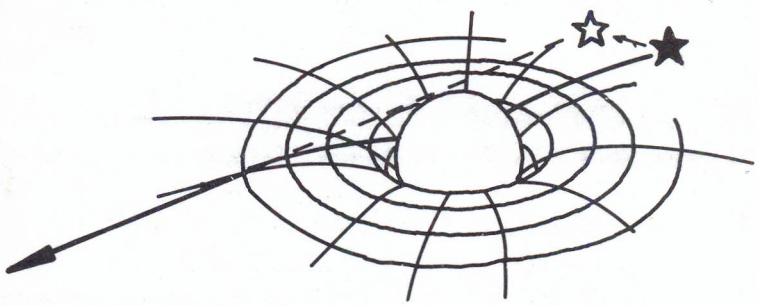
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

A. Einstein, 1879-1979	49
Byste av professor B. Trumpy avduket	50
NEUTRINO 79	50
Nye medlemmer	50
A. Einstein, forgudet og utskjelt	51
Hewlett-Packard prisen	54
Skisse av Einsteins bidrag til kvanteteorien	55
Nivåsenking - av mottaker eller avsender?	58
Einstein og moderne kosmologi	59
Enhetlige feltteorier	64
Årsmelding NFS 1978/79	68
Årsmelding Fysikkrådet 1978	69
Referat Årsmøtet NFS 1979	70
Pristildelinger	71
Bøker	72



Lysstråler avbøyes av det krumme rom i nærheten av sola.
(Dette heftet bringer artikler til minne om Albert Einstein og hans innsats i fysikken.)

Nr. 3 - 1979
41. årgang
ISSN-0015-9247

DEN NEDERLANDSK-NORSKE REAKTORSKOLEN

Institutt for Atomenergi, Kjeller

KURS HØSTEN 1979

Isotopanvendelser

12/11-16/11	Kurs i målemetoder for radioaktivitet

Databehandling

1/10-19/10	FORTRAN
15/10-19/10	SIMULA
5/11- 8/11	Bruk av NORD-10
19/11-29/11	NOS/BE, operasjonssystem for Control Data CYBER 74
26/11-29/11	Filbehandling
3/12- 7/12	Videregående programmeringsmetodikk i FORTRAN

Nærmere opplysninger og søknadsskjema fås ved henvendelse til
Kurssekretær Gerd Jarrett
Den nederlandsk-norske reaktorskolen
Institutt for Atomenergi
Boks 40, 2007 Kjeller **Telefon (02) 71 25 60**

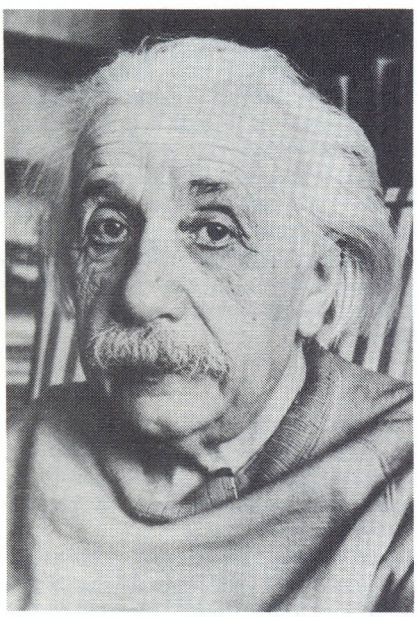
Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 3 - 1979

Redaktør: OLAV STEINSVOLL
Redaksjonssekretær: HALVARD TORGERSEN

41. årgang
ISSN-0015-9247



A. Einstein, fødd i Ulm, 14. mars 1879

I dette heftet av FFV vil vi minnast ein av dei største fysikarane som har levd. Namnet Einstein har sidan 1920 vori eit synonym for geni eller for overmenneskelege tankeevner, og den generelle relativitetsteorien har vorti hylla som den høgste triumf for mennesketanken. Dette har diverre ofte verka slik at sjølv fysikarar har vori atterhaldne med å gje seg i kast med teorien. At verdsaltet skulle vera eit fleirdimensjonalt Riemann rom med ein viss krummingsradius har ikkje gjort teorien til populært undervisnings-stoff. Mange har sett på teorien som eit pent kunstverk som berre kunne beundrast på avstand, men som ikkje hadde nokon praktisk nytte utan at den forklarar at lyset frå fjerne stjerner vert avbøygd ørlite (1.7 bogesekund) i nærleiken av sola og at storaksen i Merkurbanen litt som senn skifter retning.

Ved nærare studium syner det seg at teorien også gjev ei mogeleg forklaring på dei fundamentale filosofiske spørsmåla om verda sitt opphav og utvikling framover. Dette er ting som religion og filosofi tradisjonelt har hatt einerett på å forklara. Teorien bind rom, tid og masse saman til ein ny heilskap som gjev desse omgrepa nytt innhald.

På grunn av det eksplosive filosofiske innhaldet har teoriane til Einstein møtt kraftig motstand, både frå lek og lærd. Sidan Einstein var jøde vart dette nytta mot teoriane hans. Hetsen mot Einstein i Tyskland tok til så tidleg som i 1920 då tyske nasjonalistar organiserte åtak på såkalla jødisk fysikk. Professorane Lenard, Stark og andre gjekk føre i krinsen av fysikarar.

Andre åtak kom frå dei som meinte at Einstein urettvist hadde fått æra for oppdagingar som andre fysikarar før han hadde gjort. Lyskvanta vart «oppfunne» av M. Planck, Boltzmann hadde oppdaga den statistiske mekanikken og Mach, Lorentz og Poincaré hadde formulert deler av den spesielle relativitetsteorien. Likevel var det Einsteins fire artiklar frå 1905 som ga starten for kvantefysikken, atomfysikken og relativitetsteorien. Den fjerde artikkelen er ei utrekning om at $E = mc^2$ der det eksplosive innhaldet viste seg i atombomba.

Det store med Einstein var vel at han ikkje brydde seg så mykje med smådetaljane i fysikken som dei andre var så opptekne med på den tida. Han hadde ein intuisjon og eit heilskapssyn andsynes naturen som leidde han fram langs nye vegar og tankebanar. Utan å nedvurdera innsatsen til alle dei andre store fysikarane må vi vel seia at 1900 talet er Einsteins hundreår.

Byste av professor B. Trumpy avduket i Bergen

I forbindelse med Norsk Fysisk Selskaps årsmøte i Bergen 6.-8. juni 1979 ble det avduket en byste av professor Bjørn Trumpy ved Fysisk institutt. Idéen om dette ble fremsatt i fjor høst og mottatt med stor entusiasme. En komité bestående av professor Graue, førstelektor Haatuft og professor Skavlem påtok seg oppgaven med å sette idéen ut i livet. De engasjerte billedhugger Nils Aas til å lage bysten og ordnet finansieringen ved bidrag fra Bergen Sparebank, Chr. Michelsens Institutt, Aanderaa Instruments, Universitetet i Bergen og fra venner og medarbeidere ved Fysisk institutt.

Ved en høytidelighet før avdukingen holdt professor Skavlem en tale hvor han ga en oversikt over professor Trumpys forskningsinnsats som resulterte i ca. 100 avhandlinger, og hans store bidrag til utbyggingen av Fysisk institutt i Bergen, hvor de fleste forskningsgrener er startet på hans initiativ. Trumpy gjorde også en stor innsats under opprettelsen av Universitetet i Bergen og var dets første rektor. I tillegg hadde han utallige tillitsverv, men fikk likevel tid til å ta seg av sine medarbeidere ved instituttet på en slik måte at han ble både avholdt og respektert som sjef. Trumpys allsidige innsats i vitenskapens tjeneste var bakgrunnen for at Fysisk institutt ønsket å hedre ham ved å reise ham et varig minnesmerke ved instituttet.

Avdukingen av bysten ble foretatt av instituttets nåværende styrer, dosent Endre Lillethun. Etter å ha rettet en takk til alle som hadde bidratt til å gjennomføre saken kom han inn på Trumpys menneskelige egenskaper. Spesielt trakk han frem hans evner til med vidd og humør å inspirere sine medarbeidere og få dem til å utfolde seg innen sine felt. Lillethun håpet at bysten ville minne dem som passerer den, om at det er enkeltmenneskets innsats som teller og at det gjelder å realisere sine evner i forståelse med sine omgivelser.

Professor Georg Trumpy takket på vegne av familien for den heder som ble vist hans far med denne bysten plassert ved det instituttet som var hans hjertebarn.

T. Grotdal

NEUTRINO 79 i Bergen samlet 300 deltakere

18.-22. juni ble det ved Universitetet i Bergen arrangert en stor internasjonal fysikk-konferanse - NEUTRINO 79 - med 300 deltakere fra 24 land. Arrangører var Universitetet og NORDITA. Det ble holdt en lang rekke foredrag om elementær partikkelen neutrino, kosmologi og svake vekselvirkninger.

Neutrinoet - navnet er italiensk og betyr det lille neutronet - er en partikkel eller en ørliten stoffdel som ikke er elektrisk ladet. Den hører ikke med til naturens byggesteiner, men til de frittsvevende og flyktige partiklene som kalles leptoner. Nettopp fordi neutrionet er så lett og dessuten nøytralt, er det et utmerket verktøy i fysikk-eksperimenter. Det har stor evne til å trenge gjennom atomkjerner.

Neutrinoene har helt siden universets skapelse blitt dannet naturlig gjennom kjerneprosessene på sola og andre stjerner og er deretter slynget ut i verdensrommet og mot jordoverflaten i ufattelig store mengder. Hvert sekund blir menneskekroppen bombardert av millionvis av neutrinoer uten at vi merker det. Den vesle nøytrale partikkelen blir også produsert kunstig i laboratorier.

Det var fysikeren Wolfgang Pauli som på 1930-tallet først påsto at neutrinoet måtte finnes, men først i 1954 lyktes det amerikaneren Fred Reines å påvise at det var slik. Professor Reines var tilstede på konferansen.

Tilsvarende konferanser blir arrangert hvert år, i fjor i Indiania, USA, og til neste år står Sicilia for tur. Konferansen i år ble meget vellykket og de aller nyeste forskningsresultater i feltet ble presentert. Vi håper å få et mer utførlig faglig referat fra møtet i neste nummer av bladet.

Nye medlemmer

Vit.ass. Jon Otto Fossum, Ins. for almen fysikk, NTH.
Lektor Knut Arne Hanssen, Bodin Videregående skole, Bodø.
Lektor Knut Liestøl, Bø Vidaegåande skule, Bø.
Vit.ass. Arne Marius Raaen, Fysikkseksjonen, NTH.

Dessuten:

Vit.ass. Adolfo Henriquez-Chacon, Fysisk Institutt, Blindern, Oslo
som var falt ut av listen over medlemmer opptatt på styremøtet 19/3 1979.

Albert Einstein, forgudet og utskjelt

Aadne Ore *)

Innledning

Knapt noen annen har opplevet å bli både forgudet og utskjelt i den grad som Albert Einstein. forgudelsen var og er ikke bare et resultat av de panegyriske omtaler journalister har presentert for legfolk. Det er nok mang en fysiker som kan føle, at selv karakteristikken «geni» ikke strekker til når det er tale om Einstein. Denne vurdering av ham vil vel bare bli forsterket med årene, selv om det nok kan komme en og annen forfatter eller idéhistoriker som vil gjøre sitt beste for å redusere Einstein til en alminnelig dødelig.

De vil i så fall ha kilder å øse av blant Einsteins samtidige, som omfattet motstandere og bitre fiender i tillegg til beundrerne.

Einstein-forelesning i 1947

Stadig færre blir de gjenlevende som opplevet Einstein personlig, og vår yngste generasjon av fysikere var knapt født da han døde. I all beskjedenhet vil jeg derfor antyde mine egne møter med den da hvitlokkete vismann under mitt opphold som stipendiat i Princeton året 1947/48.

Ved tilfeldige møter var mine følelser som beskrevet i en Einstein-nekrolog i *New York Times: «Princeton residents would see him walk in their midst, a familiar figure, yet a stranger, a close neighbor, yet at the same time a visitor from another world.»* — Fra tirsdag, 28. oktober 1947 har jeg bevart et «dagbok-notat» (betegnende nok mitt livs eneste): Professor E.P. Wigner avbrøt sin forelesning ved *Princeton Unviversity* etter å ha fortalt oss tilhørere at det fra *Institute for Advanced Study* (siden 1933 Einsteins arbeidssted, et par kilometer borte) var kommet beskjed om at Einstein ville holde en forelesning samme formiddag. Reaksjonen minnet om «panikkdagen» i Oslo i april 1940. John Toll og jeg kastet oss på våre sykler og satte av gårde, men ble tatt igjen av biler og plukket opp av en av dem. Det var gått år og dag siden Einstein «opptrådte», og nå skulle han snakke om *«Extension of the Theory of Relativity»*.

Smilende innledet han sitt overmåte interessante foredrag med bemerkningen: *«What I have to present is either a fundamental law of Nature, or, nothing but mathematical fancy.»* Hans ellers gode engelsk hadde enkelte charmerende islett av morsmålet tysk (f.eks. *«from eins to five»*. Einstein hadde vært syk den sommeren og så gammel ut, men av sinn var han en ungdom og kom med vittige bemerkninger ledsaget av smil og latter. Det kom et «oj» og svak plystring fra ham da han oppdaget at han hadde holdt på 10 minutter over tiden. Ledig sitteplass var der ikke i det lille, stappfulle auditoriet. Einsteins jevnaldrende, den norskættede matematiker O. Veblen tilbød ham sin, men med et glimt i øyet gikk Einstein bort i kroken ved tavlen, snudde papirkurven opp ned og satte seg fornøyd til rette på den; kippskodd, i krøllete bukser og en falmet, lyseblå genser med blyant eller penn stukket ned i halslinningen. Dyp respekt og ærbødighet preget spørsmålsstillerne (J.R. Oppenheimer, A. Pais m.fl.), og de fikk klare, presise svar fra vismannen borte i kroken.

Skaper av et univers

Tallrike er de farverike uttalelser som antyder Einsteins enestående posisjon. M.Klein (Physics Today. Jan. 1965) så en parallell mellom to «inntog» i Milano: I 1796 kom han som skulle bli en ny Alexander, en ny Cesar: den unge general Bonaparte i spissen for sin seierrike armé. Nesten på året 100 år senere kom han som skulle bli en ny Galilei, en ny Newton: den unge Einstein.

(Men den 15-16 årige Alberts «inntog» var ikke heroisk. Sterkt oppmuntret av oppgitte lærere hadde han gitt opp å fullføre gymnasiet i München, og flyttet nå etter sine foreldre til Milano.)

Om den spesielle relativitetsteori og dens tilblivelse skrev *New York Times* ved Einsteins død: «I 1904 kunne man daglig se Albert Einstein, den gang en ukjent mann på 25 år, når han sent på ettermiddagen trillet en barnevogn i gatene i Bern i Sveits: nå og da stanset han, uanfektet av trafikken omkring, for å rable ned noen matematiske tegn i en notisbok som hadde sin plass i vognen sammen med hans lille sønn, som også bar navnet Albert. Ut av disse tegnene vokste det frem de mest eksplosive idéer i menneskehetens urgamle streben etter å fatte verdensrommets mysterier. Dr. Einstein holdt den gang på å bygge opp sitt univers i sin fritid, etter at han var ferdig med dagens rutinearbeid som beskjeden kontrollør i statens patentkontor i Bern, til en lønn av 600 dollar året.» (For egen regning vil jeg tilføye, at de gode borgere av Bern som måtte ha iakttatt Einsteins rykkvise fremskritt med barnevogn og teori, like gjerne kan ha bivånet noe annet enn relativitetsteoriens fødsel, for i løpet av året 1905 sendte Einstein også en rekke andre arbeider til trykning i *Annalen der Physik,* bl.a. både doktorarbeidet og Nobelprisarbeidet.)

Da den spesielle relativitetsteori forelå trykt,

*) Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

tilintetgjorde Einstein manuskriptet, men da penger skulle reises i U.S.A. under siste verdenskrig, skrev Einstein av hele avhandlingen med egen hånd, og ved en *«war-bond-rally»* i Kansas City innbrakte manuskriptkopien 6 millioner dollar!

«Hundre forfattere mot Einstein»

Ikke alle hadde satt like stor pris på denne teorien. Den finske professor Hj. Mellin uttalte en gang omtrent følgende:

«En sakkyndig i logikk kan kort og enkelt vise at relativitetsteorien er uholdbar. Uten absolutt samtidighet blir begrepet eksistens det absolutte intet. Det er kjernepunktet i den uhyrlige relativistiske begrepsforvirring. Benekter man samtidighet, benekter man åpenbart også *tallbegrepet*. Relativitetsteorien er et monstrøst misfoster av ulogisk tenkning.» (Som bekjent, er den spesielle relativitetsteori i et nøtteskall to postulater. For det første *det spesielle relativitetsprinsipp:* Hvis to observatører eller eksperimentatorer med respektiv måleapparatur beveger seg jevnt og rettlinjet i forhold til hverandre, vil begge finne nøyaktig de samme fysiske naturlover. For det annet:

Lysets hastighet i vakuum vil være den samme enten lyskilden beveger seg mot oss, fra oss eller står stille. Ved en genial analyse av begrepene tid og rom viste Einstein at postulatene hadde den tilsynelatende paradoksale konsekvens, at om den ene observatør registrerer at det på to forskjellige steder *samtidig* inntreffer noe, vil de to samme hendelsene *ikke* være samtidige for den andre.)

