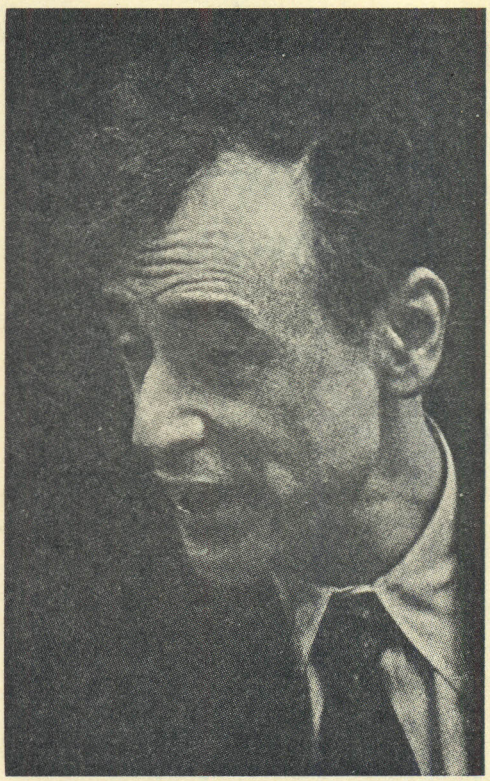
Fra Fysikkens Verden

UTGITT AV NORSK FYSISK SELSKAP

INNHOLD

Niels Bohr	73
Kombinert fysikk- og kjemiundervisning	74
Kontaminering av atmosfæren	74
Nytt fra CERN	74
Nobelprisen i fysikk 1962	75
Radioaktivt nedfall i den menneskelige organisme (2)	76
Temperert stemming av piano	71
Trekk av romfartens historie	85
Bøker	88
Nye elektron-multiplikatorer	92
Spredning av lys	94
AHA-spalten	94
Skumgummimodell av solsystemet	95
Brev fra leserne	96

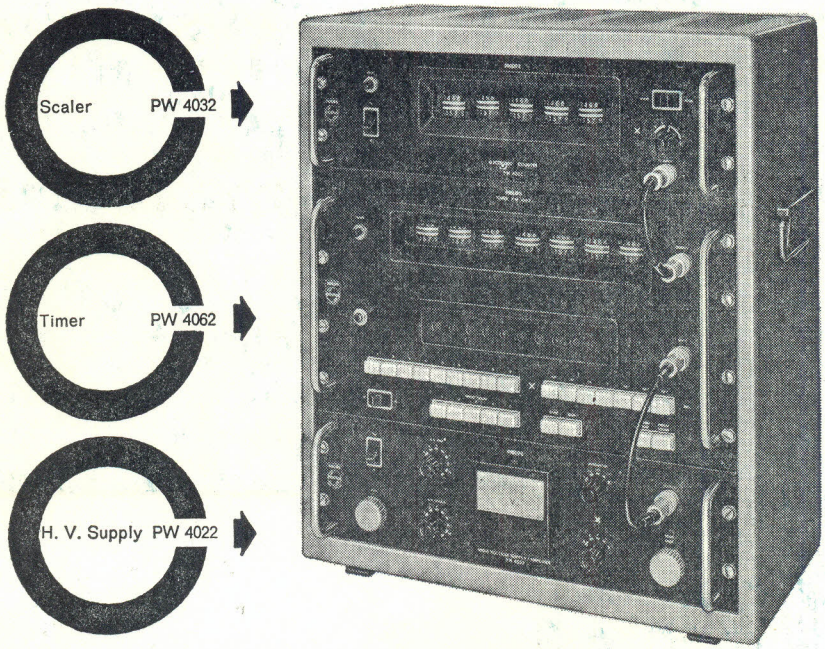


Lev Davydovitsj Landau

(foto: Alvarez)

Nobelprisen i fysikk 1962 (side 75)

Nr. 4 - 1962
24. årgang

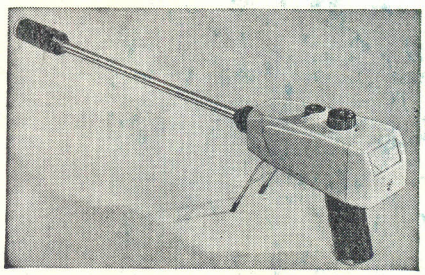


Måleapparatur for radio-aktiv stråling sammenbygges etter behov av våre „Units"

I den opprinnelige serie betegnet PW 40../ er brukt rørkomponenter. Parallelt kommer nu den nye serie PW 42../ med transistorer.
50 forskere leder for tiden arbeidet i Philips laboratorier som utvikler apparater bare i den kjernefysiske sektor.

Vi nevner:

Automatic counter/timer/printer.
Automatic gamma spectrometer.
Automatic sample changer.
Portable neutron generator.
Low-level beta counter.
Air dust monitor.



PW 4012 — Strålingsdetektor med forlenget søker er et av de batteridrevne, bærbare apparater.

Annet utstyr for forskningssektoren:

- Røntgen-diffraktometre.
- Røntgen-spektrometre.
- Ultralyd renseapparater.
- Ultralyd borrmaskiner.
- Elektron-mikroskoper.
- Kulde-maskiner.

PHILIPS Avdeling Industri og Forskning

Sørkedalsveien 6 - Boks 5040 - Oslo NV - Tlf. 46 38 90

PHILIPS

Fra Fysikkens Verden

Utgiver: NORSK FYSISK SELSKAP

Nr. 4 - 1962

Redaktør: HAAKON OLSEN

24. årgang

Niels Bohr

7. 10. - 1885 – 18. 11. - 1962

Søndag den 18. november fikk vi efterretningen om at Niels Bohr er gått bort. Han var mere enn atomfysikens Princeps. Som en Far tok han sig av de utallige som søkte hans hjelp. Det var en lykke for alle som fikk leve med i Niels Bohrs tid. Men hvad han lærte vil kanskje enda mere bli forstått av nye generasjoner. I dypeste taknemlighet og deltagelse tenker vi nu på hans Hustru og Barn som så trofast støttet ham i livsgjerningen.

Harald Wergeland

UNDERVISNING AV FYSIKK OG KJEMI I ET KOMBINERT KURS

Rapporten fra konferansen i Beloit, Wisconsin, i desember ifjor om «Undervisning av fysikk og kjemi i et kombinert kurs» foreligger nå. I alt har elleve amerikanske colleges og universiteter i de senere år undervist fysikk og kjemi på begynnerstadiet i et felles kurs.

Det kan være av interesse å se hvordan et slikt kurs er bygd opp. Ved Beloit College har følgende kurs vært undervist i fem år nå:

Første semester.
- Målinger: enheter, vektorer, skalare størrelser.
- Partiklers bevegelse: Newtons lover, impulsbevarelse.
- Mekanisk arbeide og energi: bevarelse av mekanisk energi.
- Varmelærens første lov.
- Væsker i ro.
- Kinetisk molekylarteori, faselikevekter.
- Kjemiske forandringer: støkiometri.
- Termisk energi og kjemiske reaksjoner: likevekt, entropi.
- Elektrisitetslære: elektrostatikk, enkle kretser, elektrisk energi.
- Elektrokjemi.

Annet semester.
- Magnetisme, magnetostatikk, elektriske strømmer, elektromagnetisk induksjon.
- Elementærpartikler.
- Elektromagnetisk stråling.
- Atomstruktur.
- Atomstruktur og det periodiske system.
- Kjemisk binding.
- Kjernereaksjoner.

Til kurset hører også laboratorieøvinger i kjemi og fysikk.

Det ser ut til at både fysikk- og kjemiavdelingene ved de forskjellige colleges og universiteter er meget vel fornøyde med denne undervisningsformen. Noen steder er den videre undervisning av kjemistudenter forskjøvet for å utnytte den økte forståelse av fysikk og kjemi som studentene gjennom slike kurser erhverver på et tidlig tidspunkt.

Den som måtte være interessert, kan få rapporten om Beloit Conference ved å skrive til Dr. Edward Fuller, Beloit College, Beloit, Wisconsin, U. S. A. En ny konferanse vil sannsynligvis bli avholdt sommeren 1963, der vil også mulighetene for innføring av denne undervisningsform i «high school» bli diskutert.

Red.

KONTAMINERING AV ATMOSFÆREN MED RADIOAKTIV CARBON FRA KJERNEFYSISKE EKSPLOSJONER

Radioaktiv carbon (C^{14}) dannes i atmosfæren ved kjernereaksjon mellom neutroner og nitrogenatomer. C^{14} har en halveringstid på 5600 år og går atter over til N^{14} ved utsendelse av en svak β-stråling (maksimum 167 keV).

Før 1950 var det neutronene i den kosmiske stråling som var ansvarlig for produksjonen av C^{14}, men etter denne tid har produksjonen av C^{14} fra kjernefysiske eksplosjoner vært dominerende. Før 1950 inneholdt hvert gram carbon i luften (eller en levende organisme) en aktivitet på 13,0 disintegrasjoner/min. Sprengninger av bomber i atmosfæren har senere sterkt forstyrret dette forhold. Når det gjelder produksjon av C^{14} er H-bombene (fusjon-bombene) å betrakte som skitne bomber, idet de produserer 7 ganger mer C^{14} i atmosfæren pr. MT enn en tidligere atombombe (fission-bombe).[1]

Det totale antall bomber sprengt inntil 1. november 1962 er anslått til 600 MT. Ved ukentlige målinger av radioaktiv CO_2 i luften over Trondheim siste halvår er det pr. 1. november 1962 konstatert en økning på 45 % av den aktivitet som eksisterte før 1950. Stigningen har vært ca. 10 % bare de siste 6 måneder. Mesteparten av den radioaktive CO_2 befinner seg ennå oppe i stratosfæren, og det vil ta år før alt kommer ned og forurense levende vesener.

Selv om bombeprøvene ble stoppet ved utgangen av 1962, må en regne med en mangedobling av C^{14}-aktiviteten i luften og levende organismer i 1970. Senere vil aktiviteten atter avta ved den absorbsjon som langsomt foregår av CO_2 til havvannet.

Reidar Nydal

---

[1] K. Madshus: Fra Fysikkens Verden, nr. 3, 1962.

Nytt fra CERN

Akustisk gneistkammer.

Hovudproblemet ved boblekammer og vanlege gneistkammer er den omstendelege utmålinga av spor på fotografi. Difor har mange forskningssentra, mellom dei CERN, teki opp arbeidet med akustiske gneistkammer.

Når ein partikkel går gjennom eit gneistkammer, vil det mellom platene føregå gneist-

utladningar. Gneisten gjev ein smell som kan fangast opp av ein mikrofon (t. d. ein liten krystallmikrofon), og tida som går mellom avtrekkinga av kammeret og lydimpulsen i mikrofonen gjev avstanden. Set ein opp to eller fleire mikrofonar, kan ein bestemme posisjonen til gneisten med ein presisjon på kring 0.2 mm. Denne informasjonen kan lett formulerast i ein kode som er forståeleg for ein elektronisk reknemaskin, og ein kan få dei parametrar ein er interessert i ut av denne på kort tid.

Det er god von om at det akustiske gneistkammeret skal bli eit brukbart instrument i nær framtid. Mest nyttig blir det nok ved enkle prosessar, t. d. spreiing. Etter som all informasjon går inn i reknemaskinen utan den visuele sorteringa ein kan gjera ved fotografering, er det viktig at ein høg prosent av den registrerte informasjonen er av interesse for det ein er ute etter, elles vil ein sløsa bort mykje reknemaskintid på å forkasta uinteressant informasjon.

Helge Øverås, CERN.

Nobelprisen i fysikk 1962

Lev Davydovitsj Landau

Landaus opdagelser i lavtemperaturfysiken fra 1941 og utover kvalifiserer ham nu fra ethvert synspunkt for Nobelprisen. Men lenge før den tid var han innenfor den teoretiske fysik klart erkjent som et slags geni — kanskje for sit fag og sin tid noget i likhet med hvad Paganini var i sin bransje.

Men virtuositet teller ikke i Nobelprisens statuter, det kreves en distinkt opdagelse. Blant de mange teoretiske problemer som Landau tok op var også materiens egenskaper ved de laveste temperaturer d. v. s. under 4°K. I dette område er det bare Helium som kan bestå i flytende form, og denne væsken har en rekke eiendommeligheter som man pleier å sammenfatte under navn av «Suprafluiditet». Ordet henspiller på Supraledning, altså den egenskap at en elektrisk leder kan miste sin Ohmske motstand abrupt når den blir avkjølet under en bestemt temperatur, vanligvis under 10°K. «Supra»-fenomenene ser altså ut til å være friksjonsfri omtrent som elektronbevegelsen i et atom.

Allerede i 1925 hadde Einstein forutsagt slike fenomener for substanser som følger den såkalte «Bose-statistik». Og til dem hører Heliumisotopen He^4, derimot ikke elektroner.

De sistnevnte følger en annen type statistik som kalles «Fermi-statistik». Andre alternativer finnes ikke i Naturen. Man deler derfor partiklene op i to klasser: «Bosoner» og «Fermioner». Men to Fermioner som er bundet sammen forholder sig igjen som et Boson. Og den nugjeldende teori for supraledningen antar at strømmene bæres av elektronpar. På det vis er kanskje både suprafluiditet og supraledning makroskopiske kvanteeffekter som beror på Bosestatistiken. At Helium hadde et omvandlingspunkt i flytende fase ved 2,18°*K* var allerede tidlig påvist ved Kamerlingh Onnes Laboratoriet i Leiden, men suprafluiditeten blev først opdaget av P. Kapitza i midten av 30-årene. Den første som satte dette i sammenheng med Einsteins arbeide var F. London 1938, og London nådde et stykke på vei til en teori basert på «first principles». Men den strander på at ingen enda har maktet å behandle et almindelig mangepartikelsystem på denne måten d. v. s. direkte ut fra molekularkreftene.

De avgjørende fremskrit kom da Landau i 1941 gav op denne linje for en mere halvempirisk «kollektiv» beskrivelse, som undgår å bruke molekylkoordinatene direkte. I Landaus «Kvantehydrodynamik» løses systemet op i makroskopiske *men* kvantiserte svingninger («Exitoner»). De hvirvelfri kalles «Fononer» og hvirvlene «Rotoner». Enda har vel ingen bevist ut fra «First principles» at dette billede er riktig. Men et betydningsfuldt forsøk i den retning er gjort av R. Feynman (1954). Derimot har man ved uelastisk spredning av langsomme neutroner i Helium funnet et spektrum for Exitonene som stemmer på en helt forbløffende måte med Landaus forutsigelser.

