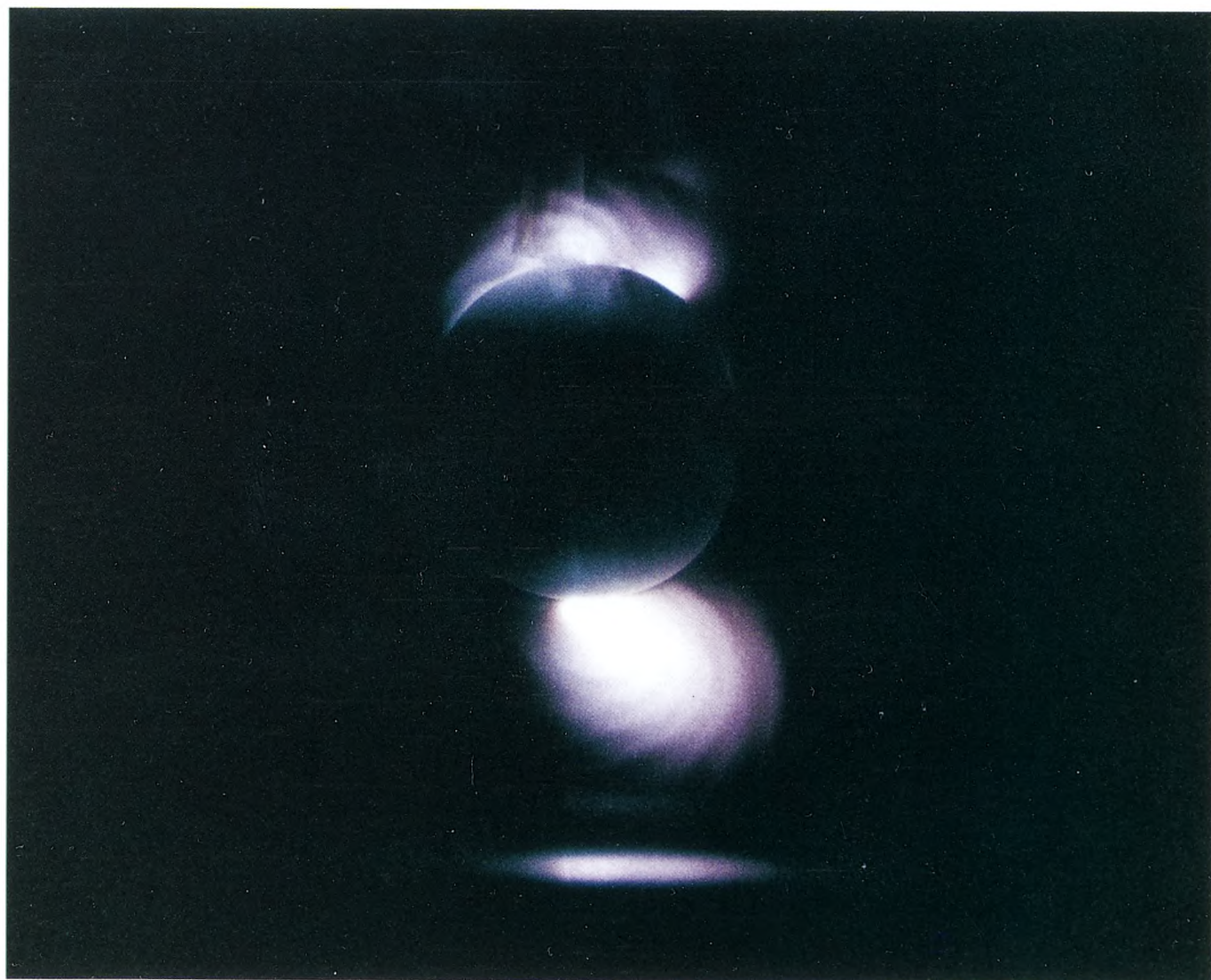


KVANT december 1992 4

Fysisk Tidsskrift

3. årgang



ENERGI: FRA VIRKNINGSKVANT TIL ENERGIKRISE • FYSIKSTUDERENDES MOBILITET •
KUNSTIGT NORDLYS • GENERALFORSAMLING I DFS • KUNSTEN AT VÆLGE

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Fysisk Tidsskrift

c/o Institut for fysik og astronomi
Ny Munkegade
Aarhus Universitet
DK-8000 Århus C

Telefax : 86 12 07 40
E-mail : kvant@dfi.aau.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af

Dansk
Fysisk
Selskab

Selskabet for
Naturlærens
Udbredelse



Redaktion

Jørgen Friis Bak (ansv.)
Det naturvidenskabelige fakultet
Århus Universitet
Jørn Christiansen
Torsten Freltoft (annoncer)
NKT Research Centre
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut
Københavns Universitet
Finn Berg Rasmussen
Fysisk Laboratorium
Københavns Universitet
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

KVANT udkommer 4 gange årligt og er
medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år (i Danmark).

Annoncepriser

1/1 side	3000 kr
1/2 side	1600 kr
1/4 side	1000 kr
Farvetillæg	1800 kr

Priserne er excl. moms og gælder for repro-
klart materiale. Henvendelser om annoncer til
Torsten Freltoft, NKT Research Centre,
telefon 43 48 35 69, telefax 43 63 00 99.

Oplag: 2000
Tryk: AKA-print
ISSN 0905-8893

Indhold:

Energi: Fra virkningskvant til energikrise

Bent Elbek 1

I dette århundrede har energibegrebet indtaget en central stilling. I
begyndelsen af århundredet opdagedes ækvivalensen mellem energi og
masse, og energien blev opdelt i kvanter. Atomer og atomkerner indre
struktur og deres sammensætning har været et hovedtema for dette
århundredes fysik, og i disse studier har energi været et vigtigt begreb.
Det har også stor betydning i kemi og biologi. Og det er i dag et meget
vigtigt emne i hele samfundsdebatten.

EPS's plan for fysikstuderendes mobilitet i Europa

Stig Steenstrup 9

Med den stigende internationalisering bliver der forbedrede muligheder
for at studerende kan komme på studieophold ved andre universiteter.
European Physical Society har taget initiativet til en aftale mellem
hovedparten af de europæiske fysikinstitutter om udveksling af
studenter.

Kunstigt nordlys

Sten Asgaard Andersen 11

Kunstigt nordlys kan frembringes med forholdsvis enkle midler. I den
forgangne sommer var det muligt at se det på Charlottenborg.
Apparaturet er så enkelt at det endog kan bygges i et gymnasiums
fysiklaboratorium.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab

Referat af generalforsamlingen 13

Formandens beretning 14

Kunsten at vælge

Mogens Esrom Larsen 16

Med indførelsen af den nye styrelseslov for de videregående
uddannelser, er der lejlighed til at overveje valgprocedurer. Så snart der
er mere end to muligheder er det ikke helt oplagt, hvilken
valgprocedure, der skal vælges.

Redaktionelt: Ny redaktør af KVANT 20

Forsiden:

Nordlys er et af de smukkeste fænomener på himlen. Artiklen på side 11
beskriver udviklingen af et apparatur til at lave kunstigt nordlys. Billedet
viser nordlys frembragt med dette apparatur.

Energi: Fra virkningskvant til energikrise

Bent Elbek, Niels Bohr Institutet

Et nyt århundrede

Ved slutningen af 1800-tallet var energibegrebet udviklet og havde fundet anvendelse på mange områder af fysikken. Der var mange succeser at se tilbage på, og det var vel forståeligt, at nogen overmodigt kunne mene, at nu havde man styr på det meste. Der fandtes endog en fysisk-filosofisk retning, *energetikken*, der ville tage energi som det almene grundlag for enhver naturbeskrivelse. Hermed nåede man ikke langt. Et af de mere kuriøse resultater var de metriske papirformater, der blev indført som et bidrag til at mindske energispildet ved skriftligt arbejde. Det nye århundrede var dog næppe begyndt, før det viste sig, at energibegrebet havde andre og væsentligere ting at byde på.

Energi og masse

Ny indsigt opnås ofte på en helt uventet måde. Hvis nogen, eksempelvis ved begyndelsen af 1800-tallet, havde funderet over, hvordan man kunne strække verdens forsyning med brændsel, som allerede da gav anledning til bekymring, ja så ville vedkommende måske have overvejet bedre væger og bedre talg til fremstilling af vokslys eller have opfundet nye skovlhjul til tidens dampskibe. Han ville tilvisse ikke være begyndt at spekulere på, hvordan man stiller sit ur i et bevæget referencesystem.

Men det var jo netop det *Einstein* gjorde. Han indse, at ure måtte synkroniseres ved hjælp af lyssignaler. Dette førte til, at forestillingen om *absolut tid* måtte falde, men synkroniseringsmetoden sikrede, at lyset har samme hastighed c i alle referencesystemer uafhængigt af, om de måtte bevæge sig med en jævn hastighed i forhold til hinanden. Dette ledte Einstein til den specielle relativitetsteori i 1905.

En af de overraskende konsekvenser som Einstein drog af relativitetsteorien, var, at masse og energi er ekvivalente. Masse og energi er forskellige fysiske størrelser, men masse har energi og energi har masse, forbundet som de er ved ligningen $E = mc^2$. Den eneste ligning som nogenlunde uskadt kan trykkes i et dagblads spalter.

Hvis et legeme opvarmes og derved forøger sin interne energi, forøger det også sin masse. Det vil sige, at legemet får mere *inerti*. To lige store klumper vådt ler smasker sammen til en større klump, hvis masse ikke blot er den samlede masse, men er forøget med den kombinerede kinetiske energi af de to klumper divideret med c^2 . En proton og en neutron kan gennem en proces, som kaldes strålingsindfangning, forenes og danne en deutron. Men den dannede deutron har en masse, som er omkring 0,1 % mindre end summen af protonens og deutronens masser. Under indfangningsprocessens forløb frigøres der energi i form af et gamma-kvantum og en smule rekylenergi til deutronen. Energifrigørelsen svarer netop til masseforskellen mellem neutronen plus protonen og den dannede deutron, når denne forskel multipliceres med c^2 . Der er

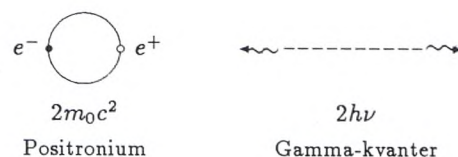
Box 1: Ekvivalens af masse og energi

Ekvivalensen af masse og energi kan udledes fra den specielle relativitetsteori på flere måder. Den mest instruktive er måske den, som bygger på, at energi og impuls skal være bevaret i alle referencesystemer. En sådan udledning blev givet af Einstein i 1934, og er helt forskellig fra den oprindelige fra 1905.

Den proces, som kaldes *positron annihilation*, giver en dramatisk eksperimentel demonstration af ekvivalensen mellem masse og energi. Positronen er elektronens *antipartikel*. Den har samme hvilemasse som elektronen, men modsat elektrisk ladning. En elektron og en positron, som bringes nær hinanden i (næsten) hvile, vil danne *positronium*. Det er et 'grundstof', som minder om hydrogen, men hvor positronen gæsteoptræder i rollen som atomkerne. I positronium bevæger elektronen og positronen sig omkring deres fælles tyngdepunkt, men inden for et tidsrum på omkring 10^{-10} s ender dette dødelige favntag i en fuldstændig tilintetgørelse af partnerne, hvorved der udsendes to gamma-kvanter i modsatte retninger (bevarelse af impuls!). Skrevet i formel er processen

$$e^+ + e^- \rightarrow 2h\nu.$$

Energien $h\nu$ af hver gamma-kvantum er nøjagtig lig m_0c^2 , hvor m_0 er elektronens hvilemasse, som i energi svarer til 511 keV. Al materiel masse er forsvundet og kun immaterielle gamma-kvanter er tilbage. Men energien er strikt bevaret.



utallige eksempler på en sådan ekvivalens mellem energi og masse, som det dog eksperimentelt er væsentlig lettere at iagttage for atomare partikler end for dagligdagens objekter.

Energi i kvanter

Kvantefysikken beskriver stof og stråling på et mikroniveau, hvor stoffet ikke længere er en homogen substans, men viser struktur. For hvert trin af opløsningsevne hos vore eksperimentelle hjælpemidler kan vi skelne et karakteristisk udvalg af partikler: Molekyler er sammensat af atomer, som

igen består af en kerne og en sværm elektroner. Kernen er sammensat af protoner og neutroner, som ved den højeste opløsningsevne selv viser en struktur af quarks. De partikler, vi møder på hvert trin, har bestemte egenskaber som ladning, masse, spin og magnetisk moment. Disse egenskaber har diskrete værdier, de er *kvantiserede*.

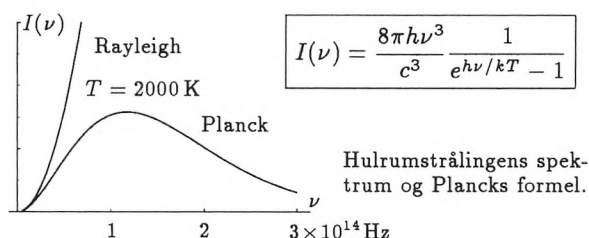
På mikroniveauet er også energi kvantiseret. Energiens kvantisering var netop det fænomen, som ved det tyvende århundredes begyndelse først tiltrak sig de mest opmærksomme fysikers interesse. Kvantiseret energi var noget helt nyt som forvarslede, at i atomernes verden er naturlovene meget forskellige fra dem, man kendte fra den klassiske fysik.

Der var tre, i dag klassiske iagttagelser, som hver afslørede en side af energiens kvantisering. Det var hulrumsstrålingen, den fotoelektriske effekt og hydrogen-spektret. Disse iagttagelser og deres tolkning er forklaret i boxene 2, 3 og 4.

