

Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

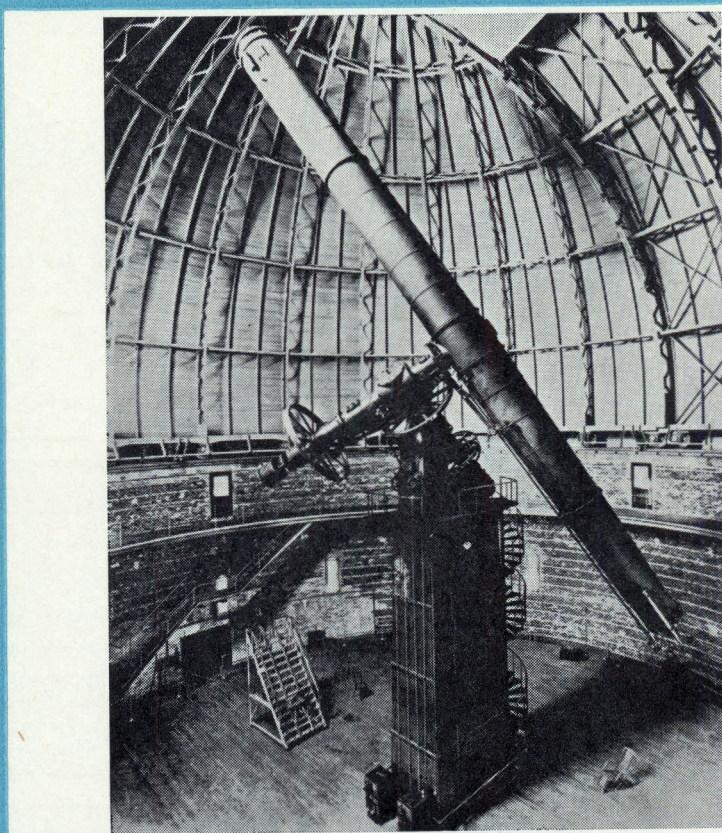
INNHold

Måling av farver 25

Bøker 32, 38

G. E. Hale (1868-1938) 34

Standardfrekvenser og
tidssignaler 36

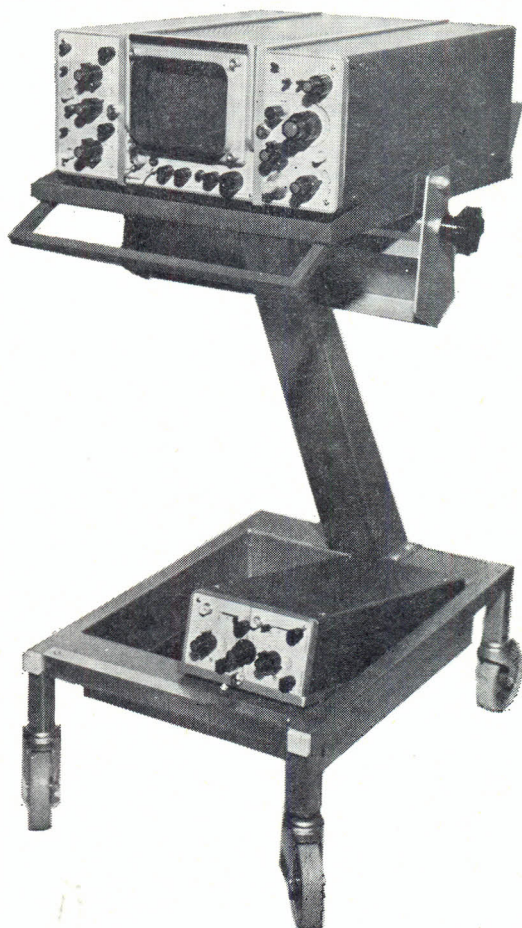
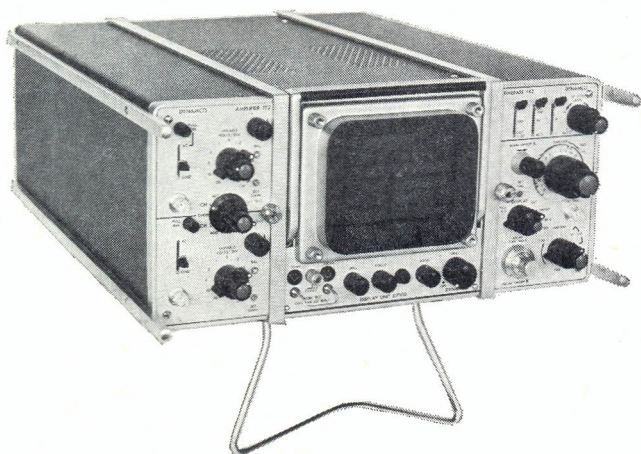


*Hale's linsekikkert i Yerkes observatoriet.
(Se side 34)*

Nr. 2 - 1968
30. årgang

DYNAMCO

OSCILLOSCOPE 7100



HVA? Enda et nytt Oscilloskop merke?

Ja, faktisk. DYNAMCO har begynt å produsere kvalitetsoscilloskop.

Ja, men da er vi vant til

Naturligvis, men vi liker ikke en direkte sammenlikning fordi det opprinnelig ikke var ment slik. Imidlertid ber vi Dem se på noen av spesifikasjonene:

Inntil 30 MHz med 10mV/cm (eller inntil 5MHz med 1mV/cm). Stigetid 12nsek.
Heltransistorisert, vekt ca. 14 kg komplett.

Men det kan da sammenliknes med

Vel — ikke ganske. Dimensjonene på vårt oscilloskop er: Bredde 35 cm, høyde 16.5 cm og dybde 44 cm.

Det høres jo bra ut, men hva er prisen?

Med dobbel Y-forsterker, signal delay, sweep delay etc. — altså dyreste versjon kr. 11.220.— fob. Oslo inkl. oms.avg. Enkleste versjon 15 MHz koster komplett kr. 7.900,—.

Ja, men dette er da mye billigere enn

Hvorfor stadig denne sammenlikningen med

Vårt oscilloskop kan benytte Y-forsterkeren på X-forsterkerens plass direkte og gi reell X-Y plotting, dessuten en del flere fikse detaljer som De kan lese av databladene.

Men med dette er det da opplagt at dere må ta noe av markedet fra

OK — you win!

Hvorfor ikke låne et instrument til prøvning uten forbindtlighet?

DYNAMCO — kvalitetsoscilloskoper serie 7100

ENEREPRESENTANT:

RØDLAND & RELLSMO A.S

LØRENVEIEN 6, OSLO 5 — TELEFON 22 55 89

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 2 - 1968

Redaktør: HAAKON OLSEN

30. årgang

Om måling av farver

Bjarne Hisdal

Innledning.

I tillegg til en rent estetisk verdi, kan farven på en gjenstand ha betydning for identifikasjon og kvalitetsvurdring. For å ta noen eksempler: Bedømmelse av modenhet og kvalitet av landbruksprodukter, hudfargens indikering av sykelige eller andre fenomener (f. eks. «påskebrunhet»), identifikasjon og klassifisering av arter og typer innen geologi, zoologi, botanikk osv. I enkelte tilfelle kan fargen ha økonomisk betydning, f. eks. avgjøres kvaliteten og dermed prisen for visse oljer i vesentlig grad på grunnlag av fargen.

Ofte er det tilstrekkelig å angi fargen rent kvalitativt, f. eks. ved dens fargetone (rød, blå, grønn, osv.), renhet (grad av tilnærmelse til spektralfargen) og lyshet (grad av gråinnhold). Men svakheten ved et slikt kvalitativt målesystem er selvsagt at påliteligheten under tiden kan bli av samme klasse som sportsfiskerens angivelse av størrelsen på den fisken han ikke fikk inn.

For en rekke vitenskapelige, tekniske og kommersielle formål er det behov for et objektivt fargemålsystem, basert på internasjonalt anerkjente standarder, slik en har for måling av lengde, vekt, tid, elektriske enheter, etc.

Vi skal se på noen fenomener som bestemmer endel av de standard målebetingelser som må defineres i et slikt system.

En snekledd fjelltopp virker hvit om dagen i sollyset, men om kvelden ved solnedgang kan den synes rødlig eller orange. I et slikt

tilfelle er det tydelig at fargeforandringen skyldes en forandring i belysningen. Dette er ikke alltid så lett å observere, men det er likevel alltid slik at fargen på reflekterende objekter er avhengig av egenskapene til lyskilden.

Fargen på slike objekter kan derfor bare defineres relativt til den anvendte lyskilde.

For gjenstander med utpreget glans forstyrres fargeinntrykket i visse belysnings- og observasjonsvinkler ved direkte reflektert lys fra lyskilden (speilrefleks). For å kunne bedømme gjenstandens egenfarge prøver man da gjerne å snu og dreie på denne inntil det direkte reflekterte lys forsvinner og øyet bare mottar diffust reflektert lys. Dette siste består i vesentlig grad av lys som har trengt mer eller mindre dypt inn i gjenstandens overflate, og derfor er påvirket av egenskapene i denne. Dette fører til at det diffust reflekterte lys er preget både av egenskapene til det lys som faller inn på gjenstanden og absorpsjonsegenskapene til gjenstandens overflate.

Lyset som faller inn i øyet bærer således med seg informasjon både om lyskildens og gjenstandens farge, men selve fargefornemmelsen oppstår først i observatørens hjerne. Etter som gjenstanden er det øyet «ser», blir det allikevel vanligvis til at man oppfatter fargen som tilhørende gjenstanden alene. Lyset som faller inn i øyet, er den rent fysiske, målbare årsak for frembringelse av fargeinntrykk hos en person, eller m. a. o. lyset er den fysiske stimulus for fargefornemmelsen. Selv om farger strengt tatt bare eksisterer som en personlig fornemmelse, så er det vanlig å snakke om fargen på gjenstander og fargen på lys, i betydning av det fargeinntrykk disse

Siv.ing. Bjarne Hisdal er forsker ved Sentralinstituttet for industriell forskning.

normalt frembringer. Det er som kjent tappene i øyets netthinne som er de lysfølsomme mot-takere ansvarlig for fargesynet, og korrekt fargeinntrykk forutsetter derfor at det ytre lysnivå er høyt nok til at tappene funksjonerer normalt.