Mellin var en av bidragsyterne til en eiendommelig, liten bok utgitt i Leipzig i 1931 (Voigtländers Verlag) under titelen *«Hundert Autoren gegen Einstein»*. Boken var neppe et utslag av antisemittisme — førsteredaktørens navn er Hans Israel, men heller av mangel på forståelse av Einsteins teorier hos personer som til dels var skinnsyke, kanskje endog lett sinnsyke, og som hårdnakket insisterte på at det dreiet seg om «et mesterstykke ulogikk», «en matematisk maskerade», «et spekualativt nettverk av selvmotsigelser», «bedragerske antagelser», «Barnslige hypoteser» osv. osv.

At Einstein ikke hadde imøtegått gjentatt kritikk, ble tatt som bevis på at han innrømmet at relativitetsteoriene var en fiasko.

Fra U.S.A. bidro A Reuterdahl med noen siders utgydelser om «Einsteins latterlige byggverk», «en plump absurditet», «et varig minnesmerke over alle tiders mest kolossale lureri». Han påsto også at R.A. Millikan hadde vist at Einsteins fotoelektriske teori var ukorrekt, at Nobelpriskomitéen derfor hadde gitt ham prisen for en bedragersk lov og at den dertil hadde krenket bestemmelsene ved å la Einstein holde foredrag om «Relativitet», som ikke var nevnt i begrunnelsen for pristildelingen.

De fleste av de «hundre forfattere» opptrer bare i en (noe tvilsom) fortegnelse over *«Weitere Gegner und Gegenschriften»*.

Der figurerer bl.a. en H. Strasser (Bern) med titelen på et 60-siders opus *«Einsteins spezielle Relativitätstheorie, eine Komödie der Irrungen»*, som er fra 1923 og dengang ble anmeldt av M. von Laue (*Naturwissenschaften*, Vol. 11, p. 937) som følger:

«Allerede i et skrift fra 1922 viste forfatteren (Strasser) at det ikke har lykkes ham å fatte den spesielle relativitetsteori. Da denne viktige kjennsgjerning vel ikke ble tilstrekkelig påaktet dengang, fører han nå beviset for annen gang, og det lykkes ham strålende på hver side av sitt verk. Vi kunne kanskje her med større rett enn forfatteren tale om en *«Comedy of Errors»*, men lar det være av hensyn til Shakespeare.»

Overraskende nedvurdering av Einstein

Einstein må ha fått seg mang en god latter, om han i det hele tatt gad lese disse ville angrep på relativitetsteorien.

På den annen side kan det ha såret ham at seriøse teoretikere ved enkelte anledninger hevdet at æren for teorien ikke tilkom ham, men Nederlands store teoretiker H.A Lorentz (Nobelpris i 1902).

I *Annalen der Physik* kom P. Ehrenfest med en slik uttalelse allerede i 1907, men i redaksjonen satt Max Planck, som lot Einstein supplere Ehrenfests notis med en 2-siders belæring.

Disse notisene fra 1907 kan neppe ha vært kjent av A.D. Fokker, som i et festskrift av 1957 til minne om hans landsmann Lorentz supplerte en omtale av en teori av Lorentz med følgende bemerkning: «Etter Einstein kom denne teorien til å bli kjent som relativitetsteorien.»

Andre, til dels ondsinnete forsøk på å redusere Einsteins innsats skal vi nevne senere.

Verifikasjoner av den spesielle teori

Nettopp omkring den tid da den selsomme *«Hundert Autoren gegen Einstein»* dukket opp, fikk man et oppsiktsvekkende bevis på at Einsteins «misfoster» snarere var en overmenneskelig fysiker. Teoriens kriterium på hva som *kan*, og hva som *ikke kan* være en korrekt fysisk lov var et av utgangspunktene for P.A.M. Dirac da han i 1928 kom frem til sin bølgeligning. Som bekjent, innebar ligningen blant meget annet eksistensen av positroner, og at et elektron-positron par plutselig og fullstendig kan omdannes til elektromagnetisk stråling. Fenomenet var et observert faktum noen år senere. Denne fullstendige omdannelse av materie til strålenergi var *prinsipielt* en større sensasjon enn atombomben, for i den omdannes bare en brøkdel kjernemasse til energi.

Det ble imidlertid først bombeeksplosjonene i 1945 som — ved avisenes hjelp — gjorde hele den opplyste verden oppmerksom på «trollmannen» Einsteins nå så berømte ligning:

$$E = mc^2,$$

«energi lik masse ganger lyshastighetens kvadrat».

Denne naturlov: masse er ekvivalent med energi i fantastisk konsentrert form, ble utledet av Einstein

i 1905 som en konsekvens av den spesielle relativitetsteori og trykt i *Annalen der Physik* i 1906, i en notis på 3 små sider.

Flere motstandere

Ekvivalensrelasjonen har vist seg eksplosiv i mer enn én forstand. Følgende «smell»: «Einstein utledet ikke denne ligning» kom i 1952 i *Journal of the Optical Society of America* i en avhandling forfattet av en fysiker med flere æresdoktorgrader, H.Ives. I 1938 hadde f.ø. den samme Dr. Ives og en medarbeider påvist eksperimentelt — meg bekjent som de første noe som svarte til at ur i bevegelse går langsommere enn ur i ro; det var atomsvingninger som spilte urets rolle. Den gang hadde Ives uttalt, at å karakterisere dette fenomen som en forutsigelse av relativitetsteorien *«is chronologically unjustifiable»*. — Ives var kanskje en av dem som mislikte Einstein, og utvilsomt en av den klassiske eters tro tilhengere.

Visse forsøk på å frakjenne Einstein æren for ekvivalensrelasjonen mellom masse og energi var direkte motbydelige. Fra slutten av første verdenskrig og ut den andre fremholdt en gruppe tyske fysikere, ledet av Nobelprisvinneren fra 1905, Philipp Lenard, til stadighet og med styrke at loven ble funnet av den østerrikske teoretiker F. Hasenöhrl allerede i 1904. I sitt 300-siders opus fra 1929, *«Grosse Naturforscher»*, lar Lenard Hasenöhrl innta Einsteins plass. Hasenöhrl var forhindret fra å protestere mot slike misbruk av hans navn, for han falt ved fronten i 1915.

Med i Lenards gjeng var Nobelprisvinneren fra 1919, Johannes Stark, som gir inntrykk av å ha vært en kranglefant og selvgod streber. Et opprinnelig godt forhold til A.Sommerfeld, ble fort til livsvarig fiendskap. En lignende utvikling fant sted i forholdet til Einstein. Stark var en av de første til å akseptere lyskvanthypotesen, og Einstein sendte ham i 1908 en begeistret takk for et tilsendt arbeide der hypotesen ble benyttet (jfr. A. Hermann, *«Frühgeschichte der Quantentheorie»* , Mosbach 1969).

I 1912 trykte Einstein et arbeid om fotokjemi i *Annalen der Physik,* og kort tid etter kom det en 3-siders notis fra Stark, som nærmest påsto å ha gjort det samme allerede i 1908. Den uforsiktig respektløse Einstein nøyet seg med noen linjer som svar, omtrent følgende: «Stark har publisert bemerkninger til mitt arbeid for å forsvare sin åndelige eiendomsrett. Prioritetsspørsmålet som Stark bringer opp, er uinteressant fordi det dreier seg om selvinnlysende følger av lyskvanthypotesen. Stark har ikke sett det vesentlige ved mitt arbeid, som jeg derfor burde ha formulert klarere.» Det kan ikke ha formildnet Stark at Einstein ble stående som en grunnlegger av den teoretiske fotokjemi. Einstein kunne ta vel hardt i når det gjaldt Stark. Han skrev i 1913 til sin venn M.Besso (brevvekslingen ble utgitt i 1972) at Stark mente å ha påvist en «Zeeman-effekt i et elektrisk felt», men karakteriserte arbeide som *«schweinisch»*. Det var godt at Einstein ikke kom med denne vurdering offentlig, for oppdagelsen av «Stark-effekten» bidro til at Stark fikk Nobelprisen.

Lenards hat til Einstein var en uhyggelig blanding av ekstrem chauvinisme, antisemittisme og vel også en fremragende eksperimentators misunnelse av teoretikerens berømmelse. Einstein var en notorisk pasifist, og skjønt bosatt i Tyskland hadde han nektet å være med på de tyske intellektuelles «manifest», som gikk ut på at «Tysk kultur og tysk militarisme er identiske». Hans sveitsiske statsborgerskap reddet ham fra å bli betraktet som forræder. Men jøde var han, og da Tyskland hadde tapt krigen i 1918 skulle jo jødene tjene som syndebukker. Lenards utfall mot Einstein var så voldsomme at det ved et vitenskapelig møte i 1920, der begge var til stede og bl.a. relativitetsteori sto på programmet, var sørget for væpnet politivakt av møtelederen, Max Planck.

Da nazistene var kommet til makten, utga Lenard et 4-binds verk med den betegnende titel *«Deutsche Physik»*. Her er noen linjer fra forordet: «En neger-fysikk kjenner man ennå intet til; derimot har en eiendommelig, jødisk fysikk fått stor utbredelse.

Vil man gi en kort karakteristikk av den, er det riktigst og best å minne om virksomheten til dens aller mest fremtredende representant, den rene jøde A. Einstein. Hans«relativitetsteorier» ville omskape og beherske hele fysikken; men overfor virkeligheten har de nå allerede fullstendig utspilt sin rolle.» Sitatet er som en stank fra Det tredje rikes tid. Da kunne Lenard, Stark og deres kompaner boltre seg, mens Einsteins beundrere i Tyskland på det nærmeste var kneblet. Stark gikk uten å nøle inn for omorganisering av tysk vitenskap etter «førerprinsippet», og mente selv at han burde være «føreren». Hans nazistiske virksomhet ble verdsatt til 4 års tvangsarbeid da den andre verdenskrig var over.

Ferdig med tyskerne

I sikkerhet i U.S.A. kunne Einstein holde seg orientert om nazistenes økende grusomheter, som gjorde et dypt og uutslettelig inntrykk på ham: «Etter at tyskerne har myrdet mine jødiske brødre i Europa, vil jeg ikke ha mer med tyskere å gjøre.» (Enkelte kolleger var nok unntatt, i særdeleshet den uredde nazimotstander og Einsteinforsvarer Max von Laue.) Da Einstein ved årskiftet 1948/49 avslo en anmodning fra Otto Hahn om å bli utenlandsk medlem av det nystiftede *Max-Planck-Gesellschaft,* skrev han bl.a.

«De tyske intellektuelle — som klasse betraktet — viste en holdning som ikke var bedre enn pøbelens» (jfr. A. Hermann, *Die neue Physik,* München 1979).

En måned før sin død ble Einstein feiret i Berlin, men *in absentia*. Denne gang kunne han begrunne sitt avslag på invitasjonen med alder og sykdom, en

skjebne som ved en slik anledning også *«etwas Befreiendes hat»*, som Einstein uttrykte det, «for alt som har det minste med persondyrkelse å gjøre, har alltid vært meg pinlig». Men han skrev også — det var 50-års jubileene for lyskvant- og relativitetsteori som skulle feires av fysikere fra øst og vest: «Det gleder meg, at jeg ved denne anledning bidrar til broderlig samarbeid og ikke gir anledning til kontrovers.»

Sitatet *(Physikalische Blätter,* Vol. 11, 1955, p. 228) er som et sukk fra vel den største, men også den mest omstridte vitenskapsmann i det 20. århundre. Det var ikke bare hans vitenskapelige teorier som hadde skapt til dels voldsomme kontroverser.

Når han hadde følt seg kallet til det, hadde Einstein gitt uttrykk for sin utilslørte mening i politiske spørsmål, og dermed var andre kontroverser oppstått. Ingen som kjente til de tyske nazisters grusomheter og planer kunne bebreide Einstein for å ha oppfordret president Roosevelt til å sette i gang utvikling av atombomben. At tyskerne ikke ville klare å løse den oppgaven, visste ingen. Etterpå kan de få seg til å si f.eks.: «Vi står ennå stadig forferdet overfor det faktum at en Albert Einstein degraderte vitenskapen til en prostituert for ærgjerrige politikere» (ibid. p. 286).

Da 40-åringen ble verdensberømt

Allerede avhandlingene fra 1905 gjorde Einsteins navn kjent blant verdens fysikere. Legendarisk berømt ble han vel først i 1919, og da takket være den generelle relativitetsteori, til tross for at den fikk ord på seg for å være for vanskelig å sette seg inn i selv for fysikere. Det fortelles at en journalist i sin tid spurte A. Eddington om det var riktig at det bare var tre personer i verden som forsto teorien. Da Eddington ikke svarte, spurte journalisten om han var uenig. «Nei», skal Eddington ha svart, «men jeg forsøker å komme på hvem den tredje er».

Det var 10 års anstrengelser som omsider ble kronet med hell, da teorien var ferdig fra Einsteins hånd ved slutten av året 1915. Han skrev begeistrede brev, bl.a. ett til A. Sommerfeld der han fortalte at teorien bl.a. forklarte en detalj i planeten Merkurs bane som Newtons gravitasjonslov ikke ga noen rimelig forklaring på. Sommerfelds reaksjon var skepsis, som ble besvart med følgende nye brev fra Einstein: «Du vil være overbevist om at den generelle relativitetsteori er riktig så snart du har fått studert den; derfor vil jeg ikke forsvare den med et eneste ord.» Fire år senere, den 6. november 1919 ble det i Royal Society i London kunngjort, at observasjoner under solformørkelsen samme år hadde vist at lysstråler som fra stjerner passerer nær solen, blir avbøyet i dens gravitasjonsfelt slik Einsteins generelle relativitetsteori forutsa.

«Revolution in Science», skrev *London Times, »Newtonian Ideas Overthrown.»*

Sensajonen spredte seg — jeg hadde nær sagt med lysets hastighet. I vårt Videnskaps-Akademi holdt V. Bjerknes allerede den 23. januar 1920 foredrag om oppdragelsen:: «En av de markante begivenheter i den moderne naturvitenskapshistorie», som det heter i L. Amundsens verk om Akademiet.

Invitasjoner og æresbevisninger strømmet inn til Einstein i Berlin. Han deltok i utallige møter, foredro relativitetsteori under alle himmelstrøk og ble mottatt av fyrster i øst og vest. Talløse avisartikler bidro til at en sann flom av brev med spørsmål, utfordringer og invitasjoner skyllet innover ham, og samtidig hadde han på foråret 1920 sin dødssyke mor hos seg.

Einstein, stakkar, følte seg som ikke mer enn en bunt refleksbevegelser, og drømte at han ble brent i helvete der postbudet var djevelen selv, som skjelte ham ut fordi han ikke fikk besvart all posten og uopphørlig slengte nye brevbunker i hodet på ham.

Einstein kom også til Norge. Den 15. juni innledet han sin forelesningsserie i Universitetets Aula — fylt til siste plass av et representativt publikum i følge Aftenpostens referat. Blant tilhørerne såes utenriksminister Ihlen. Einstein var åpenbart blitt en internasjonal celebritet. Forelesningen begynte kl. 19 og den regjering Ihlen satt i, ble felt ved votering i Stortinget ved 21-tiden samme kveld.

Einstein, som var ledsaget av stedatteren Ilse, må ha likt seg hos oss. I en hilsen til familien Max Born omtalte han nordmennene som «et friskt, sympatisk lite folk» i et land med en «vidunderlig natur».

Hewlett-Packard prisen 1979.

Prisen for 1979 er tildelt en gruppe på fem fysikere fra flere europeiske land, deriblant Norge. De har fått prisen på deling fordi de alle har vært med på å utvikle utstyr for dataoppbevaring bygd på effekter som har forbindelse med akustiske bølger på overflaten av halvlederkrystaller.

De fem er:

Eric A. Ash, England
Jeffrey H. Collins, Skottland
Yuri V. Gulaev, Sovjetsamveldet
Kjell A. Ingebrigtsen, NTH, Norge
Edward G. S. Page, England

De elektriske egenskapene til halvledere er i høy grad avhengig av vekselvirkningen mellom elektroner og fononer, kvantene til de akustiske svingninger i krystaller. Ved å utsette halvlederen for sterke lydfelt vil en derfor kunne modulere den elektriske ledningsevnen. De fem fysikerne ovenfor har spilt en viktig rolle i utviklingen av dette nye felt i fysikken som nå går under navnet «acoustoelectronics».

En skisse av Albert Einsteins bidrag til kvanteteorien frem til 1925

Kristoffer Gjøtterud *)

Lyskvantene postuleres og begrunnes.

I forordet til Einsteins bibliografi i «Albert Einstein: Philosoper-Scientist»[1]) fortelles det at over peisen i hvilerommet i Matematisk institutt ved Universitetet i Princeton står følgende sitat av Einstein: «Raffiniert ist der Herr Gott, aber boshaft ist er nicht» («Gud er nok subtil, men ikke ondskapsfull»).