Box 2: Hulrumsstrålingen

Max Planck 1900: Et ophedet legeme vil udsende elektromagnetisk stråling som infrarødt, synligt og ultraviolet lys. Spektret fra et absolut sort legeme (et lille hul i væggen til et opvarmet hulrum) er en kontinuert, klokkeformet kurve, som viser intensiteten som funktion af strålingens frekvens. Tidligere beregninger af Lord *Rayleigh* baseret på statistisk termodynamik, kunne nok gengive kurven for lave frekvenser, men for høje frekvenser gik det galt, idet Rayleighs formel gik mod uendelig. Dette blev meget malende kaldt den 'ultraviolette katastrofe'.

Nu lykkedes det for Planck at finde et matematisk udtryk, som nøje gengav kurven i hele frekvensområdet. Lidt senere udledte han også dette udtryk teoretisk.



Det kunne han imidlertid kun gøre, hvis han antog, at energien fra hulrummets varme vægge blev omsat til stråling i 'energibundter' af en bestemt størrelse, nemlig

$$E = h\nu,$$

hvor ν er strålingens frekvens. Konstanten h , som har dimension af energi gange tid, blev kaldt *virkningskvantet*, men omtales nu mest som *Plancks konstant*. Den viste sig snart at være en afgørende ny naturkonstant, som optræder overalt i kvantefysikken.

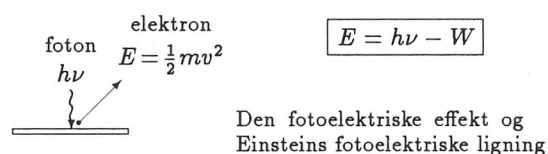


De tidlige bidrag af *Max Planck* (1858-1947), *Albert Einstein* (1879-1955), *Niels Bohr* (1885-1962) og andre skabte grundlaget for det, vi i dag kalder den gamle kvantemekanik. Den havde mange succeser ved beskrivelsen af atomernes egenskaber, men der var også tilfælde, hvor den klart var utilstrækkelig. Disse vanskeligheder blev helt opklaret med en ganske ny type mekanik, som omkring 1925 blev skabt af *Werner Heisenberg* (1901-1976), *Erwin Schrödinger* (1887-1961), *Max Born* (1882-1970), *Paul A. M. Dirac* (1902-1984) og andre. Kvantiseringen af energi og af flere andre fysiske størrelser er en naturlig følge af den

Box 3: Den fotoelektriske effekt

Albert Einstein, 1905: Når ultraviolet lys falder ind mod en metaloverflade udsendes der elektroner fra metallet. Denne fotoelektriske effekt havde været kendt i nogen tid, men kunne ikke rigtig forklares ved den elektromagnetiske teori. Blandt andet var elektronerens energi bestemt af lysets frekvens og ikke, som ventet, af lysets intensitet.

Einstein kom nu med en helt ny ide, en lyspartikel, som senere blev kaldt en *foton*. Einsteins hypotese var, at en foton med frekvensen ν har energi $h\nu$.



Ved fotoeffekten overføres denne energi til elektronen ved en stødlignende proces. Det kræver imidlertid et vist arbejde W at rive elektronen løs fra metallet. Derfor vil den største kinetiske energi, som en elektron kan have, når den forlader metallet, være

$$E = h\nu - W.$$

Dette er Einsteins fotoelektriske ligning, som ikke blot indførte foton-begrebet i fysikken, men også klart pegede på den vidtrækkende betydning af konstanten h , som få år forinden var fundet af Planck.

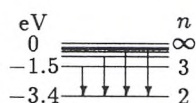
nye kvantemekanik, som i dag er det faste fundament for alle beskrivelser af stof og stråling.

Den sidste ligning i box 5 kaldes den tidsuafhængige Schrödingerligning og udtrykker i kvantemekanisk form den klassiske lov om energiens bevarelse. Det første led repræsenterer den kinetiske energi, det andet den potentielle energi, mens leddet på højre side er den totale energi. Hvis man benytter kvantemekanikkens regler for beregning af middelværdier, kan ligningen skrives som

$$\langle T \rangle + \langle V \rangle = E$$

Box 4: Atomernes spektre

Niels Bohr, 1913: Spektret af hydrogen, som det iagttages fra et udladningsrør, viser en række skarpe linier. Frekvenserne af disse linier kan gengives meget nøjagtigt ved en simpel empirisk formel, som blev opdaget af *Balmer* i 1885. Det var et mysterium for den klassiske elektrodynamik, at spektret skulle bestå af skarpe linier. En elektron i et atom må udføre en art svingende bevægelse, altså være accelereret.



$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{me^4}{\hbar^2 n^2}$$

Hydrogens kvantetilstande med Balmerovergangene og Bohrs formel for tilstandenens energi.

Men en sådan elektron må efter elektrodynamiken til stadighed udsende elektromagnetisk stråling og derfor miste energi. Elektronen vil løbe hurtigere og hurtigere, hvorved den ganske vist vinder kinetisk energi. Men den potentielle energi i det elektriske felt aftager endnu mere og elektronen vil snart ende op i atomets kerne. I modsætning til al erfaring ville stoffet overhovedet ikke være stabilt.

Bohr indså, at spektralliniernes budskab var, at atomets energi er kvantiseret. Han postulerede, at en elektron kun kan befinde sig i et antal *kvantetilstande*, hvor den ikke stråler. Hver tilstand har en bestemt energi, og en foton udsendes kun, når en elektron springer fra en tilstand med energi E_1 til en anden med den (lavere) energi E_2 . Fotonens energi og dermed frekvensen af det udsendte lys bestemmes derfor af

$$h\nu = E_1 - E_2.$$

Denne teori forklarede ikke blot spektralliniernes. Ud fra kendte naturkonstanter, herunder Plancks konstant, reproducerede teorien de observerede frekvenser med meget høj præcision. Og sidst, men ikke mindst, gav teorien stabilitet til stoffet.

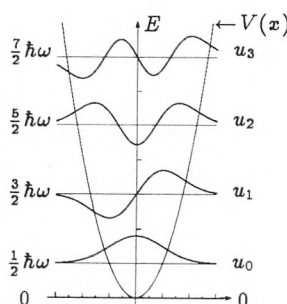
der udtrykt i ord siger, at middelværdien af den kinetiske energi plus middelværdien af den potentielle energi er den totale energi. I kvantemekanikkens hjerte, Schrödingerligningen, finder vi således indskrevet det store forenende princip i fysikken: Energien er bevaret.

Energi i systemer med tiltagende kompleksitet

Den historiske udvikling illustrerer, hvordan energibegrebet er blevet udvidet til at omfatte alle dele af det fysiske univers. Energi anvendes til at beskrive systemer og

Box 5: Energi i kvantemekanikken

Kvantemekanikken har en række forskellige formuleringer. I *Schrödinger-formuleringen*, som ofte kaldes *bølgemekanikken*, er den hele tilstand af et fysisk system, eksempelvis en elektron i et atom, beskrevet ved en *bølgefunktion* ψ . Denne er en funktion af de tre rumkoordinater (x, y, z) og af tiden t .



$$V = \frac{1}{2} kx^2$$

$$E = \hbar\omega(n + \frac{1}{2})$$

$$\omega = \sqrt{k/m}$$

Kvantetilstande og bølgefunktioner for endimensionel harmonisk oscillator.

Bølgefunktionen skal tilfredsstille en differentialligning, *Schrödingerligningen*, som (i én dimension) har formen

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + V(x)\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t},$$

hvor $V(x)$ er det endimensionale potential, hvori en partikel med masse m bevæger sig.

Hvis man antager, at løsningen til denne ligning er af formen $\psi(x, t) = f(t)u(x)$, separerer ligningen i to. Ved separationsprocessen indføres der en konstant, som (ved forsyn) kaldes E . Den tidsafhængige del af løsningen bliver en simpel oscillerende funktion $f(t) = \exp(-iEt/\hbar)$. For den stedsafhængige del $u(x)$ gælder differentialligningen

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 u}{dx^2} + V(x)u(x) = Eu(x).$$

Kvantisering hænger sammen med, at denne ligning kun har fysisk acceptable løsninger (som ikke render vildt i store afstande) for bestemte værdier af E . Disse værdier, som kan nummereres $E_0, E_1, \dots, E_n, \dots$ er partiklens kvanteenergi. En måling af partiklens energi kan udelukkende give en af disse energier.

systemers vekselvirkning. Systemer kan være simple som et hydrogenatom eller en rullende kugle. De kan også være komplekse som en levende organisme eller et menneskeligt samfund. Selv i de mest komplicerede tilfælde kan man som regel opstille en art energiregnskab, som fortæller noget væsentligt. I de følgende afsnit skal vi se nogle få eksempler på anvendelsen af energibegrebet i systemer med tiltagende kompleksitet.

Vor tids videnskab ved en masse om stoffets struktur og om stoffets dele. Vi mener at kende de fleste af de grundlæggende lovmæssigheder, som redegør for egenskaberne af atomare systemer. Men på nær for de aller simpleste af den slags systemer ligger en detaljeret beregning af bestemte egenskaber som regel uden for mulighedernes grænse, selv med vor tids computere til hjælp. Og selv hvis en sådan beregning skulle være mulig, var den måske slet ikke interessant, fordi resultaterne ikke kan udtrykkes ved *egnede* begreber. Har man en gas i en beholder med stempel, er det væsentlig mere værdifuldt at vide, at produktet af tryk og volumen er konstant ved konstant temperatur, end det er at kende den præcise beliggenhed og hastighed af 10^{23} molekyler om et sekund.

Energi er et egnet begreb. Selv når man ikke ved ret meget om et system, kan man ofte beregne dets energi og siden fra energien nå frem til andre betydningsfulde størrelser. Lige så vigtigt er det, at energi, eller i det mindste ændring i energi, er noget, som kan måles. Energi er en observerbar størrelse. Dette er helt afgørende for atomare systemer, hvor de fleste makroskopiske metoder ikke slår til. Energi giver os i sit væsen et signal. Det er ikke nogen tilfældighed, at de tre klassiske iagttagelser som er omtalt i box 2, 3 og 4, alle omfattede måling af energi.

Atomere

De fleste af vore daglige erfaringer om verden kan føres tilbage til en enkelt fysisk kraft: Den elektriske vekselvirkning. Det er den elektriske vekselvirkning mellem den positive atomkerne og de negative elektroner som, sammen med kvantemekanikkens love, bestemmer struktur og egenskaber ved stoffet omkring os. På vor planet, hvor temperaturen blot er nogle få hundrede grader over det absolutte nulpunkt, er stof opbygget af atomer. Så hvad vi sanser og oplever kan føres tilbage til den elektriske vekselvirkning. De andre naturkræfter: Den stærke og den svage kernekraft og tyngdekraften er af mindre direkte betydning. Men vi skal selvfølgelig ikke glemme, at det er kernen, som giver atomet det meste af dets masse og således gennem tyngdekraften sørger for, at vi holder fødderne på jorden.

Molekyler

Et atom er udadtil elektrisk neutralt, og der vil derfor ikke være nogen kraft imellem to atomer, hvis afstanden mellem dem er stor i forhold til deres diametre. Men bringes atomerne så nær hinanden, at deres elektronskyer begynder at overlape, vil de tiltrække hinanden, og der kan dannes et *molekyle*. Atomerne vil dog aldrig helt falde sammen,

Box 6: Hvorfor har atomer den størrelse, de har?

Man kan skønne over størrelsen af et atom ved en simpel energibetragtning sammen med loven for den elektriske vekselvirkning og et kvantemekanisk princip.

Lad os tænke på et simpelt endimensionalt 'hydrogenatom', hvor en elektron med masse m og ladning $-e$ er bundet til en kerne med ladning $+e$. Den potentielle energi af elektronen i afstanden r bliver

$$E_p = -\frac{e^2}{r}.$$

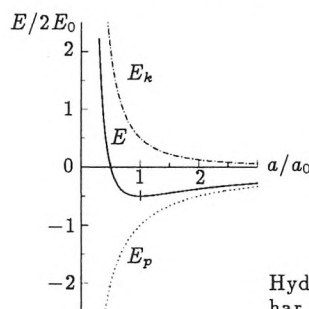
Vi indfører nu kvantefysikken kognet ned til Heisenbergs usikkerhedsrelation. Elektronens binding til kernen er en rumlig afgrænsning af størrelsesordenen r . Efter usikkerhedsrelationen betyder dette, at elektronen farer frem og tilbage med en impuls, af størrelsesordenen $p = \hbar/r$. Den tilsvarende kinetiske energi er

$$E_k = \frac{p^2}{2m} = \frac{\hbar^2}{2mr^2}.$$

Følgelig bliver atomets totale energi

$$E = E_k + E_p = \frac{\hbar^2}{2mr^2} - \frac{e^2}{r}.$$

Denne funktion har et minimum ved en eller anden afstand $r = a$. Overlades atomet til sig selv, vil det



Hydrogenatomets totale energi har minimum for Bohr-radius.

minimere sin totale energi, hvilket ved differentiation kan ses at indtræffe for

$$a = \frac{\hbar^2}{me^2}.$$

Dette resultat er, heldigt nok, netop 'Bohr-radius' af hydrogenatomet ($a_0 = 5.3 \times 10^{-11}$ m). Den tilsvarende totale energi (bindingsenergien) bliver

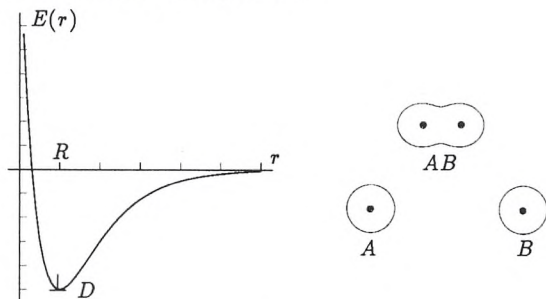
$$E_0 = -\frac{1}{2} \frac{me^4}{\hbar^2} \quad (= -13.6 \text{ eV}).$$

Atomets størrelse og bindingsenergi følger således helt af kvantefysikken og den elektriske vekselvirkning.

fordi frastødningen mellem deres positive kerner vil dominere over tiltrækningen for små afstande.