Vi skal nå se på standarder og målebetingelsen i det fargemålesystem som ble godkjent av Commission Internationale de l'Éclairage (heretter forkortet CIE) i 1931. Som det skulle fremgå av foranstående må disse omfatte standard lyskilder og standard geometri (retning for innfallende og reflektert lys). Dessuten må en ha en refleksjonsstandard å referere målingene til. Og endelig må man definere fargefølsomheten for en standard observatør.

Standard lyskilder.

En lyskilde stråler ut elektromagnetisk energi innenfor det synlige spektralområde som omfatter bølgelengdeområdet fra ca. 380 til 760 nm (nm = nanometer = 10^{-9} meter). De forskjellige lyskilder adskiller seg bl. a. ved hvorledes den utstrålte energi er fordelt over dette område. Denne fordeling bestemmer også hvilket fargeinntrykk lyset vil gi. Øker f. eks. energitustrålingen mot den røde del av spektralområdet (bølgelengder fra ca. 600 til 760 nm), så gir lyset et rødlig inntrykk.

I CIE systemet ble det opprinnelig definert tre standard lyskilder med spektralfordeling over det synlige område representativ for tre vanlig forekommende arter av belysning. Den første er lyskilde A, en glødelampe med en filamenttemperatur (fargetemperatur) av 2854 °K. Lyset fra denne er representativt for vanlig glødelampelys. Lyskilde B har en energifordeling karakteristisk for midlere sollys. Den består av lyskilde A i forbindelse med et definert væskefilter. Lyskilde C består av lyskilde A i forbindelse med et annet væskefilter, som modifiserer energifordelingen slik at denne blir representativ for midlere dagslys.

Etter hvert viste det seg at disse lyskilder var beheftet med visse svakheter. Bl. a. har den utstrakte bruk av såkalte dagslysfluoreserende farger ført med seg behovet for å definere en standard dagslyskilde, der også den ultrafiolette energifordeling er definert. Dagslysfluoreserende farger brukes f. eks. som tilsetning til vaskemidler (under navn av optiske hvitemidler) for å motvirke den naturlige tendens til gulning av hvite tekstiler

ved gjentatt vask. De optiske hvitemidler absorberer ultrafiolett energi og sender en vesentlig del av denne energi ut som lys i det blå spektralområde. Som vi senere skal se, gir en additiv blanding av passende mengder blått og gult lys som resultat en hvit farge. Ved at også en del av den innfallende ultrafiolette stråling omdannes til lys, får man dessuten en større total lysstrøm mot øyet enn ved ren refleksjon av bare det innfallende lys. Derfor kan bruken av optiske hvitemidler føre til en vesentlig økning av hvithetsinntrykket (jfr. reklameteksten: «Jeg trodde min skjorte var hvit, inntil — —» osv.). Skal man måle slike dagslysfluoreserende farger er det klart at referanselyskilden må ha en energifordeling også i ultrafiolett som er representativ for midlere dagslys.

CIE's fargekomité har derfor fått foretatt en rekke nye målinger av dagslys, både i synlig og ultrafiolett, og har på grunnlag av det innsamlede materiale anbefalt en spektral energifordeling for en ny standard lyskilde, kalt D₆₅₀₀ (fordi den såkalte korresponderende fargetemperatur for lyskilden er 6500 °K). For fargemåling vil man fra nå av, så vidt mulig, prøve å referere målingene enten til lyskilde A eller D₆₅₀₀.

Standard geometri og refleksjonsstandard.

Opprinnelig ble det vedtatt at en plan prøve skulle belyses med en tilnærmet parallell lysbunt under en innfallsvinkel på 45°, og målingen skulle foretas på det lys som ble reflektert omkring flate-normalens retning. Senere er det også gitt definisjoner på andre målegeometrier, bl. a. med bruk av såkalt integrerende kule. Etter som måleresultatene vanligvis vil variere noe alt etter den målegeometri som brukes, er det viktig at denne alltid oppgis.

To diffust reflekterende flater kan utenom fargeforskjell også atskille seg ved at de reflekterer ulike, totale mengder av det innfallende lys. En hvit flate reflekterer mer enn en grå flate, og denne igjen mer enn en sort flate. For å få et mål for de relative, totale mengder av reflektert lys, må man kunne referere til en refleksjonsstandard. Som sådan valgte man en flate med et nylig pådampet belegg av magnesiumoksyd. Dette er meget nær en perfekt diffus reflektor og har en høy og jevn refleksjon over hele det synlige område.

Som praktisk arbeidsstandard viste en slik flate seg imidlertid lite egnet. Den var for skjor, og refleksjonsegenskapene varierte dessuten med tiden. I praksis ble derfor brukt hvite, diffust reflekterende flater av mer holdbare materialer som glass, emalje, påsprøytet bariumsulfat, etc. Disse ble kalibrert relativt til en nybelagt magnesium-oksydflats, som definisjonsmessig hadde en refleksjon av 100 % over hele det synlige spektralområde. Imidlertid viste en rekke undersøkelser som etter hvert ble foretatt, at magnesiumoksydstandarden selv ved meget omhyggelig fremstilling ikke hadde tilstrekkelig reproducerbare refleksjonsegenskaper. Det er derfor nå vedtatt at fra 1969 av skal alle fargemålinger referere til den såkalte perfekt diffuse reflektor, og alle arbeidsstandarter kalibreres i forhold til denne. Denne kalibrering vil sannsynligvis bare kunne foretas ved en del spesiallaboratorier, som da vil kunne påta seg å levere arbeidsstandarter.

Standard observator.

Fargeinntrykket bestemmes av energifordelingen i det lys som faller inn i øyet, og det er målingen av denne energifordeling som gir grunnlaget for fargemåling i CIE systemet. At også andre faktorer kan være medbestemmende for fargeinntrykket skal vi ikke gå inn på her.

Fargene i det synlige spektralområde kan stort sett inndeles slik:

380–450 nm:	Fiolet
450–480	» Blått
480–510	» Blågrønt
510–550	» Grønt
550–570	» Gulgrønt
570–590	» Gult
590–630	» Orange
630–760	» Rødt

Innenfor disse brede spektralbånd er det selvsagt en viss variasjon i farge. De farger som fremkommer når båndene gjøres så smale at øyet ikke kan oppdage noen fargevariasjon innenfor dem, kalles i fargerterminologien spektralfarger.

Når to fargede flater synes ulike, så er den spektrale energifordeling i det lys som reflekteres fra dem forskjellig. De lys- og fargefølsomme mottakere i øyets netthinne (tappene) må derfor være i stand til å reagere i ulike

grad på innkommende lys av forskjellig bølglengde. En rekke fargeeksperimenter har også vist at dette er så. Videre har man funnet at enhver gitt farge kan etterlignes (matches) ved en blanding av lyset fra tre lyskilder av passende valgte farger. Lyset fra disse tre lyskilder kalles de primære stimuli. Herav slutter man at det bare er tre typer fargefølsomme mottakere i øyet (Young–Helmholtz fargeteori). At dette er tilfelle er også påvist eksperimentelt i løpet av de senere år. De primære stimuli må være innbyrdes uavhengige, dvs. at en av dem ikke må kunne reproduceres ved en blanding av de to andre. Ellers kan fargen på de primære stimuli velges fritt. Rene spektralfarger som rødt, grønt og blått brukes ofte.

Dette er en av de eksperimentelle lover som danner basis for CIE systemet. En annen lov sier at dersom to farger er etterlignet ved hver sin blanding av de primære stimuli, så vil blandingen av de to farger bli reproduisert ved summen av de respektive primære stimuli. På grunnlag av disse lover kunne man tenke seg å måle en farge på følgende måte: Gjennom et okular betrakter man et felt som er delt i to like halvdelar. Den ene del er fylt av lys av den farge som skal reproduceres (heretter kalt prøvefargen). I den annen del kan man blande lyset fra de tre primære stimuli, R, G og B. Hver av de primære lyskilder er forsynt med en variabel blender slik at intensiteten kan innstilles og størrelsen avleses på en skala. Denne skala kalibreres ved å finne de mengder av de primære stimuli som trenges for en reproduksjon av standardhvitt (standardlyskildens farge). Ved å variere mengdene av de tre stimuli, kan man finne en innstilling der en har likhet mellom fargene i de to halvdelar av synsfeltet. Denne likhet finner bare sted for en bestemt innstilling på hver av de tre skalaer. Prøvefargen kan derfor spesifiseres ved skalaverdiene for de tre primære stimuli. De avleste verdier kalles tristimulverdiene. Fargen er fullstendig bestemt ved disse tre verdier.

For et apparat med tre faste primære stimuli vil man finne at der eksisterer farger som ikke lar seg reproducere for noen additiv blanding. I slike tilfelle er det mulig å oppnå fargelikheter ved å blande prøvefargen med en av de primære stimuli. En sier da at denne farge for tilfredsstillende reproduksjon trenger en negativ mengde av vedkommende primærfarge. Dette kommer av at mens man for vanlig additiv fargeblanding skriver fargeligningen: $F = R + G + B$, der F står for den gitte farge og R,

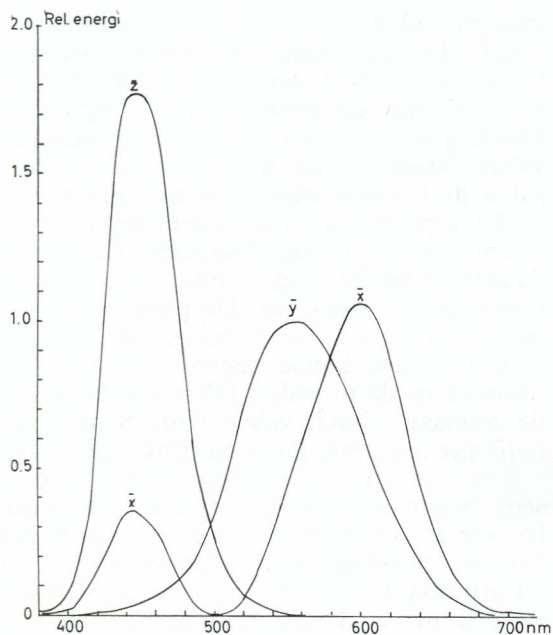


Fig. 1. Like-energi fordelingskurvene (tristimulus-fordelingskurvene) for CIE standard observatør, 2° synsfelt. $\bar{x}$, $\bar{y}$ og $\bar{z}$ gir for hver bølgelengde de relative mengder av CIE primære stimuli X, Y og Z nødvendig for etterligning av spektralfargen ved denne bølgelengde.

