrogenbinding og to lone-pairs. Dette er et dupliseringsplan som er vesentlig mindre stabilt enn det «normale». Vi ser at i dupliseringsplanet dannes fem eller syv nye hydrogenbindinger og den frigjorte energi kan brukes til å bryte hydrogenbindingene i neste basepar og de temporære hydrogenbindingene i det foregående plan. Når dupliseringsplanet beveger seg fremover får vi to dattermolekyler som hver inneholder en gammel og en ny base. Selve mekanismen er derfor semi-konservativ.

Av ganske fundamental interesse er spørsmålet om hvordan det oppstår feil i DNA molekylet. Det var Delbrück som for første gang i 1930 pekte på at det er en sammenheng mellom de lover som gjelder i genetikk og kvanteteorien. Han sammenliknet stabiliteten i arvemolekylet over tusener av år med en stasjonær tilstand og mutasjoner mente han svarer til kvantesprang til isomere former. Hvis det oppstår en feil eller forandring i basesekvensen i DNA molekylet vil denne feilen ved delingsprosessen undergå en biologisk forsterkning til 2, 4, 8 osv. Hvis feilen oppstår i første celle av et individ kan dette bety en mutasjon. Hvis feilen derimot inntreffer på et senere tidspunkt har vi fått en såkalt somatisk mutasjon som kan føre til et nytt individ i individet, dvs. en kreftsvulst.

Når det gjelder et så sentralt felt som innføring av feil i DNA molekylet er våre kunnskaper på det molekylære plan ikke tilstrekkelig til å gi et adekvat bilde av det som foregår. Vi skal derfor i det følgende tillate oss å presentere noen av de spekulasjoner som er fremsatt. Den type feil vi i første rekke skal diskutere er innføring av tautomere baser. som vist i Fig. 7 B vil selve basekoplingen endres hvis en av de tautomere former deltar. Hvis vi derfor av en eller annen grunn har

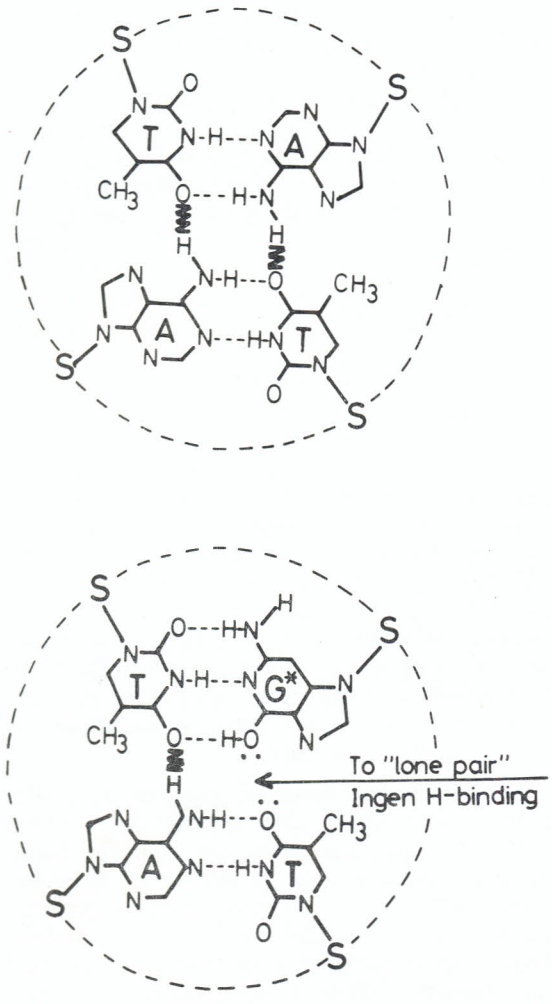


Fig. 10. Innbygging av nye baser i dupliseringsplanet. Øverst er vist et «normalt» plan som er stabilisert ved to temporære hydrogenbindinger. Nederst har vi forsøkt å erstatte adenin med den tautomere form av guanin og ender opp med en temporær hydrogenbinding og to lone-pair elektroner. (Delvis omtegnet fra «Some properties of the Hydrogen Bonds in Biochemistry with particular Reference to to the Stability of the Genetic Code», av P. O. Løwdin, Preprint QB 33, Uppsala, 1966).

fått forandret begge basene i et par vil baseparet A–T forandres til G–C og omvendt som vist i Fig. 11.

Vi skal i det følgende se på to måter hvorpå toutomere basepar kan innføres i DNA molekylet. Ved dupliseringen hentes nye baser fra næringsmediet i cellen. Her oppstår den første mulighet for å plukke ut de tautomere baser. Selve den dupliseringsmekanisme vi har gjennomgått gjør det lite rimelig at en av de tautomere former bygges inn. Sannsynligheten for samtidig å bygge inn to tautomere baser er lik produktet av likevektskonstantene for tautomeri. Selv om disse er lite kjent vil K_1 x K_2 være av størrelsesorden 10^{-10} (se Fig. 7B). Hvis en slik mekanisme for innføring av feil i DNA skal ha noen betydning må sannsynligheten for den stå i et rimelig forhold til sannsynligheten for spontan mutasjon. Dessverre har vi kun et meget spinkelt eksperimentelt materiale for å beregne sannsynligheten for spontan mutasjon, men den ligger antagelig i området 10^{-8} til 10^{-11} pr. basepar pr. generasjon. Dette betyr at den spekulative prosess vi har gjennomgått har vært årsaken til de forandringer som spontant oppstår i arvemolekylet.

I et inntakt DNA molekyl kan et basepar spontant gå over i den tautomere form ved den for fysikere velkjente tunneleffekt. Basene i et par holdes sammen av hydrogenbindinger hvor protonet har to likevektsposisjoner. Hvis et proton hopper fra en likevektsposisjon til den annen er det rimelig å anta at på grunn kravet om elektrisk nøytralitet vil et proton i en nærliggende hydrogenbinding hoppe motsatt vei. Vi har dermed igjen fått innført de tautomere baser. La oss derfor ofre denne protonvandring litt mer oppmerksomhet siden den kan være av så avgjørende betydning for alt liv.

Det er i første rekke P. O. Løwdin og hans gruppe i Uppsala som har studert protonvandring i DNA molekylet. I Fig. 12 har vi tatt for oss baseparet G–C og ser spesielt på den midterste hydrogenbinding hvor vi har de gunstige forhold for protonvandring. Protonet er plassert mellom to par elektroner på hvert sitt nitrogenatom. Dette er begge elektroner i sp^2 hybrid baner og de tiltrekker positive grupper. Som antydet i Fig. 12 har vi en asymmetrisk potensialkurve med to likevektsposisjoner for protonet. Protonet kan hoppe over eller tunnelere gjennom potensialbarrieren fra en likevektsposisjon til den andre. Tunneleffekten behandles jo i de fleste lærebøker i kvanteteori så vi skal her nøye oss med å peke på enkelte punkter som kan være av interesse. Av betydning for DNA dupliseringen er hvor sannsynlig og hvor hurtig en slik protonvandring er. Sannsynligheten for at en partikkel skal passere en potensialbarriere som den støter på kalles transmisjonskoeffisienten (g), og den er tilnærmet gitt ved formelen:

$$g \approx e^{-K} \qquad (1)$$

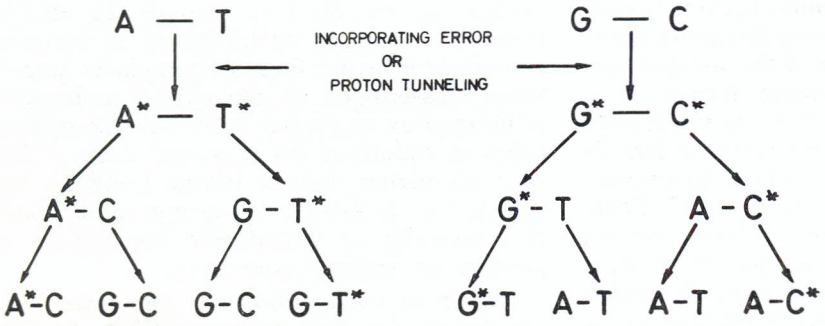


Fig. 11.

Duplisering av baseparene når de er blitt for andret til de mer sjeldne tautomere former.

For en rektangulær potensialbarriere er K:

$$K = \frac{a}{\hbar} \sqrt{2m(V_2 - E)} \qquad (2)$$

Her er a bredden av potensialbarrieren og V_2 høyden som vist i Fig. 12. I en normal hydrogenbinding kan vi neppe vente å støte på rektangulære potensialbarrierer. Imidlertid vet vi at selv for en vilkårlig potensialbarriere av formen $V = V(x)$ kan transmisjonskoeffisienten beregnes av likning (1) når K er gitt ved:

$$K = \frac{1}{\hbar} \int_{x_1}^{x_3} \sqrt{2m(E - V(x))}\, dx \qquad (3)$$

Protonet oscillerer i potensialbrønnen med en frekvens ν_1 som er av størrelsesorden $10^{13} s^{-1}$. Sannsynligheten for protonvandring (S) og transmisjonstid (τ) er da gitt ved:

$$S = \nu_1 g \text{ og } \tau = 1/S \qquad (4)$$

Vi ser av dette at sannsynligheten for transmisjon øker når barrierebredden avtar.

Som det fremgår av det vi har gjennomgått vil kjennskapet til potensialkurvens form være av stor betydning når en skal vurdere om protontunnelering er en viktig mekanisme for spontan mutasjon. Dette får vi lett en forståelse av hvis vi for et øyeblikk tenker oss en parabolsk barriere med høyde V_0 og bredde a. Transmisjonstiden, dvs. den tid det tar før utgangsfordelingen er redusert med en faktor e^{-1} vil variere med $a\sqrt{V_0}$ på en slik måte at $\tau = 10^{-13}$ sekund for $a\sqrt{V_0} = 0$ og $\tau = 3 \times 10^9$ år for $a\sqrt{V_0} = 2$ (a er gitt i Å og V_0 i elektronvolt). Det er en rekke fysikere som har tatt imot den utfordring som ligger i bestemmelsen av denne potensialkurven og sett på bakgrunn av den betydning protontunnelering kan ha er det en mektig oppgave. Det kreves i første rekke kjennskap til ladningsfordelingen i baseparene. Videre må en ta hensyn til at en protonvandring vil polarisere både den bevegelige π-elektronskyen og de mange lone-pair elektroner. Det har vært forsøkt med en superposisjon av Morse potensialer og Born-Mayer kurver. Uppsala-gruppen har kommet frem til en potensialkurve for den midterste av hydrogenbindingene i paret G–C som vist i Fig. 12. Denne kurveform vil føre til en transmisjonstid på ca. 10^{-7} sek. På den annen side vil energiforskjellen mellom de to minima på 1.4 eV føre til en Boltzmann faktor for laveste tunnelnivå ved 37° C på 10^{-23}. Dette betyr at i denne hydrogenbinding vil protonene være omtrent utelukkende i laveste nivå. Som

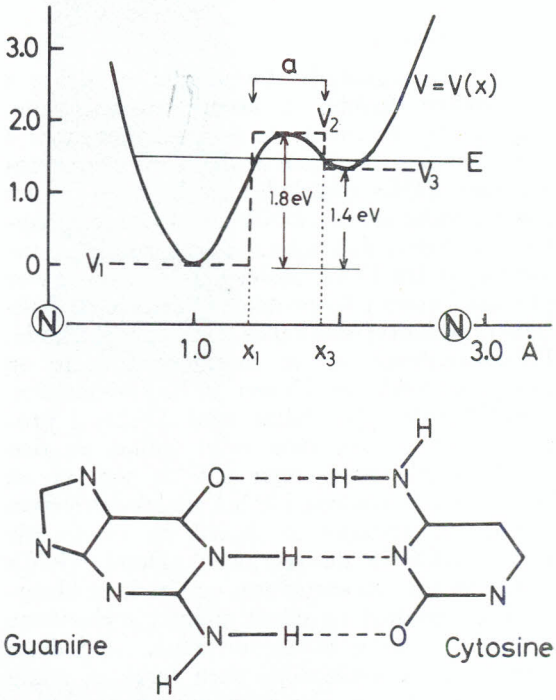


Fig. 12. Potensialkurven for den midterste av de 3 hydrogenbindingene i baseparet G–C. (Delvis omtegnet fra R. Rein and F. E. Harris, J. Chem. Phys. *41*, 3393, 1964).

vi imidlertid har nevnt ovenfor, må vi ta hensyn til en samtidig protonvandring den andre veien. Vi får da potensialflater med fire minima som svarer til de ulike tautomere former. I et arbeid av Rein og Harris hvor de tok hensyn til 24 π-elektroner og 12 σ-elektroner fant de en potensialbarriere for dobbelt protonvandring på 0.65 eV for baseparet G–C. Dette fører da til en sannsynlighet for basetautomeri ved dobbelt protonvandring på 10^{-10}. Som vi ser har vi igjen kommet frem til verdier for feilkopling i DNA molekylet som er av samme størrelsesorden som det vi mener gjelder spontan mutasjon.