Box 7: Energien af et molekyle

Dannelsen af et toatomigt molekyle kan illustreres ved en kurve, der viser atomernes totale energi som funktion af afstanden mellem dem. V kan se på to atomer *A* og *B*, som bringes nærmere hinanden således, at de til slut danner molekylet *AB*.



Ved en afstand r mellem kernerne vil systemet af elektroner og kerner have en energi $E(r)$. Er afstanden mellem atomerne stor, er $E(r) = 0$, men skal der dannes et stabilt molekyle må $E(r)$ aftage med afstanden, indtil et minimum nås. Ved endnu mindre afstand vokser energien igen på grund af frastødningen mellem kernerne. Den afstand $r = R$, hvor energien har minimum, er ligevægtsafstanden mellem de to kerner. Minimumets dybde D er den energi, der kræves for at dissociere molekylet eller, modsat, den energi som frigøres (til syvende og sidst som varme) ved molekylets dannelse.

Et simpelt diatomisk molekyle er allerede et væsentlig mere kompliceret system end et atom. Som atomet har molekylet et system af elektroner. Men de løsest bundne af disse elektroner tilhører ikke de individuelle atomer i molekylet. Elektronerne er fælleseje og udveksles stedse mellem atomerne, hvilket gør kvantemekaniske beregninger af molekylets energi mere komplicerede. Yderligere er der nye bevægelsesformer, som bliver mulige i et molekyle. I box 7 omtales det, at ligevægtsafstanden mellem atomerne svarer til den laveste energi. Men atomerne kan oscillere omkring ligevægt, hvorved molekylet får vibrationsenergi. Ligeledes kan molekylet rotere om en akse vinkelret på forbindelseslinjen mellem de to atomkerner, således at molekylet også kan have rotationsenergi. På den måde bliver en fuldstændig redegørelse for energiforholdene i selv et simpelt molekyle en kompliceret sag. Dette er også tydeligt at se på de udsendte spektre, som er meget mere komplicerede end dem fra de individuelle atomer.

Box 8: Kernernes skalmodel

Studiet af mange-legeme systemer optræder i næsten alle grene af nutidens fysik og strækker sig fra makroskopiske fænomener i stof over atomers og molekylers struktur til kerner og partikler. Kernen har her en særlig position, fordi den på den ene side er tilstrækkelig kompleks til at udvise en lang række kollektive fænomener, på den anden side tilstrækkelig simpel til at have skarpe kvantetilstande.

10	50
2	2
6	4
8	28
2	20
6	4
2	8
2	2

De laveste tilstande i skalmodellen og deres opfyldning med nucleoner. Tallene til højre er de såkaldte magiske tal, som giver en særlig stabilitet.

Den kernefysiske *skal-model* giver et eksempel på energiens kvantisering i en kerne. I denne model betragter man *nucleoner* (dvs. protoner og neutroner) med masse m , som bevæger sig uafhængigt i et fælles potential skabt kollektivt af dem alle. I den simpleste version af modellen tages dette potential som et 3-dimensionalt harmonisk oscillatorpotential $V(r) = \frac{1}{2}kr^2$, hvor r er afstanden fra kernens centrum, og k er en konstant. Den kvantemekaniske løsning for dette system giver en række kvantetilstande med energier $E_n = n\hbar\omega$, hvor n er et helt kvantetal $0, 1, 2, \dots, n$, og hvor ω er den klassiske oscillatorfrekvens $\sqrt{k/m}$. Efter Paulis udelukkelsesprincip kan hver sådan tilstand rumme $(n+1)(n+2)$ nucleoner af hver slags. I skalmodellen tager man yderligere hensyn til en vekselvirkning mellem impulsmomentet L og spinnets S for hver nucleon, hvilket bevirker, at de individuelle oscillator tilstande splitter op. Det resulterende energiskema og dets opfyldning med nucleoner er i kvalitativ og, med justeringer, endog kvantitativ overensstemmelse med energitilstande, som kan observeres i kernerne.

Kemi

Tager vi endnu et skridt mod større kompleksitet møder vi *kemien*. En videnskab som drejer sig om dannelse og nedbrydning af molekyler og andre aggregater af atomer. I princippet kan kemien forstås på grundlag af kvantemekanikken, men med undtagelse af de aller enkleste systemer bliver en detaljeret behandling umulig, og man må ty til andre metoder. På makroskopisk niveau er regnskaber over energi- og entropiændringer uundværlige ved studiet af kemiske reaktioner og termodynamik inden for kemien er blevet udviklet til en selvstændig disciplin.

Kerner og partikler

Atomets kerne er et objekt, hvis lineære udstrækning er omkring 10^4 gange mindre end atomets, hvorimod den energiskala vi møder i kernen er omkring 10^6 gange større. Mens energier i atomer og molekyler måles i eV, er den relevante energienhed i kernen MeV.



Den ændrede energiskala sammen med det, at kernepartiklerne er meget tungere end elektronerne, betyder, at egenskaberne af en kerne i mange henseender er forskellige fra egenskaberne af et atom. Der er yderligere den forskel, at kræfterne, som bestemmer atomets opførsel, er de velkendte elektriske kræfter, mens kræfterne, som binder kernepartiklerne sammen, er de stærke kernekræfter, som er mindre godt forstået. Alligevel har man opnået en meget betydelig indsigt i kernen som et kvantemekanisk system, og den nøjagtighed, hvormed kerneegenskaber i dag kan beregnes, er ofte lige så god, som den der opnås for atomare systemer.

Der kan gives utallige eksempler på energibegrebets betydning inden for kernefysikken. Alfa-henfaldet, som er karakteristisk for mange tunge kerner, blev intensivt studeret ved dette århundredes begyndelse og gjorde det straks klart, at her fungerede naturen efter en ganske anden energiskala, end den man kendte. Beta-henfaldet, som giver et kontinuert

spektrum for de udsendte elektroner, var i lang tid en energimæssig gåde. Hvorfor frigjorde en proces mellem veldefinerede tilstande i to kerner ikke altid den samme mængde energi? Var der her et tilfælde, hvor energi ikke var bevaret? *Wolfgang Pauli* (1900-1958) ville ikke ofre energibevarelsen. For at redde den opfandt han en ny, næsten uagttagelig partikel, *neutrinoen*, som kunne løbe bort med den manglende energi. Neutrinoen, som senere er blevet eksperimentelt bekræftet, er en af de mest overraskende opdagelser baseret på loven om energiens bevarelse.

Atomkernens energi har som bekendt på mange andre måder påvirket ikke blot den videnskabelige, men også den tekniske og politiske udvikling. Studiet af masserne af atomkerner, som indgik i en kerneprocess, gav det første eksperimentelle bevis for ekvivalensen af masse og energi. Opdagelsen af fissionsprocessen skabte kernevåbnene og en mægtig ny kilde til energi. Energiproduktionen i sol og stjerner og syntesen af grundstoffer i universet blev forklaret ved kerneprocesser. I de senere årtier har den detaljerede undersøgelse af kernen som et kvantesystem med mange, men ikke for mange, partikler bidraget væsentligt til udviklingen af både kernefysikken og af kvanteteorien.

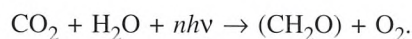
Energi og landbrug

Fysikkens systemer kan godt være komplekse, men energi forbliver dog for dem en veldefineret størrelse, som i princippet kan fastlægges nøjagtigt ved beregning eller måling.

For systemer, som ikke udelukkende regeres af fysikkens love, er energi og energistrøm stadig vigtige begreber, men de taber noget af deres matematiske stringens. Det er også sider af energibegrebet, som er uden betydning i fysikken, der her bliver fremhævet.

Energiovervejelser er vigtige for studiet af levende organismer. Man bruger betegnelsen *metabolisme* eller *stofskifte* for de komplicerede kredsløb af energi og stof, som er en forudsætning for liv. Studiet af sådanne processer ligger helt inden for naturvidenskabens område. Situationen bliver imidlertid mere uoverskuelig, når vi betragter systemer, som på forskellig måde er udsat for menneskelig indgriben. Landbrug er et eksempel på et sådant system.

I termodynamisk forstand er landbrug et åbent system, som udveksler energi og stof med omgivelserne. Det adskiller sig fra et naturligt økologisk system, fordi mennesker griber ind i processerne. Den grundlæggende proces i landbrug er *fotosyntesen*, hvor grønne planter indfanger og oplagrer energi fra solen. I princippet er fotosyntesen en enkel kemisk proces, hvor energien i lyset omdanner kuldioxyd og vand til sukker og oxygen:



Her repræsenterer (CH_2O) en del carbohydrat, for eksempel glukose, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, og n angiver det antal fotoner $h\nu$, som behøves for at drive processen. Omdannelsen af kuldioxyd til sukker kræver en energi omkring 5 eV per molekyle CO_2 . Men da en foton i det synlige område har en kvante-

energi på kun 2-3 eV, kan processen oplagt ikke forløbe i ét trin. I virkeligheden behøves der mindst 8 lyskvanter per molekyle CO_2 , hvilket indebærer en kvanteeffektivitet på omkring 30 % ved processen. Naturen, som så ofte kender effektive løsninger, er altså langt fra at udnytte den energi i solstrålingen, som termodynamisk set skulle være tilgængelig.

Box 9: Landbrugets energi-ratio

Man har forsøgt at vurdere effektiviteten af forskellige landbrugssystemer ved hjælp af den såkaldte *Energi-ratio* (energiforholdet) betegnet R :

$$R = \frac{E_o}{E_i},$$

hvor E_o er næringsværdien af den føde, der forlader systemet og E_i er den samlede tilførsel af energi til traktion, gødning, kemikalier m.v. (men ikke sole-energi). Tabellen viser eksempler på sådanne energi-ratioer, hvor tendensen klart er, at de højt udviklede landbrugssystemer har væsentlig lavere værdier end de primitive systemer.

Energi-ratio for forskellige landbrugstyper

	E_o	E_i	R
	GJ/ha/a		
Danmark	14	31	0.5
England	11	24	0.5
Holland	43	36	1.2
USA	9	13	0.7
Australien	6	2.4	2.8
Indien (eksempel)	10	0.7	15
Kina (eksempel)	281	6.8	41

E_o : Vegetabiliske + animalske produkter

E_i : Fossilt brændsel + humant og animalsk arbejde

Man skal ikke ukritisk bedømme landbrugssystemerne efter deres effektivitet ved udnyttelse af energien. Landbrugsproduktion træffer sig at være noget, som kan måles i energienheder, og det er derfor fristende at sætte udbyttet i relation til forbruget, som det sker med energi-ratioen. At dette forhold kan overstige 1, skyldes solen, som generøst subsidierer landbrugsproduktionen. Men et dimensionsløst forhold fortæller ikke noget om det absolutte udbytte og kvaliteten. Det viser sig ofte, at høje udbytter er forbundet med brugen af energi til arbejde og gødning.

Den effektivitet, hvormed solstråling faktisk omsættes til energi i plantemateriale, er dog endnu lavere. Det skyldes blandt andet, at kun en del af spektret kan drive fotosyntesen, at der tabes energi ved respiration og at det totale landareal ikke udnyttes. Den samlede effektivitet for planter

i naturen er omkring 0,25 %. Landbrug er menneskets metode til at sætte denne effektivitet i vejret og til at rette effektiviteten mod spiselige produkter.

Ved landbrugsmetoderne griber mennesket hovedsagelig ind i de naturlige processer gennem brug af energi. Energi til jordbehandling, til såning, til høst og til oplagring. I moderne landbrug er disse energitilførsler betydelige og overstiger næringsenergien i afgrøderne. Dette er i endnu højere grad tilfældet ved produktionen af animalske landbrugsprodukter, idet effektiviteten ved omsætning af vegetabilisk foder til animalske produkter kun er omkring 10 %.

Energi og samfund

Som begreb blev energi udviklet inden for fysikken. Men energi er som bekendt også en vigtig faktor inden for teknologi, økonomi og politik. Energi er derved blevet et af de få eksempler på et vanskeligt og abstrakt videnskabeligt begreb, som er trængt ind i hverdagen og som af menigmand forstås intuitivt og oftest korrekt.

Intet system kan være mere komplekst og forvirrende end et menneskeligt samfund. Visse træk af dets funktion kan beskrives med økonomiske begreber. Men økonomiske teorier har ikke samme prediktive og analytiske kraft som fysikkens teorier. Ikke desto mindre er det lærerigt at forsøge at kombinere økonomiske begreber og begreber fra fysikken.

Den første vanskelighed, man møder ved et sådant forsøg, er et *måleproblem*. En fysiker måler energimængder i joule og energistrømme i watt. Hvis han skal gøre sig forståelig for en bredere kreds, er han villig til at acceptere andre enheder, for eksempel 1 liter benzin, som energienhed. Energi vil stadig være en målelig størrelse.

Inden for økonomi er det ikke så meget de fysiske størrelser som betyder noget. Det er *værdi*. Værdi, i sin monetære sammenhæng, er et begreb, som er ukendt for naturvidenskaben. Værdien af noget udtrykkes ved dets pris. Pris er en størrelse, som bestemmes af *markedet* gennem en iterativ procedure, hvor forsyning (som stiger med prisen) og efterspørgsel (som falder med prisen) til slut vil mødes. Fysikere er naturligvis meget forbeholdne over for så upålidelige og endog fluktuerende måleenheder som dollars, yen eller svenske kroner. Nogle fysikere har derfor foreslået, at man skulle bruge *energi* som mål for værdi. Hvis noget er svært at skaffe, vil det ofte være, fordi dets tilvejebringelse kræver megen energi eller i det mindste anstrengelse. Energi er ret sparsomt tilgængelig, energi er nødvendig for næsten enhver aktivitet i et samfund. så hvorfor ikke indføre en energiteori for værdi?

Økonomer har rystet på hovedet af sådanne forslag, hvilket er forståeligt. Man kan lige så lidt undertrykke loven om forsyning og efterspørgsel, som man kan ophæve tyngdeloven. Over for en sådan afvisning har også naturvidenskabsmænd vel efterhånden accepteret det økonomiske værdibegreb.