En særlig merkelig konsekvens av Landaus teori er «Lyden av 2. Art» (Second Sound). Det er egentlig ikke lyd, men temperaturbølger. Som kjent forplanter varme sig normalt som en diffusjon, det vil si efter en parabolsk differensial-ligning. Men Lyden av 2. Art følger en hyperbolsk differensialligning. Det er en riktig bølgeforplantning med fase-

hastighet ca 2/3 av lydhastigheten. Fenomenet blev experimentelt påvist av Peshkov 1944.

Men disse aktiviteter som har innbragt Landau Nobelprisen er bare et lite utsnitt av det veldige område som hans interesser og arbeider omfatter. Ved siden av Pauli og Fermi er det vel ingen som med samme suverenitet har beveget sig over samtlige grener av fysiken og kunnet gi vektige eller epokegjørende bidrag til dem.

Lev Davydovitsj Landau er født i Baku ved det Kaspiske Hav den 22. Januar 1908. Hans far var ingeniør og moren læge. Hans begavelse, et elastisk skolesystem og andre omstendigheter gjorde at han meget tidlig fik adgang til universitetsstudier. Fra han var 14 til han var 16 år gammel studerte han ved universitetet i Baku. Derefter gikk han inn ved universitetet i Leningrad hvor han fik doktorgraden i 1927, altså 19 år gammel. Av betydning for hans senere utvikling blev også en reise på 1½ år til forskjellige universiteter bl. a. København. I kretsen omkring Niels Bohr var nok den unge Russer særlig i sitt ess. Hans påfund og bemerkninger kunde visst til tider være sjokkerende, men alle som hadde berøring med ham omtaler ham allikevel som «en charmetrold».

I slutten av 30-årene kom Landau i politisk fengsel, endskjønt han — ihvertfald utenlands — altid med iver hadde forsvart sit lands regime. Efter 1935 har Landau overhodet ikke været utenfor Rusland. Det ligger nær å sette dette i forbindelse med de politiske vanskeligheter han hadde i Stalinperioden, men man vet intet.

For snart et år siden var Landau ute for en alvorlig bilulykke. Hans liv blev reddet, men han lå bevisstløs i fire måneder og har gjennemgått svære operasjoner. Vi må bare ønske at han kan komme til krefter og kan glede sig over den Nobelpris som han i så høi grad har fortjent.

Harald Wergeland

Radioaktivt nedfall i næringsmidler og i den menneskelige organisme

Del 2

Kjell Madshus

Strontium–90 fra nedfall.

Den vei de radioaktive stoffer vil ta i kroppen og måten hvorpå deponeringen videre skjer er enda i store trekk uklar. Disse problemer er tross alt av relativt ny dato. Imidlertid har man på grunnlag av en del tidligere tilfeller med radiumforgiftning visse holdepunkter. Sr^{90} som er en ren β-emitter er kjemisk beslektet med så vel Ra som Ca. Det vil derfor i stor utstrekning følge disse elementer under sin vandring i kroppen. I likhet med Ca vil det ha tendens til å slå seg ned i nydannet benvev og inkorporeres her. β-energien for for Sr^{90} er 0.53 MeV; β-partikler med denne energi har en midlere rekkevidde i ben på ca. 2 mm. Da rekkevidden således er liten, behøver man når det gjelder Sr^{90} bare å betrakte en eventuell somatisk effekt av strålingen, mens man kan se bort fra eventuelle genetiske virkninger ved de konsentrasjoner det her kan bli tale om. Da strålingen imidlertid er energirik og rekkevidden kort, betyr dette at den lokale dose både til benvev og benmarg kan bli stor, et forhold som kan føre til fremkalling av så vel benkreft som leukemi Man skal også være oppmerksom på at fordelingen av det inkorporerte Sr^{90} i vekstsonene kan være ujevn og at det derfor kan eksistere «hot spots» hvor man kan ha betydelige konsentrasjoner, i likhet med hva som er funnet for radium [15].

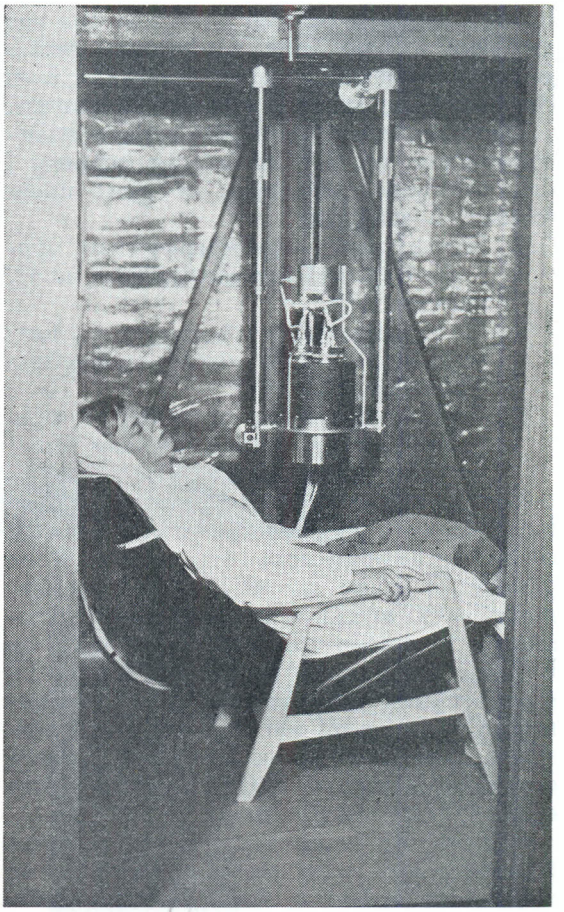
Som kriterium for den maksimalt tillatte mengde Sr^{90} i kroppen har man tatt dens forhold til Ca, idet en større tilgjengelig Ca-mengde vil virke diskriminerende overfor opptak av Sr^{90}. Forholdet Sr^{90}/Ca uttrykt i pC/g kalles Sunshine-tallet (fork. S.U.). Det er av I.C.R.P. (International Commission for Radiological Protection) [16] angitt retningslinjer for maksimalt tillatte kvantiteter av de hyppigst forekommende radioaktive komponenter så vel i levnetsmidler som for totalopptaket i det menneskelige legemet. Disse tall oppgis for yrkeseksponert personell som står under regelmessig legetilsyn. Den maksimale belastning for denne gruppen regnes vanligvis 10 ganger større enn for befolkningen som helhet. På den annen side er de

maksimale konsentrasjoner i levnetsmidler angitt således at maksimalverdiene skal tolereres over en periode på 70 år. Det er derfor å anta at de maksimale konsentrasjoner kan overskrides temporært uten at påviselige skadevirkninger oppstår.

For Sr^{90} er den maksimalt tillatte konsentrasjon i f. eks. drikkevann satt til 80 pC/l, en grense som også er blitt akseptert for melk. Da melken er en av våre viktigste kilder for tilførsel til kroppen av så vel K som Ca, og fordi melken er av særlig betydning som diett for mindreårige barn, har man konsentrert stor oppmerksomhet mot kontroll av melk og melkeprodukter for deres innhold av radioaktive komponenter.

Sr^{90} i næringsmidler oppviste et foreløpig maksimum våren og sommeren 1959. Dette maksimum kunne tilskrives store mengder nedfall etter den intensive russiske prøveserien høsten 1958. Amerikanske målinger av melk fra denne periode viser verdien på 40 pC/l (St. Louis) [17] med en middelverdi for hele året fra samme distrikt på 23 pC/l. De tilsvarende verdier målt i Norge (Bergen) i 1958 var henholdsvis 82 pC/l og 27 pC/l [18]. For 1956 og 1957 var maksimalverdiene 15,4 og 23,4 og middelverdiene 7,7 og 11,4. Det er således en markert stigning i Sr^{90}-innholdet i melk i den nevnte 3 års periode.

Videre analyser som er utført synes å tyde på at Sr^{90}-innholdet i noen utstrekning mer synes å stå i forhold til den integrerte nedfallsmengde enn til «nedfallsraten». Mens Sr^{90}-innholdet i melk fra New York området i mai-juni 1959 var ca. 13 pC/l og nedfallet i samme periode i dette området var 3 mC/km² måned [17], var de tilsvarende verdier i august 1960 henholdsvis ca. 8 pC/l og ca. 0,14 mC/km² måned. Foruten nedfallsmengden spiller det imidlertid her inn en rekke andre faktorer som kan være av betydning for bedømmelsen av forholdene; det er bl. a. avgjørende hvor stor del av Sr og Ca i jordbunnen som er oppløselig og derved direkte tilgjengelig for opptak i planter og fôr, videre kreaturenes konsumering av flerårige vekster hvor Sr-retensjonen kan være stor. Et typisk eksempel på dette har man i de nordlige egne i så vel Skandinavia som i Alaska hvor spesielt reinsdyr og også i noen utstrekning kreaturer beiter på flerårige vekster som lyng og diverse forskjellige lavarter. Reinlav (Cladonia alpestris) innsamlet i Finland [19] år 1960 er således funnet å inneholde opptil 3 000 S.U. = 3 000 pC Sr^{90}/g Ca. Motsvarende



data for kultivert høy fra samme tid var 5–30 S.U.

Lignende forhold synes å herske så vel i Nord-Sverige [20], Nord-Norge, på Grønland og i Alaska. Kjøtt fra reinsdyr felt i Alaska oktober 1959 er således funnet å inneholde 170 S.U. [21], mens f. eks. prøver av reinsdyrkjøtt fra Nord-Norge høsten 1961 viser fra 60–150 S.U.

Det er gjort en rekke forsøk på å finne frem til hvilken gjennomsnittlig strålebelastning mennesket vil få på grunn av en gitt flatekonsentrasjon av Sr^{90} i naturen. Usikkerheten i beregningene er imidlertid her så store at de resultater en på denne måten kan komme frem til i beste fall kan betegnes som intelligente gjetninger. Ved sådanne beregninger spiller de forskjellige diskrimineringsfaktorer i kjeden nedfall — jord — planter — levnetsmidler — mennesket en helt avgjørende rolle. I den vestlige verden hvor mennesket dekker ca. 50 % av sitt Ca-behov gjennom melkekonsum vil således strålebelastningen

fra Sr^{90} antagelig bare bli 1/3–1/5 av hva den vil være i land hvor Ca-behovet dekkes gjennom riskonsum, idet man her ikke får noen diskriminering av Sr^{90} gjennom kreaturene.

De forsøk som er gjort på å beregne strålebelastningen fra Sr^{90} til ben og benmarg i den nålevende generasjon, er gjort under følgende 3 antagelser:

1. Kjernefysiske våpeneksplosjoner opphører i og med prøvestansavtalen av 31. oktober 1958.
2. De kjernefysiske prøvesprengninger fortsetter frem til 1963 i samme omfang som i perioden 1953–1958.
3. Prøvesprengningene fortsetter i ubegrenset tid og i samme omfang som i perioden 1953–1958.

I første tilfelle vil den mest utsatte del av befolkningen i gjennomsnitt motta en dose til ben og benmarg som i løpet av en 70 års periode vil beløpe seg til 1 000 m rad, henholdsvis 350 m rad. Under den annen forutsetning vil dosene økes med en faktor 1,8 og i tredje tilfelle med en faktor 8 [22]. Til sammenlikning kan anføres at strålebelastningen på grunn av den naturlige bakgrunnsstråling over en 70 års periode i gjennomsnitt er ekvivalent med ca. 10 000 m rad til benvev og ca. 7 000 m rad til benmarg.

Ovenstående betraktninger er som nevnt forbundet med svært store usikkerheter, og den eneste måten å fastslå hvilken Sr^{90}-kontaminering som allerede er oppstått i mennesket er gjennom målinger. Da Sr^{90} er en ren β-emitter kan aktiviteten imidlertid først fastlegges etter en forutgående foraskning og kjemisk separasjon av materialet. Man er derfor henvist til å foreta analyser på kadavere.

Sådanne målinger utført på menneskeknokler i Norge har for perioden 1957–1958 vist opp til 3,6 S.U., i Japan 4,5 S.U., i England 2,5 og i U.S.A. 2,3 S.U. Disse maksimalverdier er alle funnet på barn i en alder av ca. 2 år hvor man må anta at nydannelsen av ben har vært stor nok til at skjelettet står i tilnærmet likevekt med Sr^{90}-innholdet i dietten.

Den maksimalt tillatte Sr^{90} mengde i kroppen er av I.C.R.P. angitt til 1 μC for yrkeseksponert personale og altså 0,1 μC for befolkningen generelt. Med et antatt kroppsinnhold på 1 kg Ca for en voksen person (70 kg) tilsvarer 0,1 μC Sr^{90} 100 S.U., og det synes derfor som om man fremdeles har en god margin vis a vis de angitte toleransegrenser. Man skal imidlertid huske på at disse er rent skjønnsmessige data oppstilt på grunnlag av vårt nåværende kjennskap til virkningen av den ioniserende stråling og at toleransegrensene som følge av forøket viten om biologiske stråleeffekter i senere tid stadig er blitt redusert.

Cæsium–137 fra nedfall.

Av langlivete isotoper i det radioaktive nedfallet er det foruten Sr^{90} spesielt Cs^{137} som har tiltrukket seg oppmerksomheten. Mens Sr^{90} er en ren β-emitter er Cs^{137} både β- og γ-emitterende. 8 % av strålingen fra Cs^{137} går direkte til grunntilstanden i Ba^{137} ved β-emisjon, mens 92 % går til et metastabilt nivå i Ba^{137}, hvorfra disintegrasjonen i alt vesentlig foregår under utsendelse av γ-kvanter med energi 0,66 MeV.

Cs^{137} er kjemisk beslektet med K og vil følge dette elements vandringer i kroppen. I likhet med K vil det derfor hovedsakelig akkumuleres i muskulatur, lever og milt. Da Cs^{137} er en γ-emitter med stråling med betydelig rekkevidde i kroppen, har denne isotop først og fremst interesse i forbindelse med de doser den kan gi til menneskets reproduktive organer.