Denne bemerkningen stammer sannsynligvis fra en av de mange diskusjonene med Niels Bohr og gir vel neppe uttrykk for Einsteins religiøsitet, men uttrykker hans dype uro og reservasjon overfor kvanteteorien som han selv ga store bidrag til. Hans bidrag på dette område av fysikken er så betydelige at de selv uten relativitetsteoriene ville gitt ham plass blant de fremste fysikerne i dette århundre. Einsteins bidrag til kvanteteorien kan sammenfattes til problemene med vekselvirkningen mellom elektromagnetisk stråling og materie. Hulromsstråling i termisk likevekt med omgivelsene var allerede behandlet av Max Planck

og ledet ham til spektralfordelingen $u(\nu,T)$ $[u(\eta,T)]$ (se tabell 1 og fig. 1). Planck satte seg som mål å begrunne spektralfordelingen $u_W(\nu,T)$ $[u_W(\eta,T)]$ som W. Wien hadde stilt opp og fant spektralfordelingen som bærer Plancks navn. Han ble tvunget til å kvantisere oscillatorene i hulromsveggene som sender ut og absorberer stråling, men tenkte på hulromsstrålingen selv som et klassisk strålingsfelt. I vekselvirkningen med materie mottok eller avga strålingsfeltet energi i kvanter. Wiens spektralfordeling følger av Plancks for store verdier av (ν/T). Begge spektralfordelingene er kvantiske. Spektralfordelingen som har fått navn etter Lord Rayleigh og J. H. Jeans er klassisk og følger av anvendelsen av ekvipartisjonsprinsippet på hulromsstrålingen. Rayleigh-Jeans' spektralfordeling $u_{R\text{-}J}(\nu,T)$ $[u_{R\text{-}J}(\eta,T)]$ faller sammen med Plancks for små verdier av (ν/T), men den fører til ultrafiolett katastrofe som betyr at det ikke kan etableres termisk likevekt mellom materie og stråling.

I én av fem avhandlinger[2]) i 1905 innfører Einstein begrepet lyskvanter eller fotoner og ga derved strålingsfeltet partikkel-struktur. Det var i avhandlingen hvor han beskriver den lyselektriske effekt og som ble konkret nevnt som grunn for tildeling

Tabell 1

Energitettheten (energi pr. volumenhet og η-enhet h.h.v. frekvensenhet) av elektromagnetisk stråling i et hulrom i termisk likevekt ved temperaturen T ifølge M. Planck, W. Wien og Lord Rayleigh og J. H. Jeans. $\eta = h\nu/kT \cdot$ h er Plancks konstant, ν er frekvens, k er Boltzmanns konstant og c lyshastigheten.

Planck	Wien	Rayleigh-Jeans
$u(\eta_1 T) = C_1\eta^3 [\exp \eta - 1]$	$u_W(\eta_1 T) = C_1\eta^3 \exp(-\eta)$	$u_{R\text{-}J}(\eta,T) = C_1 \eta^2$
$u(\nu_1 T) = C_2 h \nu [\exp(h\nu/kT) - 1]$	$u_W(\nu_1 T) = C_2 h \nu \exp(-h\nu/kT)$	$u_{R\text{-}J}(\nu,T) = C_2 kT$

$$C_1 = \frac{8\pi}{(hc)^3}(kT)^4 \,, \quad C_2 = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}$$

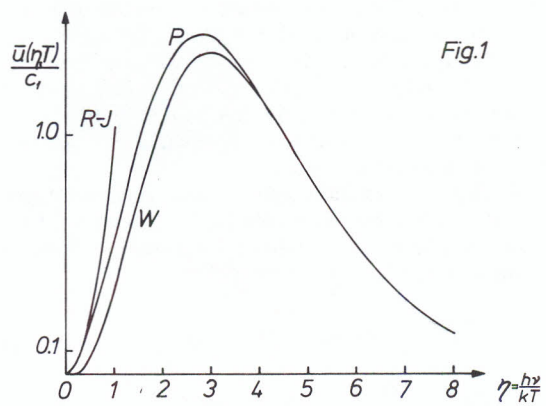


Fig. 1 fremstiller spektralfordelingene $u(\eta,T)/C_1$, $u_u(\eta,T)/C_1$ og $u_{R\text{-}J}(\eta,T)/C_1$ til h.h.v. Planck (P), Wien (W) og Rayleigh-Jeans (R-J) som funksjon av den dimensjonsløse variable $\eta = h\nu/kT$. Funksjonene $u(\eta,T)$ og C_1 har dimensjonen energi pr. volumenhet.

*) Førsteamanuensis ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

av Nobelprisen for 1920 som han fikk i 1921. Hans generelle bidrag til teoretisk fysikk ble også nevnt. Den fotoelektriske ligning fordret ikke mer enn hulromsstrålingen gjorde det at strålingsfeltet beskrives som lokaliserte kvanter. I sitt arbeid fra 1905 bryter Einstein med vel etablerte forestillinger om lysets natur som et bølgefenomen. Et overbevisende feltteoretisk grunnlag for beskrivelse av lysfenomener var lagt av A. Fresnel og senere konkretisert til elektromagnetiske feltfenomener av J. C. Maxwell. Newtons korpuskelteori syntes å være fullstendig uaktuell og glemt. I 1905-artikkelen bringer Einsten korpuskelbegrepet inn igjen i beskrivelsen av lys. Han tar utgangspunkt i Plancks og Wiens arrbeider og beregner entropien av hulromsstrålingen i et delvolum V av hulrommet med totalt volum V_0 og med frekvens i intervallet ν til $\nu + d\nu$. Forutsatt at Wiens spektralfordeling beskriver termisk likevekt mellom stråling og stoff og at energitettheten av strålingen er tilstrekkelig lav, vil entropien for en monokromatisk komponent av strålingen avhenge av delvolumet V på samme måte som for en ideell gass eller for en tynn løsning. Einstein trekker av dette den konklusjon at «monokromatisk stråling av lav tetthet (innenfor gyldighetsområdet for Wiens strålingsformel) forholder seg i varmeteoretisk sammenheng som om den besto av uavhengige energikvanter av størrelse $R\beta\nu/N(= h\nu)$». I samme avhandling beskriver så Einstein ved hjelp av teorien om lys som en strøm av energikvanter hvordan katodestråler (= elektroner) kan frembringes ved belysning av faste stoffer og stiller opp sin berømte lyselektriske ligning. I et foredrag i 1909[3]) uttaler Einstein «(at) siden man har erkjent at lys viser interferens og bøyningsfenomener er det ikke lenger mulig å betvile (kaum mehr bezweifelbar) at lyset må oppfattes som en bølgebevegelse.» I samme foredraget sier han også «det kan ikke benektes at det gies en rekke fenomener i forbindelse med stråling som viser at lyset har visse fundamentale trekk som langt lettere lar seg begripe ut fra Newtons emisjonsteori for lyset enn ut fra bølgeteorien. Derfor er det min mening at neste fase i utviklingen av den teoretiske fysikk vil gi oss en teori for lyset som sammenfatter bølgeteorien og emisjonsteorien.»

I 1909 i avhandlingen «Zum gegenwärtigen Stand des Strahlungsproblems»[4]), diskuterer Einstein inngående det statiske innholdet i Planck's strålingslov. Han finner uttrykket

$$\overline{(\Delta E)^2}_{\nu} = h\nu\, E_\nu + (E^2_\nu / Z_\nu V) \qquad (1)$$

$$Z\nu = \frac{8\pi\nu^2}{c^3}\ ,\ V \text{ er volum}$$

E_ν = midlere energi pr. frekvensenhet i intervallet ν, $\nu + d\nu$ i volumet V. Dette uttrykket beskriver hvordan energien fluktuerer i et volum V som kommuniserer med et mye større hulrom. Einstein slår fast at samtidens elektromagnetiske bølgeteori for strålingen er uforenlig med ligning (1). Det skyldes det første leddet. Det andre leddet følger også av Maxwells teori*) ved «at de uendelig mange strålene som utgjør strålingen i volumet V interfererer med hverandre og på den måten gir en momentan energi som snart er større og snart er mindre enn den energien en vil få som summen av hver stråle for seg når de ikke interfererer.» Man tar kvadratet av fluktuasjonene for at fortegnet skal forsvinne.

Det første leddet, når det opptrer alene, gir en fluktuasjon i strålingsenergien som for en gass med punktformede kvanter med energi $h\nu$. (Dette følger fra Wiens fordelingslov). Einstein understreket hvor fullstendig disse statistiske egenskaper atskiller seg fra dem en vil vente ut fra den tidens teori som støttet seg på lineære, homogene differensialligninger. Det manglet en teori som kunne gi strålingens kvantestruktur som en konsekvens.

Kommentarer til Bohrs atommodell.

Einstein ga ikke direkte bidrag til teorien for atomet. I 1913 kom Bohr med sin atom-modell. Rutherford kommenterte i brev til Bohr: «There appears to me one grave difficulty in your hypothesis, .. , how does an electron decide what frequency it is going to vibrate at when it passes from one stationary state to the other? It seems to me that you would have to assume that the electron knows beforehand where it is going to stop».

Bohr forklarte de kjente Pickering-Fowler spektra fra stjerner som spektra fra enkeltionisert helium. Fowler var ikke overbevist siden det var en uoverensstemmelse mellom teori og eksperiment. Denne ryddet Bohr av veien ved å erstatte elektronets masse m_e med den reduserte masse

$$m_e\, M_{He}/(M_{He} + m_e).$$

Gjennom brev fra Hevesy til Bohr og Rutherford kjenner vi Einsteins reaksjon: Til Bohr: «- så spurte jeg ham (Einstein) om hans syn på Deres teori. Han fortalte meg, den er meget interessant, meget viktig, hvis den er rigtig osv. og han havde lignende ideer for mange år siden, men havde ikke mod til å udvikle dem; jeg fortalte ham at det er godtgjort nu med sikkerhed at Pickering-Fowler-spekteret tilhører helium. Da han hørte dette var han overordentlig forbløffet og fortalte meg: Så avhenger lysets frekvens slett ikke av elektronenes frekvens - (Jeg forstod ham således??) og dette er en uhyre bedrift. Så må Bohrs teori være riktig». Til Rutherford: «- Da jeg fortalte ham om Fowler-spektret så Einsteins store øyne endnu større ut, og han fortalte meg «Så er det en av de største oppdagelser.» Einsteins bedømmelse var viktig, selv for de største av samtidens fysikere.

*) Gyldigheten er da begrenset til korte bølgelengder.

Teori for strålingsprosessene.

I 1917 kommer så det meget berømte arbeidet «Zur Quantentheorie der Strahlung»[5] (Først publisert i 1916 i Zürich).

Jeg vil sitere fra innledningen til denne avhandlingen:

«Vi vet idag at det ikke gies noen metode basert på klassisk mekanikk og elektrodynamikk som kan gi en brukbar strålingsformel. Klassisk teori må nødvendigvis lede til Rayleigh's formel. Deretter baserte Planck i sine grunnleggende undersøkelser sin strålingslov på antagelsen av diskrete porsjoner av energi, som kvanteteorien hurtig utviklet seg fra. For ikke lenge siden oppdaget jeg en utledning av Plancks formel som var nær beslektet med Wiens originale argument og som var basert på kvanteteoriens fundamentale antagelser. Denne utledning ... fortjener oppmerksomhet ikke bare fordi den er enkel, men særlig fordi den synes å kaste noe lys på mekanismene for emisjon og absorbsjon av stråling i stoff, en prosess som fremdeles er obskur for oss. Ved å postulere noen hypoteser for absorbsjon og emisjon av stråling i molekyler, som ga seg selv fra kvanteteorien, var jeg i stand til å vise at molekylene med en kvanteteoretisk fordeling av tilstander i termisk likevekt, var i dynamisk likevekt med Planck-strålingen. På denne måten kunne Planck's formel utledes på en overraskende enkel og generell måte.»

Formlene til Wien og Planck som Einstein her viser til er gitt i tabell 1 og omtales som spektralfordeling eller strålingslov.

Ifølge statistisk fysikk vil den relative sannsynlighet W_n for å finne et molekyl med energi ε_n når det er i termisk likevekt med temperatur T være

$$W_n = p_n \exp(-\varepsilon_n/kT)$$

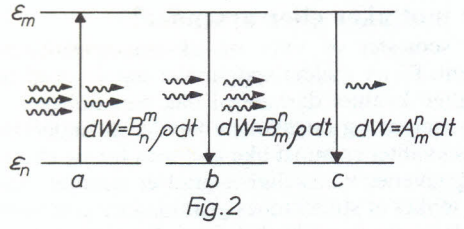


Fig.2

Fig. 2 fremstiller skjematisk strålingsoverganger mellom kvantetilstandene ε_n og ε_m for et atomært system.
a viser stimulert absorbsjon av et strålingskvant $h\nu = \varepsilon_m - \varepsilon_n$.
b viser stimulert emisjon av et strålingskvant $h\nu$.
c viser spontan emisjon av et strålingskvant $h\nu$.
dW er sannsynligheten for absorbsjon (emisjon) av stråling i løpet av tiden dt.

B^m_n, B^n_m og A^n_m er konstanter.

ρ er energitettheten pr. frekvensenhet av strålingsfeltet.

p_n er den statistiske vekt av tilstanden n . Strålingstettheten ρ som gjør at indusert absorbsjon av stråling og indusert og spontan emisjon av stråling ikke forskyver den termiske likevekt i molekylene, må tilfredsstille ligningen

$$p_n \exp(-\varepsilon_n/kT)\, B^m_n \rho = p_n \exp(-\varepsilon_m/kT)\, [B^n_m \rho + A^n_m]$$

ρ vokser mot uendelig med T, derfor

$$p_n B^m_n = p_m B^n_m$$

og

$$\rho = (A^n_m/B^n_m)\,[1/\{\exp(\varepsilon_m-\varepsilon_n)/kT - 1\}] \qquad (2)$$

For definisjon av størrelsene, se fig. 2.

Fra Wiens forskyvningslov følger det at

$$\rho = \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right)$$

og derfor må

$$A^n_m / B^n_m \propto \nu^3 \text{ og}$$

$$\varepsilon_m - \varepsilon_n = h\nu \qquad (3)$$

Ved sitt geniale resonnement utledet ikke Einstein bare Plancks strålingslov, men også Bohrs berømte formel (3).

Strålingsprosessene er rettet.

I avhandlingen stiller Einstein et spørsmål: «Mottar molekylet en impuls når det sender ut eller absorberer en energi ε ?» Og han svarer: «Som et eksempel la oss betrakte emisjon av stråling i klassisk elektrodynamikk. Når et legeme emitterer en energi ε får det en rekyl-impuls ε/c forutsatt at all strålingen sendes ut i samme retning. Dersom strålingsprosessen er symmetrisk, slik som ved sfæriske bølger, blir det ikke noen rekyl i det hele tatt. Dersom et molekyl absorberer eller emitterer energi ε i form av stråling ved overgang fra en mulig kvantetilstand til en annen, kan en slik elementærprosess tenkes å være delvis eller fullstendig rettet, eller også symmetrisk. Det vil fremgå at vi bare kan få en motsigelsesfri teori dersom vi antar at strålingen er fullstendig rettet.»

Einstein studerer bevegelsen av molekyler i et strålingsfelt hvor vekselvirkningen mellom molekyler og strålingsfelt skjer ved stimulert absorbsjon og emisjon og ved spontan emisjon. Han viser med en metode han tidligere har utviklet i studiet av Brownske bevegelser at termisk likevekt mellom molekyler og strålingsfelt krever at strålingen er

fullstendig rettet og at det derfor overføres impuls til molekylet. «Dersom molekylet avgir energi hν ved å sende ut stråling, uten påvirkning av ytre stråling, så er også denne prosessen rettet. Utgående stråling i form av sfæriske bølger eksisterer ikke. I løpet av en elementær utstrålingsprosess vil molekylet motta en impuls hν/c og retningen er bestemt av tilfeldighet.»

I neste paragraf merker vi oss Einsteins motforestillinger til sine egne konklusjoner:

«Disse egenskapene til de elementære prosessene gjør formuleringen av en kvanteteori for stråling nesten uunngåelig. Svakhetene ved teorien er at den på den ene side ikke bringer oss nærmere en anknytning til bølgeteorien, og på den annen at den overlater varigheten og retningen av elementærprosessene til tilfeldigheten.

Likevel er jeg overbevist om at den valgte metode er pålitelig.»

Kvantestatistikk.

I 1924 og 1925 kom avhandlingen «Quantentheorie des einatomigen idealen Gases»[6]. Denne avhandlingen fører Einsteins navn sammen med Boses i kvantestatistikken.

Her gir han uttrykket

$$\overline{(\Delta n)^2_E} = n_E + n_E^2/Z_E) \qquad (4)$$

$$Z_E = 2\pi V \left(\frac{2m}{h^2}\right)^{3/2} E^{1/2}$$

n_E er det midlere antall atomer pr. energienhet i intervallet E, E + dE i volumet V. Dette uttrykket beskriver hvordan antallet atomer fluktuerer i et volum V som kommuniserer med et mye større volum.

Ligning (4) er, som påvist av Einstein, fullkomment analog med ligning (1). Einstein tolket andre leddet i (4) helt analogt med andre leddet i (1) som et resultat av interferensfluktuasjoner idet han viser til Louis de Broglie's bemerkelsesverdige avhandling[7]) fra 1924 hvor materielle partikler tilordnes et bølgefelt.