De to mekanismer som vi har skissert for å introdusere tautomere baser og dermed feil i DNA molekylet er prosesser som vi har liten eller ingen innflytelse over. På den annen side kjenner vi en rekke muligheter for å forstyrre likevekten i DNA molekylet på en slik måte at det oppstår feil. Vi skal her nøye oss med å nevne at ved hjelp av ioniserende stråling kan vi innføre ladninger eller endog brudd i molekylet. Vi kan også nevne at det eksisterer en rekke kjemiske stoffer som kan blokkere eller forstyrre dupliseringsprosessen på en avgjørende måte.

Proteinsyntesen.

Som utgangspunkt for denne vandring i biofysikken hadde vi kontrollmekanismene. Når vi vet at proteinene ikke har evnen til å duplisere seg selv, men at deres syntese styres gjennom DNA molekylet er det klart at det i første rekke er feil i DNA molekylet som opptar oss. Selve den tekniske overføring av informasjon fra DNA molekylets fire bokstaver (de fire basene) til protein alfabetets 20 bokstaver (aminosyrene) kalles den genetiske kode. Proteinsyntesen er et fascinerende felt og byr på en rekke problemer av biofysisk natur.

DNA molekylet deltar ikke direkte i proteinsyntesen, men dets rolle spilles av den enkelttrådede «messenger RNA», som er en kopi av en av trådene i DNA molekylet (basen thymin er erstattet av uracil og ribose går inn i stedet for desoxyribose). Dette mRNA virker nå som en støpeform og Crick og Hoagland har innført en såkalt adapter mekanisme for riktig koding av aminosyrene. Med dette forstår vi en mekanisme som fører til riktig aminosyresekvens eller primærstruktur av proteinene. De tenker seg aminosyrer plukket opp av små RNA molekyler, de såkalte «soluble» eller «transfer» RNA (de er enkelttrådede og ca. 80 baser lange). Et sRNA molekyl er spesifikt og bindes til en bestemt aminosyre som det fører til proteinets støpeform. Plasseringen av den enkelte aminosyre er bestemt av en gruppe baser (en slik gruppe kalles en codon) og det er rimelig å anta at det skjer en paring mellom basene i mRNA og sRNA. Det er kjent at en gruppe på 3 baser er nødvendig og tilstrekkelig for entydig å plassere en bestemt aminosyre.

Det er en rekke problemer som reiser seg når det gjelder dannelsen av mRNA. Er det for eksempel nødvendig at DNA molekylet åpner sine hydrogenbindinger som ved dupliseringsmekanismen? Hvis vi ofrer litt tid til å studere DNA molekylet vil vi oppdage at det er en «grunn» fure på den ene siden og en «dyp» fure på den andre siden av dobbelthelixen (se Fig. 6). Det er grunn til å tro at den grunne furen er besatt av en type proteiner, de såkalte histoner, som derved bidrar til å stabilisere DNA molekylet. Den dype furen på den andre siden er rik på protonelektronpar og Stent foreslo at her hadde man støpeformen for en tredje helix. Dette kan bety at RNA dannes i den dype furen av DNA molekylet uten at dobbelt-helixen åpnes. Rich har utført eksperimenter med syntetiske polynukleotider som viser at det eksisterer tretrådede helix molekyler. Basesammensetningen i RNA vil ved en slik modell være bestemt av mulighetene for å danne hydrogenbindinger. Vi mener idag at det kun er en av DNA trådene som blir avlest når RNA dannes langs aksen i DNA molekylet. Dette er imidlertid et punkt hvor det for tiden foregår en livlig diskusjon.

Vi har nå et ganske grovt bilde av struktur og oppbygging av de molekylslag som vi mener kontrollerer cellenes vekst og deling. Det er videre klart at en feil i bare en av byggestenene i disse makromolekylene kan få alvorlige følger. I denne sammenheng kan vi nevne at spontan mutasjon og kreft muligens kan være forårsaket av innbygging av gale basepar som er dannet ved en proton forskyvning. Vi kan også friste oss til å trekke inn ennå et uhyre interessant område som elding. Som vi beskrev «avleses» DNA molekylet og det dannes mRNA som igjen virker som støpeform for proteinene. Hvis basesekvensen endres vil vi utvilsomt ha tapt en del av den genetiske informasjon. Dette tap vil øke med antall ganger avlesningen foretas og dette kan muligens bety noe for eldingen av en organisme.

Isobarisk spinn og analogtilstander i atomkjernen II

Ingolf Kanestrøm

Vi skal nå se om vi kan forutsi noe om graden av urenhet i det isobariske spinn for analogtilstander. Neglisjerer vi den ladningsavhengige del av kjernekreftene, er det tilstrekkelig å betrakte matriseelementet av coulombvekselvirkningen som kan blande analogtilstanden med normaltilstandene

$$\langle a \mid V_c \mid n \rangle .$$

Her er V_c en sum av to-proton vekselvirkninger. Hovedbidraget til matriseelementet kommer fra første leddet i uttrykket for analogtilstanden (figur 4) og er proprosjonalt med $Z\ (N - Z + 2)^{-1/2}$. Den siste faktoren vil redusere matriseelementet for tunge kjerner.

Dersom all vekselvirkning mellom nukleonene var helt ladningsuavhengig, ville matriseelementet være lik null. Da $C(a', n_i)$ er proporsjonal med matriseelementet, ville vi få en ren analogtilstand med $T = T_z + 1$ mellom

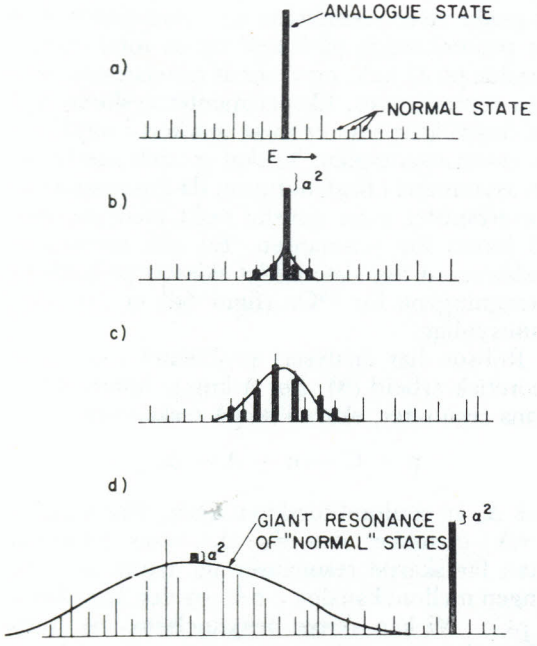


Fig. 6. Innblanding av normaltilstander i analogtilstander. Høyden av linjene representerer styrken av innblandingen, og den horisontale skala representerer eksitasjonsenergien. De fire bildene er beskrevet i teksten (ref. 6).

rene normaltilstander. Dette er skissert under a) i figur 6.

Nå vet vi alt fra arbeidet til Fox, Moor og Robson at dette ikke er sannheten. Den aktuelle situasjon vil derfor være bestemt av størrelsen av matriseelementet som vil variere med strukturen av normaltilstandene. Derfor skal vi bare se på to ekstreme tilfeller

1) $$\langle a \mid V_c \mid n_i \rangle \ll D_n ,$$

der D_n er normaltilstandenes innbyrdes energiavstand. Da matriseelementet er mye mindre enn D_n, vil koeffisientene $C(a', n_i)$ være små og $\mid a' \rangle$ vil bare ha en liten urenhet

$$\alpha^2 = 1 - \mid C(a', a) \mid^2 \ll 1 .$$

Tilstanden $\mid a' \rangle$ bærer således nesten hele styrken til $\mid a \rangle$ og resten er fordelt på normaltilstandene etter forholdet $(E_{n_j} - E_{a'})^{-2}$. Dette er skissert under b) i figur 6.

2) $$\langle a \mid V_c \mid n_i \rangle \gg D_n .$$

Her vil styrken av den uperturberte tilstand være fordelt over en hel familie av analogtilstander $\mid a'_j \rangle$ og vekten er gitt ved en Lorentzfunksjon. Vi får derfor en spesiell type kjemperesonanser som vist under c) i figur 6. Betegnelsen «spesiell» fordi energibredden vil være mindre enn for vanlige kjemperesonanser som skyldes restkjernevekselvirkninger.

Neutronbredden for analogtilstandene kan også brukes som et mål på urenheten i det isobariske spinn. For den perturberte tilstand er neutronbreddens amplitude gitt ved

$$\gamma(a_j') = \sum_i C(a_j' , n_i)\gamma_i ,$$

der γ_i er amplituden for den reduserte neutronbredde for normaltilstand nr. i. Antar vi at $C(a'_j , n_i)$ og γ_i har tilfeldige fortegn, er

$$\mid \gamma(a'j) \mid^2 = \gamma^2,$$

der γ^2 er den midlere verdi av $\mid \gamma_i \mid^2$. I tilfelle

2 vil således hver av tilstandene $|\, a'_j\rangle$ ha en neutronbredde av samme størrelse som neutronbredden til enhver av normaltilstandene.

Benyttes samme metode på tilfelle 1, får vi

$$|\, \gamma(a')\,|^2 = \alpha^2\gamma^2,$$

som viser at neutronbredden er mye mindre enn den midlere neutronbredde for normaltilstandene, da $\alpha^2 \ll 1$.

Nå har vi imidlertid forenklet problemet litt for mye. Fra teorien for vanlige kjemperesonanser vet vi at fortegnene for $C(a'_j, n_i)$ og γ_i ikke er vilkårlige når en arbeider over større energiområder. Bidragene til neutronbredden fra tilstander langt fra den uperturberte analogtilstand bør betraktes som en koherent sum, og en får da

$$\gamma(a') = \sum_{\lambda} \langle \lambda |\, V_c \,|\, a \rangle\, \gamma_\lambda \frac{E_a - E_\lambda}{(E_a - E_\lambda)^2 + W^2}$$

der $|\, \lambda\,\rangle$ er produktbølgefunksjonen av neutronet og restkjernen, γ_λ den tilhørende amplitude for neutronbredden og W det imaginære potensial i den optiske modell. Matriseelementet kan beregnes med skallmodell bølgefunksjoner. Ved å benytte rimelige verdier for parametrene for ^{65}Cu får man $|\gamma(a')|^2 = 4$ keV. Vi kan så beregne en nedre grense for urenhet i analogtilstanden og finner $\alpha^2 \approx 1/400$. En

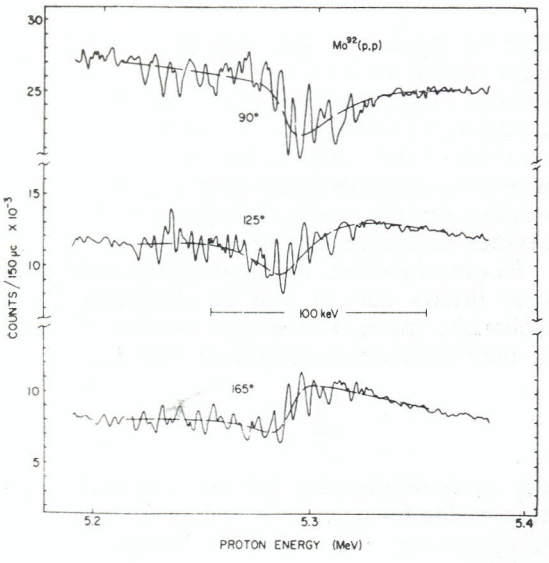


Fig. 7. Protonutbytte for elastisk protonspredning på ^{92}Mo . Den fullt opptrukne kurven er lagt gjennom de to observerte punkter, mens den stiplede viser resultatene av beregninger med $\gamma_p^2 = 7$ keV og en total energibredde på 27 keV (ref. 7).

redusert neutronbredde på 4 keV er således fullt forenlig med en svært høy grad av renhet i analogtilstanden.