På grunn av sin relativt harde γ-stråling kan Cs^{137} direkte måles γ-spektroskopisk i så vel levnetsmidler som personer. Cs^{137}-kontamineringen kan således rent måleteknisk bestemmes vesentlig hurtigere og fremfor alt enklere enn Sr^{90}-kontamineringen, og i den utstrekning det hersker et konstant forhold mellom Sr^{90}-mengden og Cs^{137}-mengden, som f. eks. fra det direkte nedfall, kan Cs^{137}-bestemmelsen brukes som en god monitor også for Sr^{90}-innholdet.

Mens Sr^{90}-forurensningen i de fleste biologiske materialer mer synes å stå i relasjon til det totale nedfall, vil Cs^{137}-kontamineringen være mer proporsjonal med det øyeblikkelige nedfall. Dette indikerer at Cs^{137} bare i liten utstrekning opptas direkte fra jordsmonnet, og at forurensningene i alt vesentlig er betinget av direkte deponering. Da dessuten den videre transport av Cs^{137} i den biosfæriske syklus i en viss grad er avhengig av den tilgjengelige mengde K, mens Sr^{90}-kontamineringen må sees i relasjon til Ca-innholdet vil det vanligvis ikke eksistere noe konstant forhold mellom Cs^{137} og Sr^{90} på de senere trinn i kjeden nedfall — mennesket.

Cs^{137}-retensjonen i mennesket er liten. Ennskjønt den fysikalske halveringstid er stor (ca. 30 år), er den biologiske halveringstid,

dvs. den tid som medgår inntil halvparten av aktiviteten er skilt ut av kroppen, bare ca. 100 døgn. Dette vil si at kroppen pr. døgn i gjennomsnitt skiller ut ca. 8 $^0/_{00}$ av totalaktiviteten.

På samme måten som man for Sr^{90} har innført begrepet Sunshine-enheten, taler man for Cs^{137} om Moonshine-enheten og mener herved forholdet Cs^{137}/K uttrykt i pC/g. Dette er bekvemme enheter å anvende, ikke minst ved spørsmål om intern kontaminering av personer, idet man ved et sådant uttrykk i stor utstrekning eliminerer effekter som skyldes forskjell i legemsvekt, og samtidig forenkler sammenlikningen av den radioaktive belastning blant forskjellige individer.

Cs^{137} finnes i dag i varierende konsentrasjoner i praktisk talt alt forekommende biologisk materiale og som sådant også i mennesket selv. Graden av kontaminering, angitt som pC Cs^{137}/gK, er i dag i gjennomsnitt for personer fra land i Vest-Europa ca. 45–50 tilsvarende en total legemsbelastning på 6–7 nC*) Cs^{137}.

Den interne Cs^{137}-kontaminering står selvfølgelig i en viss relasjon til Cs^{137} i dietten. Melken er i denne forbindelse igjen en meget viktig faktor, og målinger utført i U.S.A. [24] har vist at det er en lineær relasjon mellom Cs^{137}-kroppsinnhold og konsum av melk. Undersøkelser av melk og meieriprodukter er derfor av spesiell interesse i forbindelse med Cs^{137}-kroppsaktiviteten.

Utførte analyser har vist at Cs^{137}-aktiviteten i norskprodusert melk [13] er vesentlig større enn i melk fra de andre skandinaviske land og fra land i Vest-Europa og Amerika. Mens det f. eks. i Danmark [25] våren 1959 er målt maksimalverdier på ca. 75 pC Cs^{137}/l, er det i Norge målt konsentrasjoner på ca. 250 pC/l i melk fra Trøndelag [13] og opptil 460 pC/l i melk fra Bergen [18]. Det er sannsynlig at en av årsakene til denne store forskjell i kontamineringen er betinget av nedbørmengden, som bl. a. medførte at f. eks. Bergensdistriktet bare i 1959 opparbeidet en flatekonsentrasjon på 24 nC Cs^{137}/km^2 [26]. Forskjelligartete beiteforhold kan videre være av betydning for kontamineringen; om fôret dertil består av visse lavarter og flerårige vekster hvor Cs^{137}-retensjonen er stor, kan denne faktor bli helt avgjørende for innholdet av radioaktive forurensninger.

Undersøkelser som er utført på andre meieriprodukter har vist at f. eks. geitmelk og geitost inneholder til dels betydelige mengder Cs^{137}. For geitost produsert i Nord-Norge i 1960 fant man således maksimale verdier på 40 nC Cs^{137}/kg ost. Det er å vente at disse relativt høye kontamineringsnivåer i vår daglige diett vil gi seg utslag i kontamineringen i befolkningen. En undersøkelse av kroppsaktiviteten hos en gruppe nordmenn har bekreftet dette. Det er således funnet at Cs^{137}-belastningen i individer fra Bergen i gjennomsnitt er ca. 67 nC, mens en tilsvarende gruppe fra Oslo-området hadde en gjennomsnittlig Cs^{137}-belastning på 21 nC. Disse verdier er henholdsvis 10 og 3 ganger så store som middelverdiene av Cs^{137}-kontamineringen i de vestlige land.

Nedenstående tabell viser en oversikt over Cs^{137}-legemsbelastningen etter endel utenlandske og norske målinger:

Oversikt over Cs^{137}-kroppsbelastning etter utenlandske målinger.

Land	År	Antall målinger	Cs^{137} i 10^{-9} Curie
England	1958	94	5,5
England	1959	93	5
England	1960	64	5
England	1961	24	4
Nature, vol. 193, s. 516–517 (1962)			
U.S.A.	1956		5,5–6
U.S.A.	1957		6
Science, vol. 128, s. 882–886 (1958)			
U.S.A.	1959		8,6
U.S.A.	1960		7,3
Health Physics, vol. 6, s. 67–71 (1962)			
Sverige	1959	19	8,6
FAO 2 Rapport A2051–2097, Sept. 1959.			

Oversikt over Cs^{137}-kroppsbelastningen hos nordmenn [14].

Sted	År	Antall målinger	Cs^{137} i 10^{-9} Curie
Bergen	1961	7	67
Oslo	1961	15	21

Fra γ-spektrometriske totalkroppsmålinger [20] har det vist seg at også andre næringsmidler enn meieriprodukter kan ha spesiell betydning for legemsbelastningen. Kjøtt fra reinsdyr er således av særlig interesse. Reinsdyr beiter i alt vesentlig på lav, hvor Cs^{137}-retensjonen er praktisk talt 100 %. Disse lavarter som vokser meget langsomt har

*) 1 nC = 10^{-9} Curie.

derfor akkumulert en betydelig Cs^{137}-aktivitet. For lavprøver innsamlet i Nord-Norge har man således funnet verdier på opptil 42.000 pC/kg tørt lav, mens reinsdyrkjøtt tilsvarende er funnet å ha aktiviteter opp til 55 000 pC Cs^{137}/kg kjøtt [12].

Reinsdyrkjøtt inngår som en meget viktig del av flyttsamenes kosthold, og det er derfor å vente at man blant denne befolkningsgruppe vil finne en stor Cs^{137}-legemsbelastning. Særlig vil dette være tilfelle blant reingjeterne hvor kjøttkonsumet kan være av størrelse 0,5 kg/dag.

Det er av Radiofysiska Institutionen i Lund, Sverige [20] utført en undersøkelse over legemsbelastningen hos et antall svenske samer. Målingene er foretatt i instituttets totalkroppsteller. Resultatene viser et totalkroppsinnhold på 0,5 μC Cs^{137} ekvivalent med ca. 4.000 pC Cs^{137}/gK. Tilsvarende undersøkelser som instituttet har utført i samarbeid med Det Norske Radiumhospital viser liknende forhold for de norske samer.

Legemsbelastninger av denne størrelse er tidligere bare funnet i forbindelse med direkte kontamineringsuhell og ved den omtalte Bikini-eksplosjonen, hvor man i enkelte beboere på Marshall-øyene fant et nivå på 0,9 μC Cs^{137}.

I forbindelse med de ovenfor nevnte kroppsaktiviteter skal det poengteres at dosen til kroppen fra en så vidt stor legemsbelastning som 1 μC Cs^{137} bare er ca 100 m rad/år eller av størrelse som den naturlige bakgrunnsstråling, og at den maksimalt tillatte konsentrasjon i kroppen av Cs^{137} i henhold til I.C.R.P.'s oppgaver (de såkalte m.p.c. verdier) er 3 μC for den vanlige befolkning. Det synes således enda å være en god margin til disse grenser er nådd. Man skal imidlertid være oppmerksom på at de målte verdier bare er et uttrykk for den kontaminering som er et resultat av tidligere års prøvesprengninger, og at verdiene derfor f. eks. ikke inkluderer virkningen av nedfallet fra den siste sovjetrussiske og den pågående amerikanske serien.

Det er så vidt man i dag kan skjønne store sjangser for at nye prøvesprengninger vil finne sted i løpet av den nærmeste fremtid, og man må i så fall se det som en realitet at m.p.c. verdiene, i hvert fall temporært, kan bli overskredet.

[1] Medical Research Council, The Hazard to Man of Nuclear and Allied Radiation, London 1960.
[2] Hearings before the Special Subcommittee on Radiation, s. 2521–22, vol. 3, Wash. 1959.
[3] *Rajewsky*: Atomzeitalter, Febr. 1959.
[4] *Arley* og *Skov*: Atomkraft s. 72, København 1959.
[5] *O. J. Leipinski*: Radioactive Hazard from Clean Hydrogen Bomb and Fission Atomic Bomb; Hearings (se ref. 2) s. 2423.
[6] *G. R. Meneele*: Radioactivity in Man, s. 249, Illinois 1960.
[7] Research in the Effects and Influences of the Nuclear Bomb Test Explosion. Jap. Soc. Prom. Sci. Tokio 1956.
[8] Stortingsmelding nr. 18, 1957 «Om radioaktivt nedfall over Norge».
[9] *H. Henriksen* og *O. Michelsen*: Notat K–0256 F.F.I.
[10] *O. Paakkola*: Symposium on Radioactive Food Chain, Helsinki April 1962.
[11] U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Radiocarbon from Nuclear Tests, s. 14–24.
[12] *T. Hvinden* og *A. Lillegraven*: Cs^{137} and Sr^{90} in Precipitation, Soil and Animals in Norway, Nature vol. 192, s. 1144–1146 (1961).
[13] *K. Madshus* and *J. Baarli*: Radiocæsium and Potassium-40 in Norwegian-produced Milk, Nature vol. 186, s. 527–529 (1960).
[14] *J. Baarli, K. Madshus, K. Lidén* and *R. C. McCall*: Radiocæsium and Potassium in Norwegians, Nature, vol. 191, s. 436–438 (1961).
[15] *R. E. Rowland*: Radium in the Skeleton, Symposium on Radioisotopes in the Biosphere, s. 341, Minneapolis 1960.
[16] National Bureau of Standards, Handbook 69, Wash., June 1959.
[17] U.S.A.E.C., TID-13945, s. 38 (1961).
[18] *H. Bergh et al*: Studies of the Sr^{90} and Cs^{137} pattern in selected precipitation areas, s. 23. Notat K-0228, F.F.I.
[19] *J. Miettinen*: Symposium on Radioactive Food Chain, Helsinki 1962.
[20] *K. Lidén*: Cs^{137}-burdens in Swedish Laplanders and Reindeer. Acta Radiol. vol. 56, (1961).
[21] *A. R. Schulert*: Sr^{90} in Alaska (innsendt for publ. i Science).
[22] *W. Langham* and *E. C. Anderson*: Biospheric Contamination from Nuclear Weapons Tests through 1958 (Priv. com.).
[23] *C. E. Miller* and *L. D. Marinelli*: Science, vol. 124, s. 122 (1956).
[24] *E. C. Anderson et al.*: Radioactivity of People and Food, Science vol. 125, s. 1273 (1957).
[25] *P. G. Jensen*: Cs^{137} in Spray-dried Danish Milk, Nature, vol. 186, s. 562 (1960).
[26] *T. Hvinden* and *A. Lillegraven*: Cs^{137} in Air, Precipitation, Drinking Water, Milk and Beef in Norway during 1959 and 1960. Nature vol. 190, s. 402 (1961).

Temperert stemming av piano

Alex. M. Farvolden

Alle klaverinstrumenter stemmes idag slik at frekvensforholdet for et halvtonetrinn blir $\sqrt[12]{2} = 1{,}059$. Skalaen vår deles nemlig i 12 halvtoner, og den trettende tonen skal ha en svingefrekvens som er nøyaktig dobbelt så stor som frekvensen for den første tonen i skalaen. Den 13. tonen ligger da en oktav over den første, og frekvensforholdet er 2.

Denne såkalte «likesvevende tempererte stemming» ble innført av J. S. Bach, og vi skal først ta for oss det problemet som derved ble løst.

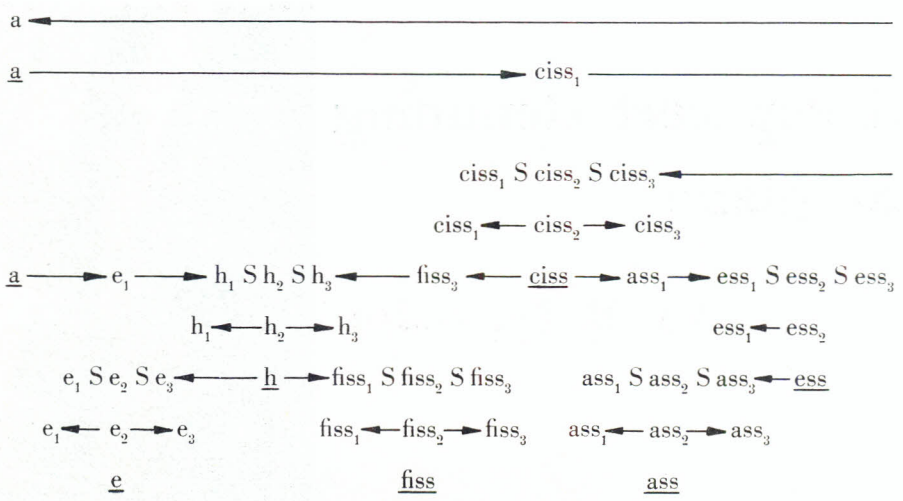
Når vi spiller C-dur-skalaen, bruker vi bare de hvite tangentene på pianoet idet vi begynner med tonen c. Vi skal se litt nærmere på noen intervaller i denne skalaen, slik den var før klaverinstrumentene kom. Den tredje tonen i skalaen ble foruten e og mi også kalt ters, og dette ble dertil navnet på intervallet mellom den første og den tredje tonen. For den fjerde tonen, og også for intervallet mellom den første og den fjerde tonen, fikk vi betegnelsen kvart, og for den femte tonen med tilhørende intervall, kvint.