I dag ville vi nettopp på grunnlag av analogien mellom (4) og (1) være reserverte overfor tolkningen av fluktuasjonen uttrykt i ligning (1) som en sum av partikkel- og bølge-effekter (se[8])).

Kvanteteori for faste stoffer.

Utover de fundamentale bidrag til forståelsen av vekselvirkningen mellom stråling og stoff, bidro Einstein også til utviklingen av en kvanteteori for faste stoffer med sin avhandling «Plancksche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme»[9]). Einstein betrakter et fast stoff som en samling planckske vibratorer og finner et uttrykk for varmekapasiteten ved konstant volum C_V som avhenger kvalitativt korrekt av temperaturer T for lave T (se fig. 3).

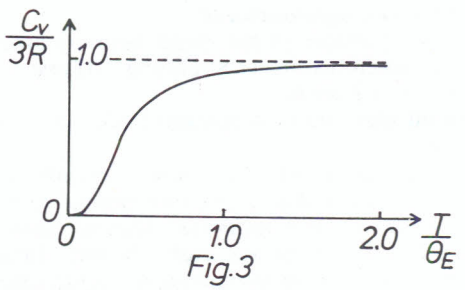


Fig. 3 viser temperaturavhengigheten av C_V ifølge Einsteins modell.
R er den molære gasskonstant og
O_E = hν/k er Einsteinstemperaturen.
ν er frekvensen av de planckske vibratorer.

Vi har ovenfor skissert Einsteins bidrag til utviklingen av kvanteteorien frem til 1925. Einsteins senere bidrag gjaldt epistemologiske spørsmål. Det var trekk i kvanteteorien som stred mot hans innerste følelser og han reserverte seg mot å godta kvanteteorien som en fullstendig teori.

Litteraturliste.

1) P.A. Schilpp ed., The Library of Living Philosophers VII (1951).
2) A. Einstein, Annalen d Physik **17**, (1905) 132-148.
3) A. Einstein, Phys. Z. **10**, (1909) 817-825.
4) A. Einstein, Phys. Z. **10**, (1909) 185-193.
5) A. Einstein, Phys. Z. **18**, (1917) 121-128.
6) A. Einstein, Preussische Akademie der Wissenschaften, Phys.-math. Klasse, Sitzungsberichte (1924) 261-267, (1925) 18-25.
7) Louis de Broglie, Thèses, Paris (1924).
8) J.J. Gonzáles og H. Wergeland, Arkiv for Det Fysiske Seminar i Trondheim No 6 (1972), DKNVS Skr. 4, 1973.
9) A. Einstein, Annalen d Physik **22**, (1907) 180-190, 800.

Nivåsenkning — av mottaker eller avsender?

Et semester er over og eksamensresultatene er kjent. På ny melder spørsmålet seg: Er studentenes faglige kvalitet dårligere i dag enn tidligere? Universitetene og høyskolene hevder at undervisningens kvalitet er minst like god som før og eksamensoppgavenes vanskelighetsgrad er uendret. Kan det da tenkes at studentenes grunnlag fra den videregående skole er endret? I følge Bergens Tidende av 26/6-79 meldes det fra Stavanger «om oppsiktsvekkende mye *'stryk'* til examen artium». — «Vi må dessverre innrømme at det har vært en klar nivåsenkning i den videregående skolen», hevder rektor ved St.Svithun Gymnas. Rektor ved Bergen Katedralskole sier i en kommentar «at det er feilt grunnlag å vurdere om det har vært en nivåsenkning i den videregående skole ut fra karakterene til examen artium. — Tallene fra Bergen skulle i så fall tyde på det motsatte.»

Jeg drøfter heretter bare faget fysikk.

(fortsettes s. 63)

Einstein og moderne kosmologi

R. Stabell *)

I de siste 10-15 årene har Einsteins Generelle Relativitetsteori (GR) kommet til anvendelse på stadig flere felter innen Astronomien. Noen stikkord får greie seg her: Kvasarer, nøytronstjerner, dobbeltstjerner, røntgenkilder, gravitasjonskollaps og naturligvis sorte hull. Relativistisk astrofysikk er faktisk blitt en egen, og ikke liten, gren av astronomien.

Eldre anvendelser av GR var vesentlig i forbindelse med solsystemet (de klassiske testene) hvor man benyttet Schwarzschilds berømte løsning av Einsteins ligninger, og i forbindelse med universet, hvor forskjellige løsninger etter hvert ble benyttet. Best kjent av disse er den generelle løsning for et homogent og isotropt univers, funnet av Robertson og Walker tidlig i tredveårene.

Da GR er en gravitasjonsteori, var det naturlig og nærliggende å prøve å anvende den på universet. De viktigste bestanddelene i vårt univers er galaksene, og gravitasjon er den dominerende kraft som virker mellom dem.

Det firedimensjonale tid-rom.

Einsteins store idé bak GR var å knytte gravitasjon til geometrien av det firedimensjonale rommet, eller tid-rommet. Han hadde jo allerede i sin spesielle relativitetsteori vist at det var hensiktsmessig med en firedimensjonal beskrivelse. I motsetning til spesiell teori som gjelder for et flatt tid-rom, innfører Einstein i GR muligheten også for krumt tid-rom.

Den grenen av matematikken som behandler krumme rom, var allerede utviklet i det 19. århundre. C. F. Gauss var vel kanskje den første som hadde mot nok til å betrakte ikke-Euklidsk geometri som en reel mulighet, mens æren for generaliseringen av teorien til N-dimensjonale rom tilfaller G.F.B. Riemann. Men det var altså Einstein som innså de muligheter som fantes for å anvende dennne spesielle formalismen innen fysikken. Da man desverre ikke har noen mulighet til å forestille seg krumt tre- eller fire- dimensjonalt rom, tyr man ofte til to-dimensjonale rom, altså krumme flater, for å få et visst inntrykk av hva denne krumningen medfører. Vi skal ikke komme nærmere inn på dette her, men det kan kanskje være verdt å oppklare en misforståelse som man av og til støter på.

Vi benytter vanligvis tre dimensjoner når vi beskriver en krum flate, for eksempel kuleflaten, selv om to dimensjoner er nok da det er såkalte «intrinsic» egenskaper ved flaten vi er interessert i. Enkelte er da av den oppfatning at det må finnes en fjerde dimensjon for at man skal kunne beskrive et krumt tre-dimensjonalt rom. Man hører til og med hevdet at tiden er denne fjerde dimensjon. Man kan ved såkalt «embedding» benytte både fire, fem eller flere dimensjoner for å beskrive et krumt tredimensjonalt rom, men det er fullt tilstrekkelig å benytte tre, og tiden kommer ikke inn i denne forbindelse i det hele tatt.

Einstein var selv den første til å anvende sin gravitasjonsteori på hele universet. Han undersøkte i 1917 en universmodell med positivt krummet rom. I likhet med overflaten av en kule vil dette rommet være endelig i utstrekning, men ubegrenset, i den forstand at det ikke eksisterer noe tomt rom «utenfor» universet.

Han antok videre at materien var jevnt fordelt i rommet og at universet var statisk. Forutsetningen om et statisk univers må ses på bakgrunn av den tids verdensoppfatning. Man bør huske at spiraltåkenes status; om de tilhørte vårt melkeveisystem eller om de var egne galakser utenfor vår egen, først ble klarlagt skikkelig så sent som 1924.

Den kosmologiske konstant.

For å kunne opprettholde et statisk univers hvor gravitasjonskreftene virker på all materie og prøver å trekke den sammen, innførte Einstein den såkalte kosmologiske konstant, Λ, i sine feltligninger. Klassisk kan man betrakte effekten av denne konstanten som en kraft — repulsiv hvis Λ er positiv — som øker med avstanden og i Einsteins statiske modell akkurat balanserer gravitasjonen. Han betraktet vel denne konstanten nærmest som et nødvendig onde som førte til en komplisering av en ellers meget elegant teori.

Da man i slutten av tyve-årene klart påviste at universet ikke var statisk, men utvidet seg, var Einstein bare glad for å kunne kutte dette ekstra leddet i sine ligninger. I mellomtiden var det nemlig vist at GR (både med og uten Λ) kunne beskrive en rekke ikke-statiske universmodeller. På bakgrunn av dette kan man godt forstå Einstein når han senere hevdet at innføringen av den kosmologiske konstanten var den største tabben i hans liv.

Konstanten er blitt sammenlignet med en ertelysten ånd; det er ikke så lett å få den tilbake i krukken når den først er sluppet ut. Mange er da også av den oppfatning at konstanten hører hjemme i en fullstendig formulering av GR. Weyl var den første (1920) som påpekte den matematiske begrunnelse for å innføre konstanten og Eddington mente at

*) Astrofysisk institutt, Universitet i Oslo.

den spilte en så viktig rolle i GR at han (i spøk?) hevdet: «I would as soon think of reverting to Newtonian theory as of dropping the cosmical constant».

Det er spesielt innen kosmologi den omstridte kontanten har spilt en viktig rolle, men moderne tolkninger av den indikerer at man har også har et tilknytningspunkt til våre dagers kvantefelt-teori.

Universmodeller.

Anvendelse av GR på hele universet er innledningen til det man kaller for moderne kosmologi og gir for første gang denne grenen av astronomien et solid teoretisk fundament. Den teoretiske utviklingen utover i tyve- og tredve-årene ble imidlertid lite stimulert av observasjoner bortsett fra den nevnte påvisning av universets utvidelse som Edwin Hubble har æren for.

Vi skal ganske kort se på resultatene av disse teoretiske undersøkelsene.

Det er vanlig å anta at materien, når man bare ser stort nok på tingene, er jevnt fordelt i universet, og at trykket tilnærmet er lik null. Observasjoner støtter da også godt opp under disse antagelsene. Grovt kan man klassifisere de ikke-statiske, homogene universmodellene som følger av GR i to hovedtyper.

1. Evig ekspanderende modeller.
2. Oscillerende modeller

I den første typen vil en typisk stor avstand mellom to partikler (galakser) i universet bare øke i det uendelige. Vi vil kalle denne avstanden skalafaktoren R. I den andre typen vil skalafaktoren øke til den når et maksimum, derefter vil den avta (i klassisk behandling tilbake til $R \neq 0$)

Hvis man antar den kosmologiske konstanten $\Lambda \neq 0$, er modeller med både Euklidsk og ikke-Euklidsk rom representert blant begge hovedtyper. Men forutsetter man $\Lambda = 0$, har alle de evig ekspanderende modellene negativt krummet rom, mens de oscillerende modellene har positivt krummet rom.

Einstein — de Sitter modellen.

Den kanskje best kjente modell, og den som vanligst benyttes i enkle regneeksempler, er grensetilfellet mellom de to hovedtypene.

Det er en modell som ekspanderer, men hvor ekspansjonshastigheten avtar og går mot null når tiden går mot uendelig. Det er en spesielt enkel modell med Euklidsk (flatt) rom og $\Lambda = 0$.
Den har fått navnet Einstein-de Sitter modellen efter de to som først undersøkte den, i 1932. Skalafaktoren er her en meget enkel funksjon av tiden:

$$R = K t^{2/3}$$

hvor K er en konstant. Utvidelseshastigheten, eller Hubble's konstant

$$H = \frac{\dot{R}}{R},$$

angis på denne måten siden hastigheten er funnet å øke lineært med avstanden. (Denne Hubble's lov gjelder strengt tatt bare for «små» avstander; for store avstander er heller ikke selve avstandsbegrepet entydig). Definisjonen ovenfor viser at Hubble's konstant slett ikke er noen virkelig konstant og burde kanskje heller ha vært kalt Hubble's parameter. Det har vist seg å være meget vanskelig å bestemme verdien av H, og det har sammenheng med de store problemer som er forbundet med avstandsbestemmelser i universet. Man antar i dag at verdien ligger i intervallet 10-30 km/s per million lysår. Den mest benyttede verdi for H er 15 km/s per M l.å.

Det er nærliggende å spørre om utvidelsen noen gang vil stoppe opp, eller med andre ord: Hvilken hovedtype av modeller beskriver best vårt univers? Kanskje det av en eller annen grunn er nettopp Einstein-de Sitter modellen?

Hvis man antar $\Lambda = 0$, er det i prinsippet meget enkelt å besvare dette spørsmål. Vi vet at gravitasjonen bremser på utvidelseshastigheten, men siden avstander øker med tiden, vil bremsingen bli svakere og svakere. Analogien med unnslippningshastighet er åpenbar. — Det er altså to enkle spørsmål vi må ha svar på:

1. Hvor stor er utvidelseshastigheten, H, i dag?
2. Hvor stor er bremsingen eller decelerasjonen i dag?

Universets tetthet.

Bremsingen bestemmes av gravitasjonen, og den er direkte avhengig av den gjennomsnittlige tetthet av materien i universet. Det kan da være meget interessant — og det er svært enkelt — å regne ut, for en gitt verdi av H, hvor stor tettheten i uviverset må være for at utvidelsen skal bremses helt opp, men først når det er gått uendelig lang tid. Vi kan med andre ord regne ut betingelsen for at vi skal leve i et Einstein-de Sitter univers. Hvis gravitasjonen er den kraft som dominerer ($\Lambda = 0$), så vet vi nå at et univers med lavere tetthet vil ekspandere i det uendelige, mens et univers med høyere tetthet før eller siden vil begynne å trekke seg sammen. Ved å anta H = 15 km/sek per Ml.å. finner man for denne kritiske verdi av tettheten

$$\rho_K = 5 \cdot 10^{-30}\ \mathrm{g/cm^3}\ ,$$

og den er proporsjonal med H^2. Med den usikkerheten vi har antydet for H betyr det at den kritiske tetthet kan ligge i intervallet $2 \cdot 10^{-30}$ — $2 \cdot 10^{-29}\ \mathrm{g/cm^3}$.

Hva er så den gjennomsnittlige tetthet i vårt univers? Det er flere metoder til å bestemme den, og en del usikkerheter er knyttet til disse. Massespektret for galakser, spesielt for små masser, er for eksem-

pel dårlig bestemt. Det er heller ikke full overensstemmelse mellom de forskjellige metodene. Allikevel kan man i dag med nogenlunde sikkerhet sette som en øvre grense på tettheten av observerbar materie i vårt univers:

$$\rho_{obs} = 5 \cdot 10^{-31} g/cm^3.$$

Energitettheten av strålingen i universet bidrar ikke nevne-verdig, og hverken strålings- eller materie-trykket er stort nok til å spille noen rolle i denne forbindelse (trykk er generelt med på å øke gravitasjonen, bare en trykk*gradient* kan motvirke, eventuelt balansere,, gravitasjon). — Denne meget enkle betraktningen indikerer altså at vi lever i et univers med lav tetthet i forhold til den kritiske verdi, og at det derfor vil ekspandere evig. Et slikt univers har negativt krummet rom og er derfor (og har alltid vært) uendelig i utstrekning. Utvidelsen er representert ved en økning av skalafaktoren R, og er som vanlig å forstå som en økning av alle store avstander, (for eksempel avstander mellom hoper av galakser). — Andre og mer indirekte metoder gir tilsvarende resultater. Fullt så enkelt er det ikke om man antar $\Lambda \neq 0$; da er spørsmålet om romlig geometri og hovedtype av universmodell fremdeles ubesvart.

For universmodeller med $\Lambda = 0$ beregnet ved hjelp av GR, benytter man gjerne en tetthetsparameter, Ω, for a klassifisere den enkelte modell:

$$\Omega = \frac{8\pi GP}{3H^2}.$$

Den er definert slik at $\Omega = 1$ for Einstein-de Sitter modellen, mens observasjonene altså gir en øvre grense; $\Omega \leqslant 0.1$. Spørsmålet er nå om denne verdi noenlunde representerer den virkelige tetthet, eller om det finnes materie i universet som er vanskelig å observere og derfor ikke er tatt med i beregningene. Forskjellige muligheter er blitt undersøkt; fra varm (ionisert) intergalaktisk gass til sorte hull, men direkte og indirekte observasjoner tyder ikke på at man kan få noe vesentlig bidrag til den gjennomsnittlige tettheten. To muligheter gjenstår å undersøke, menlig nøytrinoer og gravitoner. Det er sannsynlig at store mengder av begge disse typer partikler var til stede i universets tidligste faser og at de fremdeles fyller universet, om enn sterkt rødforskjøvet og derfor med mindre energi. Men mulighetene til å obervere disse partiklene og deres eventuelle bidrag til tettheten er i dag små.

Når man i dag konstaterer en økning av skalafaktoren, betyr det at typiske avstander var mindre i tidligere epoker. Det betyr igjen at den gjennomsnittlige tetthet i universet var større før (også om universet er uendelig i utstrekning). Ved å anvende Einsteins ligninger for et homogent univers, kan man for hver enkelt modell regne seg tilbake i tid og dermed bestemme forskjellige modellavhengige parametre. Man kan for eksempel regne seg helt tilbake tilbake til starten og bestemme universets alder. Den verdien man finner, avhenger også av utvidelseshastigheten i dag, altså av H. Hvis vi antar H = 15 km/sek per M l.å., finner vi for Einstein-de Sitter modeller en alder på ca. 14 milliarder år. Alderen er større for modeller med lavere tetthet (Ω = 0.1 gir en alder på ca. 17.5 milliarder år). Men vi skal merke oss at den beregnede alder er omvendt proporsjonal med H. Andre interessante parametre angis gjerne som funksjon av avstand (rødforskyvning) eller i noen tilfeller som funksjon av tiden.