G og B for de primære stimuli, så vil den her måtte skrives f. eks. $F + R = G + B$ eller

$$F = G + B - R \quad (1)$$

hvor R da blir den negative primære farge.

Som nevnt kan de primære stimuli bestå av rene spektralfarger. Lyset fra den farge som skal reproduseres kan på den annen side ha en hvilken som helst spektralfordeling. Den spektrale energifordeling i lyset fra de to halvdelene av synsfeltet kan således være helt forskjellig, men likevel frembringe samme fargeinntrykk. Dette henger sammen med at øyet (og hjernen) ikke kan avgjøre hvorledes energien i lyset er fordelt over det synlige spektralområdet. De stimuli øyet mottar fra de to halvdelene av synsfeltet trenger således bare være ekvivalente i den henseende at de frembringer samme fargeinntrykk — for den bestemte person som foretar målingene.

Da det er rimelig å vente at øyets fargefølsomhet som enhver biologisk funksjon kan fremvise variasjoner fra person til person, vil de tristimulusverdier som betegner tilfredsstillende fargelikheter for en person ikke alltid være tilfredsstillende for en annen. Dette

betyr at måleresultatene oppnådd ved det nettopp nevnte apparat ikke er almenngyldige.

For å kunne få et virkelig objektivt mål for fargen må man derfor i et internasjonalt fargesystem definere fargefølsomheten for en standard observatør. Alle måleresultater må da refereres til denne. På grunnlag av en rekke målinger foretatt av Wright og Guild definerte CIE i 1931 en slik standard observatør. Spektralfølsomheten for denne, for 2° synsfelt, definert ved like-energi fordelingskurvene for de forskjellige spektralfarger innen det synlige området er gitt i fig. 1.

For hver bølgelengde gir her ordinatene for de tre kurver de respektive mengder av CIE primære stimuli (X, Y og Z) som trengs av en standard observatør for reproduksjon av spektralfargen ved denne bølgelengde. De verdier som er angitt i fig. 1 refererer seg til samme energi for hver bølgelengde i det lys som skal reproduseres. De funksjoner som representeres av de tre kurver betegnes med $\bar{x}$, $\bar{y}$ og $\bar{z}$.

Fordelingskurven for $\bar{y}$ er den samme som øyets lysfølsomhetskurve, hvilket medfører at en farges lyshet (beliggenhet på skalaen fra sort til hvitt), kan uttrykkes ved Y alene.

Som man ser er de opprinnelige eksperimentelle data, der man også hadde negative verdier av de primære stimuli, i CIE systemet omregnet på en slik måte at fordelingsfunksjonene overalt blir positive. Dette betyr at alle farger her kan etterlignes ved en ren additiv kombinasjon av de primære stimuli.

Etter som man kan vise at der ikke eksisterer tre fysisk realiserbare farger for de primære stimuli som er slik at en additiv kombinasjon av dem kan reprodusere enhver gitt farge, følger at de primære stimuli i CIE systemet må være imaginære (i betydningen ikke realiserbare farger). Disse imaginære stimuli er innført for å muliggjøre beregningen av fordelingsfunksjoner som over alt er positive. De har ingen fysisk betydning men er rene matematiske begreper. De opprinnelig definerte standard observatør data er blitt stadfestet gjennom videre grundige undersøkelser. I tillegg har man fra 1964 definert standard observatør data for 10° synsfelt.

Det er nå mulig å sette opp uttrykk for beregning av en farges såkalte tristimulusverdier X, Y og Z i CIE systemet. Vi tar som eksempel en farget prøve av en eller annen art som belyses og observeres under standard betingelser. For enkelthets skyld antas først at lyskilden sender ut rent monokromatisk lys av

bølgelengde λ . Fordelingskurvene i fig. 1 gir tristimulusverdiene for hver enkelt bølgelengde, forutsatt at man har en lysstimulus med en enhetsmengde av energi. Hvis lyskilden i stedet sender ut en energimengde E_λ , og hvis prøvens refleksjonskoeffisient ved bølgelengden λ er R_λ , så vil energien av lysstimulus nå være $E_\lambda \cdot R_\lambda$. R_λ og tristimulusverdiene følgelig være gitt ved:

$$\begin{aligned} X &= E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{x}_\lambda \\ Y &= E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{y}_\lambda \\ Z &= E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{z}_\lambda \end{aligned} \quad (2)$$

De vanlige standard lyskilder har en kontinuerlig energifordeling over det synlige spektrum. Tristimulusverdiene må da finnes ved en integrasjon over alle bølgelengder innen dette område, slik at de generelle uttrykk blir:

$$\begin{aligned} X &= \int_{380}^{760} E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{x}_\lambda \cdot d\lambda \\ Y &= \int_{380}^{760} E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{y}_\lambda \cdot d\lambda \\ Z &= \int_{380}^{760} E_\lambda \cdot R_\lambda \cdot \bar{z}_\lambda \cdot d\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

Disse integraler må beregnes ved numerisk integrasjon. Tabeller for den relative spektrale energifordeling av de tre standard lyskilder, samt fordelingsfunksjonene finnes oppgitt i en rekke publikasjoner om fargemåling.

Trikromatiske koeffisienter.

Grafisk fremstilling av en farge ved dens tristimulusverdier ville kreve et tredimensjonalt koordinatsystem. For å få en praktisk mer anvendelig spesifikasjon kan man i stedet spesifisere fargen ved dens fargetone og lyshet. Fargetonen kan angis i et todimensjonalt diagram ved hjelp av de såkalte tri-kromatiske koeffisienter. Disse betegnes med x , y og z , og er definert ved følgende uttrykk:

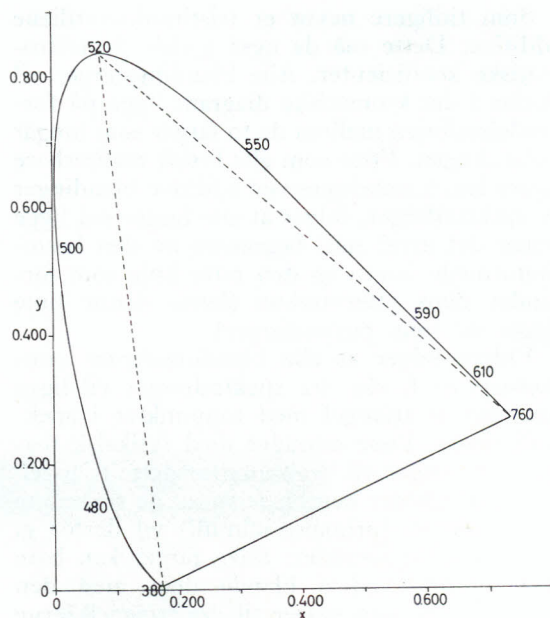


Fig. 2. Det kromatiske diagram. Den hesteskoformede kurve går gjennom punktene for de rene spektralfarger. Posisjonene for noen bølgelengder (i nanometer) er angitt. Blandingsfarger av spektralt rødt og blått (purpurfargene) ligger langs den rette linje mellom 380 og 760 nm.

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \\ z &= \frac{Z}{X + Y + Z} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{Vi ser at: } x + y + z = 1. \quad (5)$$

Kjennskap til to av koeffisientene vil derfor bestemme verdien av den tredje. Det er således mulig å angi fargetonen ved hjelp av to koeffisienter, f. eks. x og y . Lysheten kan spesifiseres for seg ved verdien av Y .

Ved hjelp av de gitte tristimulusverdier i fig. 1 er det lett å beregne de tri-kromatiske koeffisienter for spektralfargene. Forbindelseskurven gjennom x - og y -verdiene for disse vil forløpe som vist ved den hesteskoformede kurve i fig. 2. Diagrammet i denne figur kalles det kromatiske diagram.

Som tidligere nevnt er tristimulusverdiene additive. Dette må da også gjelde de trikromatiske koeffisienter. Alle blandingsfarger vil derfor i det kromatiske diagram ligge på forbindelseslinjen mellom de to farger som inngår i blandingen. Etter som alle fysisk realiserbare farger kan frembringes ved additive blandinger av spektralfarger, følger at alle farger må ligge innen det areal som begrenses av den hesteskoformede kurve og den rette linje som forbinder dens ytterpunkter (langs denne linje ligger de rene purpurfarger).

Videre følger at alle blandingsfarger sammensatt av f. eks. tre spektralfarger vil ligge innenfor et triangel med toppunkter i spektralfargene. Visse områder med fysisk realiserbare farger vil ligge utenfor dette triangel, og ingen additiv kombinasjon av de tre valgte spektralfarger (primære stimuli) vil derfor gi farger i disse områder. Slike farger kan bare reproduseres ved å blande dem med den spektralfarge som svarer til det triangelhjørne som ligger lengst borte, dvs. ved å anvende en negativ mengde av en av spektralfargene som før omtalt. I fig. 2 er vist beliggenheten av triangel for rene spektralfarger med bølglengder av 380, 520 og 760 nm som primære stimuli. Visse blågrønne, gulgrønne og gule farger vil her ikke kunne reproduseres ved en additiv kombinasjon.

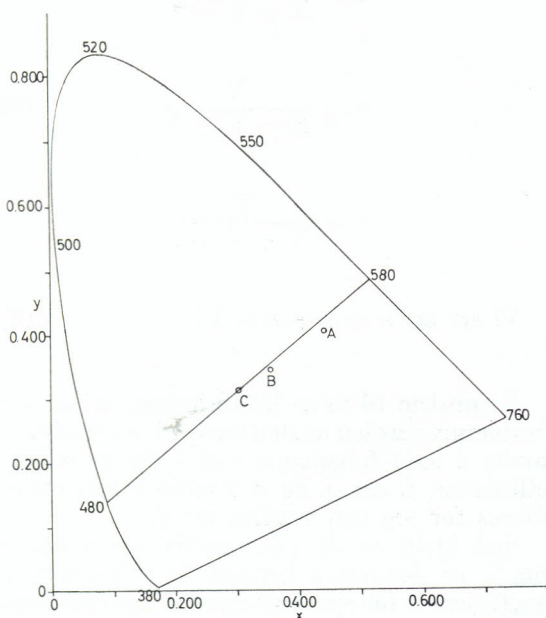


Fig. 3. Beliggenheten av de tre standard lyskilder A, B og C i det kromatiske diagram. Den rette linje gjennom C skjærer spektralfargekurven ved de komplementære bølglengder 480 og 580 nm.