Disse intervallene spiller en grunnleggende rolle i musikken og har i ren stemming frekvensforholdene $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$ og $\frac{5}{4}$ for henholdsvis kvint, kvart og stor ters (liten ters har frekvensforholdet $\frac{6}{5}$). Når to toner med et slikt innbyrdes intervall klinger sammen, oppfatter vi det som velklang, som for eksempel når to nabostrenger på en fiolin («løse» strenger) klinger sammen; intervallet er da en kvint, og den ene strengen svinger $\frac{3}{2}$ ganger så hurtig som den andre.

Vårt inntrykk av velklang henger nøye sammen med hvor enkle disse frekvensforholdene er, slik at jo større tall vi får i teller og nevner, desto mindre bra klinger det. Det som i denne forbindelse har mest å si, er at musikalske mennesker kan stemme en tone med frekvensforhold til en annen tone på $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$ eller $\frac{5}{4}$ med stor nøyaktighet. Disse intervallene kalles rene, og vi sier de er konsonerende.

Tar vi med også de sorte tangentene på pianoet, får vi en skala bygd opp av 12 halvtoner. I et slikt tonesystem blir ters-intervallet (stor ters) på 4 halvtoner, og ved å ta tre slike terstrinn oppover etter hverandre, kommer vi til den tonen som ligger en oktav over den første tonen og skal ha den dobbelte frekvens.

Alex. M. Farvolden er lærer i realfag ved Oslo yrkesskole.



c_1 c_2 c_3 betegner de tre strengene for tonen c.
Pilene angir renstemming (konsonans); pilen peker på den strengen som skal stemmes.
S betyr svevninger mellom to strenger med en liten frekvensforskjell.
c_1 Sc_2 Sc_3 betyr at c_2 skal ha en frekvens som ligger mellom c_1 og c_3 slik at svevningene blir like hurtige mellom c_1 og c_2 som mellom c_2 og c_3. f_1 $2Sf_2$ Sf_3 betyr at frekvensen for f_2 skal ligge mellom f_1 og f_3 slik at svevningene blir dobbelt så hurtige mellom f_1 og f_2 som mellom f_2 og f_3.

Bruker vi kvart-intervallet på 5 halvtoner, må vi gå 12 trinn oppover og kommer da til en tone som ligger 5 oktaver over den første, og og som altså skal ha en frekvens som er 2^5 ganger så høy.

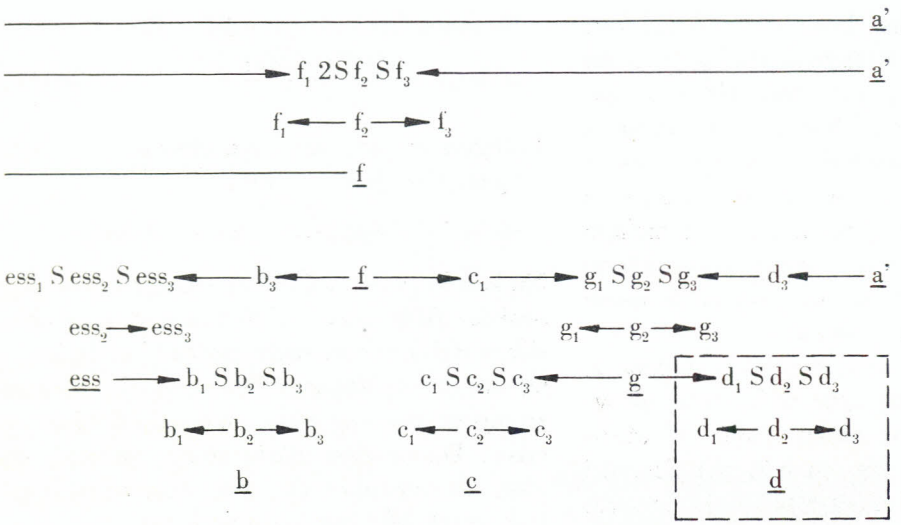
Når vi tar slike skritt på skalaen, har hver tone den foregående tonens frekvens multiplisert med frekvensforholdet, slik at f. eks. m rene ters-trinn gir oss en frekvens som blir den første tonens frekvens multiplisert med $\left(\frac{5}{4}\right)^m$. På denne måten kommer vi imidlertid ikke til noen tone som ligger n hele oktaver over den første. Vi har nemlig $\left(\frac{N}{P}\right)^m \neq 2^n$ når N , P , m og n er hele tall, og N og P er uten felles faktorer.

Ved å gi halvtoneintervallet frekvensforholdet $\sqrt[12]{2}$, blir alle de andre intervallene, som jo er bygd opp av halvtonetrinn, tillempet slik at de enkle brøkene forandres til uttrykk av formen $(\sqrt[12]{2})^p$, hvor p er antall halvtoneintervaller. Da kan vi alltid få $(\sqrt[12]{2})^{pm} = 2^n$ ved å sette $m = 12$ og $n = p$. Uoverensstemmelsen mellom oktavene og de andre intervallene er dermed brakt ut av verden.

Den tempererte stemmingen har imidlertid også ført med seg problemer. I den tempererte skalaen får de intervallene vi interesserer oss for her, følgende frekvensforhold:

Stor ters:	$\sqrt[12]{2^4} = \sqrt[3]{2}$	$\approx 1{,}26$	istedenfor	$\frac{5}{4}$
kvart:	$\sqrt[12]{2^5}$	$\approx 1{,}335$	»	$\frac{4}{3}$
kvint:	$\sqrt[12]{2^7}$	$\approx 1{,}498$	»	$\frac{3}{2}$.

Det er uten videre klart at vi må bruke temmelig store tall i teller og nevner hvis vi vil angi de tempererte frekvensforholdene tilnærmet riktige som brøker. Hvorledes går det så med velklangen? Den skulle jo være betinget av at frekvensforholdet kunne angis som en brøk med små hele tall i teller og nevner. Nå har heldigvis høresansen en tendens til å idealisere, slik at hvis et frekvensforhold kommer svært nær det som er riktig



Forklaring til det som er innrammet ovenfor: d_3 er tidligere stemt ren etter a'. Nå stemmes d_1 ren etter g. Dernest stemmes d_2 mellom d_1 og d_3 slik at svevningene blir like hurtige mellom d_1 og d_2 som mellom d_2 og d_3. Da er d_2 riktig, og d_1 og d_3 stemmes likt med den.
Streng nr. 2 er alltid den som først blir korrekt stemt.
Ferdigstemte toner er understreket.
S er konstant bare for en og samme tone.

for et rent intervall, blir det godtatt som velklingende. Derfor er den tempererte skalaen alminnelig akseptert, selv om f. eks. velklangen i den tempererte store tersen er høyst diskutabel.

Alvorligere vanskeligheter oppstår for den som skal stemme et piano etter den tempererte skalaen. Når intervallene ikke lenger skal være rene, svikter vår naturlige evne til å fastlegge dem nøyaktig. Man kan fristes til ikke å legge brett på dette, siden den forskjellen det er mellom et rent intervall og det tilsvarende tempererte, tallmessig er svært liten, for den store tersen, f. eks., 0,8 %. Nå er denne forskjellen likevel ikke helt forsvinnende, idet halvtoneintervallet representerer en frekvensforskjell på bare 6 %. Selv om da feilen på 0,8 % godtas for en enkelt ters' vedkommende, må man være oppmerksom på følgende: Et frekvensforhold er utsatt for potensering når vi går skrittvis oppover skalaen med vedkommende intervall. En liten unøyaktighet kan derfor resultere i ganske besværlige uoverensstemmelser.

Det at det ikke faller naturlig for oss å fastlegge et temperert intervall nøyaktig, kan bøtes på med øvelse og erfaring, eller et intervall kan først stemmes rent og siden tempereres med kontroll av svevninger; en slik metode skal beskrives her.

Svevninger (interferenssvingninger) er den rytmiske forsterkning og dempning av lyden som oppstår når to toner med en liten frekvensforskjell klinger sammen. Svevningsfrekvensen utgjør forskjellen mellom de to tonefrekvensene. For at det skal være lett å oppfatte svevningene, må svevningsfrekvensen helst ikke overstige 10 p/s. Hvor langsomme svevninger som kan oppfattes, avhenger av hvor lenge tonene klinger, og dernest av om den ene tonen hele tiden klinger like sterkt som den andre, da er nemlig svevningene mest utpreget. De svevningsfrekvensene vi skal høre på, kommer til å ligge mellom 0,3 og 6 p/s.

Den metoden som skal beskrives her, bygger på det forhold at det til hver tangent på pianoet hører tre strenger, iallfall på den delen av klaviaturet som er aktuell i det følgende. De

tre strengene skal her betegnes med indekser 1, 2 og 3, slik at strengene for tonen a får betegnelsen $a_1a_2a_3$, for ciss: $ciss_1ciss_2ciss_3$ osv. Prinsippet er da i korthet: Streng nr. 1 blir stemt et rent intervall fra en tone som er stemt før, streng nr. 3 blir stemt ren etter en annen tone, og streng nr. 2 stemmes mellom de to andre strengene mens en kontrollerer svevningene mellom den og hver av de andre slik at den blir riktig stemt.

Vi skal begynne med å stemme tonene a, ciss', f' og a'. Merket oppe til høyre er oktavmerke for enstrøkne oktav. Siden all stemmingen det blir snakk om her, skal foregå i oktaven a til a', vil merket bli brukt bare for å markere tonen a'. Vi stemmer a en oktav under a', som er stemt etter en stemmegaffel. De to tonene har da frekvensene $\nu(a) = 220$ p/s og $\nu(a') = 440$ p/s . $\nu(a)$ betyr frekvensen for tonen a.

Intervallene fra a til ciss, fra ciss til f og fra f til a' er store terser. Vi betegner frekvensforholdet for ren stor ters, $\frac{5}{4}$, med t, og setter $\sqrt[3]{2} = t + \Delta$. I den tempererte skalaen blir da

$$\begin{aligned} \nu(\text{ciss}) &= \nu(a)(t+\Delta) &&= \nu(a)t &&+ \nu(a)\Delta \\ \nu(f) &= \nu(a)(t+\Delta)^2 &&= \nu(a)t^2 &&+ 2\nu(a)t\Delta \quad *) \\ \nu(a') &= \nu(a)(t+\Delta)^3 &&= \nu(a)t^3 &&+ 3\nu(a)t^2\Delta \quad *) \end{aligned}$$

Hvis vi nå stemmer $ciss_1$ ren etter a og f_1 ren etter $ciss_1$, så blir $\nu(f_1) = \nu(a)t^2$. Når så f_3 stemmes ren etter a', blir

$$\nu(f_3) = \frac{\nu(a)t^3 + 3\nu(a)t^2\Delta}{t} = \nu(a)t^2 + 3\nu(a)t\Delta ,$$

altså er $\nu(f) - \nu(f_1) = 2[\nu(f_3) - \nu(f)]$.

For å oppnå at den midterste strengen f_2 får den ønskede frekvensen $\nu(f)$, behøver vi nå bare stemme f_2 slik at $\nu(f_2)$ ligger mellom $\nu(f_1)$ og $\nu(f_3)$, og slik at svevningene mellom strengene f_1 og f_2 blir dobbelt så hurtige som mellom f_2 og f_3. Da er f_2 riktig stemt, og f_1 og f_3 kan stemmes likt med den. Svevningene mellom f_1 og f_2 blir på ca. 5 p/s.

Stemmer vi så $ciss_3$ ren fra f, får vi

$$\nu(ciss_3) = \frac{\nu(a)t^2 + 2\nu(a)t\Delta}{t} = \nu(a)t + 2\nu(a)\Delta .$$

Tidligere er $ciss_1$ stemt ren etter a:

$\nu(ciss_1) = \nu(a)t$, og vi får

$$\nu(ciss) - \nu(ciss_1) = \nu(ciss_3) - \nu(ciss) .$$

Nå kan vi gi den midterste strengen $ciss_2$ den ønskede frekvensen $\nu(ciss)$ ved å stemme $ciss_2$ slik at $\nu(ciss_2)$ ligger mellom $\nu(ciss_1)$ og $\nu(ciss_3)$, og slik at svevningene blir like hurtige mellom strengene $ciss_1$ og $ciss_2$ som mellom $ciss_2$ og $ciss_3$. Da er $ciss_2$ riktig stemt, og $ciss_1$ og $ciss_3$ kan stemmes likt med den. Svevningsfrekvensen blir her litt over 2 p/s.

Tonene a', a, ciss og f er nå riktig stemt. Stemmingen av de øvrige åtte tonene skal foregå i kvinter og kvarter med frekvensforhold henholdsvis $\frac{3}{2}$ og $\frac{4}{3}$.

Når vi går en kvint opp fra tonen a, kommer vi til tonen e, og går vi ytterligere en kvint opp, kommer vi til tonen h. Fortsetter vi på denne måten, vil det tolvte trinnet bringe oss til tonen a. Ordner vi alle tonene i den tempererte skalaen etter disse kvint-intervallene, får vi den såkalte kvintsirkelen, som går over 7 oktaver:

a e h fiss ciss ass ess b f c g d a.

Den blir delt i tre av de understrekede tonene som nå er stemt.

Går vi en kvint opp fra tonen a, kommer vi altså til tonen e, men det gjør vi også om vi går en kvart ned fra a, bare med den forskjell at den siste e–en ligger en oktav lavere enn den første. Vi kan derfor holde oss innenfor en oktav med stemmingen ved å veksle mellom kvinter og kvarter som intervaller.