Big Bang-teorien.

I startfasen må universets tetthet ha vært enorm. Idéen om at denne fasen også var *varm* nok til at kjernereaksjoner forekom, stammer fra G. Gamov. Kanskje noe misvisende omtales denne fasen som et varmt «Big Bang». Det var nemlig ingen vanlig eksplosjon av materie som ble slynget ut i et omkringliggende tomrom.

Eksplosjonen forekom samtidig, overalt i hele universet, enten det nå er endelig i romlig utstrekning (og rommet «krummer seg i seg selv» analogt til en kuleflate), eller det er uendelig.

Hele universet var fylt av partikler; fotoner, elektroner, osv., alle i likevekt og med enorme energier. Man kan kanskje best karakterisere tilstanden som en «ildmørje» som fylte hele universet, og hvor den gjennomsnittlige avstand mellom alle partiklene økte enormt raskt. Denne ildmørje-fasen er nå blitt en yndet tumleplass både for kosmologer, partikkel- og kjerne fysikere. En ypperlig populær-beskrivelse av epoken finnes i S. Weinberg's bok «The First Three Minutes». (Norsk utgave kommer høsten '79).

Vi skal her bare kort omtale noen av de viktigste resultatene som følger direkte av Einstein's teori, siden det er disse som har gjort de mere detaljerte beregningene mulig. — I et ekspanderende univers vil tettheten av materien bare avhenge av skalafaktoren:

$$\rho_m \propto R^{-3},$$

og tilsvarende for strålingen:

$$\rho_S \propto R^{-4}.$$

Grunnen til at strålingstettheten avtar som R^{-4} istedet for bare R^{-3}, er at hvert foton har en energi proporsjonal med
sin frekvens, ν, og rødforskyvningen, som skyldes universets ekspansjon, gir $\nu \propto R^{-1}$. — Selv om strålingstettheten i dag er ubetydelig i forhold til materietettheten, ser man at universets ekspansjon vil være bestemt av strålingen for små nok verdier av R. I en slik strålingsdominert fase må man også ta hensyn til strålingstrykket som er gitt ved

$$p_S = \frac{1}{3} c^2 \rho_S.$$

Beholder vi antagelsen om et homogent univers, finner man fra Einsteins feltligninger at universet nå utvider seg efter følgende enkle lov:

$$R = K_S t^{1/2},$$

hvor

$$K_S = (\frac{32}{3} \pi G \rho_S R^4)^{1/4} = \text{konst.}$$

Energitettheten av stråling når man har termodynamisk likevekt, er gitt ved

$$\rho_S c^2 = a T_S^4,$$

hvor a er Stefan's konstant.

Ved hjelp av disse ligningene finner man lett

$$T_S = 1.5.10^{10} \cdot t^{-1/2}$$

(med de samme enheter som foran).

Man ser også at temperaturen i denne fasen er omvendt proporsjonal med R. Dette er forøvrig en relasjon som er gyldig også i senere epoker, noe man lett kan overbevise seg om ved å benytte den adiabatiske relasjon

$$T_S \cdot V^{\gamma - 1} = \text{konst.}$$

Dette gir direkte

$$T_S \propto \frac{1}{R},$$

siden $\gamma = 4/3$ og volumet $V \propto R^3$.

3-graders bakgrunnsstrålingen.

Utover i 50 årene ble det spekulert en del rundt denne opprinnelig meget varme strålingen som vil avkjøles efter hvert som universet utvidet seg. Man fant at den ville beholde sin karakter av sort stråling, og man prøvde å etstimere den temperatur strålingen ville ha i dag. En gruppe ved Princeton arbeidet med dette problemet tidlig i 60-årene, og to medlemmer av gruppen bygget et radiometer med antenne for å måle en eventuell stråling i universet. De valgte å observere på en bølgelengde på 3 cm. En av teoretikerne i gruppen hadde beregnet at strålingen kunne ha en temperatur på ca. 10°K Stor var deres glede, men også skuffelse, da de fikk høre at to forskere ved Bell Laboratoriet like i nærheten hadde kommet dem i forkjøpet og observert en tilsynelatende universell bakgrunnsstråling på ca. 3°K; uten at de egentlig var klar over hvor denne strålingen stammet fra. — Det er velkjent at oppdagelsen av den såkalte 3-graders bakgrunnstrålingen ble belønnet med en Nobelpris i 1978. — Det ble efter hvert klart at strålingen hadde karakter av sort stråling og måtte fylle hele universet. Oppdagelsen ble således en solid støtte til Big Bang- eller ildmørje-teorien og stimulerte til en heftig forskningsaktivitet på dette feltet.

Ildmørjefasen — de første 10 sekunder.

De første brøkdeler av et sekund efter at ekspansjonen startet, er spesielt enteressant for partikkelfysikere. Et av de store problemer som stammer fra denne epoken, er å forklare hvorfor vårt univers bare består av materie og nesten ikke noe antimaterie; og hvorfor antall baryoner per foton (baryon/entropi forholdet) er ca. 10^{-9}. Det største teoretisk fremskritt på dette felt er de såkalte unifiserte «gauge» teoriene for sterke, svake og elektormagnetiske vekselvirkninger. Ved hjelp av disse ser det nå ut til at man kan forklare hvordan et opprinnelig baryon-symmetrisk univers kan utvikle seg til ett med netto baryontall, altså et univers med materie og ingen antimaterie. Det er også mulig dette har relevans til et annet uløst astrofysisk problem, nemlig tetthetsfluktuasjoner i universet og dannelse av galakser, som man regner med finner sted ca. 1 milliard år senere.

Enkelte optimister regner med at man som en følge av de siste par års teoretiske utvikling snart vil ha muligheten til å «gjøre fysikk» også i en eventuell sammentrekningsfase *før* t = 0. De hevder at det er mulig å unngå den singularitet (R = 0) som følger av klassisk anvendelse av Einstein's gravitasjonsteori .Dette er spesielt interessant fordi denne muligheten oppstår ved at man betrakter kvantetilstanden av vakuum, eller vakuum-fluktuasjoner; siden vårt kvanteteoretiske bilde av vakuum heller er et hav av virtuelle partikler enn et kjedelig «tomt» rom. Det viser seg at et slikt vakuum *kan* gi opphav til en frastøtende kraft som vil motvirke gravitasjonen. Dette er helt analogt til en positiv verdi av den kosmologiske konstanten, Λ, i GR. Det er derfor mulig at denne konstanten vil spille en viktig rolle i forsøket på å inkorporere også gravitasjon i en mer omfattende unifisert «gauge» teori for alle de fire kjente vekselvirkningene.

Universet etter noen minutter.

Ildmørjefasen varer i ca. 10 sekunder; da er temperaturen sunket til ca. $3 \cdot 10^9$°K og alle antipartiklene er annihilert. Selv de lette positroner og elektroner annihilerer nå raskere enn de gjenskapes av fotoner og nøytrinoer. Universets ekspansjon bestemmes nå av fotonene og i mindre grad av nøytrinoer og antinøytrinoer. Det er bare små mengder med materie igjen i form av protoner og nøytroner. Det er allikevel mest interessant å se hva som skjer med materien i de neste få minutter.

Efter hvert som temperaturen stadig synker, blir det mulig å få dannet deuterium ($p + n \longrightarrow D + \gamma$) som igjen inngår i kjernereaksjoner slik at man får dannet helium. Hvor meget helium som blir dannet avhenger litt av det før omtalte baryon/entropi forholdet, altså forholdet mellom antall protoner og nøytroner og antall fotoner. Men selv innen temmelig vide grenser for dette forholdet finner man at det blir dannet ca. 25% helium. Det stemmer forbløffende godt med den helium-hyppighet man observerer i universet.

Den mengde deuterium som blir igjen efter disse reaksjonene, avhenger imidlertid nokså kritisk av baryon/entropi forholdet. Da dette forholdet er konstant, har man her en mulighet til å bestemme den gjennosnittlige materietetthet i universet *i dag*.

I et «bad» av termisk (sort) stråling er antall fotoner per cm^3 gitt ved

$$n_\gamma \sim 20\ T^3.$$

Siden den relative mengde deuterium i universet avhenger av forholdet mellom antall protoner og antall fotoner, kan tettheten av protoner beregnes når temperaturen T er kjent. Målinger av deuterium-hyppigheten i dag indikerer en relativ lav tetthet i vårt univers, $\Omega \leqslant 0.1$, i overenstemmelse med de mere direkte målingene. — Det blir bare dannet ubetydelige mengder tyngre elementer i disse første minuttene.

Det gjennomsiktige univers.

Som vi så, avtok tettheten av strålingen raskere enn materietettheten. Efter en tid vil derfor $\rho_S < \rho_m$ og materien blir bestemmende for forløpet av den videre ekspansjon. Omtrent samtidig, efter ca. 1 million år, er temperaturen blitt for lav ($\lesssim$ 4000 ^{o}K) til å opprettholde en høy ionisasjonsgrad. Vi får rekombinasjon av protoner og elektroner til nøytralt hydrogen (helium-rekombinasjon skjer litt tidligere). Dermed opphører strålingen å være koblet til materien. Mens fotonene tidligere ble spredt på elektronene (Compton-spredning), beveger de seg nå uhindret d.v.s. rettlinjet i rommet. I løpet av relativ kort tid går universet over fra å være ugjennomsiktig til å bli helt gjennomsiktig. Når vi i dag observerer en 3 graders stråling, så «ser» vi tilbake til denne epoken. Vi mottar altså informasjon fra den såkalte «last scattering surface» i en avstand indikert ved en rødforskyvning $z = \Delta\lambda/\lambda \approx 1000$. I prinsippet er det mulig å «se» enda lenger tilbake ved å observere nøytronier eller endog gravitoner. Ved å observere det termiske spektret av gravitoner, som i dag har en temperatur på ca. 1 °K, ville vi være i stand til å se tilbake til 10^{-43} sek. efter starten.

Det er egentlig ganske fantastisk at man i dag ut fra nokså sparsomme observasjoner kan ekstrapolere tilbake til de første sekunder og kanskje til og med de første små brøkdeler av sekunder efter starten på universets utvidelse. Og man blir unektelig imponert når det i tillegg viser seg at detaljberegninger fra denne epoken stemmer forbløffende godt med dagens observasjons-resultater. — flere teorier og nye «kosmologier» har vært lansert i tiden efter 1915, men de fleste er blitt forkastet eller glemt. Relativistisk kosmologi basert på Einstein's GR, står i dag igjen som den klart beste teori for å beskrive vårt univers.

(fortsatt fra s. 58)

Hvis det er riktig at studentenes grunnlag fra den videregående skole er dårligere enn før så er universitetene og høyskolene i en vanskelig stiling. Stortinget sluttet seg til St.meld. nr. 17, side 21, der det heter: «Det vil ikke være hensiktsmessig at institusjonene for høgre utdanning selv gir undervisning på gymnasnivå».

Elevmateriellet tror jeg ikke er dårligere enn tidligere, men motiveringen for faget fysikk er endret. Som et eksempel viser jeg til gjengivelsen av spørsmålene en avgangsklasse på naturfaglinjen ved et av gymnasene i Bergen fikk i vår. Prøven ble arrangert for at standpunktkarakteren i fysikk skulle fastsettes.

1) Skriv et uttrykk for den varmeutvikling som skjer i en resistans der det går en elektrisk strøm gjennom resistansen.
2) Bekskriv et galvanisk element og tegn en graf som viser den elektromotoriske spenning i elementet.
3) Vi har 5 seriekoplede galvaniske elementer, hvor stor er den indre resistans i batteriet. Hvilken forskjell gjør det at disse elemantene er parallellkoplet?
4) Definer en ampere.
5) Vi lader opp to parallelle metall-plater og forbinder platene med en elektrisk leder. Hva skjer mellom platene når vi tar bort de ledningene som vi ladet opp platene med?
6) Grei ut om begrepet interferens.

Jeg overlater til leseren å vurdere spørsmålene. Det er rimelig å tro at undervisningen i fysikk har vært av analog kvalitet som den oppgavesettet frambyr. Er det mange andre klsser som har vært utsatt for liknende undervisningstilbud? Den mangel på motivering for fysikkfaget som disse elever har vært utsatt for fører trolig til at deres universitetstudium vil inneholde et minimum av fysikk.

Den gamle reallinjen prioriterte fysikkfaget og bidro til mange fysikkmotiverte studenter ved universitetet. Situasjonen i dag er helt forandret. Mange av våre lavere grads studenter er lite motivert for fysikk og kan bidra til en nivåsenkning i undervisningen i den videregående skole. Jeg frykter at vi er på vei inn i en ond sirkel.

Universitetene og høyskolene har ansvar for de respektive fag. Jeg føler nå tiden moden for at disse institusjonene må trosse Stortingets vedtak og «selv gi undervisning på gymnasnivå» i fysikk. Jeg finner det iallfall lite fruktbart å klage og syte over studentenes dårlige karakterer og mangelfulle studiemotivering for, fysikk. Universitetene og høyskolene kan ikke uten alvorlige konsekvenser senke det faglige nivå, men da må vi trekke konklusjonen og selv bringe studentene opp til et rimelig begynnernivå og ikke øde kreftene ved å snakke over hodene på dem og gjøre dem enda mindre motivert for fysikkfaget.

Arvid Erdal

Enhetlige feltteorier

R. Ravndal *)

Det som gjør fysikken så tiltrekkende og fascinerende, og som også gjør den til en slik slagkraftig vitenskap, er dens konstante streben etter å forstå mest mulig ut fra de aller enkleste antagelser. De av oss som kjenner den naturlige trang til å være doven er selvfølgelig interessert i å finne fram til en sammenfattende forståelse av alle de uhyre kompliserte fenomen omkring oss uten at vi behøver å belemre vår hjerne med opplagring av en masse detalj-fakta for hvert enkelt fenomen. Det er akkurat denne egenskap som gjør f.eks. Bohrs atom-modell så tilfredsstillende med dens sentrale idé om stasjonære elektron-baner. Dette ble opprinnelig foreslått for hydrogen-atomet, men viste seg automatisk å forklare de kjemiske egenskaper ved alle de andre kjente grunnstoff. Naturligvis er det ikke bare i fysikken vi leter etter disse enhetlige synspunkt. Det er typisk for all naturvitenskap. En kan jo bare nevne Crick og Watsons modell for arvemolekylet DNA, som samtidig forklarte hvordan alle celler og levende organismer kan opptre i en sånn mangfoldighet.

Vi har idag mange gode grunner til å tro at de fysiske teorier som beskriver materien på det mest fundamentale plan, er feltteorier. De mest kjente felt, ved siden av lyd-feltet er det elektromagnetiske felt og tyngde- eller gravitasjonsfeltet. Som navnet viser, inngår det elektromagnetisk felt i en enhetlig feltteori som forener det elektriske og magnetiske felt. Disse to felt og de tilhørende krefter var opprinnelig antatt å være to forskjellige fenomen. Men gjennom arbeidene til Faraday, Maxwell o.a. ble det klart at de kun var to forskjellige aspekt av den samme fundamentale, elektromagnetiske kraft. Om kraften mellom ladede partikler er elektrisk eller magnetisk avhenger av bevegelsestilstanden til partiklene. Dette ble spesielt tydelig innen Einsteins spesielle relativitetsteori. Den ble primært utviklet for å reformulere den klassiske mekanikk slik at den ble i overensstemmelse med hans relativitetsprinsipp som Maxwells ligninger for det elektromagnetiske felt allerede oppfylt Ut fra en slik syntese som i virkeligheten representerer en stor forenkling av de fysiske lover, fulgte så $E = mc^2$ og mye annet som vi ikke behøver å komme inn på her. Men det som er typisk for slike synteser, er at man får ut nye resultat som man ikke en gang kunne tenke seg tidligere. Dette skjedde også i foreningen av de elektroniske og magnetiske kreftene hvor en oppdaget at forstyrrelser i det elektromagnetiske felt ville bre seg med lysets hastighet. Vanlig lys er ikke noe annet enn elektromagnetiske bølger. Dette ga opphavet til våre dagers elektroniske tidsalder.

Den generelle relativitetsteori

Einsteins største bidrag til fysikken var hans relativistiske gravitasjonsteori som vanligvis går under navnet generell relativitetsteori. Dette er en meget spesiell feltteori da den ikke inneholder noe felt, men derimot erstatter gravitasjonsfeltet med rent geometriske effekter. I stedet for å si at en planet beveger seg i en ellipsebane rundt solen fordi den er påvirket av dens tyngdekraft, har Einstein vist oss at dette kan forstås ved at massen i Solen krummer det omkringliggende rom. Partikler eller planeter som alltid tilstreber å bevege seg kortest mulig vei, vil i et slikt krumt rom gå i en ellipsebane.

Dette kan lett illustreres ved at vi tenker oss en 2-dimensjonal verden som en kuleflate som har konstant krumning. To personer på nordpolen som starter ut i forskjellig retning mot sydpolen, vil da følge hver sin meridian sydover da disse er storsirkler som gir den korteste vei. I begynnelsen vil de reisende bevege seg bort fra hverandre, men i nærheten av ekvator vil de oppdage at avstanden mellom dem slutter å øke og at de derimot begynner å nærme seg hverandre igjen. De kan da forklare dette ved å si at de påvirkes av en kraft som trekker dem mot hverandre. Denne vil de kanskje kalle en gravitasjonskraft. I virkeligheten er det en rent geometrisk effekt som skyldes kuleflatens krumning.