Den totale værdi af alle varer og tjenester i et samfund finder udtryk i *bruttonationalproduktet* (BNP), som eksempelvis kan måles i dollars per år. (\$/a). Hvert år sam-

mentæller nationale og internationale statistiske institutioner det hele og når, ved ikke helt gennemskuelige metoder, frem til BNP i faste \$ eller andre møntenheder.

Box 10: Energiintensitet

Energiforbrug og BNP hænger ret nøje sammen. Forholdet mellem energiforbrug og BNP kaldes ofte *energiintensiteten* af den pågældende nationaløkonomi. Tabellen viser energiintensiteten for forskellige områder i verden for året 1975. Senere værdier er vanskelige at præsentere, da de internationale institutioner stort set har opgivet at producere sammenlignelige økonomiske data, som også omfatter de kommunistiske eller tidligere kommunistiske områder.

Om tabellen er det værd at notere, at indkomsten per person i de præsenterede områder adskiller sig med med adskillige størrelsesordener. På trods af dette er energiintensiteten konstant indenfor en faktor to.

Energiintensitet (1975)

	Energi EJ/a	BNP 10 ⁹ \$/a	Intensitet MJ/\$
Nordamerika	80.5	1678	48
Latinamerika	12.5	327	38
Japan	14.2	496	29
Vesteuropa	50.3	1695	30
Danmark	0.8	34	22
USSR, Østeuropa	59.5	925	64
Kina	16.3	315	52
Asien (ekskl. Kina)	10.9	210	52
Afrika	5.0	163	31
Mellemøsten	4.1	153	27
Australien	3.1	94	33
Verden	256.6	6056	42

Energi fra BP Statistical Review (1976). BNP fra World Bank Atlas (1977). 1 EJ=10¹⁸ J.

Den nære forbindelse mellem indkomst og energiforbrug er ikke noget mysterium. Næsten enhver aktivitet, som medregnes i bruttonationalproduktet, kræver energi. Men ser man på detaillerne ved denne forbindelse kan man godt få øje på nogle tendenser. De rige lande har gennemgående lavere energiintensiteter end de fattige. Dette er ikke overraskende i betragtning af produktionens forskellige sammensætning. De rige lande har økonomier som er præget af tjenesteydelser, de fattige lande har økonomier som præges af landbrug og tunge basale produkter som stål og cement, som alle er energikrævende.

Energi er af afgørende betydning for alle nationer. Det er blevet tydeligt gennem de sidste tyve år, hvor prisen på energi har undergået voldsomme svingninger. Udviklingen af vore samfund, fattige som rige, afhænger af pålidelige forsyninger af energi, som er til at betale. Det er en af de lektier vi har lært.

Der er en lang vej fra den vage forestilling om *vis viva* til vore dages *kvantechromodynamik* og langt fra hestevogne til rumfærger. Videnskaben og samfundene har sammen gået denne vej. Det har været sagt, at videnskaben skylder dampmaskinen mere end dampmaskinen skylder videnskaben. Men selv om denne påstand skulle være rigtig, så har videnskaben vel fuldtud tilbagebetalt sin gæld gennem udviklingen af det almene *energibegreb*, som i dag gennemsyrrer både videnskab og samfund.

Referencer:

- 1) Abraham Pais, *Subtle is the Lord. The Science and the Life of Albert Einstein*, Oxford University Press, Oxford, 1982.
- 2) Abraham Pais, *Inward Bound. Of Matter and Forces in the Physical World*, Oxford University Press, Oxford, 1986.
- 3) J.T. McMullan, R. Morgan and R.B. Murray, *Energy Resources and Supply*, John Wiley & Sons, London, 1976.
- 4) Bent Elbek, *World Energy Problems i Physics and Contemporary Needs*, Plenum Press, New York, 1979.



Bent Elbek, dr. phil., professor ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet, arbejder med eksperimentel fysik ved institutets tandem accelerator laboratorium. Har arbejdet med energi og samfundsforhold og skriver i øjeblikket på en lærebog i elektrodynamik.

EPS's plan for fysikstuderendes mobilitet i Europa

Stig Steenstrup

EPS er acronymet for det Europæiske Fysiske Selskab (European Physical Society) og er en sammenslutning af de nationale selskaber. I Danmark hedder det pudsigt nok Dansk Fysisk Selskab. Man kan i øvrigt også blive individuelt medlem af EPS.

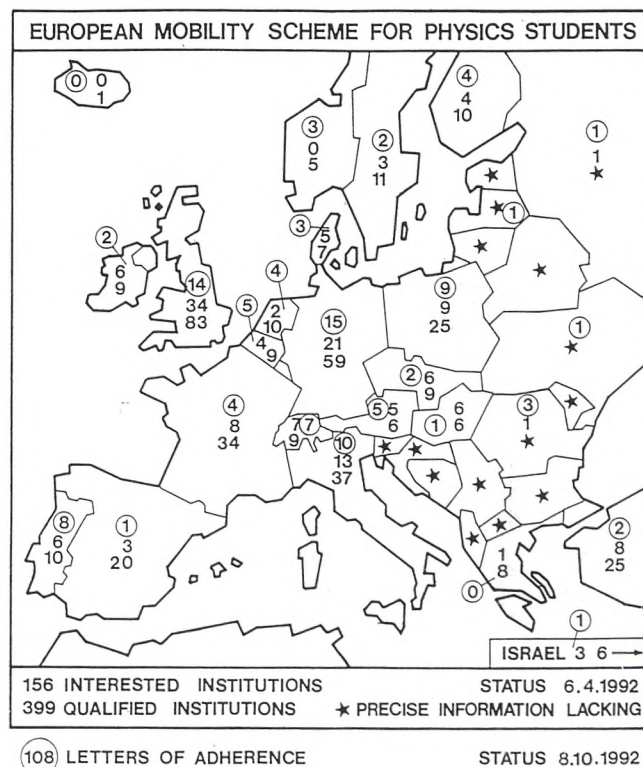
Internatioanlisering snakkes der meget om, så meget at det næsten er blevet et modeord. Det forhindrer dog ikke, at kontakt med omverdenen, specielt indenfor videnskab, er en nødvendighed. Internationale kontakter og viden om hvad der foregår andre steder startes hensigtsmæssigt i studietiden ved at tilbringe et stykke tid, et eller to semestre, ved et universitet i udlandet. Til at opmuntre til sådanne udvekslinger tog EF initiativet til ERASMUS og LINGUA. LINGUA er specielt beregnet på sprogstuderende så kun ERASMUS har vores interesse. Der er også det programmet TEMPUS, der specielt er beregnet på udveksling med de tidligere østlande.

I et ERASMUS-program sker der typiske det, at et antal Universiteter, typisk 5, danner et Inter-university Cooperation Program (ICP) indenfor et bestemt fag, får det godkendt af EF og modtager en sum penge til stipendiemidler. Af den slags ICP'er er der ganske mange. Københavns Universitet har udgivet en lille folder: *Jeg vil ud*. I den findes en liste over de ICP'er Københavns Universitet er med i.

EPS har nu fået ideen at lave en ICP, der omfatter alle institutioner, der uddanner fysikere i Europa. Det er mange. På figuren er vist et kort over Europa. I hvert land er der tre tal, ét der står i en cirkel og så to lige under hinanden. Det nederste af de to tal er det antal institutioner, der uddanner fysikere i det pågældende land. Disse tal er fremskaffet af de nationale fysiske selskaber, så de skal såmænd nok være tæt på det rigtige. Ved at lægge tallene sammen kan man få det totale antal i Europa. Det er også gjort på figuren. Det bliver til 399. Som det også fremgår mangler der oplysninger fra en del af de tidligere østlande. Tæller man dem med bliver der flere. Vil man som fysikstuderende ud at rejse, er der rejsemål nok.

I efteråret udsendte EPS et spørgeskema til de 399 institutioner (de behøver ikke alle at være universiteter, så lad os bare følge den officielle sprogbrug og kalde dem institutioner). Ud af de 399 var der 156, der svarede positivt (der var altså 243, der enten ikke svarede eller svarede negativt). Antallet af positive besvarer fra hvert land fremgår af det øverste af de to tal i hvert land.

I EPS fandt man at reaktionen var tilpas positiv til at det var værd at gå videre med ideen. Der blev udarbejdet en aftale - det fulde navn er Convention regarding the European Mobility Scheme for Physics Students - og denne blev sendt til institutionerne. En del skrev under på at de vil være



med. Antallet er på figuren angivet som det omcirklede tal. Figuren er lavet før den endelige tilslutning, så for nogle lande er tallet lidt større. (Tallet for Danmark er således 4, idet Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet kom med i ellvte time.) Så i Danmark er de tilknyttede institutter: Fysisk Laboratorium, KU (selvfølgelig er det nu Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, men da alt dette er foregået før 1. januar 1993, er det Fysisk laboratorium, der oprindeligt har tilsluttet sig), Institut for Fysik og Astronomi, ÅU, Fysisk Institut, OU og Institut for Matematik og Fysik, KVL.

Nu er der så en aftale mellem ca 100 fysikinstitutter i Europa om udveksling af studenter. I aftalen (konventionen) er formålet udtrykt således, konventionens § 1:

- 1) The parties commit themselves to offer any student pursuing studies with a view to obtaining an academic degree registered at one institution (the home institution) the possibility of affecting a period of study (the mobility period) in another institution (the host institution).
- 2) The mobility period shall allow students to acquire abroad an equivalent education in a different lingual or cultural environment or, for more advanced

studies, to profit from special courses not available at their home institution.

- 3) The parties commit themselves to recognise the studies undertaken and successfully completed in the host institution upon return of the student to the home institution.

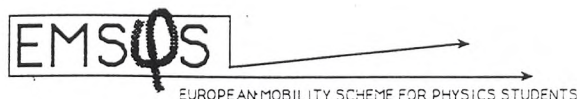
Smukke ord er udmærket, men det bliver først interessant, når der er penge. Der er søgt ERASMUS. Det blev besluttet at starte småt med penge til 100 studerende - det er én per institution. Der bliver også søgt TEMPUS. Om EF så faktisk bevilger dem vides vel en gang til maj. Og helt interessant bliver det, når man kan finde ud af, hvor det er spændende at tage hen. Med henblik herpå oprettes en database, hvor studieplaner fra alle de involverede institutioner bliver lagt ind. Det projekt er så langt, at computeren er der. Den står i Manchester. Programmet er stort set færdigt (på nær problemer med æ, ø og å plus é ñ og sådan nogen. Det klares ved at alt bliver lagt ind på engelsk). Forhåbentligt bliver det parat så man kan begynde at søge i databasen fra februar-marts.

Interesseret: kontakt koordinatoren.

Det er:

KU: Stig Steenstrup
ÅU: Poul Thomsen
OU: Ole S. Mortensen
KVL: Rogert Bauer.

Se efter logoet:



Wide-Range Turbomolecular Pumps

Turbo 180 H
Turbo 450 H

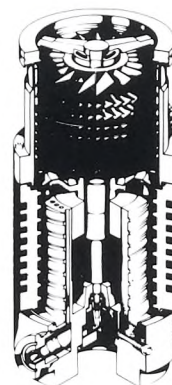


Two pumps in one!

Wide-range turbomolecular pumps with additional pumping system on the backing pressure side are the ideal pumps for producing hydrocarbon-free high and ultra high vacuum.

Some special features:

- High backing pressure (up to 13 mbar) allows use of dry membrane-type backing pumps
- Ultimate pressure $< 1 \times 10^{-10}$ mbar at 10 mbar backing pressure
- High volume flow rate up to 1 mbar



Turbomolecular pump system

Holweck molecular pump system

BALZERS

Nordiska Balzers AB
Baunegårdsvej 7 L
DK-2820 Gentofte
Tel. 31-68 32 61
Fax. 31-68 22 55

Balzers AG
FL-9496 Balzers
Liechtenstein
Tel. 075-441 11
Fax. 075-427 62

Kunstigt nordlys

Sten Asgaard Andersen

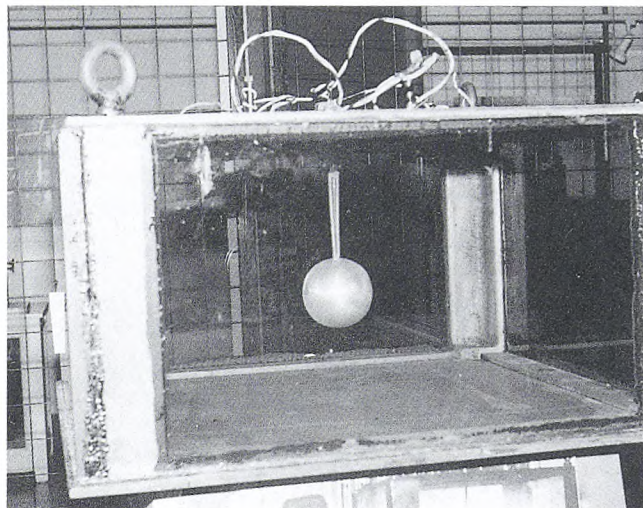
Inden for det seneste års tid har der i en række tidsskrifter, bl.a. *Naturens Verden* været skrevet en del om nordlys, forklaring af og årsag til nordlys, iagttagelse af nordlys og registrering af nordlys. Til denne række af artikler vil jeg føje en om kunstigt nordlys.

Naturligt forekommende nordlys skyldes hurtige elektroner, der fra magnetosfæren accelereres ned mod jorden og undervejs – i 100–150 km's højde – rammer atmosfæren. Herved anslås, exciteres og eventuelt ioniseres atmosfærens ilt- og kvælstof atomer/molekyler. Ved henfald til lavere energitilstande udsendes der fotoner i det synlige område – nordlys. Disse hurtige elektroner kommer IKKE fra solen; de er magnetosfærepartikler, der accelereres mod jorden som et resultat af de perturbationer, solvindens variation frembringer i magnetfeltet omkring jorden. Som bekendt medfører et variabelt magnetfelt, at der induceres elektriske felter (for at modvirke forandringerne) i magnetosfæren, i hvilke elektronerne accelereres til energier, der sætter dem i stand til at trænge fra magnetosfæren ned i atmosfæren. Kort sagt, opstår der inde i magnetosfæren et kompliceret strømsystem, - og kraftige spændingsfald, der medvirker i de accelerationsmekanismer, som giver nordlyspartiklerne den nødvendige energi til at trænge ned i atmosfæren. (Se litteraturliste).