Vi kan se hvorfor de primære stimuli i CIE systemet må være imaginære. Hjørnene for ethvert triangel som skal omslutte hele den hesteskoformede kurve må nemlig ligge utenfor området for de fysisk realiserbare farger.

I fig. 3 er gitt beliggenheten av standard lyskilder A, B og C, eller posisjonene for den hvite refleksjonsstandard når den belyses med de respektive lyskilder. Som kjent vil en additiv blanding av passende mengder av to komplementære farger gi en nøytral farge (på gråskalaen fra hvitt til sort). Forbindelseslinjen mellom to komplementærfarger i det kromatiske diagram vil derfor gå gjennom det punkt som representerer nøytralfargen, dvs. punktet for lyskilden selv. Med lyskilde C (midlere dagslys) som standard hvitt vil f. eks. 480 og 580 nm være komplementære bølglengder slik som vist i fig. 3.

Vi ser her at en additiv blanding av passende mengder av blått og gult lys gir hvitt, slik det er nevnt tidligere i forbindelse med bruken av optiske hvitemidler. Her ble hvithetsinntrykket fremkalt ved den additive blanding av gul-lig reflektert lys fra tekstilet og det blålige fluoresenslys fra hvitemidlet. (Ved såkalt subtraktiv fargeblanding f. eks. av pigmenter, gir en blanding av dyp blått og rent gult en grønn farge av lav lyshet. Dette skyldes at den vesentlige del av energien innen de røde og gule spektralområder i det innfallende hvite lys, absorberes av det blå pigment, mens det gule pigment absorberer tilsvarende innenfor det blå spektralområde. Det lys som reflekteres fra pigmentblandingen mot øyet, består derfor hovedsakelig av lys med energi innenfor det mellomliggende område, dvs. grønt).

Enhver fargetone kan angis ved et punkt i det kromatiske diagram. Men for fullstendig spesifikasjon av en farge trengs som tidligere nevnt tre størrelser. Det kan vises at det er mulig å finne f. eks. en brun og en orange farge som er angitt ved samme punkt i diagrammet. Disse to farger atskiller seg bare ved en forskjell i lyshet. Likeledes vil alle nøytrale farger som sort, grått og hvitt ligge i samme punkt. Her er der igjen bare en forskjell i lyshet. Som nevnt er lysheten i CIE systemet angitt ved tristimulusverdien Y. Denne gir direkte den relative lyshet av en prøve etter en skala med sort som nullpunkt og perfekt hvitt som 100. En farge er fullstendig bestemt når x, y og Y er kjent.

Mål for fargeforskjell.

Skal man etterligne en farge som er spesifisert i CIE systemet, er det i praksis viktig å vite hvor store avvik (toleranser) som er tillatelig.

Toleranser i det kromatiske diagram kunne en tenke seg angitt f. eks. ved et sirkulært område rundt punktet for den gitte farge. En tilfredsstillende etterligning måtte da ligge innenfor sirkelen. Dessverre gir ikke de relative beliggenheter av fargene i det kromatiske diagram et riktig inntrykk av de virkelige fargeforskjeller. Avstander som svarer til visuelt like fargegrunn vil variere fra sted til sted i diagrammet og vil også variere med retningen rundt ett og samme punkt.

En har prøvd med en rekke forskjellige transformasjoner av CIE-diagrammet for å forsøke å komme frem til et nytt diagram der disse avstander var mest like. Det er nå vist at dette ikke kan oppnås helt ved noen lineær transformasjon. Man har imidlertid fremstilt diagrammer der likheten er så pass bra at de er til god hjelp for en rekke praktiske formål. Dette arbeid er ført videre til også å omfatte tre-dimensjonale systemer der like avstander svarer til visuelt noenlunde like fargegrunn. CIE vedtok i 1960 at det såkalte Mac Adam diagram skulle brukes for beregning av fargeforskjeller. En utvidelse av dette diagram til et system for tre dimensjoner ble vedtatt i 1964 (CIE 1964 Uniform Color Space).

Måling og beregning av farger.

Apparatur for fargemåling kan inndeles i to hovedgrupper, de visuelle og de fotoelektriske (heri innbefattet de spektrofotometriske). På grunnlag av de måleresultater disse apparater gir kan man enten direkte, ved hjelp av grafiske fremstillinger eller ved beregning komme frem til en farges tristimulusverdier og kromatiske koordinater.

Det er allerede vist hvorledes en farges tristimulusverdier kan bestemmes i et visuelt apparat, der prøvens farge opptar den ene halvdel av blandingsfargen av de tre primære stimuli, den annen halvdel av synsfeltet. Dette er prinsippet for det additive, visuelle kolorimeter.

Fargen i den variable del av synsfeltet kan også justeres ved å subtrahere lys av visse spektralområder fra et opprinnelig hvitt lys. Dette er gjort i det subtraktive visuelle kolori-

meter. Den ene halvdel av synsfeltet er her fylt av hvitt lys fra en av standardlyskildene. Ved hjelp av en rekke filtere som kan settes inn i lysveien, kan mer eller mindre lys fra de røde, grønne eller blå deler av spektret subtraheres fra det hvite.

Dersom variasjonen i absorpsjon fra filter til filter innen for hver av de tre farger er liten nok, kan man oppnå en tilfredsstillende etterligning av prøvefargen, forutsatt at denne ligger innenfor det triangel som dannes av kolorimetrets primære stimuli.

For begge typer visuelle kolorimetre gjelder at de målte tristimulusverdier influeres av fargefølsomheten til den observatør som foretar målingene og derfor ikke behøver å stemme overens med de korrekte CIE verdier.

Den spektrofotometriske målemetode bygger på anvendelsen av de tidligere gitte uttrykk for tristimulusverdiene, ligning (3).

E , $\bar{x}$, $\bar{y}$ og $\bar{z}$ er her bestemt av den anvendte lyskilde og CIE-standard observatør. Alle de nødvendige verdier for disse størrelser er kjent. For beregning av en prøves tristimulusverdier er det da bare refleksjonsfaktoren R som må finnes. Denne kan måles spektrofotometrisk ved bølgelengde for bølgelengde å sammenligne refleksjonen av prøven med refleksjonen for den kjente arbeidsstandard. Fordelen ved den spektrofotometriske målemetode er at de beregnede resultater virkelig er karakteristiske for standard observatør og standard lyskilde. Den eneste størrelse som kan påvirkes av eventuell måleusikkerhet er refleksjonsfaktoren. For gode instrumenter er bestemmelsen av denne meget nøyaktig.

En kan også bygge et apparat der prøven belyses under 45° med en av de tre standard lyskilder, og der det reflekterte lys i normalens retning måles ved tre fotoceller. Dersom den spektrale følsomhet for disse tre fotoceller f. eks. ved hjelp av filtre er gjort proporsjonal med de respektive like-energi fordelingskurver $\bar{x}$, $\bar{y}$ og $\bar{z}$, så ser vi at de fotocellestrømmer som frembringes av det reflekterte lys vil være proporsjonale med prøvens tristimulusverdier, X , Y og Z . For hver bølgelengde λ er nemlig den reflekterte energi $E_\lambda \cdot R_\lambda$, og strømmen denne forårsaker f. eks. i x-fotocellen da:

$$I_x = k_\lambda \cdot E_\lambda \cdot R \cdot \bar{x}_\lambda \quad (6)$$

(k er en konstant proporsjonalitetsfaktor). Når energien er fordelt over det synlige spektrum,

blir strømmen proporsjonal med de tidligere gitte integraler for tristimulusverdiene.

Dette er i hovedtrekkene prinsippet for de såkalte fotoelektriske tristimuluskolorimetre. Med det begrensede utvalg av fotoceller og filtre som i dag finnes er det vanskelig å oppnå (og vedlikeholde) en filterfotocelle-kombinasjon som nøyaktig reproducerer tristimulusfordelingskurvene. Resultatet er at apparater av denne type ikke vil ha korrekt spektralfølsomhet og derfor ikke gi riktige strømverdier. Den målefeil som oppstår kan korrigeres mer eller mindre godt ved på forhånd å kalibrere kolorimetret på en kjent standard hvis farge ligger så nær som mulig opp mot den prøve som skal måles.

Avsluttende bemerkninger.

I dag kan man få spektrofotometre som automatisk beregner x , y og Y for den målte prøve. Likeledes finnes apparatur for automatisk beregning av fargedifferenser, uttrykt i enheter for et fargetoleransesystem. I de senere år har man også funnet frem til praktisk brukbare systemer for såkalte fargereseptberegninger. Ved hjelp av disse kan man beregne

hvor store andeler som trenges av tre eller fire fargestoffer for å kunne gi en best mulig etterligning av en fargeprøve (begge deler på samme materiale). Også for slike beregninger kan man i dag få kjøpe spesielle elektroniske regnemaskiner.

Selv om bl. a. Land's undersøkelser over farge-etterligning ved hjelp av bare to primære stimuli har vist at den fargeteori som ligger til grunn for CIE systemet ikke gir en fullstendig forklaring på øyets fargesyn, så har CIE systemet, med de forbedringer det etter hvert har gjennomgått allikevel vist seg å være meget tilfredsstillende for praktiske fargemålinger.

LITTERATUR:

- W. D. Wright: «The Measurement of Colour», Hilger & Watts, London, 1964.
W. D. Wright: «Researches on Normal and Defective Colour Vision», Kimpton, London, 1946.
Lars Walløe: Fra Fysikkens Verden, nr. 1 og 2, 1967.
B. Hisdal: Optica Acta, Vol. 3, 139, 1956.
B. Hisdal: Journ. Opt. Soc. Am., Vol. 48, 608, 1958.
B. Hisdal: Journ. Opt. Soc. Am., Vol. 55, 1122, 1965.
Fred W. Billmeyer & Max Salzmann: «Principles of Color Technology», John Wiley & Sons, New York, 1966.
E. Land: Fortune, p. 144, May 1959.