Forsøk på sammenfatning

Det er akkurat dette geometriske innholdet av Einsteins generelle relativitetsteori som gjør den så enkel og fascinerende. Einstein selv var overbevist om at geometriske argument var av en sådan fundamental betydning i Naturen at også de andre kjente vekselvirkningene burde få en lignende forklaring. De neste 35 år av sitt liv prøvde han derfor å utvikle en slik geometrisk forståelse av den elektromagnetiske kraften. På samme måte som hans spesielle relativitetsprinsipp tydelig viste at de elektromagnetiske felt også var to sider av det samme geometriske felt. Det var denne vakre, teoretiske idé som ble kalt hans enhetlige feltteori. Men dette var en oppgave som selv ikke Einstein klarte å løse. Ingen andre har heller klart det siden.

*) Fysisk institutt, Universitet i Oslo.

Forsøk på kvantisering av relativitetsteorien

Det er en annen unifisering eller sammenslåing av fysiske teorier som er ønskelig og nødvendig. Etter kvantemekanikkens utvikling vet vi idag at hvis en fysisk teori skal ha generell gyldighet, må den være forenlig med det kvantemekaniske prinsipp. Vi sier da at teorien er kvantisert. Den klassiske teori for det elektromagnetiske felt ble kvantisert noen få år etter at kvanteteorien ble formulert. Resultatet av denne forening ble kalt kvante-elektrodynamikk eller ganske enkelt QED. De kvantiserte elektromagnetiske bølger får da de samme egenskaper som vanlige partikler og kalles fotoner. På samme måte er elektroner og alle andre partikler kvanter til de tilsvarende klassiske feltteorier.

Etter dette er det naturlig å prøve å gjøre Einsteins generelle relativitetsteori i overensstemmelse med kvanteteorien. Einstein selv prøvde ikke, kanskje fordi han ikke var helt overbevist om kvantemekanikkens absolutte gyldighet. Mange andre fysikere har derimot prøvd å gjøre dette, men ingen har ennå lykkes. Noen tror at det skyldes at Einsteins gravitasjonsteori kun er gyldig over store avstander og at vi prøver å kvantisere en teori som ikke holder helt ned til de små avstander hvor kvanteteorien må anvendes.

Weinberg-Salams teori for elektrosvake vekselvirkninger

Einsteins enhetlige feltteori skulle være en forening av de elektromagnetiske og geometriske gravitasjonskreftene. Men allerede på hans tid visste man om de andre fundamentale vekselvirkninger i Naturen. Det er den såkalte sterke kraften som holder partiklene i atomkjernen sammen, og den svake kraften som gir opphav til radioaktiviteten. Disse to kreftene tilhører elementærpartikkelfysikken hvor det har vært en enorm utvikling de siste ti år. Denne aktivitet har medført at vi idag har en meget lovende teori for den sterke vekselvirkning. Den kalles kvantekromodynamikk eller QCD da den har så mange likhetspunkter med kvanteelektrodynamikken. Begge er hva vi betegner som gaugeteorier som Einsteins gravitasjonsteori også er et eksempel på. I tillegg har vi også en akseptabel teori for den svake vekselvirkning. Det har lykkes fysikerne Weinberg og Salam å utvikle en enhetlig teori for den svake og den elektromagnetiske kraften som stemmer med alle eksperimentelle målinger. Den svake kraften ser bare svak ut fordi den observeres ved lave energier, dvs. ved forholdsvis store avstander. Ved meget høye energier blir disse to kreftene like sterke, og forskjellen mellom dem vil forsvinne. Da denne enhetlige teorien også er en gaugeteori, kan en begynne å tro at geugeteorier virkelig må være av fundamental betydning.

Disse såkalte ikke-abelske gaugeteorier er av forholdsvis ny dato i elementærpartikkelfysikken. Den første ble skrevet ned av Yang og Mills i 1954, men hadde vært kjent av matematikere i mange år tidligere som teorien for fiberbunter. Da dette ikke er noe annet enn en direkte utvidelse av den klassiske, differensielle geometri, er dens bruk i elementærpartikkelfysikken i fullstendig overensstemmelse med Einsteins overbevisning om at Naturen burde forstås geometrisk.

Gauge-invarians av ulike teorier

La oss nå prøve å forstå hva gaugeinvarians er. Da den generelle relativitetsteori er en gaugeteori, kan vi for enkelhets skyld igjen betrakte den 2-dimensjonale krumme kuleflate. Selve navnet «generell relativitetsteori» betyr at alle fysiske målinger og observasjoner er uavhengige av hvordan vi dekker denne kuleflaten med koordinater. Vi sier at teorien er invariant under generelle koordinattransformasjoner. Men den inneholder i tillegg en annen invarians. Betrakter vi nemlig et punkt på kuleflaten, vil den se helt plan ut for en observatør som beveger seg lokalt omkring dette punktet. For å kartlegge andre punkt i dette planet kan observatøren legge inn et lokalt aksekors eller kartesisk koordinatsystem. Men dette kan orienteres i alle mulige retninger, vi har invarians under rotasjoner av aksekorset i dette plan. Disse rotasjonene kalles gauge transformasjoner. De danner en Lie-gruppe med navnet SO(2). Denne sier vi er abelsk da to element A og B i gruppen har et kommutativt produkt AB = BA. I en ikke-abelsk Lie-gruppe vil $AB \neq BA$. Invariansgruppen SO(2) er i dette tilfelle gaugegruppen. På nøyaktig samme måte er den generelle relativitetsteori en gauge-teori hvor gaugegruppen er SO(3,1) da vi lever i 3 romlige og 1 tidlig dimensjon. Dette er Lorentz-gruppen. Gauge invarians er i dette tilfelle bare et annet uttrykk for Einsteins ekvivalensprinsipp som sier at lokalt i et vilkårlig gravitasjonsfelt kan en alltid finne et flatt tidrom hvor en har invarians under lokale Lorentztransformasjoner.

Bølgefunksjonen ψ for en elektrisk partikkel vil anta komplekse verdier. Enhver måling av fysiske egenskaper ved denne partikkelen vil gi resultat med sannsynlighet $\psi^*\psi$. Da dette produkt er invariant under den komplekse transformasjon

$$\psi \longrightarrow e^{i\alpha}\psi$$

sier vi at teorien for elektromagnetiske vekselmagnetiske vekselvirkninger er invariant under den unitære gaugegruppen U(1) med element $A = e^{i\alpha}$. Denne gruppen er abelsk da AB = BA hvor $B = e^{i\beta}$.

På samme måte er den forente Weinberg-Salamteorien for elektrosvake vekselvirkninger en ikkeabelsk gaugeteori med gaugegruppe $U(1) \otimes SU(2)$. I den kvantiserte versjonen vil der i tillegg til det masseløse foton være tre tunge gaugepartikler som formidler de svake krefter. Deres masse er beregnet

å være nesten 100 GeV. Der er gode muligheter for å observere disse partiklene i løpet av de nærmeste år. Lykkes det og de har de forventede egenskaper, vil det være en stor triumf for disse unifiserte gaugeteorier.

Kvante kromodynamikk

Idag forstår vi mange egenskaper hos de sterkt vekselvirkende elementærpartikler ved å anta at de består av kvarker. Et proton p består av to u-kvarker og en d-kvark, p = uud, mens et neutron n = ddu. Da en u-kvark har elektrisk ladning $e_u = +{}^2/_3$ e og en d-kvark $e_d = -1/d$ e hvor e er ladningen til et positron, ser vi ved å addere sammen kvarkladningene at protonet har den riktige ladning e_p = e og neutronet e_n = 0. Et meson består av en kvark og en antikvark, f.eks. er π^+ = ud.

For å forklare hvordan kvarkene blir holdt sammen inne i elementærpartiklene er det blitt foreslått at de har en ny type ladning som kalles farge. Den kommer i 3 forskjellige varianter, rød, gul og blå. Fargetilstanden til en kvark er da gitt ved en bølgefunksjon ψ som har 3 komponenter:

$$\psi = (\psi_R, \psi_G, \psi_B)$$

Man kan da konstruere en gaugeteori for kvarkene hvor ψ transformerer under den spesielt unitære gaugegruppe SU(3). Dette er kvantekromodynamikk QCD.

SU(3) er en ikke-abelsk Lie-gruppe. Det er denne egenskap som sannsynligvis gjør den i stand til å holde kvarkene sammen. Den tilsvarende gaugeteori QCD sies å være infrarød ufri. Det vil grovt sagt bety at to kvarker vil være tiltrukket mot hverandre med en kraft som øker når avstanden mellom kvarkene vokser. På tilsvarende måte er QCD en infrarød fri teori da U(1) er en abelsk gruppe.

Forskjell mellom QED og QCD

Vi kan illustrere denne forskjellen ved først å betrakte en isolert, elektrisk ladning q i kvanteelektrodynamikken. Den vil i sitt omliggende rom polarisere vakuumet ved at elektron-positron par dannes. Disse er virtuelle da de har meget kort levetid. Hvis ladningen q f.eks. er positiv vil den skyve de positive positronene litt bort og trekke de negative elektroner mot seg. Dette er vist i Fig. 1. Vi ser at ladningen q blir litt skjermet av de omliggende, negative ladninger. Den effektive ladning innenfor en radius r er derfor noe mindre enn q. Er r større blir det mer skjerming og den effektive ladning q(r) tilsvarende mindre. Denne sammenheng er framstilt i Fig. 2. Når $r \longrightarrow \infty$, vil $q(r) \longrightarrow 0$. Dette er infrarød frihet.

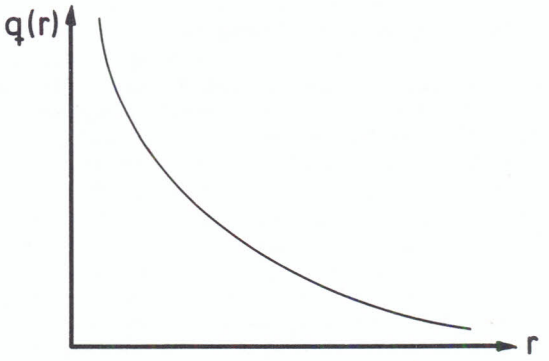


Fig. 2 Den effektive elektriske ladning avtar ved store avstander.

I en ikke-abelsk gaugeteori som QCD har vi den stikk motsatte oppførsel. Dette skyldes at gaugepartiklene som utgjør kvantene til gaugefeltet eller fargefeltet rundt hver kvark, er selv farget i motsetning til QCD hvor fotonet ikke har noen elektrisk ladning. Hvis vi nå som i Fig. 3 betrakter en kvark med fargeladning g, vil derfor en viss del av denne ladning ligge i feltlinjene som stikker ut fra partikkelen. Ser vi på den effektive fargeladning innenfor en radius r, vil den nå øke når r vokser som vist i Fig. 4. Dette er infrarød ufrihet. Igjen vil vi ha polarisasjon av kvark - antikvark par, men denne effekten spiller her en uvesentlig rolle. I grensen $r \longrightarrow 0$ ser vi at også $g(r) \longrightarrow 0$. Ved de små avstander som vi har inni elementærpartiklene vil derfor kvarkene

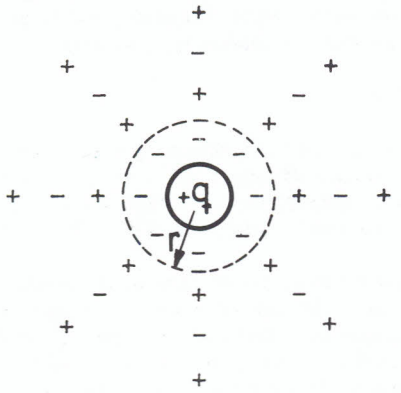


Fig. 1 En fri, elektrisk ladning polariserer vakuumet omkring seg.

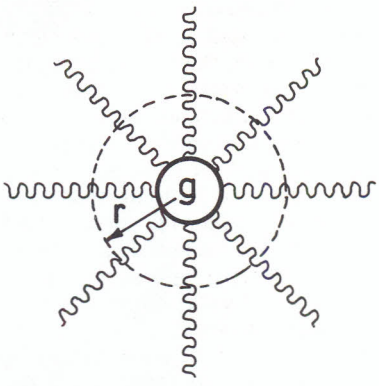


Fig. 3 En ikke-abelsk fargeladning spres omkring via feltlinjene som også har farge.

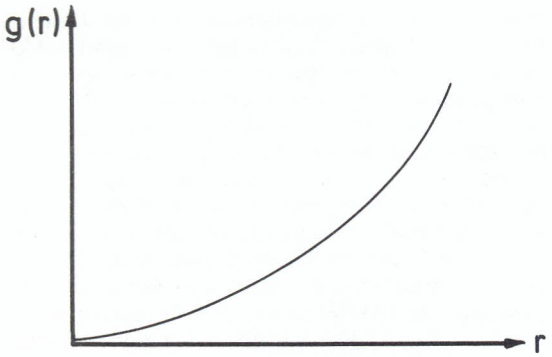


Fig. 4 Den effektive, ikke-abelske fargeladning øker ved store avstander.

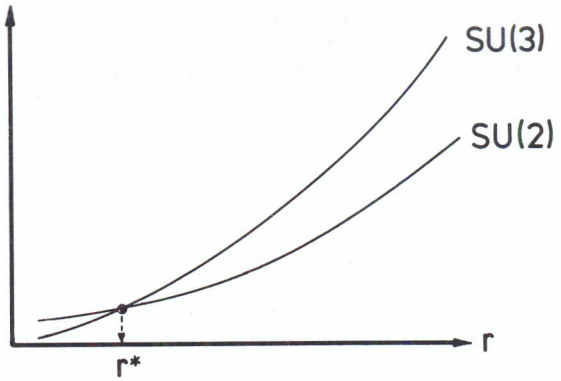


Fig. 5 Ved små avstander blir gaugeteoriene basert på SU(2) og SU(3) like sterke.

bevege seg nesten helt fritt. Dette fenomen kalles asymptotisk frihet og har gjort det mulig å foreta mange kvantitative beregninger av kvarkenes egenskaper. Men så snart vi prøver å fjerne en kvark fra de andre kvarkene i en partikkel vokser kraften mellom dem slik at vi ikke makter å frigjøre dem. Ingen har ennå sett en fri kvark.

Sammenfatning av sterk og elektrosvak vekselvirkning

Da der er mer ikke-abelsk ladning i gaugeteorien SU(3) enn i SU(2), betyr det at SU(3) er mer infrarød ufri enn SU(2). Men dette medfører igjen at når en betrakter de tilsvarende koblinger ved mindre avstander, vil SU(3) raskere bli svakere enn SU(2) som vist i Fig. 5. Vi har dermed den interessante konsekvens at de sterke vekselvirkninger som skyldes SU(3) og den elektrosvake som skyldes U(1) ⊗ SU(2), blir like svake ved en bestemt liten avstand r^*. Ifølge Heisenbergs usikkerhetsrelasjon tilsvarer dette en bestemt, høy energi $E^* = h/r^*$ hvor det derfor ikke er nødvendig å betrakte disse to krefter som to forskjellige vekselvirkninger. Som først foreslått av de amerikanske fysikere Georgi og Glashow kan de inngå sammen i en større, enhetlig gaugeteori med gaugegruppe

$$SU(5) \qquad U(1) \otimes SU(2) \otimes SU(3)$$

Denne meget ambisiøse teori har den gode egenskap at den behandler kvarkene i SU(3) og leptonene i U(1) ⊗ SU(2) på en likeverdig måte. Dette løser automatisk det gamle problem hvorfor protonet og positronet har nøyaktig samme elektriske ladning. Gaugegruppen SU(5) virker nemlig her på en bølgefunksjon som har 5 komponenter. Disse er

$$\psi = (d_R, d_G, d_B, e^+, \nu)$$

hvor d_R er en rød d-kvark, e^+ står for positron og ν for anti neutrino. Da gruppen SU(5) er spesielt unitær, medfører det at summen av de elektriske ladninger for disse fem partiklene må være 0. Husker vi så at den elektriske ladning til en kvark er uavhengig av dens farge, må vi ha

$$e_d = -\tfrac{1}{3} e$$

som vi tidligere måtte anta. Vi har derimot det takknemlige resultat at kvarkenes tredjedels ladning skyldes at de kommer i 3 farger.

Prisen for denne demokratiske behandling av kvarker og leptoner er at protonet ikke lenger kan være en stabil partikkel. Kvarker kan nemlig vekselvirke med hverandre og gi leptoner som resultat:

$$u + u \longrightarrow d + e^+ \qquad (1)$$

Er disse to u-kvarkene inn i et proton, har vi derfor muligheten for reaksjonen

$$p \longrightarrow e^+ + \pi^0$$

Regner man herav ut levetiden for protonet finner man noe mer enn 10^{30} år. Dette er mye mer enn Universets alder på 10^{10} år og er derfor ikke noe å bekymre seg over. Likevel vil det i nærmeste framtid være eksperimentelt mulig å påvise dette proton-henfall hvis det da eksisterer.