Da neutronutsendelsen kan gå til 5–10 tilstander i ^{64}Cu, vil den totale neutronbredden være på ca. 30 keV for analogtilstanden, og dette er av samme størrelsesorden som det man estimerer fra eksperimentene. Resultatet av denne diskusjonen må bli at vi har en fjerde mulighet som vist under d) i figur 6. På lavenergisiden av analogtilstanden har vi en kjemperesonans dannet av normaltilstandene, og denne resonansen bærer bare en liten del, α^2, av styrken til den uperturberte analogtilstand. Uheldigvis er hverken analysen av de eksperimentelle data for ^{65}Cu eller den teoretiske behandlingen nøyaktig nok til å avgjøre hvilket av de to siste resonansbildene (i figur 6) man bør bruke.

I 1964 publiserte gruppen ved Florida State University et arbeide (7) der de påviser analogtilstander i ^{93}Mo ved elastisk protonspredning. Også her var ideen å studere renheten i det isobariske spinn, og resonansene er velegnet for dette formål da de ligger under neutronterskelen. De eksperimentelle resultater er vist i figur 7. Den fullt opptrukne kurven er lagt gjennom de observerte punkter, mens den stiplede viser resultatene av beregninger med en protonbredde på 7 keV og en total energibredde på 27 keV, og vi ser at resonansens form kan reproduseres. Eksperimentet avslører også en finstruktur som er mest markert i nærheten av resonansenergien. Vi skal spesielt merke oss en asymmetri i finstrukturen, da fluktuasjonene i tverrsnittet avtar ganske raskt med energien til høyre for resonansen. En slik asymmetri indikerer at det siste bildet skissert på basis av beregningene for ^{65}Cu (figur 6d) er det mest sannsynlige.

Robson har analysert problemet i et større teoretisk arbeid (8). For å kunne kommentere hans resultater, skal vi se på reaksjonen

$$p + C \rightarrow n + A - \Delta_c\,,$$

der Δ_c er coulombforskyvningen. Når kanalen $|\, nA\rangle$ er lukket, dvs. $E_p < \Delta_c$, viser det seg at man får skarpe resonanser på grunn av koblingen mellom kanalen $|\, nA\rangle$ og den åpne kanal $|\, pC\rangle$. Vi kan skrive begynnelsens- og sluttilstanden for reaksjonen som en lineærkombinasjon av tilstander med isobarisk spinn $T_0 + \frac{1}{2}$ og $T_0 - \frac{1}{2}$, der T_0 er det isobariske spinn for grunntilstanden i kjernen C. Koblingsleddet mellom de nye basisfunksjonene vil da være proporsjonalt med $(\Delta_c - V_c(r))$, der

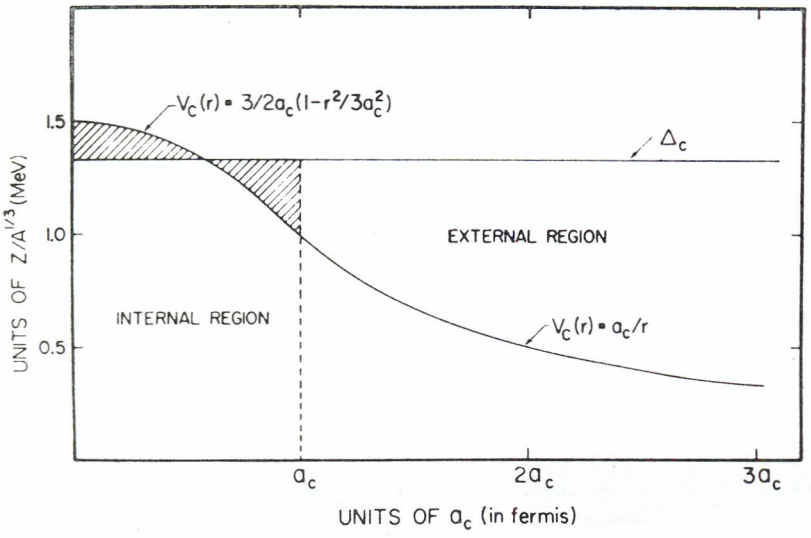


Fig. 8.
Coulombpotensialet V_c (r) som funksjon av protonets posisjon i en uniform ladningsfordeling, sammenlignet med den tilsvarende coulombfor skyvning Δ_c (ref. 8).

$V_c(r)$ er en-partikkel coulombpotensialet. På figur 8 ser vi hvordan $V_c(r)$ varierer med protonets posisjon i en uniform ladningsfordeling. Koblingsleddet (som er angitt ved det skraverte feltet) skifter fortegn i det indre område, dvs. området mellom null og kjernens radius a_c. En kan derfor vente at matriseelementet som beskriver koblingen mellom en analogtilstand og normaltilstandene vil være lite i det indre område. Dette var Robsons hovedantagelse da han anvendte R-matrise teorien. Teorien og dens anvendelse er såpass komplisert at vi skal begrense oss til å referere resultatene. Den kunne reprodusere det midlere tverrsnitt ved å benytte en ubetydelig blanding av tilstandene i det indre område. Robsons teori kan også gi en kvalitativ redegjørelse for den observerte finstruktur. Asymmetrien i finstrukturen er i følge teorien en naturlig konsekvens av miksingen av tilstandene i det ytre område, og en kan derfor ikke se bort fra miksingen av det isobariske spinn i det område der kontinuumtilstandene gir bidrag.

Dersom koblingen i det indre område kan neglisjeres, er det naturligvis misvisende å betrakte analogtilstander som konvensjonelle kjemperesonanser. I følge Robsons teori vil analogtilstandene indusere en kjemperesonans av normaltilstandene på lavenergisiden av analogtilstanden, og dette svarer til det bildet som er skissert under d) i figur 6. Men vi bør være oppmerksom på at det ennå ikke er gjennomført tilstrekkelig analyser til at en kan fastslå om miksingen i det indre område alltid kan neglisjeres. Her ligger det oppgaver og venter.

Før vi slutter denne diskusjonen skal vi se på et utmerket arbeid utført ved Duke University (9). Gruppen der har studert elastisk protonspredning på ^{40}Ar, og det elastiske protonutbytte er vist i figur 9. Den øverste kurven viser resultatet av et arbeide utført av Barnard og Kim, og den viser resonanser ved 1.87 og 2.45 MeV. Disse resonansene ligger i de områder man skulle vente å finne analogtilstandene til 4. og 6. eksiterte tilstand i ^{41}Ar. Til sammenligning viser den andre kurven resultater fra Duke University, og nederst ser vi området omkring resonansen ved 1.87 MeV. Her ser vi en markant finstruktur. Fra analysen av de eksperimentelle data kan man finne den reduserte protonbredden av de observerte tilstander. Figur 10 viser summen av de reduserte protonbreddene (γ_p^2) som funksjon av protonenergien. Posisjonen av analogtilstanden er gitt ved protonenergien der vi har den sterkeste økningen i summen av protonbreddene, og stigningen i hver av kurvene er et mål for den lokale verdi av styrkefunksjonen (γ_p^2/D). For begge resonansene øker stigningen i kurvene raskt med protonenergien like før resonansene og er tilnærmet konstant etter. Dette er hva man skulle vente dersom Robsons teori om at analogtilstandene induserer en kjemperesonans på lavenergisiden av tilstanden, er riktig.

Vi har nå sett litt på analogtilstandenes struktur, og det kan i seg selv være interessant nok. Men det er naturlig å spørre om de ellers kan være et hjelpemiddel i studiet av atomkjernens struktur. Svaret må bli et ubetinget ja, og vi skal se på noen av de muligheter som ligger foran oss.

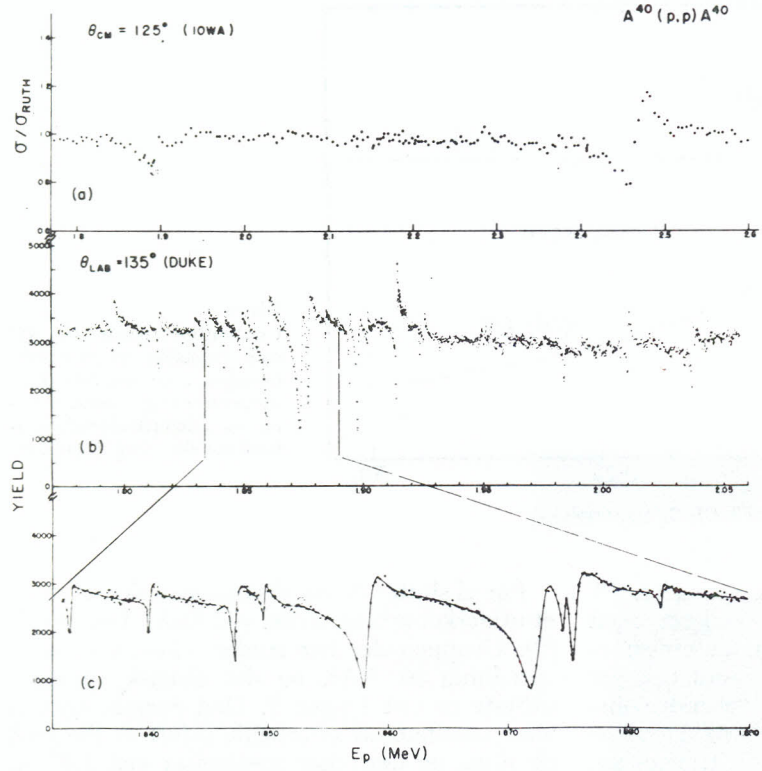


Fig. 9.
Proton utbytte for elastisk protonspredning på ^{40}Ar (ref. 9).

Deformerte tilstander.