Udgangspunktet for at frembringe nordlys i laboratoriet – kunstigt nordlys – er baseret på sidste del af ovenfor nævnte proces. Apparatet består af et vacuumkammer med en blanding af ilt og kvælstof, hvor der etableres et elektrisk felt, der accelererer elektroner (katodestråler) mod en såkaldt terella – en lille "jord" med magnetfelt.

Baggrunden for experimentet var følgende: I foråret 1992 havde Danmarks Ingeniørforening 100 års jubilæum. Dette blev markeret på forskellig vis, bl. a. med en udstilling på Charlottenborg under overskriften "Kunst, teknik og videnskab", superviseret af Art Connection. Danske og udenlandske kunstnere blev inviteret til at deltage, heriblandt den danskboende nordmand Thorbjørn Lausten. Hans ide som kunstner var at frembringe nordlys i laboratoriet. På dette tidspunkt efteråret 1991 blev Inger Marie og Eigil Ungstrup, samt undertegnede kontaktet og forespurgt om det mulige i et sådant projekt.

Man var bekendt med, at forsøg var udført omkring århundredeskiftet i Norge af professor Birkeland og i 1953 i Sverige af professor Block, i begge tilfælde med succes. Andre beskrivelser forefandt ikke, ligesom der heller ikke var yderligere erfaring at trække på. Udgangspunktet blev et forsøg på at efterligne det naturlige nordlys mest muligt, herunder - hvad der senere skulle vise sig at volde nogle problemer - at få det funktionsdygtigt kontinuert. Ingredienserne bestod af et passende vacuumkammer (400 mm lang acrylcylinder, 200 mm i diameter) med endestykker monteret med elektroder, holdbart og tæt ved tryk på ca. 1 mb,



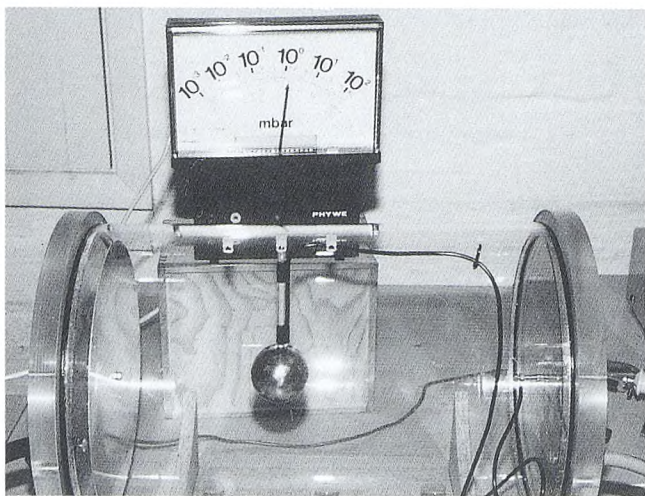
Figur 1. Professor Birkelands opstilling (kan ses på Norges Tekniske Museum i Oslo)

en terella 4-5 cm i diameter (lille elektrisk ledende metal-kugle med indbygget magnetfelt), vacuumpumpe og højspænding (strøm min. 20 mA).

I begyndelsen af foråret 1992 stod apparaturet samlet, og de første forsøg kunne tage sin begyndelse. Parametrene er mangfoldige, f. eks. magnetfeltstyrke, elektrisk felt, afstande, geometrien i det hele taget. Det viste sig forholdsvis hurtigt, at vores vurdering var korrekt - det kunne faktisk lade sig gøre i kælderen under Geofysisk Institut med beskedent apparatur at frembringe kunstigt nordlys, som det ses af forsidebilledet på dette nummer. Omkring terellaens poler fremstod de velkendte lysende strålingsbælter i røde og hvide farver (den grønne farve kan ikke opnås i laboratoriet, da den skyldes frie ilt-atomer). Det elektriske felt sørger for accelerationen af elektroner, og sammen med magnetfeltet opnås en afbøjning såvel væk fra "ækvator" som rundt om "jorden". Til udstillingen på Charlottenborg var det et naturligt krav, at opstillingen fungerede optimalt og ikke mindst kontinuert. Det sidste var der ingen erfaring i, idet de før omtalte forsøg i Norge og Sverige blev udført i perioder på indtil 5 sekunders varighed. Det viste sig ret hurtigt, at kuglen (terellaen), der var lavet af aluminium, blev oxideret i overfladen, og derfor isolerede den ellers ledende kugle fra plasmaet i udladningen; den måtte ofte renses eller pudses. Aluminiumskuglen blev erstattet med såvel messing- som kobberkugle; sidstnævnte fungerede tilfredsstillende, dog måtte den efter nogle dages drift også renses for et sort område (kobberoxid) omkring den magnetiske pol svarende til nordlysovalen. Under den sidste del af udstillingen blev en guldbelagt kugle benyttet med

fint resultat. Parallelt hermed blev der også arbejdet på løsning af andre problemer, herunder at det var påkrævet med friskluft-tilførsel til kammeret. Dette ordnedes ved at montere en nåleventil i det modsatte endestykke af pumpeudsen. Hermed var opgaven løst på tilfredsstillende vis både i kunstnerisk, teknisk og videnskabelig henseende.

Undervejs i processen etableredes et samarbejde mellem Møller & Sørensen (som sponsorer) og undertegnede. En 500 mm lang og med en diameter på 300 mm glascylinder, samt endestykker blev fremstillet og stod klar ved sommerferien begyndelse. De efterfølgende eksperimenter foretog jeg i kælderen på Virum Gymnasium. En lang række forsøg med variationer af tryk, elektrisk felt, magnetisk felt og geometri blev udført. Herudover viste en sølvterella sig at fungere optimalt. Opstillingen er vist nedenfor.



Figur 2. Opstilling til kunstigt nordlys på Virum Gymnasium

De omtrentlige parametre er følgende:

Spændingsforskel mellem katode og terella:	400 - 500 V
Strøm i kammeret:	10 - 20 mA
Tryk i kammeret:	0.8 mb
Magnetfelt ved "ækvator":	0.1 - 0.2 T

Referencer:

- 1) Ungstrup: Nordlys, Naturens verden nr 9/1991
- 2) Andersen: Nordlys, Forlaget Ålørke.



Sten Asgaard Andersen er cand. scient. i fysik og matematik (KU 1969). Har været ansat på Virum Gymnasium siden 1973.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab

Referat af generalforsamlingen den 27. november 1992

1. Valg af dirigent. Jørn Hvam blev valgt. Han måtte konstatere, at generalforsamlingen ikke var lovligt indkaldt, da dagsorden og regnskab først var udleveret til årsmødedeltagerne dagen i forvejen og ikke 2 uger forud som krævet i lovene. Ove Poulsen redegjorde på vegne af arrangørerne af årsmødet for baggrunden herfor. Jørn Hvam fik de tilstedeværendes tilslutning til, at generalforsamlingen blev afholdt efter dagsordenen alligevel, men at eventuelle beslutninger måtte bekræftes på den næste generalforsamling i maj 1993.

2. Formandens beretning. Der henvises til separat artikel her i bladet.

Kommentarer: Flere medlemmer beklagede de mange DFS breve, som institutterne modtog til tidligere studenter. Bjarne Andresen svarede, at alle forsøg var gjort for at konsolidere de forskellige gamle medlemslister, og at den eneste måde at få rettet de sidste fejl er at give sekretæren meddelelse om alle forkerte adresser. Hans Henrik Andersen støttede den foreslåede nye struktur for bestyrelsen, som ville sikre bedre koordinering mellem bestyrelse og sektioner. Han mente også, at DFSs ledelse havde været for langmodig med Kvants redaktør. Sven Bjørnholm fandt det rimeligt at rose redaktøren for en flot udførelse af opstarten af et stort, ambitiøst projekt. Dermed blev formandens beretning taget til efterretning.

3. Godkendelse af regnskab for 1991 og orientering om 1992. Kassereren gennemgik regnskabet og bemærkede, at Selskabet omsider er ved at blive velkonsolideret. Ud-sigterne for 1992 og 1993 er også pæne. Bestræbelserne på at samordne medlems- og kontingentregistreringen for DFS, SNU og Kvant abonnenter i et enkelt sekretariat fortsætter.

Kommentarer: Jakob Bohr fandt det u hensigtsmæssigt, at opkrævningskort for DFS kontingent lå i Kvant, som hos nogle medlemmer får lov at ligge urørt, indtil der er god tid til at læse det. Ove Poulsen foreslog, at DFS tilsluttes PBS eller PTG, så medlemmerne kan tilmelde sig automatisk betalingsoverførsel. Per-Anker Lindgård mente, at den sædvane, hvorefter Selskabet dækker ca. 5.500 kr. per år af hver sektioners arrangementer, burde reguleres under hensyntagen til sektionernes størrelse. Herimod indvendte Jakob Bohr, at DFS ikke skal bruge medlemmernes kontingentindbetalinger til at arrangere videnskabelige møder, det er arbejdsgiverens forpligtelse at financiere. Ove Poulsen støttede, at det er mødearrangørernes ansvar at balancere deres regnskab. Bjarne Andresen kommenterede, at SNF altid har været villig til at støtte sektionernes videnskabelige arrangementer, mens udstillerafgifter benyttes til at støtte studenter. Dette vil blive yderligere formaliseret ved det kommende forårsmøde.

Endelig godkendelse af regnskabet for 1991 vil ske på næste generalforsamling.

4. Forslag fra medlemmerne. Bent Fastrup foreslog, at DFS støtter et antal unge russiske fysikere i deres hjemland. Ove Poulsen indvendte, at det ikke er Selskabets opgave, og at man sandsynligvis ville kunne opnå større effekt ved at bruge sin indflydelse på at få Undervisningsministeriet til at arbejde for en international løsning af problemet. Jakob Bohr var enig heri og foreslog, at der på det kommende kontingent indbetalingskort blev påført en rubrik til frivilligt ekstra bidrag til dette formål. Ove Poulsen støttede varmt dette forslag og tilføjede, at der er mange andre måder at støtte fysikken i SNG på, f. eks. give tidsskrifter, bøger eller EPS medlemskaber. Nils O. Andersen nævnte, at de svenske og finske fysiske selskaber betaler Estlands EPS-kontingent, og henviste til det kommende EPS-møde med deltagelse af de nordiske og baltiske lande. Hans Henrik Andersen kunne lægge til, at EPS allerede er ved at organisere et 'Journals for Russia' projekt via EC. Bestyrelsen blev opfordret til at finde den bedst egnede støtteform og organisere indsatsen.

5. Eventuelt. Intet.

Referat ved Bjarne Andresen

Suppleringsvalg til DFS-bestyrelsen:

Da Brian Bech Nielsen, Aarhus og Jens Peter Lynov, Risø, ønsker at udtræde af bestyrelsen ved årsskiftet, foreslår bestyrelsen nyvalg til følgende personer:

Allan H. Sørensen, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

Jakob Bohr, Faststoffysikafdelingen, Forskningscenter Risø

Eventuelle forslag til andre medlemmer bedes givet til valgformanden, Henrik Smith, Fysisk Laboratorium, H.C.Ørsted Institutet, Københavns Universitet, inden 5. februar 1993.

Dansk Fysisk Selskab, 1992

Formandens beretning, afgivet på generalforsamlingen den 27. november 1992 på DtH, Lyngby

Formanden indledte med at takke Ove Poulsen og Preben Buchhave for et særdeles veltilrettelagt årsmødeprogram, der havde trukket mange tilhørere.

Sektionerne

Faststoffysiksektionen har, i samarbejde med de øvrige nordiske fysiske selskaber, afholdt *Nordic Spring Meeting* 7-10 maj på Nyborg Strand med 350 deltagere, heraf 120 fra Danmark. De Baltiske lande var også repræsenteret. P. A. Lindgaard var general chairman og organisator af tre workshops om Physics of small clusters, Soft condensed matter og Electronic Properties. 3 symposier (Superconductivity v. N. H. Andersen, Computer Simulation v. O. G. Mouritsen, og Surface Science v. J. Onsgaard) indgik som del af programmet. Der var foredrag af 35 inviterede, udenlandske foredragsholdere, foruden 4 parallelsessioner og en postersession. Fondsstøtte på 300.000 kr opnåedes. Proceedings er udkommet som Risø Report. A. Nylandsted arrangerede et emnemøde om halvlederfysik d. 23. oktober i Aarhus med 45 deltagere.

Atomfysiksektionen afholdt ikke separat forårsmøde i 1992 men deltog i den fælleseuropæiske *European Conference on Atomic and Molecular Physics* 6-10 april i Riga, Letland, hvor sektionen ydede rejsestøtte til et antal studerende.

Sektionen for Uddannelse og Undervisning afholdt konference 21-22 maj i Middelfart med 39 deltagere om emnet "*Hvad skal vi stille op med de nye studerende*", foranlediget af reformen af fysikundervisningen i gymnasiet.

Endvidere arrangerede DFS et velbesøgt aftenmøde om *Udredningen om Dansk Fysik* den 23. januar på H.C. Ørsted Institutet med deltagelse af alle danskboende medlemmer af styregruppen.

DFS aktiviteter i 1993

Selskabet arrangerer i samarbejde med Forskerakademiet og universiteterne i København, Odense og Aarhus en vinterskole i Fysik for PhDstuderende på Sandbjerg Gods i dagene 17.-22. januar. Forelæsere er Karsten Wedel Jacobsen, Ben Mottelson og Aksel Wiin-Nielsen, koordinator Per Hedegaard. Skolen er overtegnet (ca. 50 deltagere)

Sommerskole for elever i 2.g vil blive realiseret, hvis økonomisk sikkerhedsnet kan opnås. P.t. foreligger tilsagn fra Aarhus Universitet om det halve beløb.