Regner man ut den energien E^* hvor de tre vekselvirkninger i SU(5) blir like sterke, finner man omtrent 10^{15} GeV. Dette er veldig mye og ikke langt fra den såkalte Planck-energi på 10^{19} GeV hvor gravitasjonskreftene må tas hensyn til. Vi aner derfor en mulighet for å utvide SU(5) til også å inkludere gravitasjon. På den måten vil alle vekselvirkninger i Naturen være forente, og vi vil virkelig ha en enhetlig feltteori.

Mindre enheter enn kvarker?

Nylig har den israelske fysiker Harari foreslått en annen, genial modell for å forene kvarker og leptoner. Han antar at de begge består av tre mindre partikler som han kaller for rishoner etter det hebrai-

ske ord for elementær. Han trenger en rishon T som har elektrisk ladning $e_T = + {}^1/_3$ e og en elektrisk neutral rishon V. Et positron er da $e^+ = TTT$ mens et neutrino er $\nu = VVV$. Kvarkene består av både T og V. F.eks. er u = TTV, mens d = VVT. I denne modellen er det opplagt hvorfor positron og proton har samme elektriske ladning. Prisen vi nå betaler for dette er igjen at protonet er ustabilt fordi reaksjon (1) kan forekomme. Dette ses ved å skrive ut rishon-innholdet på begge sider. Hva som vil komme ut av denne modellen er ennå vanskelig å si. Men selve idéen at kvarker og leptoner består av fundamentale enheter, er selvfølgelig naturlig å spekulere over.

Supergravitasjon

I alle disse gaugeteorier inngår gaugepartiklene som er kvanter av gaugefeltet og derfor alltid bosoner, på en lite symmetrisk måte sammenlignet med fermionene som gaugegruppene virker på. Dette er rettet på i de såkalte supersymmetriske teorier. Her har man felter som ikke bare er funksjoner av de vanlige koordinater x og y som er vanlige kommutative tall, $xy = yx$, men avhenger også av nye, antikommutative tall, α og β med egenskaper $\alpha\beta = -\beta\alpha$ slik at $\alpha^2 = \beta^2 = 0$. På denne måten kan fermioner og bosoner behandles på like fot. I tillegg er det nå mulig å la alle disse partiklene være gaugepartikler i en stor supersymmetrisk gaugeteori. Da den også kan inneholde Einsteins gravitasjonsteori, er dette igjen en virkelig super, enhetlig teori og kalles supergravitasjon. Dessverre har få praktiske konsekvenser kommet ut av disse teoriene ennå. Men selve idéen bak dem er meget tiltrekkende. Og da alle partiklene nå er redusert til kvanter av ren geometri, vil dette være en enhetlig feltteori helt i Einsteins ånd.

ÅRSMELDING FOR NORSK FYSISK SELSKAP 1978—1979.

Denne meldinga omfatter tida mellom årsmøta 15. juni 1978 og 7. juni 1979. Styret har vore:

Forskningssjef Tormod Riste, formann
Dosent Reidar Svein Sigmond, viseformann
Amanuensis Ove Bratteng
Førstelektor Torgeir Engeland
Førstelektor Kårmund Myklebost

Gerd Jarrett er sekretær for selskapet. Det er halde fire styremøte. Medlemstalet pr. 15/5 er 621 personlege medlemmer, av desse er 15 studentmedlemmer. Selskapet har 9 kollektive medlemmer.

Norsk Fysisk Selskap står som utgjevar av tidsskriftet Fra Fysikkens Verden som kjem ut fire gonger i året med eit opplag på 1600. I redaksjonen sit:

Forsker Olav Steinsvoll, redaktør
Lab.ing. Halvard Torgersen, redaksjonssekretær
Førstemanuensis Trygve Grotdal
Forsker Jan Myrheim
Førstelektor Øyvin Holter
Høgskolelektor K. Jostein Knutsen
Fagsekretær Helge Klemsdal

Overgangen til offset-trykk ved NTH har betra økonomien.

Rekneskapen for 1978 syner eit overskot på kr. 5270,-

Også selskapet sin økonomi er god. For 1978 er overskotet (Fra Fysikkens Verden ikkje medrekna) på kr. 19.980,01.

Årskontingenten er kr. 60,- studentar betaler kr. 30,-. Tilskotet frå kollektive medlemmar var i alt på kr. 8.000,-.

Desse er no kollektive medlemmer:

Det Norske Veritas
A/S Elektrisk Bureau
Elkem-Spigerverket A/S
A/S Hafslund
A/S Norsk Elektrisk & Brown Boveri
A/S Norcem
Norsk Hydro a.s
Siemens A/S
Aanderaa Instruments

Fysikarmøtet 1978 vart halde ved Universitetet i Oslo med heile 204 deltakarar. dosent Eivind Osnes var formann i arrangementskomitéen. Første dagen var vigd emnet «Risiko og sikkerhet».

Som innleiing til ordskiftet vart det halde fem innleiings foredrag:

T. Sande, Statens Oljedirektorat:
Risikoanalyse

H. Ager-Hanssen: Statoil:
Risiko og sikkerhet i energiproduksjon

S.I. Spurkland, Kommunal- og Arbeidsdepartementet:
Sikkerhet i arbeidsmiljøet — hva er ønskelig og hva er mulig?

J. Hill, Scandpower A/S:
Graduate Programs in Energy and Environmental Science at the University of California

J.H. Langseth, Vassdrags- og Havnelaboratoriet:
Utdannelse og forskning innenfor risiko og sikkerhet i Norge.

Same emne vart teke opp om ettermiddagen i Det Norske Veritas, Høvik, der det og var omvisning og servering.

Andre dagen var det paneldebatt om «Norges framtidige engasjement i CERN».

Foruten 31 påmelde faglege foredrag var det åtte inviterte foredrag under møtet:

A. Bohr, Niels Bohr Institute:
The Physics of Rapidly Rotating Nuclei

L. Van Hove, CERN:
Status and Perspectives of Elementary Particle Physics

H. Høgaasen, Universitetet i Oslo:
Quarks, Colours and Baryoniums
H.Z Cummins, City College of New York:
Recent Applications of Laser Light Scattering Spectroscopy
S. Svanberg: Chalmers Tekniska Høgskola:
High-Resolution Laser Spectroscopy
H.A. Bethe, Cornell University:
The Theory of Nuclear Matter
H. Haken, University of Stuttgart:
Synergetics
G.W. Gibbons, University of Cambridge:
Black Holes and Thermodynamics

Første kvelden var det omvisning i Henie-Onstad Kunstsenter, andre kvelden festmiddag i Holmenkollen restaurant.

Årsmøtet, som vart halde 15. juni 1978 er referert i Fra Fysikkens Verden *40* (1978) 49.

Torgeir Engeland og Ivar Svare har vore selskapet sine medlemmer i rådet i European Physical Society. Tormod Riste møtte med fullmakt som utsending til rådsmøtet i Rom 29. og 30. mars 1979. NAVF finansierte deltakinga. K.J. Knutsen møtte med støtte frå Kyrkje- og Undervisningsdepartementet, i den rådgjevande komitéen for undervisning i Geneve 2.-3. mars.

Styret har løyvt pengar til desse faglege møta:
plasma- og gassutladning, Geilo 13.-16. februar
faseovergangar i kondenserte stoff, Geilo, 16.-27. april, kjernefysikk, Oslo 14.-15. mai, neutrinofysikk, Bergen juni 1979.
Det er og løyvt pengar til stipend for studentar og lektorar til Fysikarmøtet 1979.

Styret utgjer sammen med professor S. Westin Den norske nasjonalkomitéen for IUPAP. R.S. Sigmond og S. Westin møtte som norske utsendingar til den XVI generalforsamlinga i Stockholm, september 1978. NAVF gav støtte til reisa.

To norske industriselskap gav i 1978 lovnad om pengar til fagprisar i fysikk. SIMRAD A/S vil annakvart år gje kr. 10.000,- til ein pris i elektrooptikk. Norsk Data A/S vil årleg gje kr. 10.000,- til en pris som kvart tredje år går til kjernefysikk og dei to andre åra til partikkelfysikk og anna CERN-basert forskning. Det er urarbeidd statuttar for prisane.

Styret og sekretariatet har ved fleire høve formidla kontakt og opplysningar til selskap, institusjonar og personar i inn- og utland.

Kjeller, juni 1979

Tormod Riste
formann

ÅRSMELDING FRA NORSK FYSIKKRÅD 1978

På årsmøtet 16. juni 1978 ble det valgt følgende styre for Fysikkrådet:

Formann:
J. Løvseth, Universitetet i Trondheim
Viseformann:
J. Trulsen, Universitetet i Tromsø
Styremedlemmer:
T. Amundsen, Universitetet i Oslo
Ø.Falch, Bergen Katedralskole
E.V. Thrane, Forsvarets forskningsinst.
Varamenn:
E. Lillethun, Universitetet i Bergen
J. Moan, Radiumhospitalet, Oslo

Siden siste årsmøte har det ikke vært nødvendig å innkalle Rådet til møte.

Styret har hatt 2 møter.

Som vedtatt på årsmøtet 1977 har Lillethun deltatt i styrets møter, slik at alle universiteter skulle være representert.

Cand.real. Harald Skaar har fungert som sekretær for Fysikkrådet. Sekretærordningen og reiser for Falch og sekretæren har blitt finansert av Hovedkomiteen for norsk forskning.

Ingen saker er blitt forelagt Fysikkrådet til uttalelse i siste periode. På grunnlag av diskusjonene på siste årsmøte har styret arbeidet videre med følgende saker:

1. *Fysikkens rolle i dagens samfunn.*

Dette er et utadrettet skrift som skal gjøre rede for fysikkens betydning i samfunnet. En arbeidsgruppe bestående av professor Anders Johnsson, formannen og sekretæren har arbeidet med utformingen av skriftet, og et utkast legges fram som egen sak for årsmøtet, foreløpige utkast har vært diskutert i styret.

2. *Oppdatering av Riste-Spangen undersøkelsen.*

Denne undersøkelsen er for ressurskrevende til at den kan igangsettes uten ekstra bevilgninger tilsvarende et halvt årsverk pluss dekning av reise og sekretærutgifter.

En søkte høsten 1978 Hovedkomiteen for norsk forskning om støtte, men dette er til nå ikke blitt innvilget.

Da Harald Skaar om kort tid skal over i ny stilling, kan undersøkelsen ikke gjennomføres etter det opplegg som var diskutert på forrige årsmøte.

3. *Fysikken og skolen.*

En styringsgruppe bestående av

Lektor	Ø. Falch, formann
Adjunkt	E. Hodne
Inspektør	H. Kjenes
Dosent	E. Lillethun
Undervisningskons.	T.C. Seeberg

er oppnevnt av styret til å lage en utredning om denne sak.

Nærmere planer om utredningen og forslag til spørreskjema for datainnsamling vil bli forelagt årsmøtet som egen sak.

J. Løvseth

Norsk Fysisk Selskaps årsmøte 1979

Norsk Fysisk Selskap hadde årsmøte i Bergen 8. juni 1979 kl. 9.15. Formannen, T. Riste, ønsket velkommen til møtet. Det var ingen bemerkninger til innkallelsen eller til saklisten. Referent G. Jarrett.

Sakliste

1. Referat frå årsmøtet 1978 (sjå FFV nr. 3. 1978)
2. Årsmelding
3. Rapportar frå dei faglege utvala
4. Rapport frå Norsk Fysikkråd
5. European Physical Society
6. International Union of Pure and Applied Physics
7. Fra Fysikkens Verden
8. Rekneskap for 1978 for NFS og FFV
9. Budsjett for 1979 og 1980 for NFS og FFV. Kontingenten for 1980.
10. Val:
    a) formann og styre i NFS
    b) revisorar og valkomité
    c) Norsk Fysikkråd
11. Fysikarmøtet 1980
12. Eventuelt

Pkt.1

Referatet fra forrige årsmøte ble godkjent uten bemerkninger.

Pkt. 2

Årsmeldingen ble også godkjent uten bemerkninger.

Pkt. 3 Rapporter fra de faglige utvalg:

Aukstikk. Styre: W. Løchstøer, formann, G. Flottorp, M. Kringlebotn. Det var ikke kommet inn noen rapport.

Biofysikk. Styre: T. Melø, formann, K. Eik-Nes, A. Dahler, E. Sagstuen, E. Boye. Det var ikke kommet inn noen rapport, men Henriksen fortalte at de planla et nytt Biofysikkmøte i 1980.

Datafysikk. Interimstyre: G. Fladmark, formann, T. F. Thorsteinsen, J. Trulsen, F. Ingebrigtsen. Denne gruppen har hatt vanskeligheter med å komme igang, og Fladmark fikk i fjor fullmakt til å danne nytt styre. I en rapport til styret forteller Fladmark at etter korrespondanse med de andre medlemmene i interimstyret konkluderer de med at gruppen for Datafysikk bør oppløses. Aktuelle datatekniske problemer bør behandles inne de allerede eksisterende grupper i NFS. En gruppe innen matematisk/numeriske metoder og simuleringer bør opprettes, men den hører ikke hjemme under Norsk Fysisk Selskap.

Årsmøtet sa seg enig i at gruppen oppløses.

Faste stoffers fysikk. Styre: J. S. Johannessen, formann, O. Hunderi. Det har ikke vært noen nasjonale møter det siste året. På initiativ fra fagutvalget ble prof. W. J. Spicer invitert til NTH for å holde seminar om synkrotronstråling som vitenskapelig verktøy og synkrostrålingens anvendelse for studiet av halvlederoverflater. Årsmøtet oppfordret utvalget til å supplere seg selv med 1 medlem fra et annet sted.

Generell teoretisk fysikk. Styre: H. Olsen, formann, M. Kolsrud, S. Skavlem. Avgående formann P.C. Hemmer hadde sendt en liten rapport hvor han sier at det ikke har vært noen felles aktiviteter siste år, og han ber om at årsmøtet velger en ny formann. Etter forslag fra Hemmer og Kolsrud ble Haakon Olsen valgt til ny formann.

Geofysikk, ionosfærefysikk, formforskning. Styre: B. Mæhlum, formann, A. Brekke, O. Dahl, A. Egeland, F. Søraas. Utvalget, som er identisk med NTNFs utvalg for romforskning, hadde 6 møter siste året. Ballong- og rakettinstrumentering, samarbeid med utenlandske grupper, koordinering med bakkeobservasjoner, har vært diskutert. I februar ble det arrangert et møte i den Skandinaviske arbeidsgruppen for romforskning (SAR) på Geilo. Møtet ble samordnet med årets plasmafysikkmøte, delvis med felles foredrags-sesjoner. Oversikt over publikasjoner innen kosmisk fysikk i Norge, samt detaljert oversikt over virksomheten i 1978 kan fås ved henvendelse til NTNFR.

Lavenergi kjernefysikk. Styre: T. Engeland, formann, J. Rekstad, G. Løvhøiden. I november 1978 ble det arrangert en to dagers «workshop» ved Universitetet i Bergen med norsk og utenlandsk deltagelse. I mai i år deltok utvalget i arrangementet av åpningssymposiet for Oslo-syklotronen. Symposiet samlet 40 deltagere fra inn- og utland. Den nordiske serien av kongresser i kjernfysikk som startet på Geilo i 1977 fortsetter i år med et møte i Lysekil i august. To av utvalgets medlemmer har deltatt i det faglige opplegget for møtet. - Utvalget har vært med i bedømmelseskomiteen for Norsk Datas fagpris i kjernefysikk. - Ved Fysisk Institutt, Universitetet i Bergen er det utgitt en omfattende oversikt over kjernefysikkens stilling og utvikling i Bergen. Denne boken kan en få tilsendt ved henvendelse til kjernefysikkgruppen i Bergen.

Optikk, atom- og molekylærfysikk m/spektroskopi. Styre: T. Jæger, formann, K. Bløtekjær, A. Lofthus, O. Harang. Optikkgruppen holdt sitt biårlige møte på Storefjell i mars med 47 deltagere. Det var invitert forelesere fra England, Vest-Tyskland og Sverige med støtte fra NTNF og SI. Hovedtema for møtet var holografi/optisk måleteknikk. I tillegg til de inviterte foredrag ble det holdt 28 foredrag innen de forskjellige optiske forskningsfelt i Norge. Det ble ellers foreslått at Norge bør søke medlemskap i International Commission of Optics.

Partikkelfysikk. Styre: E. Lillestøl, formann, V. Bakken, K. Mork. Det har ikke vært holdt noen møter siste året. Formannen har utarbeidet statutter for Norsk Datas pris i partikkelfysikk samt deltatt i bedømmelseskomiteen for denne. Den skandinaviske konferansen i høyenergifysikk 1980 skal holdes i Norge. Formannen har ansvaret for denne. Nordisk Kulturfond har bevilget penger til konferansen.

Plasma-og gassutladningsfysikk. Styre: G. Berge, formann, R. S. Sigmond, J. Trulsen, B. Grandal. Det årlige møtet ble holdt på Geilo i februar med 70 deltagere, derav ca. 30 fra andre nordiske land. Møtet ble holdt samtidig med møtet i SAR, med felles foredrags-sesjoner om formiddagen. Spesielt tema for møtet var aktuelle problemer i samband med magnetisk fusjon.