I de fleste tilfeller kjenner vi atomkjernens likevektsform i grunntilstanden. For kjerner som har få partikler utenfor de lukkede skall, er formen tilnærmet sfærisk symmetrisk, mens de kjerner som har mange partikler utenfor de lukkede skall, har form som en sigar eller en flattrykket ball, og avviket fra den sfærisk symmetriske form kan angis ved en deformasjonsparameter δ. Nå indikerer teorien for SU_3 gruppen at det kan eksistere tilstander med forskjellig deformasjon i samme kjerne. Det kan f. eks. være kjerner der grunntilstanden er sfærisk symmetrisk mens noen av de eksiterte tilstandene er deformerte. Blandt annet er det eksperimentell evidens for at vi har et slikt tilfelle i ^{150}Sm. Deformasjonen av kjernen i eksiterte tilstander er ikke så enkel å bestemme med direkte målinger, men her kan analogtilstandene være til hjelp. Energiavstanden mellom en tilstand og dens analoge skyldes hovedsaklig coulombforskyvningen som er betydelig mindre for deformerte enn for sfærisk symmetriske tilstander. Forskyvningen kan tilnærmet skrives (10)

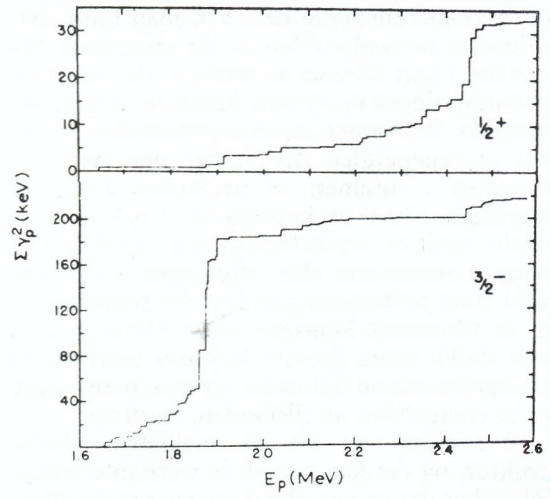


Fig. 10. Integral histogram av reduserte protonbredder av resonansene i ^{41}K som funksjon av protonenergien. Det øverste histogrammet svarer til resonanser med spinn $\frac{1}{2}^+$ og det nederste til resonanser med spinn $3/2^-$ (ref. 9).

$$\Delta_c(\delta) \approx (1 - 4\delta^2/45)\,\Delta^2(o)\,,$$

og den er ufølsom overfor detaljer i ladningsfordelingen. Antar vi at $\delta = 0.3$ for den eksiterte tilstand i ^{150}Sm, får vi

$$\Delta_c(o) - \Delta_c(\delta) \approx 100 \text{ keV}\,,$$

og dette er mere enn den vanlige usikkerhet i bestemmelsen av energien til analogtilstanden

og kan således observeres. Dersom våre antagelser er riktige, skulle man finne at analogtilstanden for den eksiterte, deformerte tilstanden skulle ligge ved en energi som er lik eksitasjonsenergien til tilstanden minus 100keV over grunntilstandens analogtilstand.

Spektroskopiske faktorer

Ved tilpassing av det beregnede differensielle virkningstverrsnitt til de observerte data, kan den partielle energibredde for resonansen bestemmes. Man kan også finne en relasjon mellom protonbredden for analogtilstand og neutronbredden for den tilhørende tilstand i nabokjernen som vi kan kalle foreldretilstanden. Den reduserte protonbredden for en analogtilstand som ved protonutsendelse går til en tilstand C, betegner vi med $\gamma_a{}^2{}_{,c,p}$. Neutronbredden for overgangen fra foreldretilstanden til samme tilstand C ved neutronutsendelse kaller vi $\gamma_c{}^2{}_{,n}$. Vi har da følgende relasjon (11)

$$\gamma^2{}_{a,c,p}(a_c,E_p) = \frac{1}{\sqrt{2T_0+1}}\,\gamma_{c,n}(a_c,E_n)\,,$$

der a_c er kjerneradien som brukes i R-matrise teorien. Denne relasjonen danner grunnlaget for kjernespektroskopi ved hjelp av analogtilstander, og den gjør det mulig å oppnå spektroskopiske informasjoner om lavtliggende nivåer ved å måle på deres analogtilstander. Vanligvis finner man neutronbredden ved stripping eller pick-up reaksjoner. Men disse eksperimentene er begrenset til systemer der targetkjernen befinner seg i grunntilstanden. Bestemmer man neutronbredden ved å gå om analogtilstanden, har man ikke slike begrensninger, for her kan både analogtilstanden og sluttilstanden være eksiterte. Følgelig er metoden egnet til å bestemme neutronbredden for overgangen mellom to eksiterte tilstander.

Kjenner man energibreddene til tilstandene, kan man beregne de spektroskopiske faktorer som er mere bekvemme å arbeide med. Den spektroskopiske faktor for et gitt par av tilstander og en en-partikkelbane l_j for overgangsnukleonet er definert som (12)

$$S_{l_j}(A\,,\,J_0 \longleftrightarrow (A+1)\,,\,J_1) =$$

$$(A_j+1)\,|\,\langle\psi(J_1)|\,\{\phi_{l_j}\,x\,\psi(J_0)\}J_1\rangle\,|^2\,,$$

der klammeparentesen angir at en-partikkel bølgefunksjonen $|\,\phi_{lj}\rangle$ er koblet med $|\,\psi(J_0)\rangle$ til totalt spinn J_1 . Vi skal se på et par prosesser der de spektroskopiske faktorer kan gi oss verdifull informasjon. En en-partikkel stripping prosess avslører strukturen av kjernen i det den ene partikkelen er tvunget til å gå inn i en bane med gitt baneimpulsmoment og spinn. Matematisk beskrives dette enklest ved å anvende en kreasjonsoperator på targetkjernen

$$a^+{}_{l_j}\,|\,\psi J_0(A)\rangle\,.$$

En-partikkel tilstanden som er definert på denne måten, behøver ikke å være en egentilstand for kjernen dannet ved stripping prosessen, men den kan være fordelt over flere egentilstander. Den spektroskopiske faktor for overgangen mellom grunntilstanden i targetkjernen og en av disse egentilstandene, er ganske enkelt et mål for en-partikkel eksitasjonen denne egentilstanden inneholder. Ved pick-up reaksjoner får vi derimot et hull i kjernen, og dette beskrives ved hjelp av en annihilasjonsoperator anvendt på targetkjernen. Tilstandene som konstrueres ved å anvende kreasjons- eller annihilasjons-operatorer er riktig normert bare dersom partikkelen går inn i en tom partikkelbane eller blir tatt ut av en fullsatt partikkelbane. Ved riktig normering kan en summere de spektroskopiske faktorene, og summens fysikalske innhold er at den gir oss antall hull i den relevante partikkelbane for grunntilstanden i targetkjernen ved stripping prosesser, mens den gir oss antall partikler ved pick-up reaksjoner. Denne interpretasjonen følger direkte av definisjonen av spektroskopiske faktorer. Dersom vi fører inn kreasjonsoperatorer i stedet for vår produktbølgefunksjon, får vi

$$S_{l_j} \equiv |\,\langle\psi(J_1)|\,|\,a^+{}_{l_j}\,|\,|\,\psi(J_0)\rangle\,|^2\,,$$

og denne definisjonsligningen uttrykker den fysikalske tolkning av spektroskopiske faktorer som den kvadrerte amplitude av en del av en en-partikkel tilstand.

Bestemmelse av kjernespinn.

For mange kjerner vil spinnet til veldefinerte isolerte gamma-emitterende tilstander være ukjent. Nå kan det imidlertid være mulig å bestemme spinnet ved å gå veien om analogtilstandene, for disse har de samme kvantetall, untatt T_z . Elastisk protonspredning er et velegnet eksperiment i denne forbindelse. Analogresonansene kan da bli produsert i mellomkjernen, og baneimpulsmomentet for resonansen kan bestemmes ved vinkelfordelingsmålinger. Resonansens totale spinn kan derimot ikke bestemmes med en slik metode. Imidlertid kan det vises at protonpolarisasjonen

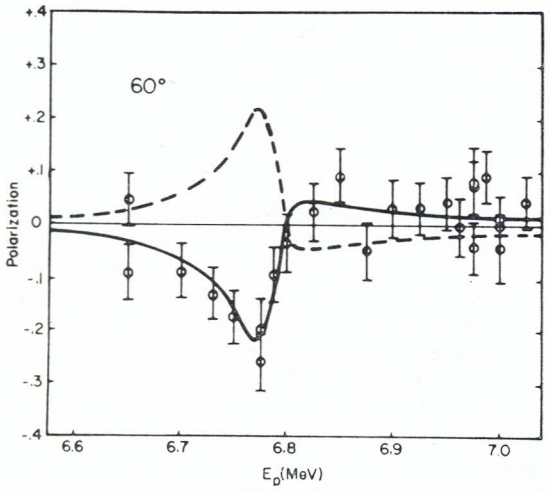


Fig. 11. Polarisasjonen av elastisk spredte protoner fra ^{90}Zr som funksjon av protonenergien ved en vinkel på 60° i laboratoriesystemet (ref. 13).

er ekstremt følsom overfor spinnet til resonansen (13). Et eksempel for ^{90}Zr er vist i figur 11. Baneimpulsmomentet for resonansen er bestemt til $l = 2$, og da targetkjernen har spinn lik null, har vi to muligheter for resonansens totale spinn. Den fullt opptrukne kurve svarer til $J = 3/2$, mens den stiplede svarer til $J = 5/2$. Diagrammet viser at de to spinntilstandene vil ha motsatt polarisasjon, og spinnet kan bestemmes ved hjelp av noen få målepunkter. Fordelen ved slike eksperimenter er at man har en bakgrunn i coulombspredningen. Det er mot denne bakgrunn at polarisasjonen kommer til syne, da den hovedsakelig skyldes interferens mellom coulomb- og resonans-spredning. På denne måten får vi et interferens eksperiment som gir oss mere informasjon enn om vi studerer objektet, som interesserer oss, isolert.

Som en konklusjon må vi kunne si at i mange tilfeller kan studiet av kjernestrukturen effektiviseres ved å gå veien om isobariske analogtilstander. I innledningen sa vi at problemene vedrørende analogtilstander er av forholdsvis ny dato. Følgelig ligger det mange uløste oppgaver og venter. Det er derfor å håpe at våre eksperimentalfysikere snart får en større akselerator, så de kan være med i den internasjonale bestrebelse på å utforske atomkjernen og gi våre teoretikere nye impulser.

Litteraturliste.

[1] *S. Hanna*, Proceedings of the Summer Study Group on the Physics of the Emperor Tandem Van de Graaff Region. Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, 736, 1965.

[2] *J. B. French*, Nuclear Spectroscopy with Direct Reactions, II. Proceedings, Argonne National Laboratory, 181, 1964.

[3] *L. A. Sliv* og *Yu. I. Kharitonov*, Physics Letters 16, 176, 1965.

[4] *J. D. Anderson* og *C. Wong*, Phys. Rev. Letters 7, 250, 1961.

[5] *J. D. Fox, C. F. Moore* og *D. Robson*, Phys. Rev. Letters 12, 198, 1964.

[6] *C. Bloch* og *J. P. Schiffer*, Physics Letters 12, 22, 1964.

[7] *P. Richard, C. F. Moore, D. Robson* og *J. D. Fox*, Phys. Rev. Letters 13, 343a, 1964.

[8] *D. Robson*, Phys. Rev. 137, B535, 1965.

[9] *G. A. Keyworth, G. C. Kyker, jr., E. G. Bilpuch* og *H. W. Newson*, Physics Letters 20, 281, 1966. Nuclear Physics 89, 590, 1966.

[10] *M. H. Macfarlane*, Proceedings of the Conference on Isobaric Spin in Nuclear Physics, Tallahassee, Academic Press, New York, London 383, 1966.

[11] *P. von Brentano*, Proceedings of the Conference on Isobaric Spin in Nuclear Physics, Tallahassee, Academic Press, New York, London, 268, 1966.

[12] *M. H. Macfarlane*, Nuclear Spectroscopy with Direct Reactions, II. Proceedings, Argonne National Laboratory, 249, 1964.

[13] *G. Terrell, C. F. Moore, J. L. Adams* og *D. Robson*, Proceedings of the Conference on Isobaric Spin in Nuclear Physics, Tallahassee, Academic Press, New York, London, 333, 1966.