Bøker

T. S. Hutchinson and D. C. Baird: The Physics of Engineering Solids, 2nd edition, John Wiley and Sons, Inc., New York-London-Sydney, 1968, pris 122 sh, 534 sider.

Det er en vanlig påstand at den voksende betydning som vitenskapelige metoder og oppdagelser spiller innen teknologien, fører til en tilsvarende forskyvning mot fundamentalfagene i de tekniske utdannelser. Hutchinson og Baird åpner forordet med en lignende betraktning, men det er neppe grunn til å tro at de mener årsak-virkningsforholdet er så klart og enkelt. En nødvendig og vesentlig drivkraft bak den teknologiske utvikling er uten tvil nettopp yrkesutøverens kjennskap til de grunnleggende fag og deres fortrolighet med generelle metoder.

Et konstant pedagogisk problem i all teknisk utdanning er derfor å velge ut de deler av vår fundamentale viten som teknologisk sett er mest fruktbare. Det er på denne bakgrunn man bør se Hutchinson og Bairds lærebok, og allerede tittelen inneholder en programerklæring. Forfatterne har hensikt er å gi spesielt ingeniørstudenter et kjennskap til de faste stoffenes fundamentale egenskaper, og boken forutsetter ikke mer forkunn-

skaper enn de vanlige grunnkurs i fysikk og matematikk for ingeniører.

Boken faller naturlig i to hoveddeler. Den første del tar for seg de strukturelle sider av stoffenes oppbygging og behandler faste stoffers mekaniske egenskaper. Foruten en oversikt over elastiske og plastiske egenskaper, inneholder denne delen kapitler om legeringer, diffusionsprosesser, indre friksjon og stråleskader.

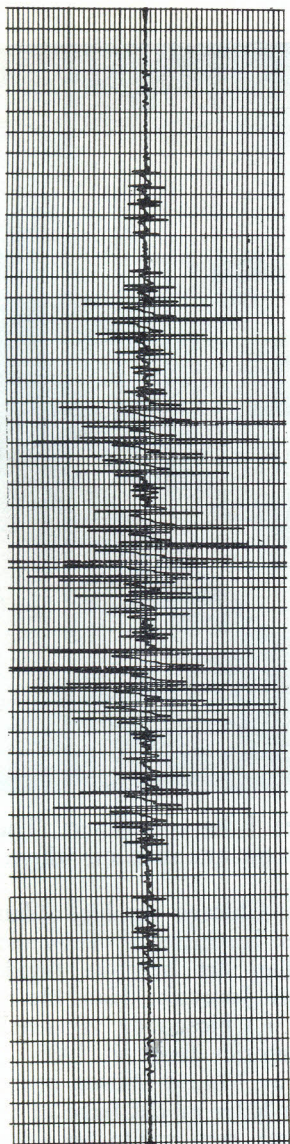
Den siste delen av boken tar for seg faste stoffers elektriske egenskaper og gir først en innføring i det kvantemekaniske grunnlaget. Boken behandler transporteffekter i metaller, gittersvingninger og relativt grundig halvledere og magnetisme. Etter et kort kapittel om supraleidning behandles til slutt optiske egenskaper hos dielektrika og halvledere.

Som forfatterne selv påpeker, er boken i sin oppbygning og sitt stoffvalg ikke original, men skylder mye til en rekke andre bøker som f. eks. de av Barrett, Sproull, Kittel og Dekker. Likevel synes det som Hutchinson og Baird har lyktes i å lage en bedre bok enn de nevnte for det publikum de henvender seg til. Teksten preges av en klar fremstillingsform og behandlingen av stoffet er enkel, men instruktiv. Det samme kan man si om figurene. Boken kan trygt anbefales som lærebok for et innførende kurs i faste stoffers fysikk for ingeniørstudenter eller realister som vil studere materialvitenskapelige fag.

Tore Olsen.



Hva som interesserer Dem som fysiker



er leveringsprogrammet til
AEG-TELEFUNKEN
for vitenskap og forskning:

Elektronresonans-spektrometer
med stor oppløsningsevne, til
undersøkelse av:
organiske radikaler,
triplett-tilstander,
reaksjonskinetikk, katalyse,
halvledere, ferritter,
stråleskader i faste stoffer
og biologiske substanser,
fremmedatomer i krystaller etc.

Analog- og digitalregneanlegg.
Komplette stråleføringssystemer.
Awbøyningsmagneter. Quadrupollinser.
Gradientmagneter for kretsakselleratorer.
Eksperimentmagneter, korrektur-
magneter. Høystabiliserte likestrømsforsyninger.
Støtstrømanlegg for plasmafysikk.
Måle- og kontrollapparater for
kjernefysikk og kjernetekniske anlegg.
Oscillografer, presisjons- og
driftsinstrumenter.

Henvend Dem til vår Industriavdeling.

ELEKTRO-GENERATOR AKSJESELSKAP

OSLO — BERGEN — TRONDHEIM — STAVANGER

G. E. Hale (1868 - 1938) og hans berømte teleskoper

K. J. Knutsen

Astronomi har de senere årene hatt en rivende utvikling, stadig nye oppdagelser er blitt gjort. Og mange mener at det kanskje innen astronomien vil gjøres flere viktige oppdagelser i slutten av dette århundre enn innen noen annen vitenskap. I 1938 oppdaget man de såkalte dverg-galaksene. Senere har man oppdaget stjerner som er så kalde at de ikke er synlige, videre stjerner med pulserende magnetfelt, stjerner som er gruppert i par, stjerner med sammenpressede atomer slik at massen kan være flere tonn pr. cm^3 , stjerner med atomer uten elektroner, quasarer, blå galakser osv., osv.

Astronomien har også gått over fra å være en beskrivende vitenskap hvor man stort sett samlet kunnskaper, til å bli en vitenskap hvor teorien har gitt fruktbare resultater. Den tid er slutt da astronomene brukte all sin tid til studier med sine kikkerter. I dag brukes størsteparten av tiden til bearbeidelse av innsamlet materiale. Kjennskapet til fusjonsprosessen har gitt oss forklaringen på stjernenes energiproduksjon og deres livshistorie. Og ved kjennskapet til stjernenes livshistorie kan man også danne seg bilde av dannelsen av hele galakser, den hastighet universet ekspanderer med gir grunnlag for nye teorier, eksplosjonsteorier, «Steady state teorier», osv.

Den mann som kanskje har hatt mest å si for astronomiens utvikling i dette århundre, er G. E. Hale. I en oversiktsartikkel om astronomiens utvikling i Encounter for desember 1967 skriver G. R. Taylor: «Looking back on the explosive increase in our knowledge of the universe which has occurred in the past half-century, one name stands out above all others: George Ellery Hale. His foresight and courage gave us both the Schmidt camera and the great mirror on Palomar Mountain after quarter of a century still the world's finest telescope by a large margin. Without the aid of these two instruments, all the ingenuity of the theoreticians and the care of the observers would have been unable to



make the advances I have outlined. Today, there seems to be no one man on whom his mantle has fallen».

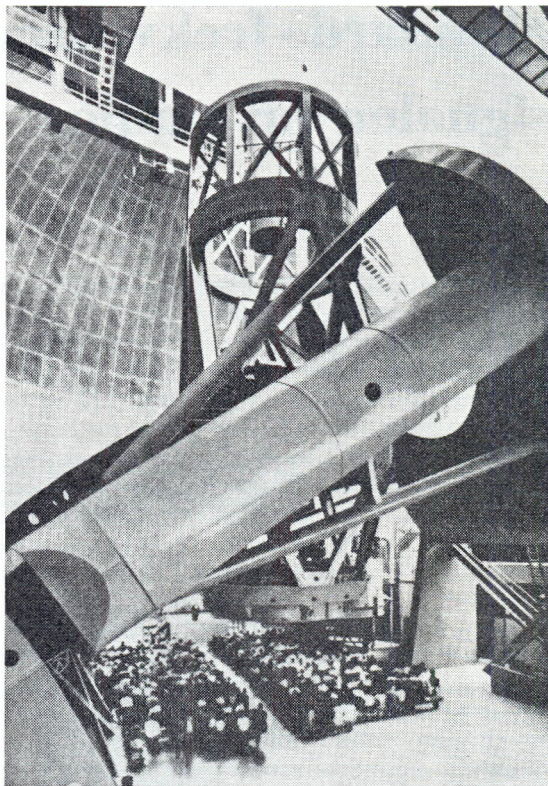
Hale var født i Chicago og ble utdannet ved Massachusetts Institute of Technology. I 1895 grunnla han det berømte tidsskrift «The Astrophysical Journal». Han ble professor i astronomi i Chicago og var direktør for Yerkes observatoriet frem til 1905. Han sto for byggingen av Mount Wilson observatoriet i 1904 og var leder av det frem til 1923. Hale var den første som målte en stjernes diameter ved hjelp av et interferometer. Det var i 1920. Han oppfant samtidig med Deslandres spektroheliografen, som har hatt stor betydning ved utforskningen av solens atmosfære. Det var også Hale som først fant ut at solens geografiske og magnetiske poler ikke falt sammen.

Da Hale i 1928 begynte å arbeide med 5 meters speil, kikkertprosjektet, hadde han rik erfaring i konstruksjon av kikkerter. I 1897 hadde han fått ferdig en linsekikkert som med fokalavstand på 19 m og sin objektiv-diameter på 1,02 m fortsatt er verdens største linsekikkert.

På grunn av sin egen tyngde undergår slike store linser små deformasjoner, og Hale innså raskt at dersom man ville ha lyssterkere kikkerter, måtte man ty til speilkikkerter. Den første ble fullført på Mount Wilson observatoriet i 1908 og hadde et speil med diameter på 1,5 m.

Det neste teleskopet var det såkalte Hooker-teleskopet med et speil med diameter 2,5 m og fokalavstand 13 m og hvis overflate hadde en nøyaktighet på $2,5 \cdot 10^{-7}$ m. Støpingen av glasskiven som speilet ble slepet av ble støpt ved de berømte glassverkene ved Saint-Gobain i Frankrike. Hooker-teleskopet har navn etter en amerikansk forretningsmann som ytet penger til prosjektet. Teleskopet ble ferdig montert i 1917, og i mere enn 30 år var det verdens beste og største teleskop. Man gjorde en rekke viktige oppdagelser, viktigst var kanskje oppdagelsen av flere tusen nye melkeveisystemer.