Undervisning. Styre: G. André, formann, A. Halsteinslid, T. Alstadheim. Halsteinslid fortalte at bortsett fra en del telefonkontakt hadde det vært liten virksomhet det siste året, han mente den største bølgen når det gjaldt skolefysikk nå hadde lagt seg. - Etter denne uttalelsen ble det en del diskusjon som konkluderte med en henstilling til gruppen om å følge godt med når det gjaldt fysikkundervisningen i den videregående skole, og at det var viktig med god kontakt mellom universitet og videregående skoler, og også mellom gruppen og Fysikkrådet.

Gruppe for solfysikk/astrofysikk? Formannen i NFS, T. Riste fortalte at han hadde vært i kontakt med Maltby angående dannelse av en slik gruppe.

Pkt.4

Formannen i Norsk Fysikkråd, J. Løvseth rapporterte. Årsmeldingen vil bli gjengitt i Fra Fysikkens Verden. Han fortalte at det hadde vært reist spørsmål fra Hovedkomiteens side om Fysikkrådet kunne være interessert i å gå over til NAVF, men at Fysikkrådets styre helst så at de ble under Hovedkomiteen. - Når det gjaldt spørsmålet om nye oppgaver for Fysikkrådet spurte Riste om det hadde vært vurdert å få Granliutvalgets rapport til vurdering. Løvseth svarte at det hadde vært diskutert men at det i tilfelle ville bli meget krevende. Han spurte på sin side om fysikerne skulle uttale seg

gjennom Fysikkrådet samtidig som de uttalte seg gjennom sine institusjoner. Det ble sagt (fra salen) at de saker som Fysikkrådet tidligere hadde tatt opp på eget initiativ hadde vært saker som fysikerne var spesielt interessert i, og at det ikke ville være så naturlig for fysikerne å ta opp denne saken på egen hånd.

Pkt. 5

Formannen, T. Riste, fortalte fra EPS. Han oppfordret medlemmene av NFS til å bli «individual ordninary members» av EPS. - Som assosiert medlem har NFS rett til å sende 2 rådsmedlemmer til rådsmøtet som blir holdt 1 gang i året. Hvert 3. år blir det holdt «General Assembly», ifjor ble det holdt et meget vellykket sådant i York. Siste året fikk 40 konferanser EPS «sponsorship» og var dermed sikret vid publisering gjennom Europhysics Abstracts. EPS arbeider også med et nytt tidsskrift på linje med American Journal of Physics, om fysikkundervisning på universitetsplan. Dette vil bli utgitt i samarbeid med Institute of Physics. - Utenom de to rådsmedlemmene er K. J. Knutsen aktivt med i EPS' rådgivende komite for undervisning. KUD har gitt støtte til hans deltagelse på møtene. - Fra 1980 vil kontingenten til EPS gå opp med SW.fr 2,- pr. «unit fee», selskapets økonomi er nå bra men p.g.a. nye aktiviteter trengs det kontingentforhøyelse.

Pkt. 6 IUPAP

Styret i NFS og professor S. Westin utgjør nasjonalkomiteen for International Union of Pure and Applied Physics. Sigmond og Westin deltok i den XV. generalforasmling som ble holdt i Stockholm i september 1978. Det var enighet om at Norge har for liten representasjon i IUPAP, men det er mange hensyn å ta; geografiske, politiske og faglige. Norges kontingent på kr. 4.000,- pr. år blir betalt av Det norske Videnskapsakademi.

Pkt. 7

Redaktøren i Fra Fysikkens Verden, O. Steinsvoll fortalte at det var vanskelig å få inn nok stoff til tidsskriftet som på grunn av den nye trykkemetoden nå har plass til mer stoff. Han oppfordret medlemmene i NFS så sterkt han kunne til å skrive populært for FFV.

Pkt. 8 Regnskap for NFS og FFV. Kontingent for 1980.

Regnskapene ble godkjent uten kommentarer.

Pkt. 9 Budsjett for 1979 og 1980 for NFS og FFV

Budsjettene for 1979 ble godkjent uten kommentar. Når det gjaldt budsjettene for 1980 opplyste formannen at NAVF for å gi støtte til FFV forlangte at prisen på tidsskriftet skulle forhøyes med kr. 10,-. På bakgrunn av dette og forhøyelsen i kontingenten til EPS ble *det enstemmig vedtatt å forhøye kontingenten til kr. 75,- pr. år fra 1/1 1980.* De foreslåtte budsjett ble deretter godkjent.

Pkt. 10

Etter innstilling fra valgkomiteen ble Eivind Osnes, Universitetet i Oslo, valgt som ny formann (med virkning fra årsmøtet slutt, de øvrige valg gjelder fra 1/1 1980.) Noralf Bjørnå, Tromsø ble valgt som nytt styremedlem, K. Myklebost, Bergen ble gjenvalgt. Som vararepresentanter ble H. Høgåsen og L. Owren gjenvalgt, K. Henriksen, Tromsø ble valgt som ny. Som revisorer ble R. Høier (for FFV) og J. Debernard gjenvalgt, F. Tønnessen ble ny vararepresentant.

Det var enighet om at valgkomitten burde utvides med en representant fra Tromsø. Den nåværende valgkomite: E. Lillestøl, T. Henriksen og I Svare ble gjenvalgt med O. Bratteng som nytt medlem for Tromsø.

Følgende ble valgt som medlemmer/varamenn til Fysikkrådet for perioden 1980/81: H. J. Braathen, K. Fossheim, H. Høgåsen, K. Nybø, S. Ullaland, P. B. Vold.

Pkt. 11

Tromsø ønsker velkommen til Fysikermøtet i 1980. Nordlysobservatoriet vil bli 50 år i 1980 og EISCAT vil bli tatt i bruk så det skulle ikke være vanskelig å få en interessant ramme for møtet.

Før møtedeltagerne gikk fra hverandre takket Sigmond Tormod Riste for det verdifulle arbeid han hadde gjort for Norsk Fysisk Selskap i de 10 år han har sittet som formann, og overrakte en bokgave som et lite minne fra NFS. Riste takket for gaven og ønsket Osnes lykke til som sin etterfølger.

Prisutdelinger under Fysikermøtet.

Prisutdelingen fant sted under festmiddagen i Skjøtstuene. Prisvinnerne ble kalt fram én etter én og overrakt hver sin velfortjente sjekk. Komiteene for prisene kom med følgende uttalelser om prisvinnerne:

Simrads Fagpris for 1979

Karstein Dybvik og Ole Johan Løkberg

tildeles SIMRADS Fagpris i elektrooptikk for 1979 for sitt arbeid med oppbygning av et forskningsmiljø innen Fourier-optikk og arbeider innen holografi - modestruktur i lasere og studier av nye optiske metoder for ikke-destruktiv testing - speckle-interferometri.

NORSK DATA'S FYSIKKPRIS FOR 1979, FAGPRIS I KJERNEFYSIKK

Norsk Data's Fysikkpris for 1979, fagpris i kjernefysikk, er tildelt

Dosent dr.phil. Eivind Osnes
Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Ett av de mest sentrale og aktuelle problemer innenfor teoretisk kjernefysikk idag er sammenhengen mellom den grunnleggende to-nukleon vekselvirkningen og den resulterende bevegelse av nukleonene i en atomkjerne. Eivind Osnes har gjennom en serie teoretiske studier av den effektive vekselvirkningen (G-matrisen), og anvendelse og utvikling av teorien for foldede diagrammer, bidradd vesentlig til den sterke utvikling innen feltet. I løpet av de siste tre år har han i en imponerende serie vitenskapelige publikasjoner bearbeidet og forbedret en rekke metoder innen forskningsområdet. Dette har i høy grad fremmet forståelsen av atomkjernens dynamikk og indre struktur. Osnes har i tillegg en høyt utviklet evne til å formulere sine tanker skriftlig, og han har vunnet stor internasjonal anerkjennelse for sin innsats.

For de ovenfor nevnte vitenskapelige arbeider tildeles derfor Eivind Osnes fagprisen i kjernefysikk for året 1979.

Norsk Datas fysikkpris for 1978

Norsk Datas fysikkpris for 1978, partikkelfysikk, tildeles:

cand.real. Jan Myrheim

for hans innsats innenfor eksperimentell partikkelfysikk.

Alt under hovedfagsarbeidet har Myrheim vist seg som en svært begavet fysiker, sammen med Per Carlson klarte han fra data som lå på tape, som residium fra et eksperiment i elastisk spredning, å ekstrahere tverrsnitt og tetthetsmatriser for de første ρ-meson som var sett produsert i bakoverretningen i pinukleon kollisjoner. Det er også karakteristisk for Myrheim at han samtidig ga en tidsmessig teoretisk analyse av observasjonene ved hjelp av baryonutbytte i absorbsjonsmodellen.

Senere har Myrheim utviklet seg til å bli en av de mest allsidige av våre yngre elementærpartikkelfysikere. Han er nå involvert i eksperimentet SW-7 (et skandinavisk-fransk-engelsk-italiensk samarbeid) der reaksjoner med ekstremt store impulsoverganger blir studert. Han har vært med på apparatoppbyggning og har gitt betydningsfulle bidrag til data-analysen.

Samtidig har han arbeider i teoretisk fysikk som spenner fra fenomenologi via absrakt matematikk til spekulasjoner over materiens grunnleggende struktur.

Bøker

Svenn Lilledal Andersen og Otto Ögrim: Fysikkforsøk. J. W. Cappelens Forlag A/S, Oslo 1979, 261 sider. Pris ikke angitt.

La det være sagt med en gang. Dette er en bok til å bli klok av. Den inneholder en rekke interessante og velvalgte oppskrifter på fysikkforsøk for grunnskole og videregående skole. Forfatterne øser av sine rikholdige erfaringer fra flere års arbeide ved Skolelaboratoriet for naturfagene ved Universitetet i Oslo hvor de har arbeidet med fagdidaktiske fysikkurs for studenter og lærere. Utstyret som er tenkt brukt til øvingene, finnes i de fleste skoler eller er i hvertfall svært lett å skaffe tilveie. I tillegg til rene beskrivelser av fysikkforsøk inneholder også boken mange nyttige opplysninger om fysikk rent generelt i f.eks. innledningen til enkelte kapitler. Terminologiavsnittene som avslutter noen kapitler, tror jeg også er av stor verdi, selv om jeg nok reagerer på enkelte ting, f.eks. det som står om lysstyrke og uttrykket «gå rundt energi». Et stikkordregister og tegninger med navn på laboratorieutstyr bakerst gjør sitt til å øke verdien av boken.

Det er enkelte steder gjort forsøk på å ta bort «gravalvoret» fra fysikken, og det vil jeg ikke benekte kan være prisverdig. Men uttrykk som «henda» (i stedet for hendene) og «høl i handa» virker nok bare til å øke den omtrentlighet man ser når elever skal beskrive fysiske fenomener. (Det synes forøvrig for meg som om studentene uttrykker seg mindre og mindre eksakt. Man ser ut til å være fornøyd med formuleringer som er så noenlunde i nærheten av det riktige. Var det ikke en idé for Skolelaboratoriet å gi en hovedoppgave hvor man tok for seg gamle og nye eksamensbesvarelser for å se hvordan utviklingen har vært?)

Jeg vil til slutt nevne noen bagatellmessige ting som kanskje kunne ha gjort boken enda bedre. I elektronikk-kapitlet sjelnes det ikke alltid mellom motstand og resistans. I forbindelse med kondensoroppstilling hadde det vært naturlig å ta med litt om blendere (aperturblende, feltblende) og tykke linser (hovedplan). Jeg synes også forfatterne bør gå inn for det kartesiske system i geometrisk optikk. Da får man også automatisk riktig fortegn på dioptriene. Hvorfor innfører man ikke begrepene statisk og dynamisk trykk i forbindelse med Bernoullis ligning?

Knut Jostein Knutsen

H. J. Queisser (ed.): X-Ray Optics. Applications to Solids. Vol. 22 i serien: Topics in Applied Physics. 227 s. N. kr. 223,-. (Springer, Berlin, Heidelberg og New York 1977).

Det er i de senere år utviklet en rekke metoder innen røntgenoptikk, og flere av disse har fått viktige anvendelser i materialkarakterisering og faststoff fysikk, særlig til kartlegging av nær perfekte krystaller m.h.p. forskjellige typer av gitterdefekter. Den foreliggende bok behandler et begrenset utvalg av disse nye metoder, og hvert emne beskrives av fremstående eksperter på vedkommende område.

En avgjørende forutsetning er ofte en røntgenkilde av høy intensitet. Etter en innledende oversikt gis derfor en omtale av høy brillians røntgenrør. Synkrotronstråling som høyeffekt røntgenkilde behandles ikke, siden dette vil bli gitt i eget bind i serien «Topics in Current Physics». En bred fremstilling blir gitt om røntgen-litografi, et nytt felt som er i sterk utvikling og har stor betydning for videre mikrominiatyrisering av halvlederutstyr og integrerte faststoffkretser. Det blir pekt på interessante perspektiver for videre utvikling på dette felt. Røntgen- og nøytroninterferometri behandles både fra eksperimentelt og teoretisk synspunkt, og det nevnes vel etablerte anvendelser såvel som mulige tilpasninger for utnyttelse av denne ytterst nøyaktige måleteknikk. Seksjonstopografi, basert på røntgen- eller på nøytron-diffraksjon, fremstilles ved dynamisk teori for diffraksjon, såvel ut fra planbølgeteori som fra kulebølgeteori. De teoretiske avsnitt for to sistnevnte emner er meget godt fremstilt, men for kortfattede for en førstegangs innføring i teorien. Under «Live»-topografi behandles avbildning av systemer som dislokasjonsstrukturer eller spenningsfelter i krystaller under bevegelse.

Boken er velskrevet og det er gjort et naturlig utvalg av emner. Emnene er spesielle og det stilles vel visse krav til forkunnskaper. Boken vil være til god hjelp for alle som ønsker å gjøre seg kjent med eller også gjøre bruk av de nevnte metoder og teknikker.

Harald Sørum

Utgiverpoststed: 7034 Trondheim — NTH

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Dosent E. Osnes, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Styre: Dosent R. S. Sigmond, NTH, Trondheim
Amanuensis Ove Bratteng, Universitetet i Tromsø
Førstelektor T. Engeland, Universitetet i Oslo, Blindern
Førstelektor K. Myklebost, Universitetet i Bergen

Selskapets sekretær:
Gerd Jarrett, Nøytronfysikkavdelingen,
Institutt for Atomenergi, Boks 40, 2007 Kjeller.

Postgirokonto: 5 88 38 89 Bankgirokonto: 5102.20.16001

Fra Fysikkens Verden

Redaktør:
Forsker Olav Steinsvoll,
Institutt for Atomenergi, 2007 Kjeller.
Redaksjonssekretær:
Lab.ing. Halvard Torgersen, Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høgskole.
Redaksjonskomité:
Førsteamanuensis Tryggve Grotdal,
Fysisk Institutt,Universitetet i Bergen,
5014 Bergen.
Forsker Jan Myrheim, EP Division, CERN
CH-1211-Geneve 23, Sveits.
Førstelektor Øivin Holter, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Blindern, Oslo 3.
Lektor K. Jostein Knutsen, Luftkrigsskolen, 7000 Trondheim.
Fagsekretær Helge Klemsdal, Nordlysobservatoriet, 9000 Tromsø.
Professor R. Tangen, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, Oslo 3.

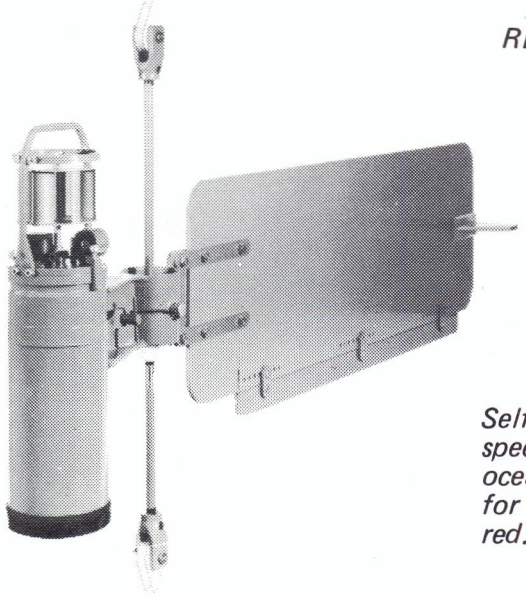
Fra Fysikkens Verden utkommer kvartalsvis. Abonnement kan tegnes gjennom postverket eller direkte fra ekspedisjonen. Årsabonnement kr. 30.00. Årsabonnenment for studenter og skoleelever kr. 15.00.

Sekretær: Gudrun Græsmann.
Ekspedisjonens adresse: Fra Fysikkens Verden,
Fysisk institutt, Universitetet i Trondheim,
Norges lærerhøgskole,
7000 Trondheim.

Postgirokonto: 5 10 47 24 **Bankgirokonto: 8601.36.12279**

...reliability and accuracy

RECORDING CURRENT METERS



RCM 4 *(2000 meters depth)*

RCM 5 *(6000 meters depth)*

Self contained instruments for recording speed, direction and temperature of the ocean currents. Provided with sensors for pressure and conductivity if required.

AANDERAA INSTRUMENTS
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

FANAVEIEN 13
P.O. BOX 160
5051 BERGEN, NORWAY
TEL.: (05) 27 40 30
TELEX 40049

NTH-Trykk
Trondheim