Tonene mellom a og ciss i kvintsirkelen stemmes så slik:

$$\underline{a} \longrightarrow e_1 \longrightarrow \begin{matrix} h_1 S h_2 S h_3 \\ h_1 \leftarrow h_2 \rightarrow h_3 \\ \underline{h} \end{matrix} \longleftarrow fiss_3 \longleftarrow \underline{ciss}$$

Her betyr pilene ren stemming (konsonans); S betyr svevninger. Strengen e_1 stemmes altså

---

* Siden Δ er liten (ca. 0,01), ser vi bort fra ledd med Δ^2 og Δ^3.

ren fra a, og h_1 stemmes ren fra e_1, mens $fiss_3$ stemmes ren fra ciss osv. — Strengen h_2 stemmes mellom h_1 og h_3 slik at svevningne blir like hurtige mellom h_1 og h_2 som mellom h_2 og h_3. Da er h_2 riktig, og vi stemmer h_1 og h_3 likt med den. Deretter:

$$\begin{array}{ccc} e_1Se_2Se_3 \longleftarrow \underline{h} \longrightarrow fiss_1Sfiss_2Sfiss_3 \\ e_1 \leftarrow e_2 \rightarrow e_3 \qquad\qquad fiss_1 \leftarrow fiss_2 \rightarrow fiss_3 \\ \underline{e} \qquad\qquad\qquad\qquad \overline{fiss} \end{array}$$

Her er frekvensforholdet $k = \frac{3}{2}$ for ren stemming, mens det riktige frekvensforholdet skal være $k + \Delta = \sqrt[12]{2^7}$. En forklaring til stemmingen av h osv. blir da analog med forklaringen til stemming av ciss. At Δ her blir negativ, idet $\sqrt[12]{2^7} = 1{,}498..$ mens $k = 1{,}5$, har ingen annen konsekvens enn at streng nr. 1 i første omgang blir høyere enn streng nr. 3 for hver tone. Stemmingen av 12 toner kan da gjennomføres slik det er vist skjematisk.

Vi skal til slutt vurdere de feil som nødvendigvis må oppstå på grunn av de utelatte Δ^2 og Δ^3. Siden tersen har $|\Delta| \approx 0{,}01$ og kvint har $|\Delta| \approx 0{,}002$, skal vi nøye oss med å undersøke hvor nøyaktig f kan bli. Det er nemlig der vi får den største feilen. (Det vil fremgå av den skjematiske oppstillingen at en feil i et intervall vil fordeles på de intervallene som blir stemt senere). Det korrekte svingetall skal være $\nu(f) = \nu(a)\sqrt[3]{4} = 1{,}58740\nu(a)$.

Vi stemte f_2 slik at vi fikk

$$\nu(f_2) - \nu(f_1) = 2[\nu(f_3) - \nu(f_2)].$$

Når så $\nu(f_1) = \nu(a)t^2 = \frac{25\nu(a)}{4}$ og $\nu(f_3) = \frac{2\nu(a)}{t} = \frac{8\nu(a)}{5}$, får vi $\nu(f_2) = 1{,}58750\nu(a)$.

Da er feilen $\nu(f_2) - \nu(f) = (1{,}5875 - 1{,}5874)\nu(a) = 0{,}0001\nu(a)$ som svarer til $0{,}06\ ^0/_{00}$.

Et intervall kan også angis i millioktaver, mo. Har intervallet frekvensforholdet N, er det på $1000 \cdot \log_2 N$ mo. Feilen på $0{,}06\ ^0/_{00}$ kan da regnes om til 0,086 mo, som er ca. 0,001 halvtonetrinn, idet dette er på $83\frac{1}{3}$ mo.

Disse verdiene angir naturligvis teoretiske minimumsfeil, men metoden er prøvd i praksis med godt resultat.

Trekk av romfartens historie

K. Jostein Knutsen

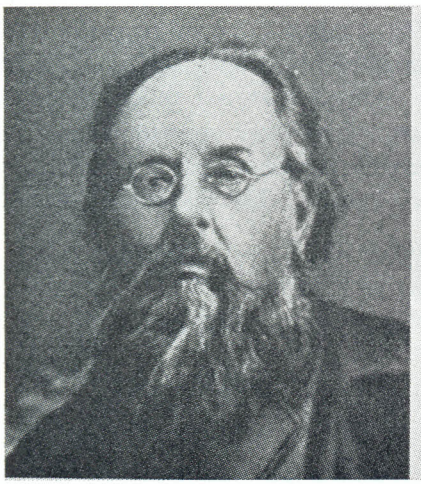
Fremdriften av raketter bygger som bekjent på det såkalte reaksjonsprinsipp. Dette er første gang i historien gitt en klar formulering av Newton i hans 3. bevegelseslov som sier: Reaksjonen (motvirkningen) er alltid lik og motsatt rettet aksjonen (virkningen). Eller med andre ord: De gjensidige virkninger av to legemer på hverandre er alltid like store og motsatt rettet. Når da raketten sender bakover en del av sin masse med stor hastighet, blir den selv drevet fremover.

1. Den spede begynnelse.

I sitt verk «Principia» fra slutten av 1600-tallet sier Newton om reaksjonsprinsippet: «Det er det prinsipp som en gang kommer til å gjøre det mulig for senere tiders mennesker å fly til stjernene.»

Reaksjonsprinsippet var imidlertid kjent lenge før Newton. Opptegnelser tyder på at man bevisst gjorde bruk av prinsippet i Kina og Hellas allerede før Kristi fødsel. «Den greske ild» som reddet Konstantinopel fra et arabisk angrep omkring 670, var sannsynligvis raketter. Omkring år 1000 e. Kr. oppfant man i Kina en rakett som viste seg å være meget anvendbar i krig. Raketten fikk innpass i Europa omkring 1300, og ble her i en vesentlig grad brukt som leketøy. I 1230 slo kineserne tilbake et mongolsk angrep med raketter. Historien forteller også at engelskmennene av samme grunn måtte tåle flere militære nederlag i India i siste halvdel av 1700-tallet. Man mener også at bruken av raketter betydde meget for Napoleons nederlag

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



Konstantin Tsjolkovskij

Robert Goddard

Herman Oberth

ved Leipzig. I 1807 bombarderte engelskmennene København med flere tusen raketter.

Rakettvåpnene utviklet seg i første halvdel av 1800-tallet til å bli kanonene overlegne, og beholdt denne posisjon frem til man fikk riflede kanonløp. Det var de russiske ingeniørene Tsasjadko (1779–1873) og Konstantinov (1818–1871) som fikk gjort kruttrakettene anvendbare som krigsvåpen. Tsasjadko-rakettene ble brukt i den russisk-tyrkiske krig i 1828. Konstantinov regnes som grunnleggeren av den eksperimentelle raketteknikk. Han brukte f. eks. ballistisk pendel til takettesting.

2. Pionerene.

Etter hvert som raketteknikken utviklet seg, ble man mer og mer klar over de muligheter man hadde for reiser i verdensrommet. Men det skulle enda ta 200 år etter Newton før vel gjennomtenkte forslag for romferder så dagens lys.

Av de mere kjente pionerer kan nevnes tyskeren Hermann Ganswindt som i 1891 offentlig tok opp romfartens problemer. Han kom imidlertid ikke lengre enn til å antyde løsninger på romfartsproblemet. På denne tid ga russeren Mesjtjirskij ut en del vitenskaplige arbeider om dynamikken for legemer med variabel masse.

Men det var først i 1903 at man fikk et verk som virkelig fikk betydning for romfarten. Da ga russeren Konstantin Tsjolkovskij (1858–1935) ut sin vitenskapelige avhandling «Utforskning av verdensrommet med reaksjonsapparater». Han viste her at en rakettmotor kan virke i det lufttomme rom. Han innså hvilken fordel det var om driftsmiddelkombinasjonen var oksygenhydrogen, og foreslo at man kunne bygge flertrinnsraketter. Tsjolkovskij antydet også hvilken rolle rakettens størrelse og proporsjonering spiller. Videre innså han at slutthastigheten blir større jo større prosentvis del driftsmidlet har av rakettens vekt. Han kom til at det ville bli nødvendig å bruke væskeraketter, når man ville ha stort masseforhold. Han var inne på problemet med at skroget blir oppvarmet på grunn av friksjon når raketten går gjennom atmosfæren, og han drøftet en rekke biologiske problemer.

At Tsjolkovskij var en meget forutsigende mann, fremgår av en tale i radio i 1933. Da sa han blant annet: «I 40 år har jeg arbeidet med rakettprinsippet, og jeg har påvist at ferder til Mars blir mulige i nokså nær fremtid. Jeg er sikket på at romfarkoster vil komme til å ferdes mellom planetene».

Amerikaneren Robert Goddard forbedret rakettmotorene og rakettens utforming. I 1926 fikk han sendt opp verdens første væskerakett. (En væskerakett er meget mer komplisert sammensatt enn de gamle kruttrakettene. I kruttrakettene inneholder brennstoffet både oksydasjonsmidlet og det brennbare stoff, som i et eksplosivt stoff. Væskeraketten må ha tanker, kraner, pumper og de to væskene må komme sammen i brennkammeret i passelig mengde og til riktig tid. Fungerer ikke raketten som den skal, vil den enten slokne eller eksplodere). Goddard innførte også kontrollert styring av rakettene. I 1919 utga han rapporten «A method of reaching extreme altitudes». Denne bok fikk stor betydning for den tyske rakettforskning i 1920-årene. I 1936 publiserte

Goddard avhandlingen «Liquid-propellant rocket development».

Tyskeren Herman Oberth kom uavhangig av Tsjolkovskij frem til tilsvarende resultater som denne. I tillegg til dette kom han med en rekke nye impulser til løsning av andre romfartsproblemer. Bøkene «Die Rakett zu den Planetenräumen» fra 1923 og «Wege zum Raumschiffahrt» er hans mest kjente.

Tyskland hadde også den betydelige teoretikeren Walter Hohmann. Hohmann beskjeftiget seg med dynamikken ved reiser fra en planet til en annen. Hans verk «Die Erreichbarket der Himmelkörper» ble publisert i 1925.

3. Utviklingen fra 1920-årene til 1957.

a. Tyskland.

I 1920- og 30-årene hadde Tyskland en rekke kjente rakettforskere: Rudolf Nebel, Reinhold Tilling, Johannes Winkler for å nevne noen. Og det var også i Tyskland det første astronautiske selskap ble dannet i 1927: Verein für Raumschiffahrt.

I begynnelsen av 30-årene var det bare Tyskland og Sovjet som forsto hvilken enorm betydning rakettforskningen kunne ha militært og politisk.

Fagfolk fra den tyske arme studerte inngående de forsøk som medlemmer av Verein für Raumschiffahrt foretok i Reinickendorf ved Berlin. Som et resultat av dette startet Wernher von Braun og medarbeidere med støtte av staten forsøk med raketter i Kummersdorf. Det tyske flyvåpen ble også interessert i forsøkene og prøvefeltet ble flyttet til det nå så berømte Peenemünde, hvor arbeidet som vi vet resulterte i rakettene V–1 og V–2. V–2 var en meget stor rakett. Den hadde ikke vinger, bare halefinner. V–2 ble startet vertikalt, etter hvert ble retningen forandret slik at raketten dannet 45° med horisontalplanet. Den nådde så nesten opp i lufttomt rom, og på grunn av tyngdekraften falt den ned igjen. Under fallet oversteg V–2 lydens hastighet. Man hørte den derfor ikke før den eksploderte. Rekkevidden for V–2 var ca. 300 km, men tyskerne hadde planer om bygging av raketter med rekkevidde på 3500 km. Og det er ikke usannsynlig at tyskerne kunne ha nådd Amerika med sine raketter om krigen hadde vart et halvt år til.

Mot slutten av krigen nærmet russerne seg Peenemünde, og von Braun, Dornberger og 180 andre, blant dem mange ledere, rømte og lot seg ta til fange av amerikanerne. Russerne tok til fange 4000 forskere, ingeniører og arbeidere, dessuten overtok de hele fabrikken med maskiner og rakettlageret.

b. Sovjet.

I 30-årene hadde man i Sovjet kjente rakettforskere som Fortikov, Rynin og Tsander. I 1927 sto det store aerodynamiske instituttet C. A. G. I. ferdig. I 1927 ble det dannet en organisasjon for studium av reaktiv bevegelse, G. I. R. D. Denne organisasjon ble omdannet til et statlig institutt for vitenskaplige rakettforsøk. Russerne sendte opp sin første væskerakett i 1933. Til oksydasjon ble brukt flytende oksygen. I løpet av 30-årene ble det konstruert flere raketter for militært formål. Men disse var små, og man må vel ha lov til å si at det viktigste som skjedde var at det teoretiske grunnlaget for det som skulle komme, ble meget godt.

Den annen verdenskrig satte en stopper for den sivile rakettforskning. Den ble gjenopptatt etter krigen. Det ble i første omgang bygget noen tusen «Pobeda»-raketter, som var en forbedret utgave av V–2. Forsøkene gikk ut på atmosfæreundersøkelser og hvilken innvirkning romferder hadde på dyr. I 1947 begynte man planleggingen av totrinns langdistanseraketter. Det ser ut som russerne allerede i 1950 har stilt opp et langsiktig romforskningsprogram, som man senere stort sett har greidd å følge. Etter 1954 er en rekke romfartsartikler av sovjetisk opprinnelse blitt publisert i tyske tidsskrifter. For å øke interessen for romforskning, ble det innstiftet en Tsjolkovskij-medalje for fremragende arbeide innen romforskning. Man fikk opprettet en departemental kommisjon som skulle samordne alt arbeid innen romforskningen. Kommisjonen hører inn under vitenskapsakademiets astronomiske råd.

Og som et resultat av alle disse anstrengelser ble så Sputnik I skutt ut 4. okt. 1957.

c. U. S. A.

U. S. A. kom lite med i rakettforskningen før i slutten av 30-årene. I 1936 ble det satt i gang forskning ved California Institute of Technology. Prosjektet ble kalt GALCIT- og hadde som sjef Theodore von Karman. Dette var begynnelsen til Jet Propulsion Laboratory, J. P. L., som ble opprettet i 1944. Under krigen ble det i U. S. A. som i Sovjet bare drevet militær forskning. Driv-

stoffet i amerikanernes raketter var krutt. I 1945 ble det konstruert en væskedrevet rakett, WAC Corporal-raketten. Og i tidsrommet 1941–52 ble det sendt opp en rekke V–2-raketter. Disse ble skutt vertikalt oppover, og var utstyrt med en rekke instrumenter for undersøkelse av atmosfæren. Amerikanerne utviklet i denne tiden også en del væskedrevne raketter, men innsatsen var ikke så stor. Så det var i dette tidsrommet Sovjet distanserte U. S. A. i rakettforskning. Grunnen til den beskjedne innsats synes å være at forsvarsgrenene har konkurrert innbyrdes om rakettprosjektene, istedet for å samarbeide. Dessuten ser det ikke ut som amerikanerne fullt ut har forstått hvilken betydning raketteknikken ville ha politisk og militært.