De tre faglige sektioner arrangerer fælles forårsmøde 16.-18. maj med aftenbidrag fra sektionen for uddannelse og undervisning. DFS generalforsamling og Fysikprisuddeling indgår i programmet. Der satses især på deltagelse af et stort antal studerende.

Endelig planlægger sektionerne en række emnemøder.

European Physical Society

Selskabet arbejder fortsat med planer om ny struktur. DFS har anmodet om status som IOM society.

European Mobility Scheme for Physics Students er startet med deltagelse af ca. 100 fysikinstitutter ved europæiske universiteter. Der startes forsigtigt i 1993 med udveksling af 100 studerende. Repræsentant for Skandinavien og De Baltiske Lande er Stig Steenstrup, Fysisk Laboratorium HCØ, som skriver om ideen i et kommende nummer af KVANT.

Som et led i EPS's bestræbelser på at styrke fagets stilling i Østeuropa, vil det tage initiativ til et møde i januar med deltagelse af repræsentanter for de nordiske landes fysiske selskaber og de tre baltiske lande.

KVANT

En kampagne i foråret blandt 1.dels studerende ved universiteterne har givet en tilgang af ungdomsmedlemmer på ca. 50 til SNU og øget DFS's bestand til pt. 231. Sikring af regelmæssig udgivelsesfrekvens, så meddelelser og mødeannoncering kan gives via bladet, er en betingelse for at selskabet kan støtte bladet økonomisk. Mads Hammerich afløser Jørgen F. Bak som ansvarshavende redaktør ved årsskiftet. Samtidig er der lagt en plan for normalisering af bladets udgivelsesfrekvens.

NORDITA

Nordisk Ministerråd gennemfører for tiden en evaluering af de fællesnordiske institutter, og herunder NORDITA. I den forbindelse blev DFS anmodet om en udtalelse. Et udvalg bestående af Peter Sigmund (Odense, formand), Jacob Bondorf (København), P.A. Lindgaard (Risø) og Jørgen Christensen-Dalsgaard (Aarhus) udarbejdede besvarelsen.

DFS bestyrelsesstruktur

Bestyrelsen og sektionerne har drøftet, hvorvidt den procedure for bestyrelsesvalg, der indførtes ved selskabets start i 1972 fortsat er optimal. Der arbejdes med en model, hvor hver sektion (for tiden 4) udpeger en repræsentant, hvortil kommer "et antal" medlemmer valgt direkte. Hvis overvejelserne ender positivt, vil forslaget blive fremlagt til godkendelse på generalforsamlingen til foråret, med eventuel ikrafttrædelse pr. 1. januar 1994, hvor den nuværende bestyrelses mandat udløber.

Spectra-Physics

**Spectra
Diode Labs**

LASOTRONIC

uniphase

ANDO

**PHOTON
inc.**

**JOBIN
YVON**

OPHIR

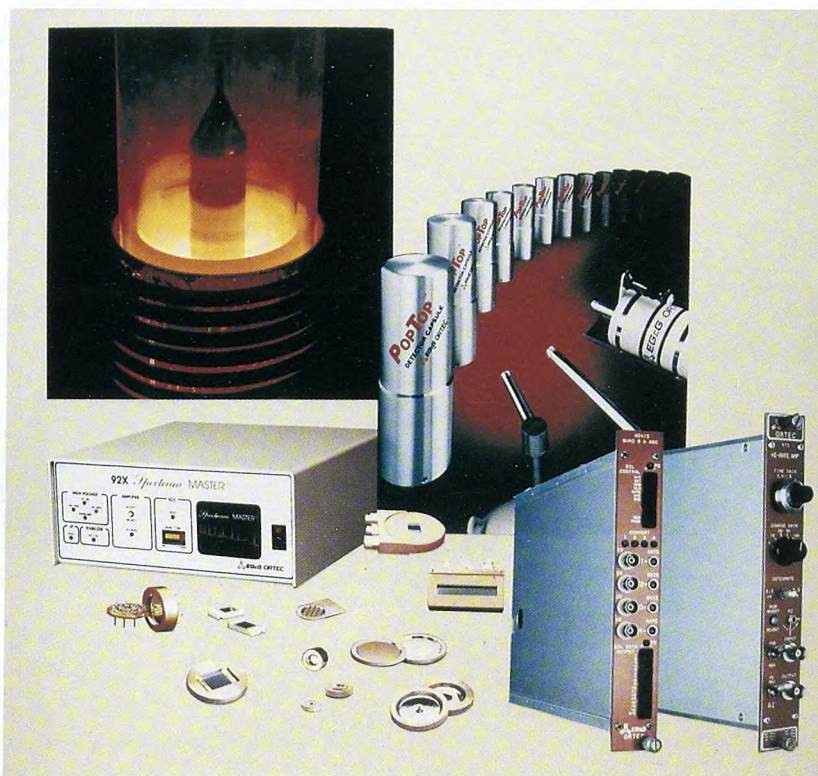
Exciton

burleigh

**LASER
PHOTONICS**

**UNITED
DETECTOR
TECHNOLOGY**

**b.b.t.
instrumenter**



**TOOLS
of the
TRADE**

- Radiation
- Detection
- Measurement
- Analysis

**EG&G
ORTEC**

**Den danske leverandør
af radioaktivitetsmåle-
udstyr samt laser -
og opto - elektronik
fra de førende
fabrikanter**

LSI laser science, inc.

QUESTEK

Quanta-Ray

**micro-
controle**

**EG&G
GAMMA SCIENTIFIC**

**EG&G PRINCETON
APPLIED RESEARCH**

EG&G ORTEC

**EG&G
FIBER OPTICS**

**PHOTON
CONTROL**

**BBT Instrumenter ApS
Dr. Olgasvej 6
DK-2000 Frederiksberg**

**Telefon 3119 82 08
Telefax 3119 87 47
Telex 35 326 bbt dk**

**ELEKTRONIK
ELEKTROMEDICIN
ELEKTROKEMI
FORSKNING
UNDERVISNING**

Kunsten at vælge

Mogens Esrom Larsen, Matematisk Institut, Københavns Universitet

Når en forsamling skal enes om den ene af to forelagte muligheder, så kan man spørge hver enkelt om, hvilken han eller hun foretrækker. Den mulighed, som foretrækkes af et flertal, kan så siges at være forsamlingens valg.

Denne simple situation med den oplagte demokratiske afgørelse står som et ideal. Hvordan kan man generalisere metoden til mere indviklede situationer?

Hvis man skal gå skridtvis frem, må man først se på situationen, at der skal vælges én blandt tre eller flere muligheder. Dernæst at der skal vælges flere blandt mange muligheder. Den sidste situation kan igen deles op i flere, alt efter om de valgte skal repræsentere forsamlingens synspunkter eller udgøre et samlet hele.

Arrow's umulighedssætning

Lad os tænke os en forsamling, der skal vælge én ud af et antal muligheder. Hver enkelt har en præference, dvs. en rækkefølge, som han eller hun vil foretrække mulighederne i. Vi foretager nu en udregning af en "gennemsnitsrækkefølge," som er forsamlingens præference. Kenneth J. Arrow foreslog i 1951, at man skulle forlange, at denne gennemsnitsrækkefølge skulle opfylde nogle rimelige krav.

F. eks. kunne man forlange, at gennemsnittet opfyldte følgende tre:

- 1) *At funktionen er "voksende."* Dvs., at hvis en af vælgerne bytter om på to muligheder i sin præference, så skal slutresultatet ikke stille den oprykkede mulighed lavere.
- 2) *At funktionen ikke lader sig "distrahere" af ligegyldige forhold.* Dvs., at hvis vi blot fjerner en enkelt mulighed fra samtlige vælgerpræferencer, så skal slutresultatet blot ændres ved, at denne mulighed fjernes, mens rækkefølgen af de tilbageværende bevares.
- 3) *At funktionen er "demokratisk."* Dvs., at hvis vi ombytter stemmesedlerne mellem vælgerne, så skal slutresultatet forblive uændret.

Arrow indså, at disse krav skyder langt over målet; ja, selv om han svækkede 3) betydeligt, var der ingen procedure, der tilfredsstillede betingelserne.

At vi har været grådige i vort forlangende, fremgår af et simpelt eksempel. Antag, at 9 vælgere skal vælge mellem 3 muligheder, A, B og C, og at de fordeler stemmerne som følger:

Antal stemmer	4	3	2
1. prioritet	A	B	C
2. prioritet	B	C	A
3. prioritet	C	A	B

Det er klart, at ingen metode kan tilfredsstille 2), fordi A foretrækkes for B af et flertal på 6, B foretrækkes for C af et flertal på 7 og C foretrækkes for A af et flertal på 5. (Af 1) og 2) følger, at flertallets valg blandt 2 skal følges.)

Dette simple eksempel er hovedproblemet. Hvis en forsamling præfererer på denne måde, har man en "cyklisk majoritet." Det er en ubehagelig kendsgerning.

Nanson's metode

Hvis man derfor skal vælge en rimelig præferencemetode, må man stille nogle mere beskedne krav!

Et sådant krav kunne være

- 4) *At funktionen respekterer et klart flertal.* Dvs., at hvis en mulighed foretrækkes af et flertal for enhver anden, så skal denne mulighed vælges.

Dette flertal behøver ikke at bestå af de samme vælgere ved hver parvis sammenligning af muligheder. Hvis vi f. eks. i eksemplet ovenfor indfører muligheden D som 2. prioritet hos alle 9 vælgere, så vil D foretrækkes af et flertal ved enhver sammenligning af 2. F. eks. vil D vinde over A med 5 stemmer mod 4.

En simpel metode, der har egenskaberne 3) og 4) er følgende: Vi antager, at der er n muligheder at vælge imellem. Nu giver hver vælger sin første prioritet $n-1$ stemmer, sin anden prioritet $n-2$ stemmer, osv., ned til sidste prioritet, der får 0 stemmer. Hver mulighed får derved et antal stemmer, og den mulighed, der har fået færrest stemmer, går ud. Proceduren gentages nu med de $n-1$ resterende muligheder, idet den udgåede stryges af samtlige stemmesedler. Når der kun er én mulighed tilbage, er denne valgt.

Der afgives af m vælgere på n muligheder ialt $m \cdot n(n-1)/2$ stemmer. Det er $m \cdot (n-1)/2$ stemmer pr. mulighed. En mulighed, der foretrækkes af et flertal for enhver anden, må rangere højere end hver af de $n-1$ andre muligheder på mere end $m/2$ stemmesedler. Derfor må denne mulighed få mere end $(n-1) \cdot m/2$ stemmer, altså mere end gennemsnittet. Den får altså ikke det mindste antal stemmer og går derfor ikke ud. Men når muligheden overlever hvert fravalg, står den tilbage til sidst.

Nanson's metode har ikke egenskaberne 1) og 2). Som et eksempel kan vi se på fordelingen af 32 stemmer på tre kandidater A, B og C som følger:

	Antal stemmer	10	1	1	10	10
1. prioritet	A	A	B	B	C	
2. prioritet	B	C	A	C	A	
3. prioritet	C	B	C	A	B	

I første omgang får A, B og C hhv. 33, 32 og 31 stemmer. Derfor går C ud, og i anden omgang vinder A over B med 21 stemmer mod 11.

Men lad os nu ændre stemmesedlen B A C til A C B, hvorved A ikke er stillet ringere. Så får A 34, B 30 og C 32 stemmer, så nu går B ud. Derefter vinder C over A med 20 stemmer mod 12.

Forholdstalsvalg

Vi går nu over til at betragte den mere komplicerede situation, at forsamlingen skal vælge mere end én kandidat blandt de n opstillede. Her kunne man ønske, at de valgte kandidater repræsenterede forsamlingens synspunkter i en eller anden forstand. Hvis f. eks. halvdelen af vælgerne har en bestemt opfattelse af et spørgsmål, så kunne man ønske sig, at halvdelen af de valgte havde samme mening. For at opnå dette, må man vælge sin anden prioritet efter to synspunkter, nemlig, hvem kan erstatte min første prioritet, hvis denne ikke bliver valgt, og hvem kan supplere min første prioritet, hvis denne bliver valgt. Det kan måske lade sig gøre ved valg af personer til bestyrelser o. lign., men ved valg mellem andre typer af muligheder kan det let være modstridende hensyn. Ved valg af én mulighed, er det kun erstatningssynspunktet, der er relevant.

Ved folketingsvalg og lignende, er det supplerings-synspunktet, der er afgørende. En løsning består i, at kandidaterne går sammen i partier, der ikke må have kandidater fælles. Valgproceduren giver nu som resultat, hvor mange, der skal vælges fra hver liste. Disse supplerer nu hinanden i det omfang, der er tilslutning i vælgerbefolkningen.

Lad os sige, at der er n vælgere, der stemmer på q partier om m mandater eller pladser i bestyrelsen. Det j -te parti får n_j stemmer, og derefter tildeles partiet m_j pladser, sådan at

$$m_j \approx \frac{m \cdot n_j}{n}$$

Ved folketingsvalg rundes de forekommende brøker i tallene $(m \cdot n_j)/n$ op efter størrelse, indtil summen stemmer, $m_1 + \dots + m_q = m$. Det kaldes derfor "de største brøkers metode" og svarer til, at vi minimerer den maksimale forskel, $|m_j - m \cdot n_j/n|$.

Det ser jo rimeligt nok ud, men har konsekvenser, der ikke er det. Hvis tre partier skal dele brøkerne 0,7, 0,7 og 0,6 med sum 2, så får de første to hver én. Men slår de sig sammen til ét parti, så får de 1,4 mod 0,6, så nu må de sammenlagte partier nøjes med én tilsammen.