DATAMASKINAR I CERN

Datamaskinar spelar ei stendig viktigare rolle i den eksperimentelle høgenergifysikken. CERN, som for fire-fem år sidan berre hadde ein reknemaskin — ein IBM 7090, har idag kring 25, med ein samla kapasitet på vel over 10 IBM 7090. Dei to største er CDC 6600 og 6400, og dei minste er PDP8. Imellom ligg ei rad med PDP9, IBM 1800, IBM 1130, CDC 3100, IBM 360?44 og ein CDC 3800. CDC 3100, ein IBM 360/44 og ein CDC 3800. Dei fleste er i bruk dag og natt, ørk og helg.

Det meste av reknemaskinarbeidet er data-oppsamling og datareduksjon, altså relativt enkel matematikk om og om igjen millionvis av gonger. Men det hender at ein og annan teoretikar eller maskinkonstruktør har bruk for litt meir djuptenkt matematikk og.

Ein reknar med at omkring 1970 må det til ei ny storutvikling av datamaskinparken, dersom ikkje fysikkprogrammet skal stagnera. Vonleg vil medlemslanda etterkvart og skaffa seg betre utstyr, så dei kan ta over ein større del av datareduksjonen. Det skulle betala seg godt — det er der «fysikken» blir funnen.

Helge Øverås.

Bøker

Niels Bohr: Atomfysikk og menneskelig erkjennelse. Oslo 1967. J. W. Cappelens Forlag.

Niels Bohr innleder den samling av egne artikler som 1957 utkom i København under tittelen «Atomfysikk og menneskelig erkjennelse» slik: «Fysikkens betydning for alminnelig filosofisk tenkning ligger ikke bare i dens bidrag til vårt stadig voksende kjennskap til den natur som vi selv er en del av, men også i at den gang på gang har gitt støtet til prøvning og forfinelse av våre begrepsmessige hjelpemidler. I vårt århundre har studiet av stoffenes atomære oppbyggning avslørt en uanet begrensning i rekkevidden av den klassiske fysikkens forestillinger, *og de krav til vitenskapelig forklaring som var blitt overtatt i tradisjonell filosofi, er derved stilt i et nytt lys.* Den undersøkelse av forutsetningene for entydig bruk av våre elementære begreper som sammenfatningen av de atomære fenomener har gjort nødvendig, har derfor bud langt ut over fysikkens egentlige område.»

Sitatet er hentet fra den norske utgaven som er kommet i år i serien Cappelens realbøker. Boken «Atomfysikk og menneskelig erkjennelse» er et unikt bidrag til den filosofiske litteratur og det kan neppe være tvil om at den i fremtiden vil bli gjenstand for lærde studier og avhandlinger. Niels Bohr hører til blant de største genier i historien. Hans store bidrag til utvidelsen av vår naturvitenskapelige erkjennelse er alminnelig forstått og anerkjent, mens hans originale bidrag til forståelsen av de generelle vilkår for vitenskapelig erkjennelse bare har funnet liten og begrenset forståelse. Her har Niels Bohr måttet dele skjebne med andre som har brutt over tradisjonelle grenser og ligget foran sin samtid. Bohr tok ikke seg selv svært høytidelig, men hans vitenskap og tenkning var dypeste alvor for ham. Vel vitende om det begrensede bidrag en enkelt mann kan gi til den samlede menneskelige erkjennelse, var han klar over betydningen av sin tenkning. I samtaler la han ikke skjul på sin skuffelse over hvor liten interesse og forståelse hans tenkning hadde funnet også blant fagfilosofer. Men som hans nære medarbeider Leon Rosenfeld har uttrykt det: «Bohr hadde store forventninger til den rolle komplementariteten skulle spille i fremtiden. Han holdt fast ved dem med urokkelig optimisme og lot seg aldri slå ned av den svake respons han fikk fra vår ufilosofiske samtid.» Det er nok riktig at han ikke lot seg slå ned, men at han opplevde ensomhetens byrde kan neppe betviles.

Når en kjenner bokens innhold kan en vanskelig tenke seg en bedre tittel enn nettopp «Atomfysikk og menneskelig erkjennelse.» Men tittelen er langt fra entydig og kan nok vekke feilaktige assosiasjoner hos dem som første gang presenteres for den.

Boken er ingen innføring hverken i atomfysikk eller i det moderne verdensbilde, hva nå dette måtte være. Når jeg fremhever dette er det på grunn av den omtale boken har fått på omslagets bakside. Den er i beste fall uheldig formulert.

Foruten en kort innledning omfatter boken 6 artikler som er utarbeidet på grunnlag av foredrag og forelesninger som Bohr ble invitert til å holde ved forskjellige anledninger i løpet årene fra 1932 til 1950. Dessuten inneholder den en artikkel som ble skrevet som bidrag til det store festskrift som ble utgitt i anledning Albert Einsteins 70-års dag i serien: «The Library of Living Philosophers.» Denne artikkelen som har tittelen: «Diskusjon medEinstein om erkjennelsesteoretiske problemer i atomfysikken» står som den sentrale artikkelen i boken. Den har en særlig interesse fordi den dreier seg om problemer på erkjennelses ytterste grense og fordi Bohr og Einstein aldri kom til enighet om disse spørsmål. Vi står her overfor en uavsluttet diskusjon som vil måtte fortsette etter at både Einstein og Bohr nå begge er døde.

For Bohr sto det klart at det brudd med det klassiske ideal til en vitenskapelig forklaring som atomfysikken representerer, var et endelig og uopprettelig brudd. Einstein som selv ga vesentlige bidrag til atomfysikkens utvikling vegret seg hele livet mot å akseptere at kvantefysikkens prinsipielle statistiske beskrivelse av individuelle atomære fenomener skulle være en endelig og uttømmende beskrivelse. Einstein viste stor oppfinnsomhet i å konstruere tankeeksperimenter som skulle underbygge denne innstilling, men samtlige tankeeksperimenter endte med å bli de beste eksempler på de eiendommelige helhetstrekk ved de kvantefysiske fenomener som Bohr sammenfattet i begrepet komplementaritet. Men Einstein vegret seg fremdeles og viste til slutt til sine innerste følelser. Bohr forsøkte ved mange senere leilig-

heter å føre samtalen med Einstein videre med håp om å nå til enighet, men dette lyktes aldri.

Artikkelen «Diskusjon med Einstein» er stort sett skrevet uten hjelp av matematisk språk, Bohr sa det slik ved en annen anledning: «Jeg vil vise at det er mulig å nå alle de betydelige resultatene med svært lite matematikk. I virkeligheten ville en på denne måten i noen henseende oppnå større klarhet.» Men artikkelen er på ingen måte populær eller lettlest. Bohr gir her, som i alt han skrev, det han maksimalt kunne yte og med en klarhet som var forenlig med hans dype innsikt og krav til sannhet. Han spøkte selv med at sannhet og klarhet var begreper som gjensidig utelukket hverandre.

De øvrige artikler er opprinnelig holdt som foredrag ved en rekke kongresser for vitenskapsmenn fra andre fagområder som medisin, biologi og etnografi, et som foredrag ved en kongress om kunnskapens enhet.

Bohr kunne nok, i hvert fall i sine senere år se på foredragene som en avsporing fra sitt egentlige vitenskapelige arbeide, men det var bare til han kom igang med arbeidet. Da gikk han helt inn for den oppgave å gi andre del i den erkjennelsesteoretiske belæring som atomfysikken hadde gitt og å peke på karakteristiske felles trekk ved erkjennelsessituasjonen i atomfysikken, biologien og psykologien. Bohr gikk til arbeidet med sine foredrag med det samme alvor og de samme omhyggelige overveielser som er så karakteristiske for hans vitenskapelige forfatterskap. Det er en del gjentagelser i foredragene. Det er nemlig det samme grunntema som taes opp igjen gang på gang. Bohr ble aldri trett av å forsøke å formulere sine tanker skarpere og klarere. Han kjempet med språket og var utrettelig ærlig når det gjalt å finne samsvar mellom tanke og formulering.

Niels Bohr's far var en kjent fysiolog og den kontakt som Bohr derved fikk med biologi og metodeproblemer i fysiologien i sitt hjem, ga en særlig bakgrunn for hans interesse for biologiske problemer.

Foredraget «Lys og liv» som Bohr holdt ved en medisinerkongress i 1932 fikk nok høflig applaus, men det ble ikke forstått. Bare en tilhører, fysikeren Max Delbruck, som kom rett fra jernbanestasjonen til foredraget, ble så betatt av det at han straks fikk tak i en kopi for å studere Bohr's tanker nærmere. De gjorde et sterkt inntrykk på ham og medvirket til at han forlot fysikken og gikk over i biologien. 30 år senere ble Delbruck direktør for et nytt genetisk institutt i Køln og inviterte Bohr til å holde et nytt foredrag «Lys og liv» ved innvielsen av instituttet. Bohr la meget arbeid i dette foredraget men rakk ikke å gi manuskriptet den endelig form før han døde 18. november 1962. I sin ufullendte form er det publisert i volum II av Atomfysikk og menneskelig erkjennelse.

Volum I av Atomfysikk og menneskelig erkjennelse er oversatt til 14 språk, deriblandt til russisk, japansk og kinesisk. Den norske oversettelsen er ved fru Hedvig Wergeland og er etter mitt skjønn helt fremragende. Oversettelsen viser også stor pietet overfor Bohr's formuleringer.

Jeg kan ikke holde tilbake en bemerkning om at boken kanskje heller burde vært utgitt i Cappelens upopulære serie enn i serien Cappelens realbøker.

Skal man få del i de originale tanker og den dype innsikt i vesentlige spørsmål som Bohr har skrevet ned i denne boken, må man forberede seg på et hardt arbeid med teksten. En av Bohr's yngre medarbeidere fra de siste årene Bohr levde sier det slik: «Man må arbeide minst like hardt som Bohr selv arbeidet».

K. Gjøtterud

Zimmer, H.-G.: Geometrische Optik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1967. 168 sider. Pris DM 34,–.

Geometrisk optikk er ikke noe populært fag her i landet. Det kan være flere grunner til det, vi har f. eks. en meget beskjeden optisk industri, man ser ikke muligheter for vesentlige nyoppdagelser på dette området osv. Men den vesentligste grunnen er vel at lærekreftene ved våre universiteter og høyskoler mener at geometrisk optikk er hva Pohl betegner som «Kreidephysik», og således ikke i tråd med de moderne betraktningsmåter i fysikk.

Ved å bygge den geometriske optikk opp på loven om energiens bevarelse (og ikke på Snellius' brytningslov eller Fermats prinsipp), oppnår Zimmer å gi alle lovene en klar fysikalsk betydning, og metodikken blir mere i overensstemmelse med den som er vanlig innen andre fagområder i fysikken.

Zimmer ønsker både å gi stoff til læreren og til teknikeren. Så liten som boken er, blir det derfor ikke plass til en systematisk oppbyggning. Men ved å fylle ut litt her og der, ville man få en utmerket lærebok, for f. eks. studentene på linjen for teknisk fysikk ved N.T.H.

Boken er delt i to hoveddeler. Første del omfatter den ideelle avbildning og annen del aberrasjonsteori. Til slutt finnes en litteraturoversikt for dem som ønsker en dypere innføring i den geometriske optikks problemer.

Personlig hadde jeg gjerne sett at boken var blitt forsynt med en del øvingsoppgaver med facit.

K. Jostein Knutsen

P. Rogers and *G. A. Stephens*: Worked Examples in Modern Physics. Volumes 1 & 2. Iliffe Books Ltd. London 1967. I alt 226 sider. Pris pr volum 18 s. 6 d.

Det er ubetinget så at for å tilegne seg fysiske teorier på en skikkelig måte må studenten regelmessig prøve ut stoffet og sin forståelse av det på regneøvelser. De aller fleste lærebøker inneholder derfor et utvalg øvingsoppgaver. Dessverre blir verdien av disse ofte redusert da lærebokforfatterene sjelden vil bruke plass til å gjennomgå løsningene. Noen bruker også oppgavene til å utvide sitt stoff i stedet for å utdype det. Det er derfor behov for separate oppgavesamlinger med løsninger. En del finnes allerede, men store deler av fysikken er fortsatt dårlig dekket.