I 1928 mente så Hale tiden var inne for å begynne å planlegge et enda større teleskop. Man fant ut forholdene på toppen av Mount Palomar i Syd-California var vel så bra som på Mount Wilson, og man bestemte seg derfor for å bygge 5 meters speilteleskopet her. Et speil med så stor diameter, ville være uhyre følsomt overfor temperatursvingninger, slik at man ikke kunne bruke vanlig speilglass som i Hooker-teleskopet. Pyrex har en meget liten utvidelseskoeffisient, og man bestemte seg da for denne glassart. Corningglassverket i New-York påtok seg arbeidet med støping av den store skiven. Skiven ble støpt med et vaffelmønster på den ene siden for å gjøre skiven sterk og samtidig lett. Etter en mislykket støping, hadde man hellet med seg i desember 1934. Og etter en langsom avkjøling som strakk seg over hele 10 måneder, kunne transporten til Pasadena for sliping begynne. Sliping som ble avbrutt av krigen, ble ikke fullført før i 1947. Midten av denne speilende flate ligger bare ca. 0,1 m lavere enn randen. Speilets overflate danner en paraboloid, men avviket fra en kuleflate er bare ca. 10^{-4} m. Speilet er slipt med en nøyaktighet av $2,5 \cdot 10^{-8}$ m og pådampet et tynt sjikt aluminium.



Fokalavstanden er ca. 17 m, og hele Hale-teleskopet er så fint avbalansert at det bare trengs en elektromotor på 0,5 hk for å bringe det i den stilling man måtte ønske. Synsfeltet er så lite at om man ville fotografere hele himmelen, måtte man bruke 500 000 plater.

Hale-teleskopets første oppgave, var bestemmelse av Plutos diameter som man tidligere ikke hadde kunnet med de da eksistende kikkerter. I 1952 fant man at spiraltåkene var 2-3 ganger større enn man hadde trodd. Hale-teleskopets viktigste oppgave i dag er undersøkelse av galaksene, spiraltåkene og supernovaene i de fjerne melkevegene.

Er det så noen planer om å bygge enda større teleskoper? Det eksisterer visse planer, men den sørlige hemisfære er lite utforsket så de fleste astronomer er vel mere interessert i et 3,75 meters-teleskop der enn et dobbelt så stort instrument på den nordlige hemisfære.

For dem som måtte ønske ytterligere detaljer om Hales kikkerter, kan en artikkel av H. P. Jørgensen i Vor Viden Nr. 1 Hæfte 417 p. 44 1957-1968 anbefales.

Standard-frekvenser og tids-signaler pr. radio

Halvard Torgersen

I forrige hefte av *Fra Fysikkens Verden* ble det nevnt at forskningsinstitusjoner i en rekke land har radiostasjoner gående på «langbølge» og «kortbølge», i den hensikt å gi en verdensomspennende angivelse av standard tid og en del standardiserte radiofrekvenser for vitenskapelig og teknisk bruk. Under normale forhold vil man alltid kunne høre en eller flere av disse stasjonene her i Norge; men hvilken nytte man kan ha av dem, og hvordan man skal tyde de utsendte signaler, synes å være lite kjent.

Siden det er nokså vanlig at man har radiomottaker med kortbølgebånd, settes det ikke noen større krav for å få inn de stasjoner som sender på kortbølge, enn en vanlig, god antenne og rimelige lokale mottakerforhold. Nå er vanligvis «stuemottakeren» ikke så nøyaktig kalibrert at man virkelig mottar på den frekvens som viseren og skalaen viser; men ofrer man litt tid og tålmodighet første gang man prøver å ta inn standard-stasjonene, blir det lettere senere når man har merket seg avviket på skalaen. Generelt kan man si at stasjonene på de høyeste frekvensene (25, 20 MHz) er lettest å få inn om dagen, dernest følger 15 og 10 MHz når det mørkner, og 5 og 2,5 MHz ved nattetider.

Hvis man ikke setter særlig store krav til stabilitet, nøyaktighet o. l., skulle kortbølge-stasjonene være tilstrekkelige. I motsatt fall må man gå over til de stasjonene som sender på «langbølge», utenfor det kringkastingsbånd som vanligvis finnes på «stuemottakere», og da kreves det spesialmottakere eller kostbare kommersielle mottakere.

I det følgende blir det gitt en del detaljer for de stasjoner på kortbølge som er lettest å få inn. Det er naturlig å begynne med de europeiske.

National Physical Laboratory, England, sender fra Post Office Radio Station i Rugby *standard-frekvenser* på 2,5; 5 og 10 MHz (dessuten på 60 kHz). Senderne styres av en rubidium gass-selle frekvensnormal som har en nøyaktighet på ca. 2 deler pr. 10^{11} , og døgnstabilitet på bedre enn 1 del pr. 10^{11} .

Sendingene går samtidig i 5 minutter av hver 10-minutt periode, hele døgnet. Kjenningssignalet, som er morsetegnene for MSF tre ganger i langsomt tempo, sendes i det halvminutt som går forut for den egentlige sendeperiode på 5 minutter. *Tidssignal* sendes i form av «sekund-tikk». Hvert «tikk» består av 5 perioder av en 1000 Hz tone, hvilket gir en puls på 5 ms. Ved helt minutt gjøres pulsen 100 ms. Tidssignalene utledes også av rubidiumnormalen, og har en absolutt nøyaktighet på ± 1 ms i forhold til UTC (universaltid). På grunn av forskjellen mellom de to tidssystemer UTC (som fastlegges ved atom-ur) og ET (efemerisk tid, som bestemmes fra jordens gang rundt solen) blir tiden mellom to «sekund-tikk» forlenget med 300 deler pr. 10^{10} . Dette svarer til at intervallet mellom to korresponderende pulser ved begynnelsen og slutten av et døgn, er 2,592 ms lengre enn 86 400 sekunder, og på et år adderes det opp til litt mindre enn 1 sekund. Slike korreksjoner gjøres i trinn på 50 deler pr. 10^{10} og foretas etter melding fra Bureau International de l'Heure i Schweiz, ved en rekke stasjoner.

Geodätisches Institut Potsdam, Berlin, sender *tidssignal* på frekvensen 4525 kHz. Absolutt nøyaktighet er ± 1 ms i forhold til UTC. Senderen går døgnet rundt unntatt 8.15–9.45 GMT. Tiden angis ved «sekund-tikk», helt minutt ved litt lengre puls, og hel time ved at pulsen ved 58., 59. og 60. sekund forlenges.

Tsjekkoslovakisk Astronomisk Akademi, Prag, står for utsendelsen av både *standard-frekvenser* på 50 kHz og 2500 kHz, og *tids-signaler* på 50 kHz, 2500 kHz og 3170 kHz. Standardfrekvens-stasjonene har kjenningssignalet OMA og OLB5. Både i tidssignalene og standardfrekvensene er det innlagt korreksjon på 300 pr. 10^{10} . OMA på 2500 kHz har et nokså komplisert sendingsprogram som veksler hver tredje time; men i hovedtrekkene er det slik: I det 1., 16., 31. og 46. min. gis kjenningssignal OMA i morsekode. Deretter 4 min. kontinuerlig 1000 Hz tone. «Sekund-tikk» sendes 5–15, 25–30, 35–40 og 50–60 min.

En del russiske stasjoner er å høre på ca. 5, 10 og 15 MHz, med kjenningssignalene RTA, RKM og RWM. I forhold til data mottatt i 1965 er det gjort en del forandringer, slik at nærmere detaljer kan ikke gis.

I Italia (IAM, Roma; IBF, Turin) og Frankrike (FFH, Paris) har man også tilsvarende sendinger, men de går bare noen timer om dagen, eller på bestemte ukedager, så de tas ikke med her.

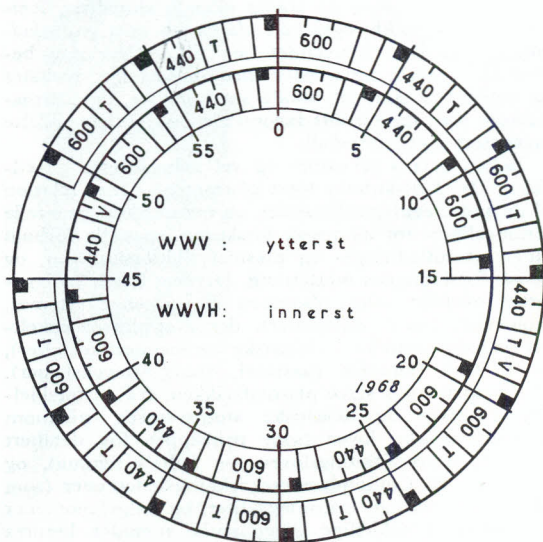
Utenom Europa er de stasjoner som drives av National Bureau of Standards, USA, de som er lettest å få inn på vanlig mottaker. Foruten at det er sending døgnet rundt på 6 frekvenser, gis det i selve sendingen en god del informasjon, slik som de varslings-tjenester som ble omtalt i forrige hefte av F. F. V. De detaljer som der ble gitt, skal ikke gjentas her.

Med kjenningssignal WWV sendes fra Fort Collins, Colorado, *standard-frekvensene* 2,5; 10; 15; 20 og 25 MHz. Med kjenningssignal WWVH sendes fra Maui, Hawaii, *standard-frekvensene* 2,5; 5; 10 og 15 MHz. Alle frekvenser ved WWV er styrt av cesium-frekvensnormaler, mens de ved WWVH styres av kvarts-oscillatorer. Absolutt nøyaktighet ved WWV er f. t. 5 deler pr. 10^{12} , med døgnsstabilitet 1 del pr. 10^{11} eller bedre. Ved WWVH korrigeres frekvensen med inntil 5 deler pr. 10^{10} . Man må imidlertid være oppmerksom på at urolige bølgeforplantningsforhold o. l. kan gi meget større fluktuasjoner på mottakerstedet. På grunn av den tidligere nevnte forskjell mellom tidssystemene UTC og ET, er de utsendte frekvenser fra WWV og WWVH gitt en forskyvning på $-300 \cdot 10^{10}$ gjeldende for 1968. Bærebølgene er modulert med standard *tonefrekvenser* på hhv. 440 Hz (kammertone) og 600 Hz som også er avledet fra cesium-frekvensnormalene, og gitt den samme korreksjon som bærebølgene. Tonefrekvensen 1000 Hz regnes ikke som standard-frekvens, men den sendes likevel 10 ganger pr. time i forbindelse med tidskode. Ut-sendingen av kammertonen gjør det mulig for fabrikanter av musikkinstrumenter, orkestre osv. hele verden rundt å stemme sine instrumenter likt.