Hvis man forlanger af en valgmetode, at den skal være uafhængig af ombytninger af vælgere eller partier, og at proportionale stemmetal skal udløse samme resultat, og dertil følger kravene:

- I) *Et større parti må ikke få færre mandater end et mindre.*
- II) *Et parti må ikke vinde ved deling og højst tabe ét mandat ved deling i to.*
- III) *To partier må ikke tabe ved sammenlægning og højst vinde ét mandat derved.*

Så er der en éntydig bestemt valgmetode, der løser problemet. Metoden kaldes d'Honts metode og blev foreslået af den belgiske jurist Victor d'Hont i 1878. Karakteristikken er fundet af A. K. Erlang i 1907.

Givet stemmetallene $n_1, \dots, n_q$ og mandattallet m vælges $m_1, \dots, m_q$ således, at det største af tallene

$$\frac{n_j}{m_j + 1}, \quad j = 1, \dots, q$$

bliver mindst muligt.

Det fungerer simpelthen sådan: Vi skriver for hvert j talrækken

$$(*) \quad \frac{n_j}{1}, \frac{n_j}{2}, \frac{n_j}{3}, \dots$$

Blandt samtlige forekommende tal for alle j udtages de m største. Antallet af udtagne tal i rækken $(*)$ er mandattallet for partiet j .

At to partier ikke kan tabe ved sammenlægning, følger af, at af

$$\frac{n_1}{m_1} \leq \frac{n_2}{m_2}$$

fås

$$\frac{n_1}{m_1} \leq \frac{n_1 + n_2}{m_1 + m_2} \leq \frac{n_2}{m_2}$$

De første $m_1 + m_2$ brøker i den ny række kan hævde sig over for de andre partiers.

Of de to partier kan ikke vinde mere end ét mandat. For af

$$\frac{n_1}{m_1+1} \leq \frac{n_2}{m_2+1}$$

fås

$$\frac{n_1}{m_1+1} \leq \frac{n_1+n_2}{m_1+m_2+2} \leq \frac{n_2}{m_2+1}$$

så denne brøk er for lille, når de andre er det. Det ny parti kan højst få $m_1 + m_2 + 1$ mandater.

Det mindste antal mandater, et parti kan få ved d'Honts metode, er det antal, som fås, når resten af partierne går sammen til ét. Dvs., at partiet får m_1 mandater, hvor

$$\frac{n_1}{m_1+1} \leq \frac{n-n_1}{m-m_1} \text{ og } \frac{n-n_1}{m-m_1+1} \leq \frac{n_1}{m_1}$$

hvoraf

$$n_1 \cdot \frac{m+1}{n} - 1 \leq m_1 \leq n_1 \cdot \frac{m+1}{n}$$

Heraf fås, at

$$\frac{n_1}{m_1+1} \leq \frac{n}{m+1} < \frac{n_1}{m_1}$$

Grænsen $n/(m+1)$ kaldes "forholdstallet" og den har lagt navn til metoderne.

Andræ's metode

I den omsiggribende demokratiseringsproces efter revolutionen i 1848 ville man indføre det repræsentative parlament flere steder i Europa. I England var først Thomas Hare i 1857 og snart efter John Stuart Mill i 1861 varme fortalere for et repræsentativt parlament, en tanke, der som bekendt aldrig vandt politisk gehør på øerne. Men allerede i 1855 formulerede den danske konceilspræsident, C. C. G. Andræ, i et lovforslag en meget lignende metode.

Deres metoder har end ikke egenskaben 3). Men de indeholder en interessant idé. Man tager forholdstallet, som det er defineret ovenfor. Derefter tager man stemmesedlerne og lægger dem i bunker efter den først nævnte kandidat. Når en kandidat på denne måde har fået flere stemmer end forholdstallet, lægges disse sedler til side, mens kandidaten får status af valgt. Når man på de følgende stemmesedler møder navnet på en således valgt kandidat, lægges stemmesedlen i bunken med navnet på den næste kandidat på sedlen. Det er idéen, at der ikke skal betales mere end forholdstallet for at få en kandidat valgt.

En hybrid af Andræ's og d'Honts metoder

Spørgsmålet er nu, om man kan få de bedste af de foregående metoders egenskaber til at gå op i en højere enhed. Det kan man faktisk godt.

Lad os fastholde egenskaben 3), men lad os generalisere egenskaben 4), så den ligner listevalgets minimalkrav. Vi tænker os altså, at der er n vælgere og k kandidater, og at en valgproceduren skal give en ordning af de k kandidater, så vi kan tage et hvilket som helst antal m , $1 \leq m \leq k$ ud fra begyndelsen og få en repræsentativ bestyrelse af den størrelse. Vi kalder den F for forholdstalsegenskaben:

- F) Hvis n_1 vælgere foretrækker de samme h kandidater for alle de øvrige, så skal det gælde for ethvert $m < k$, at hvis $m_1 \leq h$ opfylder

$$n_1 > m_1 \cdot \frac{n}{m+1}$$

så skal der være mindst m_1 af disse h kandidater blandt de m første i valgresultatet.

Det er svagere end 4) derved, at der skal være enighed i gruppen. Egenskaben generaliserer den egenskab, at hvis n_1 vælgere stemmer på en og samme liste, så vil denne liste få valgt mindst m_1 ud af m .

For at opnå egenskaben F) bemærkes, at hvis vi har en metode, der har egenskaben F) i specieltilfældet $m = k-1$, så vil den metode, der består i en gentagelse af den specielle for faldende værdier af k ved elimination af kandidaterne én efter én på samme måde som Nanson's metode, også have egenskaben F), nu for alle værdier af m .

Det følger af, at er

$$n_1 > m_1 \cdot \frac{n}{m+1}$$

så er også

$$n_1 > m_1 \cdot \frac{n}{k}$$

En metode, der tilfredsstiller F) og 3) for $m = k-1$ fås ved at modificere Andræ's ide. Vi giver hver vælger en stemmewægt, der fra begyndelsen sættes til 1. Nu tæller vi sammen for hver kandidat, hvor mange stemmer, der har kandidaten som øverste prioritet. I almindelighed er det summen af vægtene af de stemmer, der har kandidaten som øverste prioritet. Hvis denne samlede stemmewægt overstiger forholdstallet, n/k , i almindelighed den samlede sum af stemmernes vægte delt med k , så anses kandidaten for valgt. Kandidatens samlede stemmewægt fratrækkes denne pris, n/k , hvorved der bliver en rest, et overskud. Dette overskud fordeles til de vælgere, der har bidraget til kandidatens valg, i forhold til den vægt, de enkelte vælgere har bidraget med. Disse stemmesedler med deres nye vægte bidrager nu til den samlede stemmesum for de kandidater, der endnu ikke er blevet valgt. Hver enkelt stemmeseddels vægt tilfalder den

øverst nævnte kandidat, som endnu er på valg. Hver gang vil der blive valgt mindst én kandidat, da de bliver valgt, som har flere stemmer end gennemsnittet. Når der er valgt $k-1$, bliver den sidste fravalgt og proceduren er slut.

At proceduren har egenskaben F) følger af, at for $k = m+1$ er F) kun tvivlsom, når $h = m_1$. I dette tilfælde får hver af disse m_1 før eller siden mindst $n_1/m_1 > n/k$ stemmer, så ingen af dem bliver fravalgt.

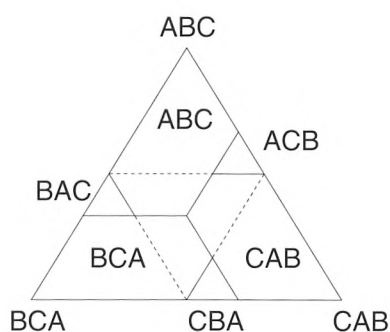
Denne metode er en generalisation af d'Honts metode. Hvis vælgerne stemmer på den måde, at de i store grupper stemmer på lister, dvs. på den samme gruppe af kandidater, og sådan, at disse grupper af kandidater ikke har nogen fælles, så vil resultatet af denne procedure blive det samme som d'Honts.

Et eksempel

Nu så vi i begyndelsen at fænomenet cyklisk majoritet var et teoretisk hovedproblem for en valgmetode. Lad os derfor tænke os, at vi har nogle vælgere, der deler sig i tre grupper med henholdsvis n_1 , n_2 og n_3 medlemmer. De stemmer på tre kandidater i rækkefølge:

Antal stemmer	n_1	n_2	n_3
1. prioritet	A	B	C
2. prioritet	B	C	A
3. prioritet	C	A	B

Vi kan illustrere valgmetodens resultater ved at tegne en trekant i rummet udspringende af de tre vektorer $(n_1, 0, 0)$, $(0, n_2, 0)$ og $(0, 0, n_3)$. Trekanten er den positive oktants snit med planen $n_1 + n_2 + n_3 = n$. En afstemning giver altså anledning til et punkt i denne plan, og i planen vil der være seks delmængder, der svarer til de seks mulige valgresultater. De fordeler sig som følger:



Området med cyklisk majoritet er den kvarte trekant på spidsen i midten af figuren.

Historie

Da den demokratiske styrelseslov blev indført på universiteterne i 1971, foreslog jeg den sidstnævnte metode til brug ved bestyrelsesvalget på Københavns Universitets Matematiske Institut. Vi vedtog at benytte metoden og har gjort det lige siden.

I perioden derefter blev metoden også benyttet ved studenterrådsvalgene ved Københavns Universitet samt af Foreningen af Danske Lægestuderende. For de sidstnævnte løste metoden et nærliggende problem. Til repræsentationsvalget havde man hidtil benyttet d'Honts metode, men havde for skik at opstille flere lister med hver kun én kandidat. Når d'Honts metode gav en sådan liste 3 mandater, følte man valgresultatet utilfredsstillende. Ved at anvende prioritetsmetoden gav man vælgerne mulighed for at supplere en sådan kandidat med andre kandidater eller lister, hvorved valgresultatet kom til at repræsentere vælgerne bedre.

På Matematisk Institut har erfaringen været, at metoden fritager for besvær med opstilling af kandidater. Alle er altid opstillet. Metoden afhænger jo ikke af, om der er mange eller få kandidater, de uinteressante bliver siet fra og slaget står til sidst mellem dem, der faktisk har støtte i vælgerskaren. Men vi er næsten faldet i den anden grøft, idet et valg nu foregår ved uddeling og indsamling af stemmesedler uden nogen synderlig diskussion. Hvis valgresultatet så ikke er et gement genvalg, vågner folk pludselig op og tænker, hvem skulle jeg have stemt på?

Metoden har naturligvis kun kunnet anvendes med brug af elektronisk databehandling af stemmesedlerne. En pudsighed er, at man på Matematisk Institut ved Århus Universitet i 70'erne anvendte metoden som opgave i den indledende datalogiundervisning, fordi det var så nemt at se, om et program gjorde, hvad det skulle.

Uden for landets grænser har metoden vundet størst gehør i Østeuropa. For, som en gæst fra Tjcekoslovakiet bemærkede, "det kalder du *anvendt* matematik, men hos os er det *ren* matematik!" Det var ti år siden, nu bliver det måske snart omvendt?



Mogens Esrom Larsen er ansat ved Københavns Universitets matematiske institut som lektor. Medlem af redaktionen af KVANT.

Redaktionelt: Ny redaktør af KVANT

Dette blads læsere har utvivlsomt undret sig over bladets udgivelse i løbet af det forgangne år. Grunden til den lange pause findes hos redaktøren, der af personlige årsager har været presset, og det har ramt KVANT hårdt.

Bladet produceres på den måde at forfatterne leverer et manuskript, som redaktionen læser igennem og eventuelt korrigerer i samråd med forfatterne. Den endelige redaktion af artiklerne og layout af bladet har hvilet ene og alene på redaktørens skuldre, og har dermed lidt under eksistensen af denne achilles-hæl.

Grunden til den valgte arbejdsmetode er dels af økonomisk, dels af praktisk art. Med moderne tekstbehandling er det en muligt at lave et acceptabelt layout på en PC, og en stor del af den afsluttende redaktion drejer sig om at få matematiske udtryk sikkert i havn, hvilket i alle tilfælde vil lægge en byrde på den, der er ansvarlig for dette.

Imidlertid har situationen været uholdbar, og den nuværende redaktør tør ikke garantere en forbedring. Derfor er det blevet besluttet at foretage et redaktør-skifte, og det er lykkedes at opspore en entusiastisk person, Mads Hammerich, der vil påtage sig opgaven.

Bladets linie vil uændret være, at formidle dansk fysik og tilgrænsende områder af naturvidenskaben til danske fysikere og medinteresserede personer. I fremtiden vil man måske se flere numre med temakarakter. Redaktionen mener, at denne bladform sikrer det enkelte nummer en længere levetid. De kommende blade vil således rumme temaer om supercomputing og neurale netværk. Redaktionen modtager naturligvis fortsat både enkeltartikler og forslag til temaer, der dækker områder, som hidtil er blevet for svagt dækket.

Den nuværende redaktør vil yde al mulig hjælp med bladets fortsatte eksistens, og fortsætter som menigt medlem af redaktionen. Selvom det forgangne år har forårsaget frustrationer hos mange af bladets abonnenter, håber den således afgående redaktør at læserne vil bære over med det forgangne års ustabilitet og fortsætte med at abonnere på bladet. Samtidig ønskes den nye redaktør al mulig held og lykke med bladets fortsatte drift - som forhåbentlig bliver i form af en meget mere stabil udgivelse.

Jørgen F. Bak

MODERNE VAKUUMTEKNIK TIL FORSKNING OG INDUSTRI



Finvakuumpumper fra ALCATEL HIGH VACUUM

I 1962 udviklede ALCATEL fiberrotorskiven til finvakuumpumper i stedet for de dengang anvendte blødstøbte stållameller. Nu kunne hastigheden øges til 1500 rpm og pumpen kobles direkte til en asynkron 220 eller 380 volt motor. Vægten reduceredes med op til 75%, og Verdens mest handy finvakuumpumpe til forskning og industri var skabt. Pumperne har i 30 år gennemgået en løbende udvikling, og nu har ALCATEL lagt alle sine erfaringer i den nye PASCAL serie, 5 - 10 - 15 og 21 m³h⁻¹ med et sluttryk ved tør N₂ bedre end 8×10⁻⁵hPa og en vægt f.eks. for 21m³h⁻¹ på 26,8 kg. PASCAL serien er særdeles servicevenlig, og mange af vore kunder vedligeholder selv deres pumper. Vi udfører hurtigt alle reparationer her i Danmark på samtlige typer fra 1962 til i dag.