Den foreliggende to binds oppgavesamling vil sikkert komme til nytte både for foreleserne i de korresponderende fag og studentene. Oppgavene er sortert under følgende hovedavsnitt: Volum 1, Atomic and Electron Physics, Nuclear Physics. Volum 2, X-Rays and Crystal Structure, Solid State Physics, Wave Mechanics, Special Theory of Relativity. Hovedavsnittene er igjen delt opp i underavsnitt så det er lett å finne frem til de oppgavetyper man måtte ønske. Oppgavene tilhører et nivå som svarer til elementærkursene i de nevnte emnene på norske universiteter og høgskoler. De er et utvalg av eksamensoppgaver fra de senere år, og er samlet fra en rekke engelske universiteter og høgskoler. Som naturlig er for eksamensoppgaver virker oppgavene godt gjennomtenkte, presis formulerte, og de er plasert sentralt i sine respektive fagområder. De fleste av oppgavene har fullstendige løsninger, for resten angis sluttsvarene. Mesteparten av oppgavene begynner med et spørsmål av beskrivende natur, teoretisk eller eksperimentelt, og det kan nok være en nyttig kontroll for en student å besvare disse.

Kjell Mork

S. S. Stevens et al: Sound and Hearing. TIME-LIFE International, 1966. 200 s.

Dette er fargesprakende populærvitenskap utgitt i serien LIFE Science Library for det store publikum og de store opplagstall. Som i seriens øvrige bind, spiller billedmaterialet en stor rolle og opptar omtrent halvparten av boken.

En begynner å lese, og det varer ikke lenge før en er revet med. Dette er morsom lesning, — fascinerende lesning. Det er økonomisert med ordene, her er praktisk talt ikke en overflødig setning. Men vi får likevel ikke bare facts som belyser vår tids viten om tingene, men vi får også et bilde av den møysommelige vei frem mot denne viten. Vi får ikke bare høre om Boyle's berømte eksperiment fra 1660 der han ved å pumpe luft ut av en glassklokke viste at lyd ikke kunne bre seg gjennom vakuum; men vi får også høre om tyskeren Kircher's eksperiment av samme type noen år tidligere, vi får høre at Kircher kom til den motsatte konklusjon og hvorfor han feilet.

Størstedelen av boken er viet hørsel, dens fysiske, biologiske og til dels medisinske aspekter. Vi får forklart betydningen av det ytre øre: øremuslingen som har temmelig liten betydning for menneskets hørsel mens den hos enkelte dyrearter kan ha meget stor betydning, og øregangen som gir en resonans-effekt for de for oss mest betydningsfulle frekvenser. Vi får vite hvorledes mellomøret med sine små ben, hammer, ambolt og stigbøyle, på en sinnrik måte skaper impedanse-tilpasning mellom luften i øregangen og væsken i det indre øre. Og vi får endelig en oversiktlig beskrivelse av det indre ørets temmelig kompliserte oppbygning med «travelling waves» langs basilarmembranen og «shearing forces» som påvirker sanse-cellene der. Disse sanse-cellene er en slags «transducers»; her er det slutt på mekaniske vibrasjoner, her er det nerve-impulser som overtar. Det legges i boken ikke skjul på at det egentlig ikke er noen som vet hvorledes denne omformning foregår, eller som forstår nerveimpulsenes overordentlig kompliserte kode-språk der de bringer informasjonene inn til hjernens hørsels-senter.

Andre deler av boken omhandler psyko-akustikken, som har sine røtter tilbake til eksperimenter Robert Hooke utførte i 1681, men som vel som egen vitenskapsgren kan sies å bli skapt da fysikeren Fechner i Leipzig grunnla psykofysikken nesten to århundrer senere.

Noen typiske musikk-instrumenter og lyden fra dem er omtalt i boken. Stereofonisk hørsel, ekko-lokalisasjon og støyproblemer er også blant de emner som tas opp, alt på den samme interessevekkende måte. Visst kan det hist og her i boken være små detaljer der man kan være uenig med forfatterne, eller synes de uttaler seg unøyaktig uten at dette skulle være nødvendig for populariseringens skyld; men slikt bærer en med glede over med fordi boken som helhet er så god.

Og det aller beste er vel illustrasjonene. De store mangefargede figurene er ikke bare dekorative; de er for en stor del de mest informative jeg har sett på vedkommende områder. Dette både når det gjelder slike ting som refleksjon, refraksjon og Doppler effekt, og hørselsapparatets oppbygning og funksjon. Ved siden av de store illustrasjonene finnes det en rekke småfigurer, illustrasjoner hentet fra gamle skrifter, som er veldig morsomme og som jeg til dels aldri har sett gjengitt tidligere.

Som man vil forstå er boken både underholdende og lærerik for en «fagmann». Men hva vil en alminnelig leser få ut av boken? Det er jo ut fra en slik spørsmålsstilling en populærvitenskapelig bok bør vurderes. Boken er enkelt skrevet, der finnes f. eks. ikke en eneste formel. Noen av poengene vil nok, sannsynligvis uten at han selv merker det, gå den vanlige leser hus forbi; men jeg tror at det aller meste vil bli forstått på en for leseren tilfredsstillende måte. Jeg tror også at den vanlige leser gjennom boken vil føle litt av den fjetring og den dramatikk som naturvitenskapen byr sine disipler.

Kjell Gjævenes.

Jacob Mandelker: Relativity and the New Energy Mechanics. Philosophical Library Inc., New York 1966, 84 sider, pris 4 dollar.

Uhell kan hende den beste. Ifølge Ivar Lo Johansson har det svenske patentbyrå latt seg forlede til å utstede patent på en vaskeekte perpetuum mobile. Det er likevel vanskelig å unnskylde Philosophical Library for å ha tillatt forfatteren så ukamuflert å publisere sin totale misforståelse av relativitetsteorien. Boken er 100 % tøv.

Kjell Mork

Reimer, L.: Elektronenmikroskopische Untersuchungs- und Präparationsmethoden. 2. erweiterte Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 598 p.p. Innbundet DM 98,–, US $ 24,50.

Første utgave av denne bok kom i 1959, denne utgaven er blitt omtrent dobbelt så tykk.

Boken er i første rekke ment å gi en kritisk beskrivelse av de viktigste preparasjonsmetoder som brukes for elektronmikroskopi med gjennomfallende belysning. For å kunne gi leseren grunnlag for å bedømme sine elektronmikrogrammer og å vurdere prepareringsmetodene, har også forfatteren tatt med kapitler om det elektronoptiske grunnlag for transmisjonselektronmikroskopet, om elektrondiffraksjon, bildekontrast og om elektronenes virkning på objektet. Disse kapitler bør studeres nøye av alle som arbeider i feltet.

I kapitlene om preparering er hovedvekten lagt på standardmetoder som omfatter alle de områder hvor elektronmikroskopet er i bruk. Med hensyn til detaljer og varianter henvises leseren til orginallitteraturen. Boken har over 400 referanser, ført frem til første halvdel av 1966, og så vidt jeg kan se er alle viktige referanser tatt med.

Ludwig Reimer er en av de ikke alt for mange som har tatt på seg arbeidet med å gjennomgå eksperimentelt en rekke prepareringsmetoder for kvantitativt å bedømme brukbarheten av metodene. I denne forbindelse har han også gitt meget verdifulle bidrag til vår viten om kontrastdannelsen i elektronmikroskopet. Boken er derfor preget av hans praktiske erfaring med stoffet, kanskje med en ørliten slagside mot tysk praksis.

Det ville muligens ha vært verdifullt om forfatteren hadde kunnet gi leseren en vurdering av den relative betydning av de faktorer som har betydning for at man skal få maksimal ydelse av elektronmikroskopet. Min andre kritiske bemerkning er at forlaget har blandet sammen to forskjellige papirkvaliteter i boken, dette vil nok irritere noen. Ellers er trykk og innbinding utmerket.

Reimers bok er uunværlig i elektronmikroskopikerens håndbibliotek.

Jens Trætteberg

Günter Christlein: Physikalische Experimente im Bild. Bayerischer Schulbuch-Verlag München. 1965.

Boken beskriver ca. 100 eksperimenter som stort sett er hentet fra mekanikk, elektrisitetslære, magnetisme og optikk, og nivået er fra de øverste gymnasklasser til høyskole- og universitetsnivå. På et par punkter skiller denne boken seg ut fra tilsvarende bøker. Billedmaterialet er særdeles godt, de 150 sidene inneholder hele 263 fotografier, laget av forfatteren, og de fleste illustrerer ypperlig virkemåten av en eller annen apparaturoppstilling. Dessuten legger forfatteren stor vekt på å klargjøre fysikalske grunnbegrep og virkemåten for forskjellig måleutstyr. Dette oppnår han ved at det meste av den beskrevne apparatur er selvlaget av koppertråd, pertinaxplater, perlontråd og fremfor alt UHU klebemiddel. Det eneste ferdigkjøpte er vel linser, batterier og viserinstrumenter, selv om han heller ikke går av veien for å rigge opp et galvanometer bestående av en blikkboks påviklet koppertråd med en stavmagnet påklebet speil hengende inne i boksen i en perlontråd. Følsomhet? ca. 10 μV! Virkelig imponerende er beskrivelsen av en selvlaget gitterspektrograf hvor forfatteren med enkelt og tilsynelatende rimelig utstyr (f. eks. inngangsblende laget av to barberblad) har lykkes å fremstille et instrument av høy kvalitet. Med sitt speilrefleksкamera påmontert har han laget praktfulle opptak av solspektret, hvor f. eks. enkeltlinjene i det kjente oksygenbåndet rundt 6900 Å er godt gjengitt. Det fremgår av de fotografiske gjengivelsene at denne spektrografen oppløser linjedubletter med avstand 0,2 Å.

Boken vil trolig interessere flere grupper av lesere. Gymnaselever og studenter vil ha utbytte av den fordi den illustrerer så godt forskjellige grunnbegreper, uten å ty til bruken av «black boxes». De som underviser i gymnaset med ofte mangelfulle utstyrssamlinger, vil kunne få ideer til demonstrasjonsforsøk som kan lages ved enkle midler, og også de som driver laboratorieundervisning på høyere nivå vil uten tvil finne ting av interesse.

Bokens format er lite hendig, det er et «sidelengs» A-4 format, men dette skyldes vel i første rekke at det da er lettere å få plassert det foreliggende billedmateriale.

Kaare Stegavik

E. B. McLeod, Jnr.: Introduction to Fluid Dynamics. Pergamon Press 1963.

Hensikten med den foreliggende bok er gitt av forfatteren i den første setning i forordet «It is the purpose of this text to provide the reader with a concise introductory study of the basic principles of fluid dynamics.» Forfatteren har gjort en anstrengelse for å fremskaffe en generell og logisk oppbygget teori for væskers bevegelse. Han forlanger av leseren at denne skal være kjent med partielle deriverte, differensiallikninger og trippelintegraler. Videre forlanger han at leseren skal være kjent med vektoralgebraen. Boken er delt opp i følgende kapitler.

Kap. 1. Fundamentale begreper
kap. 2. Massens bevarelse
kap. 3. Krefter som virker på vesken i likevekt
kap. 4. De dynamiske likninger, bevegelseslikninger
kap. 5. Rotasjonsfri bevegelse
kap. 6. Integrasjon av Eulers likninger i spesielle tilfeller
kap. 7. Strømninger som kan representeres ved harmoniske funksjoner
kap. 8. Todimensjonale strømninger
kap. 9. Den rettlinjede hvirvel
kap. 10. Generell hvirvelbevegelse
kap. 11. Strømninger med en fri grenseflate
kap. 12. Kompressible væsker

Boken inneholder dessuten et appendix som behandler vektoralgebraen.