Først i begynnelsen av 1950-årene går man i U. S. A. alvorlig inn for oppgaven, og langdistanserakettene Atlas og Titan blir uteksperimentert. Rakettforskerne i Sovjet har etter krigen stort sett vært anonyme. I U. S. A. merker man seg først og fremst Wernher von Braun. Han slapp først offentlig til i 1950, og som teknisk leder av en rekke prosjekter, har han vært uunværlig for U. S. A. Han er også en dyktig popularisator.

Utviklingen etter 1957 turde være så godt kjent for leserne at en utredning om dette stoff skulle være unødvendig.

4. Astronautiske selskaper.

Etter krigen er det blitt dannet astronautiske selskaper i en rekke land. Størst betydning har The British Interplanetary Society hatt. Selskapet har sørget for utredninger om en rekke romfartsproblemer. The International Astronautica Federation (I A F) ble dannet i 1951. Dets fagtidsskrift «Astronautica Acta» har bidratt meget til å øke kontakten mellom forskerene.

5. En norsk pioner.

Til slutt skal omtales en norsk pioner, selv om han neppe har hatt noen innverkning på romfartens utvikling. I tre artikler i Aftenpostens aftennummer forteller professor Lous Mohr om Bjarne Eide (1869–1929). Eide hadde en meget god medisinsk embetseksamen, men praktiserte kun kort tid som lege. Han slo seg ned i Paris, og livnærte seg som aviskorrespondent. Grunnen til at han skal minnes her, er hans artikkelserier i Aftenposten.

«Er seilads i verdensrummet mulig?» kom våren 1912. I en av artiklene i denne serie stilte Eide spørsmålet om det «i fysikken, i mekanikken finnes noe prinsipp som kan benyttes som drivende og styrende kraft, uten å behøve noe støtte- eller angrepspunkt, uten med andre ord å behøve noe medium omkring seg?»

«Ja. Det gjør det», svarer han. Han redegjør så for hvorfor et spann med vann som henger i en tråd vil svinge til siden på grunn av sidetrykket når man lar vannet renne ut av et hull på spannets sidevegg. Eide redegjør deretter for det tilsvarende prinsipp for raketten og sier: «Raketten er det praktiske bevis for muligheten av vårt himmelskip, og vi kan derfor kalle det «rakettskipet». Rakettprinsippet er jo det samme som rekylprinsippet.» Han har også laget tegninger av rakettskipet med styre- og bremseraketter. Han spådde at man ville få romferder om ikke altfor lang tid og han sier at skroget må fremstilles av et «samtidig sterkt og lett byggemateriale», og om drivstoffet «av hva man kan oppnå i retning av et eksplosjonsstoff som i et minimum av volum konsentrerer et maksimum av kraft». Artiklene inneholder et veld av andre interessante betraktninger som det vil føre for langt å komme inn på her. Det skal bare tilføyes at hans artikkel «Luftseilads» fra 1906 inneholder ting, som også i dag har spesiell interesse.

Litteratur:

Ett år i luften. Flygets årbok 1961/62. Allhems Förlag, Malmö. Science News nr. 48. 1958.
Trefall H.: Fra Fysikkens Verden nr. 1. 1959.
Ytrehus O.: Syn og Segn nr. 4. 1962.
Lous Mohr O.: Aftenposten 2. 4. og 5. desember 1961.

Bøker

Søren Sikjær: Elementer af Einsteins Relativitetsteori. 2. Oplag. Jul. Gjellerups Forlag, København 1960. 83 s.

Framstillinger av relativitetsteorien er gjerne av to slag. Det ene slag er skrevet for lesere uten noen matematiske kunnskaper. Selv om en slik framstilling prøver å gjøre saken anskuelig ved å beskrive målestokker som forkortes, klokker som sinker, flatevesener som bor på en kule, osv., så er den i bunn og grunn uforståelig. Det annet slag er beregnet på spesialister. Her er abstraksjonen fullkommen, med Maxwells ligninger, tensorer, hele det høyt avanserte matematiske apparat, og derfor uforståelig for en nybegynner. Man savner det manglende mellomledd, som med ele-

mentær matematikk fører en skritt for skritt fra de kjente Galilei-Newtonske bevegelsesligninger til de relativistiske.

Det foreliggende skrift er et slikt mellomledd. Forfatteren har fått utrolig meget med. Foruten Lorentz-transformasjonene, sammensetting av hastigheter, masse-hvilemasse og masse-energi-ekvivalensen, behandler han også lysets aberrasjon og Dopplereffekten. Den spesielle relativitetsteori avsluttes med at kapittel om firdimensjonal formulering. Det skulle jeg tro betegner grensen for hva en artianer kan tilegne seg. Han må enda være temmelig skarpskodd om han skal klare alle vanskelige kneiker i framstillingen hittil.

Når forfatteren videre gir seg i kast med den alminnelige relativitetsteori, og lanserer ubeviste formler som må være helt ukjente for den leser boken er beregnet på, kan det være et spørsmål om ikke denne delen like godt kunne vært sløyfet, eller innskrenket til et referat av resultater. De som forstår slike formler, vil trolig foretrekke en mer fullstendig framstilling, og de som ikke forstår dem, har ingen nytte av dem .

Tilslutt finner man et snes lærerike oppgaver med løsning. Boken må hilses velkommen som et verdifullt tilskudd til vår ellers nokså fattige populærvitenskapelige litteratur.

Aksel Herheim.

John C. Slater: Quantum Theory of Atomic Structure. Volume I, pp. VII + 502. 85 s. 6 d. Volume II, pp. IX + 437. £ 5 1 s.
Mc Graw-Hill Book-Company, Inc. New York, Toronto, London 1960.

Forfatteren av disse to bøker er professor John C. Slater ved Massachusetts Institute of Technology. Fra sin tidligere virksomhet som lærebokforfatter vil han særlig være kjent for sin «Introduction to Theoretical Physics», som kom ut i 1933 og med professor Frank som medforfatter. I 1951 kom så hans «Quantum Theory of Matter» på ca. 500 sider.

I de foreliggende bøker «Quantum Theory of Atomic Structure», bind I og II, har Slater fulgt samme linje som i sine to tidligere utmerkede lærebøker. Dette gjelder særlig bind I som begynner med en grundig innføring i kvantemekanikkens prinsipper. Bindet inneholder 16 kapitler pluss et appendiks. I de første 6 kapitler behandles de mer generelle kvantemekaniske prinsipper som Schrødingers ligning og dens løsninger i en-dimensjonale problemer, middel-verdier og matriser, variasjons- og perturbasjonsmetoder og vekselvirkning mellom stråling og materie. Jeg kan meget sterkt anbefale enhver studerende i fysikk å lese denne fremstillingen. I de neste 10 kapitlene begynner så spesialiseringen: teorien for hydrogenatomet, sentralfelter og atomstruktur, vektormodeller av mer kompliserte atomstrukturer, multiplett-teori med beregninger for lette atomer og jerngruppens elementer etc. Dette er stoff av grunnleggende betydning for enhver som ønsker å få en dypere innsikt i atomenes struktur og egenskaper. Her har vi i vårt land allerede rike tradisjoner gjennom professor Hylleraas's grunnleggende arbeider på dette området. Dette kommer tydelig til uttrykk i den meget utførlige litteraturlisten på ca. 60 sider som avslutter bind II. Dette bindet er boken for spesialisten, for forskeren som ønsker en samlet fremstilling av de mer avanserte metoder og resultater, og den vil, er jeg overbevist om, være til uvurderlig nytte for både undervisningen og forskningen på dette viktige, men ofte vanskelig tilgjengelige området. Nytten av det foreliggende verket blir enn ytterligere aksentuert gjennom de mange tabeller over multiplett-energier, bølgefunksjoner og matrise-komponenter, som tilsammen utgjør over 100 sider i dette verket. Bøkene har nydelig trykk, og innbindingen er den vanlig solide som kjennetegner bøkene i forlagets vitenskapelige serier.

E. K. Broch.

KOSMOS BD. 38, 1960

Et nytt bind foreligger av Svenska Fysikersamfundets publikasjon Kosmos, og man åpner det som vanlig med forventning.

De som har hatt kontakt med den eldre generasjon av svenske fysikere, vil med vemod lese minneartiklene om Gustaf Ising og Axel E. Lindh, to på mange måter forskjellige personligheter som begge har gjort sin innsats innen svensk fysikk i tiden etter 1920.

Bindet innledes med en kort notis om Nobelprisen i fysikk for 1960 som ble tildelt Donald A. Glaser for hans oppfinnelse av bobblekammeret. Bindets aktualitetsverdi økes ytterligere ved at det inneholder en temmelig omfattende artikkel om Mössbauereffekten, den oppdagelse som ble belønnet med Nobelprisen for 1961.

Øvrige temaer som behandles er: Analyse av problemene omkring energiforsyning, spe-

sielt da med henblikk på svenske forhold; moderne lydgjengivelse; radioastronomi; informasjonsteori og dens anvendelse innen telekommunikasjon. Fra de faste stoffers fysikk har vi tre artikler som omhandler henholdsvis halvlederfysikk, termoelektriske effekter og halvledertellere.

Som man vil forstå har man her for seg en rekke artikler om aktuelle problemer, og alle er skrevet oversiktlig og greit og slik at de kan leses med stort utbytte av ikke-spesialister.

Etter lesningen sitter man igjen med en forvissning om den store verdi som publikasjoner av denne art har. Publikasjonsserien Kosmos kan tjene som et forbilde og en stimulans for dem som arbeider med liknende publikasjonsvirksomhet i vårt land.

Njål Hole.

Oversettelser fra den Amerikanske «Science Study Series».

Allerede flere år før Sputnik gjorde et så sterkt inntryk på de Amerikanske undervisningsmyndigheter hadde en gruppe av fremstående fysikere gått sammen for å gjøre utdannelsen i sit fag bedre. Ved siden av et program for lærebøker og undervisningsmidler satte de også igang med å skaffe gode populærvitenskapelige bøker til rimelig pris («Paperbacks»). «Science Study Series» er et utvalg av slike bøker hovedsagelig fra fysiken, men ikke utelukkende. Utvalget har hittil git inntryk av en stor skjønsomhet. Det legger ikke bare vekt på hvad som forekommer nyt og opsiktsvekkende, men også på de historiske sammenhenger.

C. V. Boys: Sæbebobler og de Kræfter der danner dem (132 sider, pris danske kr. 9.75). Gyldendals Kvantebøger, København 1962.

Boys' «Soapbubbles» fra 1916 er en perle som finnes i alle velordnede fysikbibliotheker. Den har været særlig skattet av dem som har hatt med den almene undervisning i fysiken å gjøre fordi den gir anvisning på så mange fine forelesningsdemonstrasjoner. Men boken gir meget mere enn det. Den formidler en oplevelse av naturfenomener som ofte går tapt i den abstraksjon de ordinære fysikbøker ofte forfaller til. «Sæbebobler» kan læses av alle fra 12 år og opover og med like stor fornøielse av en filolog som av en realist.

Donald J. Hughes: «Den fantastiske Neutron» (134 sider, pris danske kr. 9.75). Gyldendals Kvantebøger, København 1962.

Den nylig avdøde forfatter var specialist i experimentel neutronfysik og kunde i den egenskap presentere et meget rikholdig materiale for popularisering. En viss del av neutronfysiken er jo blitt «popularisert» inntil stor kjedsommelighet gjennem avisenes jubelkor* for atomenergien. Men det finnes jo også mere interessante ting f. eks. krystalinterferensene med neutroner. Alt er beskrevet nokså utførlig. Man savner en del specifike oplysninger som er av betydning for økonomiske og politiske vurderinger. Jeg vet ikke om de fremdeles er «classified». Det kan også gjøres den innvending at boken føier sig ivrig inn i det ovenfor nevnte «jubelkor», men annet var kanskje ikke å vente. Ellers er boken en bra oversikt over et noget specielt emne innenfor fysiken. Oversættelsen er meget fri, eksempelvis har man taktfullt omgått formuleringer som «an atomic bomb of reasonable(!) efficiency».

I. Bernard Cohen: Fysikkens Gennembrudd. (163 sider, pris danske kr. 9.75). Gyldendals Kvantebøger, København 1962.

Dette er en historisk bok om utviklingen fra Aristoteles til og med Newton. En av forfatterens theser er at Keplers opdagelser var av mere somnambul art (Jfr. Koestler: Søvngjengerne) enn f. eks. Newtons og Galileis. Han antar at de sistnevnte arbeidet mere deduktivt. Men man kan visst også si at Keplers beregning av Mars' bevægelse fra Tycho Brahes gamle observasjoner var i høi grad deduktiv, likesom Newtons utkast til hydrodynamik i Principia kanskje kunde kalles for «søvngjengeri».

Boken er meget interessant og gir et supplement til både kulturhistorien og til naturfagene som vi ikke lett kan få i skolen.

Harald Wergeland.

* Dette treffende ord skylder jeg cand. real. Wormnes.

Alle
Gyldendals
Kvantebøker

til enhver tid på lager. - De er meget billige

F. Bruns Bokhandel
Trondheim

Oldenberg, Otto: Introduction to Atomic and Nuclear Physis. McGraw-Hill 1961. 380 s. Pris 62 sh.

Denne bok har sin opprinnelse i forelesninger gitt ved Harvard University, og det som her foreligger, er tredje utgave av boken.

Fremstillingen er i stor utstrekning bygget opp omkring den historiske utvikling. I overensstemmelse med dette behandles først de forestillinger om materiens struktur som man kom fram til ved studiet av kjemien og den kinetiske gassteori. Etter en del ytterligere forberedelse, bl. a. en diskusjon av den eldre kvanteteori, blir så atomenes struktur tatt opp til behandling på noe over hundre sider. Her omtales atomspektre, Bohrs teori, Det periodiske system, røntgenstråler og røntgenspektre — for å nevne hovedpunktene.

Bølgemekanikk og faste stoffers fysikk blir deretter naturlig nok behandlet noe summarisk. Kjernefysikken får en del over hundre sider. Her gjøres rede for stabile kjerners egenskaper, radioaktivitet, kjernereaksjoner, fisjon, fusjon, kosmisk stråling.