Tidssignal gis på flere måter. Standard tidsintervaller: «Sekund-tikk» med nøyaktige tidsmellomrom blir avledet fra cesium-frekvensnormalen, og sendes som amplitudemodulasjon av bærebølgen. Intervaller på 1 minutt markeres ved at pulsen ved begynnelsen av siste sekund i hvert minutt utelates,

og neste minutts begynnelse markeres med en dobbelt-puls (mellomrom 0,1 s). Intervallene på 2, 3 og 5 min. er synkronisert med sekund-tikkene. Hvert «tikk» er 5 ms, og består ved WWV av 5 perioder av en 1000 Hz tone, og ved WWVH av 6 perioder av 1200 Hz tone. Når tonefrekvensen sendes, avbrytes denne i 40 ms for å gi plass til sekund-tikket. Tidsmarkering skjer også ved at tonefrekvensene avbrytes nøyaktig 3 min. før hver time ved WWV, og 2 min. før timen ved WWVH; og begynner igjen nøyaktig på full time. Dermed sendes de med 5 eller 10 min. intervaller timen igjennom. Tidsannonsering: Hvert 5-minutt sendes i morsekode klokkeslettet i GMT, med to sifre som angir timen og to som angir minutter, da påfølgende sending av tonefrekvens starter. Annonsering gis også ved talestemme etter at morsekoden er sendt. Tidskode: I 1 min. 10 ganger i timen sendes tidsangivelse i NASA 36-Bit Time Code format. Men siden man trenger spesialutstyr for å tyde denne, skal jeg ikke gå nærmere inn på den her.

Tidskorreksjon for dem som ønsker største nøyaktighet av tidsangivelsene, sendes i morsekode i siste halvdel av det 19. min. i hver time fra WWV, og av det 49. min. fra WWVH. Sendingen består av tegnene for UT2 fulgt



Sendeprogrammet for WWV og WWVH. Gjentas hver time døgnet rundt.

T = Tidsangivelse i NASA 36-Bit kode

V = Geo-varslar 1/2 minutt; UT2 tidskorreksjon 1/2 minutt.

Svart firkant: for WWV: kjenningssignal, tidsangivelse og ionosfærevarsel i morse; tidsangivelse i tale. For WWVH: kjenningssignal i morse; tidsangivelse i morse og tale.

av AD eller SU og et tresifret tall. Tallet angir korreksjonen i millisekunder, og for å få UT2 skal man addere korreksjonen til den ordinære tidsangivelsen ved AD, og subtrahere ved SU. En klokke som holdes synkron med tidssignalene, vil altså gå for fort i forhold til UT2 dersom SU blir sendt. Korreksjonen gis for 24 timer av gangen, regnet fra sendingen i første time GMT.

I figuren er angitt grafisk programmet i

hver time for sendingene fra WWV og WWVH.

Andre stasjoner som sender standard-frekvenser og tidssignaler:

JJY-Tokio: 2,5; 5; 10; 15 MHz

LOL-Buenos-Aires: 5; 10; 15 MHz

ZUO-Johannesburg: 5; 10 MHz.

De høres fra tid til annen i Norge, men ikke så regelmessig at man kan gjøre seg noe videre nytte av dem, og blir derfor ikke omtalt nærmere her.

Bøker

B. Grycz: Fourth State of Matter. Iliffe Books Ltd., London/SNTL – Publishers of Technical Literature, Prague, (1962 – oversatt 1966), 120 PP,

Denne lille, velskrevne boken er nr. 3 i Iliffe's «Physics Paperbacks», en serie monografier skrevet av tsjekkiske fysikere. Boken er en konsis og fengslende innføring i et emne av stadig økende aktualitet, *ioniserte gassers fysikk*, også kalt *plasma* — eller *gassutladningsfysikk*. Den henvender seg til en lesekrets bestående av realgymnasiaster med innsatsvilje, realister og ingeniører som vil utvide sin horisont, og plasmafysikere som ønsker sitt fagområde og dets anvendelse presentert i et nøtteskall.

Boken er i 3 jevnstore og vel avbalanserte hoveddeler. *Del 1* diskuterer først plasmatilstandens relasjon til de andre aggregattilstander, og berører kort generelle retningslinjer for all fysisk forskning, spesielle forhold innen gassutladnings- og plasmafysikkforskningen, og denne forskningens målsetning. Dernest følger en kortfattet oversikt over plasmaets byggestener (atomer, molekyler, ioner, elektroner), deres oppførsel enkeltvis (ladede partikler i elektriske og magnetiske felter), og i flokk (kinetisk gassteori, transportegenskaper). *Del 2* tar for seg selve plasmafysikken, fra de forskjellige elastiske og uelastiske støtprosesser, gjennom termodynamiske lover (som prinsippet for detaljert likevekt, massevirkningsloven, og Saha's ligning), og til kollektive Coulomb-vekselvirkningsfenomener (som Debye-skjermning, kvasinøytralitet, og bølgefenomener i plasma). Forskjellige diagnostiske metoder berøres også kort. *Del 3*, meget betegnende titulert «The World of Plasma», avrunder så boken med en beskrivelse av naturlige og kunstige plasma. Spesiell vekt er lagt på tekniske anvendelser, og forfatteren har således unngått den vanlige ensidige fremhevelse av forskjellige mer eller mindre tvilsomme fusjonsreaktorprosjekter.

Fremstillingen i boken er beskrivende fysikalsk, ikke matematisk. Differensial- og integralregning nyttes ikke, og vektorregning bare sparsomt. Formler og ligninger, som Maxwell's hastighetsfordelingsformel og

Saha's ligning, settes oftest opp uten utledning, men med klar fysikalsk begrunnelse og diskusjon av anvendelsesområdet. Karakteristisk for fremstillingen er betoningen av grunnleggende prinsipper innen teoretisk og eksperimentell fysikk, og av anvendelsen av disse i tydningen av kompliserte fenomener.

Anmelderen har funnet bemerkelsesverdig få feil. Figur 18 og 19, som viser partikkelbaner i elektriske og magnetiske felter, er misvisende, idet banekrumningen er tegnet som høyst uregelmessige funksjoner av partikkelenergi og magnetisk feltstyrke. Omtalen om Debye-lengden og Debye's skjermningsformel er for kortfattet til å gi en uinnvidd noen forståelse av dette fundamentale begrep innen plasmafysikken. Endelig er likn. 55 blitt noe forflatet under ombrekkingen, idet alle eksponenter er flyttet ned på hovedlinjen.

Format, lay-out, trykk og figurer er meget sympatiske, likeledes prisen. Anmelderen vil slutte med å anbefale boken på det varmeste.

R. S. Sigmond.

Hermann Bondi: Relativitet og sunn fornuft. Cappelen's Realbøker, 1966. 165 s.

Professor Bondi er best kjent for sine arbeider i kosmologi og for sine glimrende populærfremstillinger av dette felt av fysikken. I denne innføringen i den spesielle relativitetsteori setter han seg som mål å vise at denne ikke var en revolusjon i fysikken, men et naturlig resultat av det arbeid som var utført siden Newton og Galileis dager. Denne tese forsvarer han godt. I første del forbereder han leseren slik at relativitetsteorien ikke kommer som en overraskelse. Også tvilling-«paradokset» er vel forberedt slik at det synes urimelig at noen skulle finne vegavhengighet for klokkes tidsangivelse mer paradoks enn at tilbakelagt distanse mellom to steder avhenger av reiseruta!

Bare et minimum av matematikk benyttes, så gymnasiaster vil kunne lese boka med utbytte. Den er klar, korrekt og velskrevet — et eksempel på hvor viktig det er at også populærfremstillinger skrives av eksperter.

P. C. Hemmer.

Kenneth W. Ford: Die Welt der Elementarteilchen. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1966. 242 s., 47 fig., DM 10,80. (Heidelberg Taschenbücher, Band 9).

Denne bok er en oversettelse av den engelske originalutgave (The World of Elementary Particles. Blaisdell Publishing Company, New York, Toronto, London), og dette skulle da indikere at boken fyller et visst behov og har oppnådd en viss anerkjennelse. Forfatterens ønske er først og fremst å gi ikke-fysikere et innblikk i hvordan de moderne fysiker forestiller seg den verden vi lever i, etter at kjennskapet til mikrokosmos (det submikroskopiske) har øket sterkt i dette århundre. Med denne målsetning er da resultatet — naturlig nok — blitt en bok som vesentlig handler om idéer, og ikke om eksperimentelle eller teoretiske metoder i fysikken.

Forfatteren understreker i fremstillingen at begreper og teorier i fysikken har som oppgave å beskrive de eksperimentelle fakta så enkelt som mulig, men gjør oppmerksom på at «fakta» alltid vil ha en foreløpig karakter. Fruktbare teorier vil likevel erfaringsmessig sjelden vise seg å være direkte usanne, — det som skjer er at gyldighetsområdet blir begrenset, og at mer omfattende teorier oppstår. Det som imidlertid kan forandres radikalt er våre forestillinger og idéer om det som skjer i naturen, da dette bygger på de teorier vi har idag.

Boken er etter anmelderens mening et godt eksempel på (som flere nyere lærebøker i fysikk) hvor forbausende langt en kan komme uten bruk av matematisk formalisme, og uten å beskrive kompliserte eksperimenter i detalj. Boken kan derfor trolig også leses med utbytte av fysikere som ikke har høyenergifysikk som spesialfelt, spesielt gjelder dette siste halvpart av boken.