Som det vil fremgå av det som er sagt ovenfor representerer boken en innføring i væskemekanikken som i stor utstrekning er matematisk anlagt. Det blir her i første rekke lagt vekt på matematikken, og selv om forfatteren selv mener at han også gir opplysninger av fysikalsk natur, er det anmelderens mening at bokens svakhet ligger nettopp i det faktum at den i for liten utstrekning trekker fysikalske konklusjoner på grunnlag av de matematiske utledninger. Dette kommer f. eks. først og fremst til syne ved at et så viktig avsnitt av hydrodynamikken som grensesjiktteorien og begrunnelsen for at grensesjiktet må innføres for å gi en riktig beskrivelse av reelle væskers strømninger, praktisk talt

ikke er nevnt i boken. Den representerer med andre ord en hydrodynamikk hvis betydning anmelderen ikke vil prøve å redusere, men som etter anmelderens mening bør suppleres med anførsler om reelle væskers oppførsel. Allerede på side 2 i boken har forfatteren anførsler om den mikroskopiske og makroskopiske teori som anmelderen mener å kunne tyde dithen at forfatterens forståelse for væskens natur ikke er tilfredsstillende. Dette kan imidlertid være en misforståelse p. g. a. språkvanskeligheter.

Ser en bort fra de innvendinger som det er gjort rede for ovenfor er boken en utmerket innføring i den matematikk som er nødvendig for å beherske friksjonsfri væskers strømning, og gir også på utmerket måte de grunnleggende teoremer som gjelder under visse forutsetning også for en reell væske. Boken kan anbefales til den matematisk anlagte leser.

Leif N. Persen

J. Kvasnica: Physical Fields. Physics Paperbacks No. 2, ILIFFE Books Ltd. (1966), pris 17s 6d, 183 sider. Oversatt av Jiří Hybner. Engelsk oversettelse redigert av G. A. Toombs.

Begrepet felt er meget sentralt i moderne fysik. Umiddelbart synes det derfor å være et naturlig prosjekt å gi en samlet fremstilling av de viktigste typer felt i en bok, men en innser jo snart at det er et nærmest håpløst foretagende. Det foreliggende forsøk bekrefter dette. På 183 sider gjennomgås (fra artiunmivå) klassisk elektromagnetisme, grunnleggende kvantemekanikk (Schrödinger-ligningen), relativistisk kvantemekanikk (Klein–Gordon og Dirac-ligningen), kvantisering av det elektromagnetiske felt og av elektron-positron feltet. Det sier seg selv at det bare kan bli plass til en meget grov skisse av disse teoriene og at vesentlige ideer må mangle.

Det er vanskelig å tenke seg hvem som kan ha nytte av å lese denne boken, forfatteren nevner det heller ikke. Som lærebok er den opplagt uegnet siden den hovedsakelig består av nakne formler, uten anvendelseseksempler, uten tilknytning til eksperimenter og uten øvingsoppgaver. Som supplerende lesning til et kurs i klassisk elektrodynamikk eller elementær kvantemekanikk kan den kanskje ha en viss verdi.

Tatt i betraktning det handicap som bokens opplegg er, er fremstillingen stort sett bra, men det finnes også mindre vellykkede, til dels misvisende formuleringer. Forfatteren bidrar også til materialistisk filosofi. Eksempel: «There can therefore be no doubt that an electromagnetic field is a *material entity*, *exactly akin* to the bodies we meet in everyday life. These facts prove quite convincingly that an electromagnetic field is nothing more (*and nothing less*) than a *specific state of matter*, i.e. one form of the *existence of objective realty*», og «A large part of this book has been devoted to proving that electromagnetic radiation is not «pure energy», but a spesific state of matter. For this reason we have no need to disprove the non-scientiflc hypotheses about the destruction of mass (or matter) during the processes described».

8 sider av viktige kapitler i boken er lite givende om enn lettleste idet de er totalt blanke. Det er å overskride alle rimelige grenser for trykkfeil selv i en billig paperback.

Kjell Mork.

J. Kvasnica: Structure of the Atomic Nucleus. Iliffe Books LTD, London 1967. 121 s. 15 sh.

Dette er første nummer i en serie av monografier forfattet av tsjekkiske fysikere og oversatt til engelsk.

Boken starter med en rekapitulasjon av de viktigste punkter av kvanteteori og relativitetsteori. Deretter følger et kapittel om kjernenes statiske egenskaper. Tredje kapittel behandler kjernekrefter, fjerde kjernemodeller, og det femte og siste radioaktive prosesser.

Det er ikke mulig i en bok av dette format å komme inn på alle områder av kjernefysikken. Det man savner mest, er et kapittel om kjernereaksjoner. At dette ikke er tatt med, vil nok for mange bety en avgjort mangel. Det ser imidlertid av fortegnelsen over kommende bøker i samme serie ut som om dette tema vil bli tatt opp i et senere hefte.

Boken gir oss en mengde formler, men utleder dem sjelden. Man trenger derfor ikke særlige matematiske forkunnskaper for å lese den.

Dermed er på ingen måte sagt at det er lett å tilegne seg stoffet, idet mange av de problemer som tas opp, slett ikke er elementære. Boken egner seg godt som en første orientering i kjernefysikk for fysikkstuderende.

Njål Hole.

H. von Ubisch och K. Ekberg: Kärnteknik Folkuniversitetets förlag, 1965. 147 s. Sv. kr. 21.—.

Boken er en revidert og utvidet utgave av Atomenergi och kärnfysik, som kom 1957, og har til hovedformål å gi en fremstilling av anvendelsene av kjerneenergi og isotopteknikk. Den innleder med å redegjøre for visse grunnleggende egenskaper hos atomer, kjerner og stråling. Dette utgjør ca. 1/3 av boken.

Deretter blir i den neste tredjedel behandlet virkemåte og oppbygging av forskjellige typer reaktorer samt deres anvendelsesmuligheter. Kjernevåpen blir også omtalt.

Den siste tredjedel av boken er viet omtale av biologisk og medisinsk virkning av stråling, kjernekjemi og isotopmetoder.

Framstillingen er stort sett klar og oversiktlig. Det gjøres lite bruk av matematikk. Lesere med realartium skulle kunne lese hele boken med utbytte, men også andre vil kunne ha glede av den. Boken er rikelig utstyrt med figurer som på instruktiv måte understøtter teksten.

Njål Hole.

Karel Pátek: Lasers. Iliffe 1967. 288 sider. Pris 45 s.

Denne boken er usedvanlig ved sin harmoni mellom papirets ujevne, grå kvalitet, og innholdets. Boken er tsjekkisk, opprinnelig utgitt i 1964, og er nærmest en teknologisk beskrivelse av lasere. Som sådan er den primitiv, foreldet, ufullstendig, uinteressant, overfladisk, overflødig, bortkastet ....., ja, hva kan man mer kreve av et makkverk?

Svein Otto Olsen.

F. L. Friedman og Leo Sartori: The Classical Atom. Addison-Wesley Pub. Co. Inc., Reading Mass. USA (1965), pris $ 2.50, 117 sider.

Denne boken er den første i en serie som trinn for trinn skal gjennomgå fysikkens utvikling fra de klassiske forestillinger (før 1900) til den moderne kvantemekanikk. En slik fremstilling har visse fordeler sammenliknet med de konvensjonelle lærebøker. I disse får man presentert de ferdige teorier på den måten som er mest effektiv for tilegnelsen. Ideene fremstår som av magi, og man får liten forståelse av hvordan en naturvitenskap i virkeligheten arbeider seg fremover. I den historiske fremstilling kan man se hvordan teoriene muterer etter hver ny eksperimentell oppdagelse, og hvordan nye eksperimenter igjen skiller de levedyktige teorier fra de sterile. Man får demonstrert betydningen av fantasi og intuisjon, og man kan forstå originaliteten og oppfinnsomheten bak mange av de begreper og forestillinger som i dag er i ferd med å bli allemannseie.

Boken handler om hvordan man kom til å forstå materiens atomistiske oppbyggning. De sentrale eksperimenter blir behandlet i prinsipp og en del av de originale resultatene blir gjengitt. Kapittel 1 omhandler bestemmelsen av Avogadros tall, og i kapittel 2 blir de viktigste resultater av klassisk statistisk mekanikk gjennomgått. Kapittel 3 er viet identifikasjonen av elektroner, α og β stråler, de forskjellige klassiske atommodeller, og verifikasjonen av Rutherfords atommodell ved hjelp av spredningseksperimenter.

Boken er lettlest, uten avansert matematikk. Referanser til viktige originalarbeider er gitt. Det finnes også øvingsoppgaver. Den er meget forskjellig fra en vanlig lærebok, men mange vil kunne ha glede av den.

Kjell Mork.

Poul La Cour og *Jacob Appel*: Historisk Fysik. 2 bind, 1005 sider. Rosenkilde og Bagger, optryk København 1966.

Boken er et klassisk værk som først var skrevet for Folkehøiskolene i Danmark. Men det inneholder en slik fylde av stoff og fremstillingen er så god at boken har betydning for en vid krets: Både den almindelige læser som interesserer sig for denne side av kulturhistorien og som søker en forklaring av fysikens almindelige lover og for fagfysikeren som vil vite noget mere om bakgrunnen for sin egen profession.

Første bind omfatter astronomiens og verdensbilledets utvikling, endel av optiken og mekaniken. Annet bind Elektrisiteten, Magnetismen, Varmelæren og Meteorologien. De forskjellige kapitler er selvstendige og kan leses uavhengig av hverandre. Uttømmende er boken naturligvis ikke fordi den såkalte «Moderne Fysik» og dens bakgrunn i det forrige århundre ikke kunde oversees den gang da boken blev skrevet. (Første utgave 1896). Til gjengjeld finner man mangt som ikke ellers er så vanlig å finne både av biografisk stoff og belæring i Fysik. Fremstillingen er meget god og forklarer i sammenheng med de historiske data store deler av den klassiske fysik, ikke minst da slike fenomener som hører til dagliglivets iakttagelser. Forfatterne benytter ingen eller meget få matematiske tegn og det er nok som det bør være.

H. Wergeland

A. Sommerfeld og *H. Bethe*: Elektronentheorie der Metalle. Heidelberger Taschenbücher, Bd. 19, Springer-Verlag, 1967. Pris kr. 19,–.

Dette er opptrykk av Sommerfeld og Bethes vel kjente artikkel fra Handbuch der Physik, Bind 24/2 fra 1933. Med sin klare innføring i hva en nå kaller faste stoffers fysikk, er boken nyttig også for studenter i dag. Fremstillingen bygger direkte på elektronets kvantemekanikk, og en kan fristes til å mene at denne fremstilling faller lettere enn de mer «moderne» fremstillinger. I boken diskuteres Brillouin-soner, termoelektriske og galvanomagnetiske effekter, teorien for eldningsevne, dia-, para- og ferromagnetisme og strålingsprosesser i metaller.

H. O.

Kosmos. Fysiska uppsatser utgivna av Svenska Fysikersamfundet. B44, 1966–67. 100 s. Sv. kr. 30.

Denne bok, som har det format og den typografiske utforming som ble innledet med foregående bind i serien, inneholder 10 artikler om aktuelle emner fra fysikken og dens anvendelser.

I den første artikkelen får vi en redegjørelse for de arbeider som dannet grunnlaget for tildeling av Nobelprisen i fysikk 1966 til Alfred Kastler. Dette stoff er nok temmelig ukjent for de fleste.

De lengere av de øvrige artikler tar for seg makroskopiske kvanteeffekter i halvledere, holografi, fiberoptikk, atomur, partikkelspredning ved høye energier, coulombeksitasjon, fluididistorteknikk. I tillegg til dette får halvlederlaseren og Lippmanns metode for fargefotografering to sider hver.