Bokens fremstilling er hele tiden elementær og bør kunne følges om man har forkunnskaper som svarer til norsk realartium. Det blir ikke gjort bruk av høyere matematikk. Stor vekt legges på atomfysikkens eksperimentelle grunnlag, og en rekke anvendelser har også fått plass. Etter hvert kapitel er der en samling oppgaver. I denne nye utgave av boken er bruken av MKS-systemet gjennomført systematisk.

Alt i alt har vi her for oss en grei og vel gjennomarbeidet lærebok, som kan anbefales som en første innføring i atom- og kjernefysikk for studenter.

Njål Hole.

Missile and Space Projects Guide. Horace Jacobs og Eunice Engelke Whitney. Plenum Press Inc. New York.

Under den siste tidens voldsomme ekspansjon innenfor raketteknikk og romforskning har det blitt utviklet en mengde forskjellige typer av raketter for militært bruk og for geofysisk og astrofysisk forskning. Disse rakettene har mer eller mindre velklingende navn, eller de har mystiske bokstavbetegnelser. I tillegg til denne skog av navn og betegnelser på raketter finnes det på dette området flere organisasjoner som ofte bare omtales i forkortet form med en serie bokstaver. Også de forskjellige romforskningsprosjekt har sine navn som for en stor del er hentet fra stjerneverdenen eller fra gresk mytologi. Selv for fagmannen er det vanskelig å orientere seg på disse områdene og vite hva som skjuler seg bak de forskjellige betegnelsene.

Forfatterne har forsøkt å forbedre dette ved å gi en oversikt over raketter, organisasjoner og romforskningsprosjekt. Boken er skrevet i knapp leksikonstil og gir ingen detaljerte beskrivelser. Når forfatterne har hatt besværet med å katalogisere dette materialet, kunne en ha ventet at de samtidig hadde tatt med noen flere tekniske data. De forskjellige organisasjoner er også litt for kortfattet omtalt. Boken gir først og fremst en oversikt over amerikanske raketter og romforskningsprosjekt, men i den grad russiske opplysninger er tilgjengelige og i den grad andre land har bidradd er også disse tatt med.

En får også et inntrykk av amerikanernes tendens til litt for ofte å sette en bokstavforkortelse for et langt og vanskelig ord. ICBM (Inter Continental Ballistic Missile) er jo en aktuell forkortelse som lett forstås av de fleste amerikanere, men som kan være uforståelig for en utenlandsk leser av et amerikansk tidsskrift.

Som en oversikt over en mengde forkortelser og dekknavn er boken bra. Både fagmannen og ikke-fagmannen med interesse for dette området vil finne boken nyttig som en grov oversikt. Fagmannen med ønskemål om detaljer vil finne boken for mager og er henvist til spesiallitteratur som behandler mindre deler av det området boken spenner over.

Arne Pedersen, Uppsala.

GYMNASIASTER
OG
STUDENTER!

Dere kan nå få

Fra Fysikkens Verden

til redusert pris: Kr. 10.— pr. år

Nye prinsipper for elektronmultiplikatorer

Del 1

Kaare J. Nygaard

Elektronmultiplikatorer i den form de er kjent i vanlige fotomultiplikatorrør inneholder et stort antall elektroder, og de er ofte vanskelige å fremstille med tilstrekkelig nøyaktighet. Ved å benytte halvledere og meget enkle elektriske og magnetiske feltkonfigurasjoner er det imidlertid mulig å lage multiplikatorer med bare tre elektroder. En type multiplikator som benytter elektrontransparente dynoder er også omtalt i denne artikkelen.

1. *Innledning.*

I fysikken ønsker man ofte å måle intensiteten av forskjellige typer stråling. Det kan dreie seg om α-, β- og γ-stråling fra radioaktive preparater, lys- eller røntgenstråling, elektroner, ioner, m. m. Strålingen som skal undersøkes vil i det følgende bli benevnt som *primær stråling*. Nå er prinsippet for en hel rekke strålingsdetektorer at man lar den primære stråling treffe på en *omformer* («tranducer»), som igjen emitterer *elektroner* i mengder proposjonale med den primære strålingsmengde. En slik strålingsdetektor er vist skjematisk i fig. 1. Forskjellige primærstrålingstyper krever forskjellige omformere, og disse er tildels meget kompliserte. Elektronstrømmen fra omformeren kan så forholdsvis enkelt forsterkes i en *elektronmultiplikator* eller *-forsterker*, og til slutt mates inn i en *indikatorenhet* (viserinstrument eller oscilloskop). Indikatorutslaget gir da opplysning om primærstrålens intensitet.

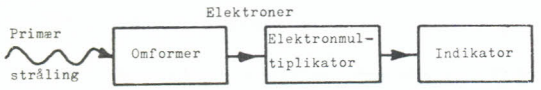


Fig. 1. Prinsipp for strålingsdetektor.

Vanlig brukte *omformere* er sekundæremisjonskatoder (for partikkelstråling), fotokatoder (for lysstråling), og kombinasjoner av scintillatorer og fotokatode for partikkel- eller γ-stråling. (Scintillatoren sender ut lys når primærstrålingen absorberes). På omformernes område er det skjedd lite prinsipielt nytt de siste år, og en omtale av disse vil ikke bli gitt.

Som *elektronforsterker* kan benyttes vanlig rør- eller transistorforsterker, sekundæremisjonsmultiplikator eller gassfylt forsterker. Sistnevnte type vil ikke bli nærmere omtalt her.

Konvensjonelle rør- og transistor-forsterkere har mange utmerkede egenskaper som ansees vel kjente. Deres største svakheter er støy, nullpunktsdrift (ved likespenningsforsterkere) og begrenset hurtighet. *Sekundæremisjonsmultiplikatoren*, som er denne artikkelens hovedemne, har imidlertid et meget lavere støynivå og kan også lages meget hurtigere enn konvensjonelle forsterkere.

Prinsipielt består en elektronmultiplikator av en serie med spesielle elementer som alle har den egenskap at når de bombarderes med *ett* elektron, vil de emittere *flere* elektroner.

Elektronmultiplikatorene karakteriseres ved de samme størrelser som benyttes for rørforsterkere, nemlig forsterkning, støy, signalforsinkelse, og stigetid (båndbredde).

Multiplikatorens *forsterkning* er lik antall elektroner som kommer ut av multiplikatoren dividert med antall elektroner som kommer inn i den. Normalt er det ingen tilbakekobling mellom ut- og inngang i en sekundæremisjonsforsterker, og ustabiliteter opptrer derfor ikke selv ved meget høye forsterkningsfaktorer (10^8). Imidlertid kan da store romladningskonsentrasjoner ødelegge multiplikatorens linearitet (proposjonalitet mellom antall elektroner ut og inn).

Støyen i en sekundæremisjonsforsterker er vesentlig forårsaket av statistiske variasjoner i antall sekundærelektroner som produseres per primært elektron. Den termiske støy er oftest av mindre betydning.

Forsinkelsen i multiplikatorene er gitt ved elektronenes midlere transittid T, som er lik den tid som medgår fra elektronene frigjøres fra omformeren til tyngdepunktet av den resulterende elektronlavine når siste elektrode, kollektoren. Denne forsinkelsen skyldes bare elektronenes endelige hastighet, da selve sekundæremisjonsprosessene i praksis er instantane (10^{-12} — 10^{-14} s).

Dersom det ved tidspunktet $t = 0$ kommer ett elektron inn i multiplikatoren, vil det noe senere, som antydet i fig. 2, komme et stort antall elektroner ut, men disse elektroner kommer *ikke* ut samtidig. Det vil være en viss spredning ΔT i elektronenes transittid, og denne *transittid-spredningen* er bestemmende for multiplikatorens *stigetid*.

Et konvensjonelt fotomultiplikatorrør, som vist i fig. 3, er et typisk eksempel på en strålingsdetektor for fotoner. Det består av en fotokatode, en elektronmultiplikator og en kollektor, alt plasert inne i et glassrør med godt vakuum. De enkelte elementene i forsterkerdelen kalles dynoder. Når *ett* elektron treffer på en dynode, vil det i middel emitteres

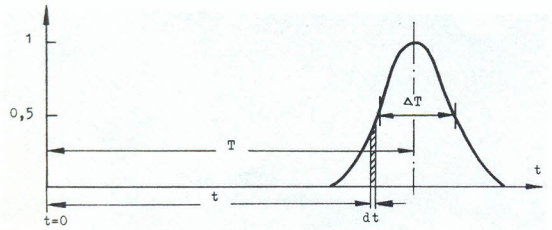


Fig. 2. Antall elektroner i en elektronpuls som per tidsintervall kommer ut fra elektronmultiplikatoren. Den maksimale amplitude er normalisert til 1.

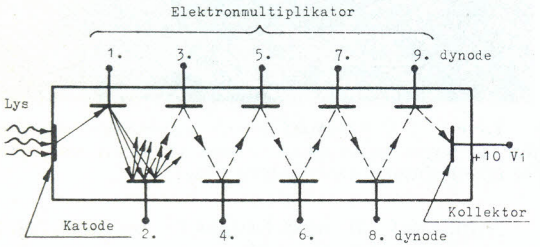


Fig. 3. Prinsipp for fotomultiplikatorrør. Potensialet på 1. dynode i forhold til katoden er + V_1 og potensialet på de andre dynodene kan f. eks. være $2V_1$, $3V_1$..... o. s. v.

δ nye elektroner fra denne. δ er sekundæremisjonsfaktoren for dynodeflaten. I en elektronmultiplikator med n dynoder, hver med sekundæremisjonsfaktor δ, vil multiplikatorens *totale forsterkningsfaktor* være δ^n. Man legger merke til at det konvensjonelle fotomultiplikatorrøret inneholder et stort antall elektroder som må monteres med stor presisjon, og et slikt rør kan derfor være forholdsvis kostbart å fremstille. Den forsterkning som oppnåes kan maksimalt være av størrelsesorden 10^8, og spredningen i elektronenes transittid optimalt 1–2 ns.

2. *Rør med elektrontransparente dynoder.*

Ved de dynodeflater som hittil er omtalt, emitteres sekundærelektronene fra den overflate som bombarderes med primærelektroner. Sternglass [1] benytter imidlertid med fordel et annet prinsipp, hvor primærelektronene kommer inn mot en meget tynn dynode (fig. 4), og hvor sekundærelektronene emitteres fra *baksiden* av denne. Elektroner som kommer fra utgangssiden (baksiden) av en dynode, vil akselereres opp og vinne så meget energi at de kan trenge inn i den påfølgende dynode, hvor så nye sekundærelektroner vil produseres. Man har funnet at alkalihalidene har en meget høy sekundæremisjonsfaktor; som eksempel kan nevnes at for KCl er $\delta = 6$–8 for bombarderende elektroner med energier i området 2,5 — 3,5 keV. Hurtige elektroner vil ta

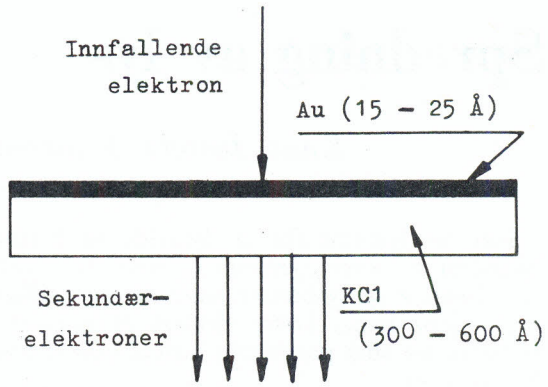


Fig. 4. Elektrontransparent dynode. De vakuumpådampede filmene er plasert på et tynt metallisk trådnett for å gi tilstrekkelig mekanisk styrke.

korteste vei gjennom den tynne KCl-filmen og produsere et forholdsvis lite antall sekundærelektroner underveis. Et tynt gullskikt som plaseres over det aktive kaliumkloridbelegget vil imidlertid sørge for å *spre* de innfallende elektroner. Mer enn 95 % av de innfallende elektroner vil stoppes, og hvert av disse vil produsere 6–8 sekundærelektroner som sendes ut fra dynodens underside.

Et multiplikatorrør med 7 dynoder etter hverandre, plasert i en avstand av 5 mm, er konstruert og prøvet, og det har følgende interessante egenskaper:

a) Med et interdynodepotensial på 3,3 kV blir $\delta = 7$, og den totale forsterkningsfaktor $F = \delta^n = 7^7 \approx 8.10^5$ x.

b) Elektronenes transittid mellom to påfølgende dynoder er 3.10^{-10} s, og spredningen i denne transittid er så liten som $7{,}7.10^{-12}$ s. Den totale transittid fra katode til kollektor utgjør 3.10^{-9} s, og spredningen i denne transittiden er bare ca. 6.10^{-11} s.

Man vil uvilkårlig stusse over denne minimale spredning i elektonenes transittid. Sternglass har jo her oppnådd en verdi som er omtrent 20 ganger mindre enn de tider som er oppgitt for kommersielle rørtyper. Forklaringen ligger i den høye spenningsdifferens mellom dynodene og i den gustige og samtidig enkle geometri. De plane dynodene tillater også bruk av store katodearealer.

Det omtalte rør er såvidt vites ikke i produksjon. En av årsakene til dette er at dynodene viser tegn på «tretthet» etter å ha blitt bombardert med et stort antall elektroner. Sekundæremisjonsfaktoren vil da forandres med tiden, likeledes den totale forsterkningsfaktor.

(fortsettes i neste hefte)

Spredning av lys

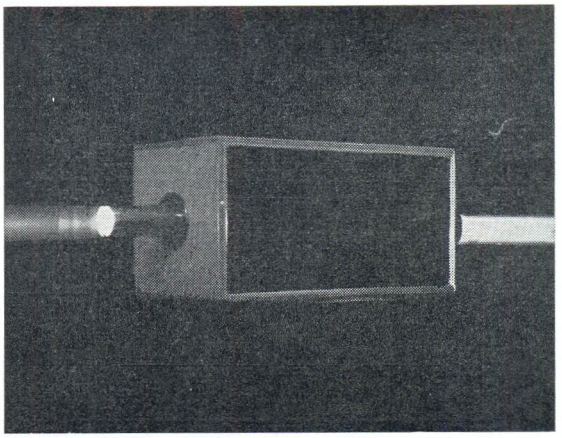
Knut Jostein Knutsen

Når en lysbunt fra en lyskilde med stor lysenergi passerer gjennom et rom, kan man som bekjent se lysbunten uten at man stiller seg i dens bane. Dette skyldes at lyset reflekteres fra små partikler i luften, slik at noe lys når øyet.