ALLE FORMER FOR OLIEFRI & OLIESMURTE ROTATIONSVAKUUMPUMPER • FEDTSMURTE
TURBOMOLEKULAR- SPIRO- & HYBRIDPUMPER • DIFFUSIONS- & CRYOPUMPER •
VAKUUMMÅLEINSTRUMENTER, VENTILER, HV & UHV FITTINGS • HELIUMLÆKSØGERE &
MASSESPEKTROMETRE • SPUTTER- ELEKTRONKANON- & ÆTSEANLÆG • RF & HV
STRØMFORSYNINGER • RUSTFRI SPECIALKAMRE & DELE • OMBYGNING AF VAKUUMANLÆG

WENZEL VAKUUM TEKNIK APS NYBROVEJ 283 DK-2800 LYNGBY TLF 45 87 97 35
SHOWROOM, SERVICE, LAGER NYBROVEJ 193 BIL 30 42 63 00 FAX 45 93 32 93

Edwards High Vacuum Turbomolekularpumper

- ★ 4 basistyper
- ★ High Power DC-motor
- ★ 40 flangevarianter
- ★ Ny EXT E økonomiversion
- ★ 17 modeller
- ★ Lavt støj- og vibrationsniveau

 **EDWARDS**



Edwards High Vacuum er en af verdens førende producenter af vakuumpumper og -udstyr. Den nye EXT E version gør det nu muligt at anskaffe en Turbomolekular Vakuumpumpe til en fornuftig pris. Kan køles enten med luft eller vand, og kan styres af den normale EXC350 og EXC500 Turbo-kontroller. Edwards High Vacuum er også Dry Pumps, Diff. Pumps, Vakuum måleinstrumenter, Frysetøringsanlæg og På-dampningsanlæg.

Ring for yderligere oplysninger!

Marielundvej 36
2730 Herlev
42 91 75 11

Buch & Holm A/S

Vejledning for forfattere

Redaktionen af KVANT modtager meget gerne artikler fra læserne. Indholdet af artiklerne bør være forståelig for personer med interesse for fysik - således at en god gymnasieelev vil få noget ud af at læse artiklen. Det gør ikke noget at der optræder enkelte (og enkle) formler i teksten. Illustrationer til artiklerne er meget velkomne.

Det er håbet at der vil komme en række rubrikker - der er allerede en debatside, som er åben for indlæg om alt hvad der rører sig om fysik. Bladet vil også bringe meddelelser fra Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse, ligesom omtale af arrangementer, der kan have interesse for fysikinteresserede vil blive bragt. Da der kun kommer fire numre om året (se planlagte udgivelsestidspunkter nederst på denne side) skal der gives meddelelse om et givet arrangement i god tid, hvis det skal kunne komme med i bladet.

Redaktionen vil også stræbe efter at kunne bringe korte notitser med friske nyheder og anmeldelser af bøger af interesse for fysikere.

Vejledning i udformning af artikler til KVANT

For at lette produktionen modtages artikler helst på elektronisk facon. Det kan enten være som elektronisk post til e-mail adressen

kvant@dfi.aau.dk

eller på en DOS-formatet diskette, der sendes til

KVANT

c/o Institut for Fysik og Astronomi

Ny Munkegade

8000 Århus C

eller afleveres til et redaktionsmedlem sammen med eventuelle figurer, og - *meget vigtigt* - et billede og en præsentation af forfatteren, i stil med de præsentationer, der findes i slutningen af hver artikel i dette nummer.

Teksten kan være skrevet i WordPerfect, Word, T_EX eller som en ren ASCII-fil. Hvis det ikke er muligt at aflevere teksten i et af disse formater, kan en papirudgave af artiklen naturligvis anvendes.

Formler og specielle symboler kan indsættes i teksten med WordPerfect eller T_EX. De modtages dog også gerne på papir.

Illustrationer og billeder til artiklerne afleveres separat - det er (endnu) en kvalitetsmæssig fordel at indsætte disse i artiklen på sædvanlig facon. Undlad venligst at afsætte plads til dem i teksten, men placer figurforklaringen til sidst eller for sig selv.

Tabeller og opstillinger ønskes enten i WordPerfect format eller som opstillinger med tabulatorer. Brug ikke for megen energi på at lave "snedige" opstillinger med linier og lignende.

- Overskriften skrives med store bogstaver.
- Forfatternavne skrives med kursiv.
- Afsnitsoverskrifter skrives med fed skrift.
- Der er ingen tomme linier mellem afsnit, men de indledes med en indrykning (tabulering).
- Referencer anføres i teksten med et løftet ciffer, og anføres til sidst i artiklen med nummer, forfatter, artikel (eventuelt bind-nummer med fed skrift), sidetal og årstal i parentes.
- Husk et billede og en kort præsentation af forfatteren.

Abonnement på KVANT

koster 135 kr for en årgang og vil blive opkrævet pr. giro. Nye abonnenter vil modtage eventuelle tidligere numre af den løbende årgang. Medlemmer af Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse vil modtage bladet som et medlemsblad.

Abonnement tegnes ved at skrive til

Lene Körner, Matematisk Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø



Fælles forårsmøde 16. – 18. maj 1993

Dansk Fysisk Selskab afholder sit forårsmøde i 1993 som en sammensmeltning af de tidligere sektionsoptdelte forårsmøder og det fælles årsmøde i november. Forårsmødet vil indeholde både årets generalforsamling og uddeling af NKTs forskerpris i fysik. For at give plads til det hele udvides mødet til to overnatninger. Mødestedet bliver Lalandia i Rødby Havn. Derved skulle fysikinstitutionernes ønske om at reducere mødeudgifterne være imødekommet samtidig med, at studerende kan deltage til en absolut favorabel pris. Tidspunktet er valgt uden for undervisningsperioden, hvorved alle landets fysikere får en lejlighed til at mødes.

Forårsmødet vil indeholde 4 plenarforedrag af almen fysisk interesse samt 3 parallelsessioner med ialt 12 emnegrupper arrangeret af atomfysik-, faststoffysik-, og kerne-, partikel- og astrofysiksektionerne, heraf nogle i fællesskab. Sideløbende hermed vil de nyeste danske forskningsresultater blive præsenteret som plakater, og det nyeste apparatur vist på en udstilling. Aftenarrangementet om eksperimentets rolle i fysikundervisningen står uddannelses- og undervisningssektionen for. Endelig slutter mødet med DFSs generalforsamling samt uddelingen af NKTs forskerpris i fysik. (Se annoncering andetsteds i Kvant.)

Alle landets fysikere opfordres til at deltage i forårsmødet med indlæg og plakater og ikke mindst bidrag til en livlig diskussion. Især vil vi meget gerne give yngre forskere og forskerstuderende muligheden for at præsentere deres resultater for en bredere kreds.

Inviterede foredragsholdere

Plenarforelæsere:

Yves Couder (Paris).

P. G. de Gennes (Paris).

T. Märk (Innsbruck): *Ionization processes of clusters.*

A. de Rújula (CERN): *The anisotropy of the background radiation and its implications for dark matter.*

Atomfysiksektionen:

Pierre Agostini (Saclay): *Atoms in strong optical fields: recent problems and perspectives.*

Ingolf Hertel (Freiburg): *Collisions involving clusters.*

Richard F. Haglund (Nashville): *Laser ablation from solids.*

Faststofsektionen:

G. Ertl (Berlin).

D. H. Lee (Yorktown Heights): *Unified theory of the quantum Hall effect.*

Kerne-, partikel- og astrofysiksektionen:

M. Spiro (Saclay): *Solar neutrinos observed by Gallex at Gran Sasso.*

NKTs forskerpris i fysik

Begrundede forslag til prismodtagere sendes til DFS. (Se annoncering andetsteds i Kvant.)

Dansk Fysisk Selskab

Praktiske detaljer

Tidspunkt

Søndag den 16. maj til tirsdag den 18. maj 1993 med

registrering: fra søndag kl. 16.00

mødestart: mandag kl. 8.30

mødeslut: tirsdag kl. 15.00

togafgang: tirsdag kl. 16.15

Med denne togafgang nås alle hjørner af landet samme aften. Taxa til/fra stationen koster ca. 45 kr.

Indkvartering

Alle deltagere indkvarteres i Lalandias "familie-størrelse" feriehuse, som ligger i nær tilknytning til mødecenteret og til restaurationen. Pris for 2 døgn, inklusive måltider fra mandag morgen:

luxus (eget hus) 1400 kr.

standard (eget rum) 1000 kr.

student (egen seng) 800 kr.

Restauranten er åben søndag aften. Indkvarteringen forudbetales til DFS sammen med mødeafgiften.

Registrering

Mødeafgiften er 500 kr. For overbygnings-studerende, der er medlemmer af DFS, bortfalder mødeafgiften dog. Registrering foretages på blanketten på sidste side. Mødeafgiften indsættes på DFSs girokonto nr. 8255334 eller vedlægges registreringen i check udstedt til DFS.

Resume

Resumeer udformes efter American Physical Societys retningslinier (se nedenfor). Der uddeles en pris for den bedste plakat.

Frist

Sidste frist for modtagelse af registrering, resume, mødeafgift og forudbetaling for ophold er **mandag den 15. februar 1993**.

Financiell støtte

DFS råder over et beløb til at støtte studerende, som ikke kan få deres deltagelse i forårsmødet dækket af hjeminstitutionen. Udstillernes bidrag går ubeskåret til dette formål. Det er en forudsætning for støtte, at man er medlem af DFS, og ansøgere med et tilmeldt resume vil have forrang. Ønske om støtte angives på registreringsblanketten. Støtten udbetales på mødet.

Sprog

Forårsmødets sprog er engelsk, bortset fra aftenarrangementet. Deltagerne bedes erindre, at hovedparten af tilhørerne er ikke-specialister i det behandlede emne, og indrette deres præsentation derefter, så alle får maksimalt udbytte af mødet.

Yderligere information

Generelt:

Dansk Fysisk Selskabs sekretær

Bjarne Andresen

Fysisk Laboratorium

Københavns Universitet

Universitetsparken 5

2100 København Ø

Telefon 3532 0470

Telefax 3532 0460

E-post [kuflba @ vm.uni-c.dk](mailto:kuflba@vm.uni-c.dk)

Program:

Atomfysik — Jens Juul Rasmussen (Afdelingen for optik og fluiddynamik, Risø, tlf. 4237 1212).

Faststoffysik — Preben Alstrøm (Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet, tlf. 3532 0432).

Kerne-, partikel- og astrofysik — Niels Rud (Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet, tlf. 8612 8899).

Uddannelse og undervisning — Poul V. Thomsen (Institut for Fysik og Astronomi, Århus Universitet, tlf. 8612 8899).

Dansk Fysisk Selskab

Vejledning for forfattere

- indsenderens navn, underskrift og fulde adresse angives i nederste højre hjørne
- overhold fristen, DFS er ikke ansvarlig for postforsinkelser
- kun originaler af høj typografisk kvalitet, ingen fax
- 12 cm × 10,5 cm
- fortløbende tekst, ingen overskrifter eller indrykninger
- understreg titel
- angiv foretrukken præsentationsmåde nederst til venstre
- angiv emneområde øverst til venstre

Eksempel:

Suggested title of session
in which paper should be placed
Optical Properties of Film Structures

One-dimensional Heterojunction Structures in Polysilylenes. N.MATSUMOTO, H.ISAKA, NTT Basic Research Labs.--- UV absorption, luminescence and excitation spectra of poly(di-n-hexylsilane) solid films have been observed at temperatures from 4K to 400K. The UV spectrum, under the melting point (Tc), exhibits two peaks corresponding to a crystalline portion (365nm at 4K: Phase I) and an amorphous fraction (319nm at 4K: Phase II). The luminescence spectrum, on the other hand, has only one peak emitted from phase I. Two luminescence peaks (348nm and 381nm) can be observed only near Tc and there is only one luminescence peak from Phase II above Tc. When Phase I and Phase II form a one-dimensional heterojunction structure along a chain as in the case of temperatures below Tc, electrons and holes excited in the wide-gap Phase II relax toward the narrow-gap Phase I and recombine radiatively. When two phases are spatially independent on the different chains, or when the third phase exists as a trap along a chain, the energy transfer between the two phases is disturbed. The former case corresponds to the above luminescence observation near Tc. The latter case has been confirmed by the observation of two-peak luminescence in rapidly cooled films with the third phase (UV peak:350nm)

- () Prefer Poster Session
() Prefer Standard Session
() No preference

Signature

Same name typewritten

Address



Registreringsblanket til
DFS forårsmøde 16. – 18. maj 1993

Navn _____
Institut _____
Adresse _____
Telefon _____ Telefax _____
E-post _____

Titel på bidrag _____

Jeg foretrækker ☐ plakat, ☐ mundtlig præsentation, ☐ ingen præference.

- ☐ mødeafgift, 500 kr.
☐ jeg er studentermedlem af DFS og er dermed fritaget for mødeafgift.
☐ jeg er studentermedlem af DFS og søger om støtte til rejse og ophold.

Ønsket indkvartering:

- ☐ eget hus, 1400 kr.
☐ eget værelse, 1000 kr.
☐ egen seng, 800 kr.

Betaling ialt, _____ kr. er

- ☐ indsat på DFSs girokonto nr. 8255334.
☐ vedlagt i check udstedt til DFS.

Jeg er ☐ ryger, ☐ ikke-ryger.

☐ Jeg ønsker at blive medlem af Dansk Fysisk Selskab.

Denne blanket samt resume af artikel sendes til

Bjarne Andresen
Fysisk Laboratorium
Københavns Universitet
Universitetsparken 5
2100 København Ø.

Registreringsblanket, resume, mødeafgift og betaling for ophold skal være modtaget senest
mandag den 15. februar 1993.