Som man ser er det høyaktuelle emner som blir tatt opp; i enkelte tilfeller dreier det seg om klassiske områder av fysikken som har fått ny aktualitet og er kommet inn i en ny blomstringsperiode.

Artikkelforfatterne er gjennom egen virksomhet fortrolige med sine temaer, og legger dertil for dagen stor evne til å fremstille stoffet slik at det kan absorberes også av fysikere som sogner til andre spesialområder.

Som helhet kan boken anbefales på det beste til alle som ønsker å holde seg ajour med tidens utvikling innen fysikken, og som har et grunnlag noe utover artiumspensum.

I typografisk henseende er boken delikat.

Njål Hole.

Radio-varsling av geofysiske fenomener

Halvard Torgersen

I en del land har forskningsinstitusjoner som National Physical Laboratories (England), National Bureau of Standards (USA) osv. i lengre tid hatt en del radiostasjoner gående på «langbølge» og «kortbølge», med den hensikt å gi en verdensomspennende angivelse av standard tid og en del standardiserte frekvenser for vitenskapelig og teknisk bruk. Spesielt har National Bureau of Standards (NBS) et meget omfattende system. Det består i utsending av 1: standard radiofrekvenser, 2: standard lydfrekvenser, 3: internasjonal kammertone, 4: standard tidsintervaller, 5: tidssignaler. 6: korreksjoner for universal-tid (UT2), 7: varsler ang. radiokommunikasjonsforhold mellom USA's østkyst og Europa, og 8: varsler om geofysiske fenomener.

Standardfrekvenser er basert på nøyaktige atom-frekvens-ur laget av NBS. *Radio*frekvensene sendes ut i form av bærebølge for stasjonene med kjennetegn WWV, WWVH, WWVB og WWVL, og *lyd*frekvensene som modulasjon av bærebølgene for WWV og WWVH. Stabiliteten er 2 deler pr. 10^{11} (5 pr. 10^{10} for WWVH), med tilsvarende grad av nøyaktighet. Bortsett fra bestemte opphold sendes det døgnet rundt samtidig på følgende frekvenser (desimalnuller er sløyfet her): WWV: 2,5; 5; 10; 15; 20 og 25 MHz (4 min. opphold fra 45 m. 15 s. over hver time); WWVH: 2,5; 5; 10 og 15 MHz (4 min. opphold fra 15 m. 15 s. over hver time); WWVB: 60 kHz; WWVL: 20 kHz. WWVH ligger på Maui, Hawaii; de øvrige i Fort Collins, Colorado. Bare WWV og WWVH sender alle informasjoner 1–8 ovenfor (WWVH dog ikke 7), og derfor har bare disse interesse i det følgende. Videre tas her bare med varslingstjenesten for fenomener av geofysisk natur, såkalte *Geoalerts*, som ble utvidet og forbedret fra 1. jan. 1968, og jonosfærevarslingen.

Geo-varslene blir utarbeidet hver dag kl. 0400 GMT av World Warning Agency. Første gang sendes de ut kl. 0418 GMT på stasjonen WWV og kl. 0448 på WWVH. Vanligvis er minst en av disse stasjonene hørbar i Norge. Varslene gjentas med en time intervall inntil nytt varsel foreligger.

Hver varselmelding begynner med bokstavene GEO sendt som langsomme morsetegn. Derpå følger informasjonene i kodet form. Kodesystemet vil dekke tre typer informasjon i hver sending, hver i form av (morse-)bokstaver gjentatt tre ganger i langsomt tempo. Den første bokstav angår enten varsel (*forecast*) om sol- eller geofysisk fenomen, eller forutsigelse (*prediction*) for neste dag om stratosfærisk oppvarming (*Stratwarm*). De bokstaver som benyttes, og betydningen, er:

1. bokstav (3 ganger)	E	(·)	Intet varsel (*Nil*)
	I	(· ·)	*Flares* ventes
	S	(· · ·)	*Proton Flare* ventes
	T	(–)	*Magstorm* ventes
	U	(· · –)	*Flares* og *Magstorm* ventes
	V	(· · · –)	*Proton Flare* og *Magstorm* ventes
	H	(· · · ·)	*Stratwarm*
	D	(– · ·)	*Stratwarm* og *Flares* ventes
	B	(– · · ·)	*Stratwarm* og *Proton Flare* ventes
	M	(– –)	*Stratwarm* og *Magstorm* ventes

2. bokstav (3 ganger) og 3. bokstav (3 ganger) angir tilstedeværelsen og omtrentlig tid for *observert* sol- eller geofysisk fenomen. Kodingen for type fenomen og observasjonstid fremgår av tabellen.

	Dagen før utsendingsdagen (timer GMT)				Utsendingsdagen	Intet
	00–06	06–12	12–18	18–24	00–04	
2. bokstav *Proton Event*	MMM (– –)	TTT (–)	HHH (· · · ·)	SSS (· · ·)	III (· ·)	EEE (·)
3. bokstav *Geomagn. Storm*	UUU (· · –)	AAA (· –)	BBB (– · · ·)	DDD (– · ·)	NNN (– ·)	EEE (·)

Eksempel: Følgende melding i morsetegn

GEO SSS EEE DDD betyr:

GEO = Sol- og geofysisk melding følger. SSS = *Proton Flare* ventes; EEE = ingen *Proton Event* er observert mellom 0000 GMT igår og 0400 GMT idag; DDD = *Geomagnetic Storm* inntraff (begynte) mellom 1800 og 2400 GMT igår.

Varsler om kommunikasjonsforhold over Nord-Atlanteren begynte man å sende allerede i 1946 fra WWV, og de sendes nå i siste halvdel av hvert 5. minutt, 10. minutt osv. sammen med tidsangivelsen og kjenningssignalet. Varslene angår jonosfæreforholdene på den tiden de blir utarbeidet og etterfølgende 6 timer, basert på innhentede observasjonsdata. Observasjoner foretas ved ekkomåling av den ytre atmosfære, kortbølgemottaking; måling av geomagnetisk felt, solaktivitet o. l. og resultatene sendes til en seksjon av ESSA-organisasjonen for bearbeiding. Nytt varsel foreligger vanligvis 0500, 1200 (om sommeren 1100), 1700 og 2300 GMT. Koden består av en bokstav og et talltegn i 'angsom morse. Bokstaven beskriver hvordan bølgeforplantningsforholdene er (*Radio Quality*) på den tid varselet ble utarbeidet: N (– ·) = *normal*; U (· · –) = *unsettled*; W (· · · –) = *disturbed*. Talltegnet forutsier godheten av forplantningsforholdene for en typisk Nord-Atlantisk forbindelse i seks timer etter utarbeidelsen av varselet. Talltegnet betyr: 1 (· – – – –) = *useless*; 2 (· · – – –) = *very poor*; 3 (· · · – –) = *poor*; 4 (· · · · –) = *poor-to-fair*; 5 (· · · · ·) = *fair*; 6 (– · · · ·) = *fair-to-good*; 7 (– – · · ·) = *good*; 8 (– – – · ·) = *very good*; 9 (– – – – ·) = *excellent*. Eksempel: N4 betyr at forholdene var normale da varselet ble utarbeidet, men ventes a bli «middels til dårlig» i løpet av sekstimers-perioden.

Ref.: NBS Time and Frequency Services Bulletin No. 123, Feb. 1968.
NBS Standard Frequency and Time Services. M. P. 236, 1967.

Vinterskolen på Spåtind 14. — 26. januar 1968.

En gruppe fysikalske kjemikere ved København Universitet med professor Thor A. Bak i spissen har nå tre år på rad arrangert en vinterskole ved Spåtind Høgfjellshotell (opp fra Dokka). Hovedemnet for årets skole var faseoverganger.

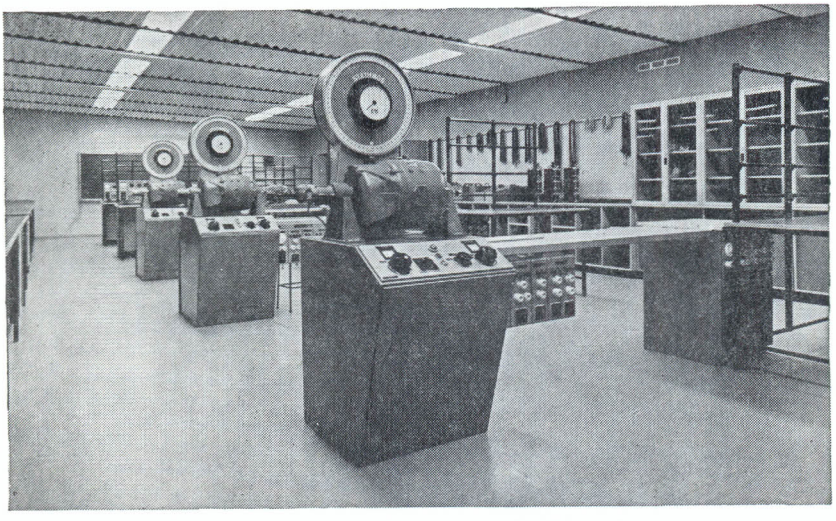
Fra seks nasjoner var samlet folk med utviklet sans for raffinerte singulariteter, sju sorter sursild og lav januarsol over glitrende silkeføre. For å holde oss i det faglige hjørnet av denne velkomponerte trekanten slo følgende forelesningsserier an årets grunntone:

1. P. C. Hemmer fra Trondheim klargjorde det statistisk mekaniske grunnlaget for teoretisk behandling av faseoverganger.
2. D. S. Gaunt fra London diskuterte fenomener nær kritiske punkt i magnetiske og gass-væske systemer, og teoretiske resultater basert på Ising-modellen (som hører til spesialitetene ved King's College) ble gjennomgått.
3. M. de Leener fra Brussel tok for seg Heisenbergmodellen for ferro- og antiferromagnetisme og belyste vesentlige deler av teorien bygd på denne modellen.
4. R. Mattuck fra København presenterte sin enhetlige teori for faseoverganger i Fermisystemer med audiovisuell virtuositet og elegant tekstreklame for den selvskrevne bok på området.

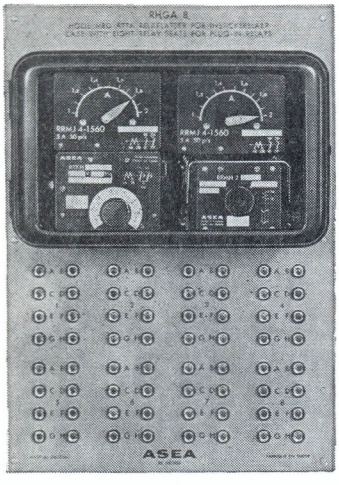
Dessuten ble enkeltforelesninger og seminarer viet mer spesielle emner.

Kort sagt: Suksessen var sikker og tilbakefallsprosenten til neste år når ikkelikevekts termodynamikk og lavenergi spredning står på programmet anslås til ca. 50 %. Til fristende orientering.

Eivind Hiis Hauge



Laboratorium med elektriske momentvekter



Relésentral med reléer av innstikkstypen for enkel tilkopling med bananstikker.

ASEA

Komplette utrustninger for undervisning — forskning — laboratorier og demonstrasjoner.

Dessuten leveres laboratorieapparater som: nettmodell, belastningsmotstand, belastningskondensator, belastningsreaktor, kontaktorer og instrumenter.

ASEA-PER KURE A/S

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Njål Hole

Styre: Direktør O. Chr. Böckman †
Professor dr. Nicolai Norman
Professor dr. Harald Trefall
Dr. philos Tormod Riste

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

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

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

Teknisk medarbeider: Lab.ing. H. Torgersen, N. T. H.

Annonser: Lab.ing. H. Torgersen, N. T. H.

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

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

Postgirokonto: 10472 Bankgirokonto: 236545-285

GYMNASIASTER OG STUDENTER!

Dere kan få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: kr. 10,— pr. år.

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

Aktietrykkeriet i Trondhjem