For å vise at spredningen i det vesentlige skyldes støvpartiklene og ikke luftmolekylene, har jeg som det vil fremgå av bildet, latt forarbeide en trekasse med et metallrør i hver ende. Rørene er forsynt med glassvinduer i den enden som er lengst borte fra kassen. Den langveggen som vender mot leseren, er laget av glass slik at det er mulig å se inn i kassen. Glasset går i et spor i treveggen. På den måten er det mulig å ta det ut og siden skyve det på plass igjen. Kassen med unntagelse av vinduene og glassveggen, er innvendig malt med en matt svartmaling. Kassens lengde er 40 cm og kortveggene er 20 × 20 cm. Rørene er 10 cm lange og diameteren er 5 cm. (En noe større diameter er kanskje ønskelig om eksperimentet skal betraktes i et større auditorium. Rørene vil jo begrense diameteren på de strålebunter som kan passere gjennom kassen.)

Noen timer før forsøket skal utføres, smøres treveggene og rørene innvendig med glycerol. Glassveggen settes på plass og kassen tettes best mulig med f. eks. vakuumkitt eller limbånd, så det ikke skal kunne komme mer støv inn i kassen. Etter en tid vil støvpartiklene i kassen på grunn av Brownske bevegelser og tyngdekraften treffe veggene i kassen og bli sittende fast i glycerolen. På denne måte oppnår man å få kassen praktisk talt fri for støv. Sender man da en lysbunt fra en buelampe gjennom kassen, vil man se bunten før den går inn i kassen og etter at den er kommet ut, men ikke inne i kassen, da det jo her ikke er støvpartikler som kan spre lyset. På bildet kommer lyset inn fra høyre og går ut til venstre. På grunn av svartmalingen har det dessverre ikke vært mulig å få frem detaljene i kassens indre på bildet.

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



Lysets gang gjennom kassen. Lysbundten kommer inn fra høyre og går ut til venstre. Da kassen er støvfri, er ikke lysbundten synlig inne i kassen.

Apparatet kan også brukes til demonstrasjon av diffus refleksjon. Plasseres et papir eller et annet legeme med ujevn overflate i lysveggen inne i kassen, vil den del av kassen som ligger foran i lysretningen bli belyst.

AHA-spalten*

Problem:

Månens tidevannseffekt forårsaker en økning av jorddøgnets lengde (ca. 1 sek. pr. 120.000 år). Hvilken innflytelse har dette på månens bevegelse?

Løsning av Problem 1 i nr. 2:

La Θ være utslagsvinkelen fra loddlinjen, og g tyngdens akselerasjon. Likevektstilstanden gis da av:

$$\Theta = \text{for } \omega^2 < g/R$$

$$\Theta = \arccos(g/\omega^2 R) \text{ for } \omega^2 > g/R$$

Riktig løsning ble innsendt av siv.ing. *E. Schreiner*, Blommenholm.

Løsning av Problem 2 i nr. 2 kommer i neste nummer.

Løsning av dagens problem sendes Fra Fysikkens Verdens redaksjon Fysisk Institutt, N. T. H. Trondheim. Konvolutten bes merket «Problem».

* Anviser Hyggelig Avkobling!

En skumgummimodell av solsystemet

Halvard Sollie

Stikkes fingeren ned i en bløt pute, dannes en grop omkring fingertuppen. En liten stålkule som ligger i nærheten, vil rulle ned i gropen. Når kulen ruller, mister den potensiell energi som går over i kinetisk energi. Kulen får større fart etterhvert som den kommer dypere ned i gropen.

Hvis gropen får den rette form. og friksjonen ikke er for stor, vil bevegelsen være svært lik et legemes bevegelse omkring et sentrallegeme i verdensrommet. Den lille stålkulen kan for eks. få et puff slik at den ikke ruller rett ned i gropen, men på skrå. Den vil da følge en spiralbane ned i gropen. Dette tilsvarer en jordsatelitt som gradvis mister høyde på grunn av friksjon i atmosfæren.

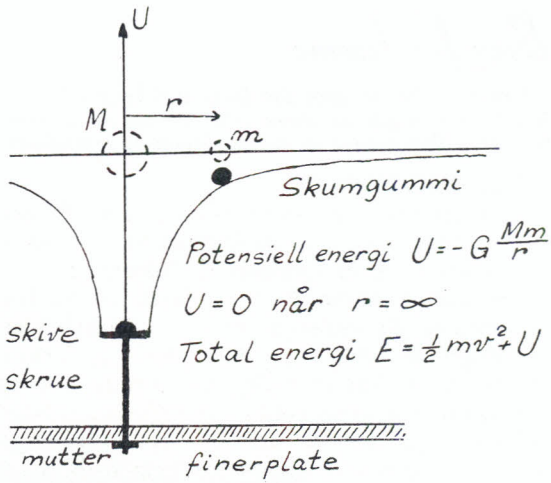
Etter endel eksperimentering har jeg funnet at skumgummi gir en tilnærmet riktig modell som er lett å lage selv. Skumgummi klippes til og legges på hverandre til tykkelsen blir omkring 10 cm. Det hele legges på en finerplate. Gropen som symboliserer gravitasjonspotensialet omkring et sentrallegeme med masse M, formes ved å feste en skive til en skrue som skrues fast med mutter på undersiden av finerplaten. Se figuren.

Dybden på gropen og skivens radius symboliserer sentrallegemets masse og radius. Modellen blir mer virkelighetsnær ved å legge en annen større kule ned i gropen. En noe mindre grop kan plasseres i nærheten av den første og lages på samme måte. Vi har da en tre-legememodell, f. eks. sol–jord–måne eller jord–måne–kunstig satelitt.

1) En liten kule (m) puffes opp av den store gropen. Er vi heldig med fart og retning, vil den gå i kretsløp omkring den mindre gropen. (Satelitt omkring månen).

2) Stilles modellen på skrå, ser en lett at det kreves mindre energi til en ferd «nedover» mot solen enn mot de ytre planeter, f. eks. Mars som ligger høyere oppe på potensialflaten.

3) Kulen ruller mot gropen med en hastighet som er så stor at den forlater gropen igjen. (Hyperbolsk hastighet). «Uendelig» langt borte fra gropen er banen rettlinjet. Men legemet har endret kurs, og kursendringen blir større



jo nærmere kulen passerer gropens dypeste punkt. Dette stemmer fint med f. eks. kometers bevegelse om solen. Dette forsøket tilsvarer også Rutherfords eksperiment med spredning av alfa-partikler omkring en atomkjerne. Men i vår modell har vi en tiltrekning i motsetning til en Coulomb-frastøtning mellom alfa-partikkel og atomkjerne.

Skumgummimodellen er selvfølgelig ikke feilfri. Himmellegemets potensielle energi U når det beveger seg omkring sentrallegemet er gitt ved likningen i figuren. G er gravitasjonstantanten. I vår modell betyr r den horisontale avstand mellom den rullende kulen og gropens dypeste punkt. I mekanikken betyr r avstanden mellom legemenes massemiddelpunkter. Derfor må vi betrakte projeksjonen av kulens bevegelse i horisontalplanet.

Av formelen for U sees at U er omvendt proporsjonal med r, og at U er lik null når kulen er uendelig langt borte. I gropen er altså U negativ. Kulen forlater «solsystemet» når den totale energi E er positiv.

Et snitt av gropflaten skal være en hyperbel. Dette synes å være nær oppfyllt når modellen lages av skumgummi. Men selv om flaten er korrekt, blir likevel forholdene bare tilnærmet riktige. Den kraft som får kulen til å bevege seg, er tyngdens komponent langs flaten. Men det er komponenten i horisontal retning som interesserer oss. Og denne komponenten er ikke omvendt proporsjonal med kvadratet på r som den er i massetiltrekningen mellom to himmellegemer. Avviket er størst dypest nede i potensialflaten.

Til tross for disse tilnærmelser viser skumgummimodellen de karakteristiske trekk ved bevegelser i verdensrummet.

Brev fra leserne

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

Herr Redaktør:

Som abonnent på Deres blad blev jeg fristet til å forsøke mig på problemet med vaskebrettveiene, og er kommet til følgende:

De motordrevne hjul er årsak til vaskebrettveiene da hjulenes omkrets tilbakelegger en lenger distanse enn veilengden, og derved forårsaker et slipp på veilegemet som resulterer i en sprut med grus, som de river løs og sender bakover, og danner derved en forhøining; neste bil kjører først over med forhjulene som pakker forhøiningen til og derefter kommer «raspen» (bakhjulet) som river op mer grus og tar med litt ifra toppens bakside, hopper over og sender ny forsyning av grus på toppens forside, og derved vil toppen eller bølgen vandre fremover i kjøreretningen.

For å fatte mig i korthet har jeg ikke tatt med de argumenter og analogier som jeg bygger på. Det kan også tenkes flere metoder til å eliminere «vaskebrettopståen», men det hører ikke med til spørsmålet: «Vaskebrettveier opstår på grunn av manglende asfaltering».

Sauda, 1. 10. 1962.

Bernh. Jensen.

Feilen i Isaachsens Lærebok i fysikk, side 64.

I F. F. V. nr. 2 har H. Sollie med rette gjort oppmerksom på at det forekommer en temmelig grov feil på det nevnte sted. Det er beklagelig at han er kommet til selv å gjøre en minst like stor feil i sin korreksjon. Det er helt uriktig at formel (2), $K = \mu_0 HIl$ «gjelder slett ikke når strømlederen er lagt i luftgapet på en elektromagnet». Formelen gjelder med absolutt eksakthet, uavhangig av hvordan feltstyrken H er oppstått. — En annen sak er hvordan gymnasiastene skal måle H for å kontrollere formelen. Da de ikke har lært noe om vismutspiraler eller Hall-effekt, står de hjelpeløse her.

Den grove feil på side 64 er formel (1), $H = nI_{sp}/L$, hvor det like før heter: «Er spolenes lengde L». Spolene er her spolene på en elektromagnet, ikke lengden av en lang, tynn, luftfylt spole eller torus. Er luftgapets lengde over 1/200 av jernkjernens lengde, vil (1) bli *tilnærmet* riktig, hvis man retter «Er spolenes lengde L» til «Er *luftgapets* lengde L».

Oslo, i september 1962,

E. Schreiner.

Vi takker lektor E. Schreiner for det verdifulle bidrag til diskusjonen om feilen i Isaachsens lærebok. Både H. Sollie og E. Schreiner er enige om at formel (2) for kraften $K = \mu_0 HIl$ er uriktig når en for feltstyrken H benytter formel (1) $H = nI_{sp}/L$. Det er tydelig at det er slik ment av Sollie i hans innlegg.

La oss finne hvordan den riktige formel (1) for en elektromagnet skal se ut. Formelen vi finner gjelder strengt tatt for en tynn torusformet elektromagnet, men i praksis kan den tilnærmet benyttes for en elektromagnet av vilkårlig form. Feltstyrken H i luftgapet til en elektromagnet finner vi slik:

Når vi neglisjerer spredningen av feltlinjene vil induksjonslinjene stå loddrett på polflatene, og siden normalkomponenten av B er kontinuerlig på grenseflaten mellom jern og luft, er

$$\mu H' = \mu_0 H ,$$

hvor H' er feltstyrkens verdi i jernet, og μ er jernets permeabilitet.

Videre er omløpsintegralet av H for en lukket sløyfe gjennom jern og luftgap lik strømmen som omslutter sløyfen

$$lH + l'H' = nI_{sp} ,$$

der l er luftgapets lengde og l' er jernkjernens lengde fra pol til pol.

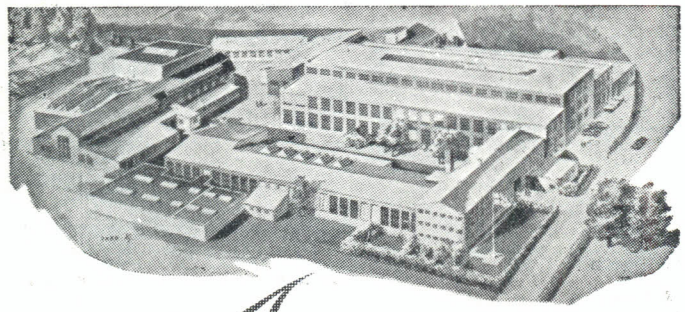
Vi finner da den riktige formel (1)

$$H = \frac{nI_{sp}}{l + l'(\mu_0/\mu)} .$$

Men så skal vi huske på at μ ikke er en konstant, den avhenger av H, som igjen avhenger av I_{sp}. Derfor er heller ikke nødvendigvis H proporsjonal med I_{sp}.

Nå er imidlertid μ/μ_0 et meget stort tall — gjerne et par tusen — når vi er langt under magnetisk metning av jernet. Om derfor luftgapets lengde er større enn 1/200 av jernkjernens lengde vil vi gjøre en feil som er mindre enn 10 prosent ved å neglisjere leddet $l'(\mu_0/\mu)$ ved siden av l, som er E. Schreiners konklusjon ovenfor.

Vi nevnte ovenfor at formelen vi har utledet strengt tatt bare er riktig for en torusformet elektromagnet. Dette kommer av at vi har forutsatt H = konstant over tverrsnittet av jernkjernen. Har vår elektromagnet ikke torusform vil formelen være tilnærmet riktig om vi for l' setter inn den midlere jernlengde. *Red.*



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

Transformatorer for de største kraftanlegg, — til de minste fordelingstransformatorer av den typen som man kan se i ledningsstolpene landet over.

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

Vi representerer:

ASEA (Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget), som fremstiller alt materiell på sterkstrømsområdet.

A/S Per Kure

Oslo - Bergen - Hamar - Kristiansand S - Larvik - Stavanger - Tromsø - Trondheim

Norsk Fysisk Selskap

Formann: Professor dr. Sverre Westin

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

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

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

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

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

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

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

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

Postgirokonto: 10472 **Bankgirokonto** 36545–285

Aktietrykkeriet i Trondhjem