Boken inneholder 8 hovedkapitler samt register og og litteraturhenvisninger, og dessuten tabeller over elementærpartikler (og delvis resonansner). I de tre første kapitler gis en generell historisk oversikt over viktige oppdagelser i elementærpartikkelfysikken, en god innføring i enheter og størrelsesorden, og en drøfting av de viktigste begreper i moderne fysikk (sannsynlighet, kreasjon-annihilasjon, dualitet og usikkerhetsrelasjon). I kap. 4 behandles de generelle konserveringssatser, og i kap. 5 og 6 beskrives de forskjellige elementærpartikler nærmere. Her skisseres også en del eksperimenter, for eksempel påvisningen av myon-neutrinoet i 1962. De to siste kapitler handler om vekselvirkningen mellom elementærpartikler (feltbegrepet, Feynman-diagram), og om hva forfatteren kaller «nye invariansprinsip» (CTP-invarians, isospinn).

Sigm. Waldenström.

D. H. Parkinson and B. E. Mulhall: The Generation of High Magnetic Fields. 160 sider, pris 70 s.

M. G. Zabetakis: Safety with Cryogenic Fluids. 156 sider, pris 70 s. Iliffe Books, London 1967.

Effektiv produksjon av kraftige magnetfelt er av stor interesse i fysikk og teknikk. I fysikalske undersøkelser ønsker en størst mulig splitting av magnetiske energi-

nivåer, og en ønsker størst mulig avbøyning av ladete partikler i sirkulære akseleratorer, boblekammere og fusjonsforskningsmaskiner. Opp til metningsmagnetisering for jern, vel 2 Tesla, er elektromagneter nesten enerådende. Supraledende spoler av nye materialer så som Nb₃Sn har åpnet store muligheter for lavtemperaturforsøk opp til 10–15 Tesla, men en vannkjølt spole ved MIT har framleis verdensrekorden for ikke-pulset felt, 25 Tesla. Effektforbruket er da 10 000 kW. Ved slike feltstyrker begynner de mekaniske kreftene på strømlederne i feltet å bli et problem og spolene må bygges av spesielt sterke kopplerlegeringer. Oppvarmingsproblemene unngås delvis ved å bruke pulsete felt, og felt opp til ca. 50 Tesla har vært produsert ved utladninger av store kondensatorbatterier. Siste utveg til å skape kraftige felt er flukskonsentrasjon: En godt ledende metallring som omslutter en viss fluks «imploderes» med sprengstoff, og fordi fluksen ikke har tid til å slippe ut vil feltet øke i samme forhold som ringarealet minker. Slik har en oppnådd felter i størrelsesorden 1000 Tesla, men det går naturligvis hardt ut over laboratoriet.

Disse forskjellige magnetteknikkene diskuteres interessant i boka av Parkinson og Mulhall. Zabetakis' bok er en nyttig påminning om at kryogene væsker må håndteres med varsomhet. Flytende nitrogen og helium i vanlige laboratoriemengder er relativt ufarlige, men reaktive gasser som jordgass og hydrogen forvæskes nå i industriell skala, og det er særlig problemene her Zabetakis diskuterer. Boka anbefales for alle som arbeider med lavtemperaturfysikk.

Ivar Svare.

D. J. E. Ingram: Spectroscopy at Radio and Microwave Frequencies. Second Edition. 503 s. Butterworths, London 1967. Pris £ 4 15 s.

Radio- og mikrobølgespektroskopi på atomstråler og gasser begynte så smått i 1930 årene. Under krigen fikk et stort antall fysikere trening i høgfrekvensteknikk, og utviklingen av radarteknikken førte til pålitelige mikrobølgerør, som senere kunne fås billig fra surpluslagre. Det var derfor et naturlig grunnlag for en eksplosiv vekst av fagområdet etter 1945, og det er i dag et av de viktigste områdene i faststoff-fysikken.

De første 300 sidene i denne boka er opptrykk av forfatterens velkjente bok fra 1955, og det gir framleis en god innføring i hele fagområdet beregnet på ikke-spesialister og eksperimentatorer. Hovedsaken er lagt på en god fysikalsk framstilling av elektronspinn resonans i gasser, paramagnetiske salt, ferromagnetiske materialer, fri radikaler og halvledere, og av kjerne-spin resonans. Formler finnes og rikelig med henvisninger, men matematiske utledninger er det lite av. Et kapittel beskriver bølgelederteknikk.

De siste 200 sidene gir en god oversikt over utviklingen etter 1955. Alle områder har gått fram i teori og eksperimentalteknikk, men det viktigste nye er vel høyoppløsning kjerneresonans for organisk kjemi og generering av stimulert emisjon i masere og lasere. Alt i alt er boka lettlest og grei, men den hadde vært enda bedre dersom gammelt og nytt hadde vært bedre samarbeidet.

Ivar Svare.

Lawrence Mertz: Transformations in Optics. John Wiley Sons Inc. New York-London-Sydney. 1965.

Etter bokens tittel å dømme kunne en vente en oversiktsbok om de matematiske transformasjoner som brukes i optikken, og på hvilke problemer og emner de brukes der. Ifølge forordet har ikke forfatteren følt seg forpliktet til dette, men tvertimot kunnet være så fri at han bare har tatt med emner som han personlig har funnet interessante.

De to transformasjonene det dreier seg om er Fourier- og Fresneltransformasjonen, brukt bl. a. ved problemer som innbefatter henholdsvis Fraunhofer- og Fresnel diffraksjon.

Fouriertransformasjonen har fått sikkert fotfeste og allsidig anvendelse i moderne optikk. Men forfatteren har frivillig gitt avkall på å behandle flere av anvendelsesområdene, bl. a. ved begrepet romfrekvenser i billeddannelse og optisk filtrering. Det er etter hans utsagn gjort grundigere av mer seriøse folk enn ham.

Forfatterens felt er interferometrisk spektrometri og da spesielt Fourierspektrometri. Dette er en relativt ny teknikk, som — selv om den i prinsippet var kjent fra salig Michelsons velmaktsdager — først utviklet seg som effektiv metode etter Fellgetts arbeid i 1951 og utviklingen av de elektroniske regnemaskiner. Det er en indirekte metode som krever betydelig regnearbeid idet det målte interferogram må Fouriertransformeres for å gi det søkte spektrum. Interferogrammet registreres som variasjon i interferensbildet ved et tostråleinterferometer når veglengdeforskjellen mellom strålene varierer fra null til en viss maksimalverdi.

To tredjedeler av boken behandler Fourierspektrometrien i teori og praksis. Dette er ikke gjort på lærebokmaner, men som spesialistens sammenstilling av personlige erfaringer og vurderinger i et emne han er forskningsmessig engasjert i. Her er derfor mye originalt stoff som man vanskelig finner andre steder, og boken refereres ofte til i publikasjoner.

Fresneltransformasjonens innpass i moderne optikk er langt mer beskjeden ennå. Den finner sin anvendelse f. eks. ved eksperimentelteknikker som bruker Fresnel soneplater (FZP) og ved den matematiske analyse i holografi. Mertz forsøker her å planere litt på slike nye veier, og i de siste par år er det kommet en del publikasjoner der en anvender Fresneltransformasjonen.

Som helhet er boken først og fremst for de som arbeider i feltet, skrevet av en som selv er med og skaper utviklingen i moderne optikk.

Karstein Dybvik.

J. Lammeraner and M. Stafl: Eddy Currents. Iliffe Books Ltd., London 1966 (Original: Prag 1964). 233 sider, pris 37 s. 6d.

Forlaget Iliffe Books Ltd. utgir en serie bøker oversatt fra tsjekkisk, og som har vært anmeldt i tidligere hefter av F. F. V. Den foreliggende boken er av samme serien.

Elektriske hvirvelstrømmer kan være både av det gode og det onde. I mange tilfeller forårsaker de tap og nedsett virkningsgrad av motorer, transformatorer osv.,

mens i andre tilfeller nyttes de i en bestemt hensikt, som f. eks. i hvirvelstrømbremser, målerverket i strømforbruksmålere osv.

Etter en kort repetisjon av Maxwell's likninger og enkelte grunnleggende formler fra vektoralgebraen (kap. 1), behandles overflatestrømmer (skin effect, kap. 2) og elektromagnetiske bølger (kap. 3). De etterfølgende 6 kap. dreier seg om egenskaper, virkning og teoretisk beregning av hvirvelstrømmer, og tar særlig sikte på elektromaskinkonstruksjoner, slik at her forutsettes en del kjennskap til elektriske maskiner. Den inngående behandling er sterkt teoretisk preget og man får etter hvert ganske kompliserte matematiske uttrykk å behandle. Til støtte er kap. 10-12 viet approksimasjons- og grafiske metoder for den videre praktiske beregningen som bringes i de siste tre kapitler.

Ved at boken nærmest er skrevet for maskinkonstruktører, har den begrenset interesse for fysikere. Men en del av de generelle betraktningene vil også kunne anvendes i høyfrekvens- og mikrobølgeteknikken, slik at personer innen disse fagområder vil finne ting av interesse her. Videre hevder forfatteren og forlaget at til tross for at emnet slett ikke er nytt, er behandlingen av det hovedsakelig spredt rundt om i diverse fagtidsskrifter, og nærværende bok er en av de meget få som behandler temaet og problemene samlet.

Bokens figurer (77 stk.), typografiske utstyr og innbinding er utmerket.

H. Torgersen.

PRELIMINARY ANNOUNCEMENT

Second International Conference on Medical Physics, August 1969.

The Second International Conference on Medical Physics will be held at the Sheraton-Boston Hotel, Boston, Mass., August 10-14, 1969, under the sponsorship of the U. S. National Committee for Medical Physics and the International Organization for Medical Physics. The Conference will include symposia and proffered papers on many aspects of medical physics of significance in radiology and nuclear medicine and also on the broader aspects of physics in medicine.

The preliminary program will be available in June 1968. Further details will be available from the Secretary-General, Dr. Edward W. Webster, Dept. of Radiology, Massachusetts General Hospital, Boston, Mass. 02114.

**STEDET FOR
ELEKTRONISKE INSTRUMENTER
OG KOMPONENTER TIL
INDUSTRI OG
FORSKNING**



MORGENSTIERNE & CO A/S

INGENIØRFIRMA

WESSELS GT. 6, OSLO. TELEFON 20 16 35

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: Torø Nyhus,
Fysisk Institutt, N. T. H.,
7034 — Trondheim

Postgirokonto: 88388 Bankgirokonto: 8601 - 236880

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

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

Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk Institutt, N. L. H. T.,
7000 — Trondheim.

Postgirokonto: 10472

Bankgirokonto: 8601-236545

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.