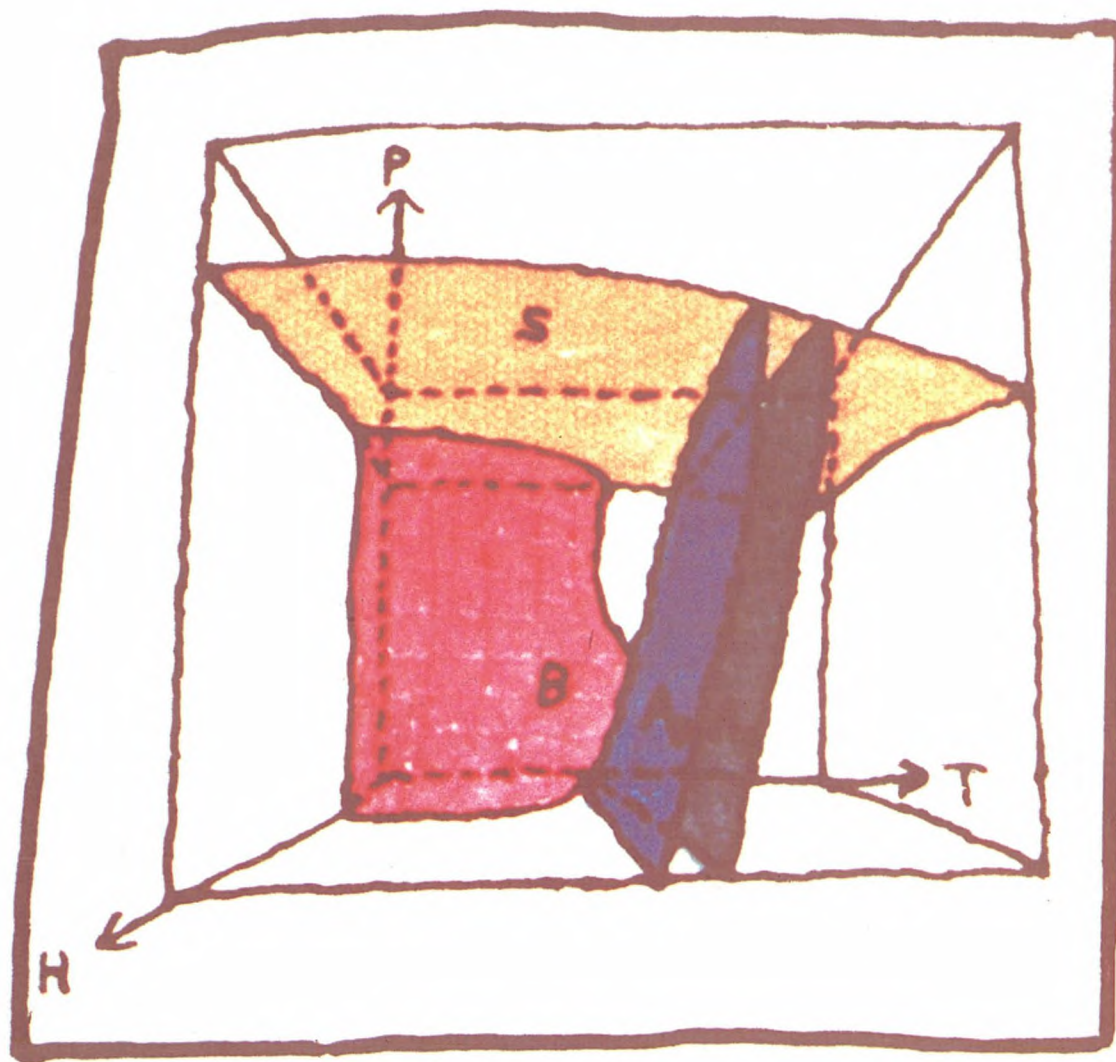




• LASER ABLATION • FYSIK FOR FREMTIDEN • OL I FYSIK •

• FYSIK PÅ DTU • DFS 25 ÅR • ÅRSMØDEPROGRAM • SUPERFLYDENDE ³HELIUM •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Fysisk Tidsskrift

c/o Ørsted Laboratoriet
Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Telefax : 35 32 04 60
E-mail : kvant@nbi.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af

Dansk
Fysisk
Selskab



Selskabet for
Naturlærens
Udbredelse



Redaktion

Mads Hammerich (ansv.)
Frederiksberg Gymnasium
Rasmus Kromann (annoncer)
Torsten Freltoft
NKT Research Centre
Jørgen Friis Bak
Naturvidenskabeligt fakultet, ÅU
Jørn Christiansen
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, KU
Finn Berg Rasmussen
Ørsted Laboratoriet, KU
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 reproklart materiale. Henvendelser om annoncer til Rasmus Kromann, NKT Research Centre, telefon 43 48 35 00, telefax 43 63 00 99.

Oplag: 2000

Tryk: P.J.Schmidt, Vojens
ISSN 0905-8893

Indhold:

Laser ablation

Jørgen Schou 1
Bestråling med umådelige lysintensiteter river overfladen af alle materialer op. Laser ablation har en teknisk side - ufordampelige stoffer kan fordampes. Og en mere grundlæggende side - hvordan kan stoffets atomer på denne måde få energier på hundrede gange fotonenergien?

Fysik for fremtiden

Jørgen Kjems 7
Karl Marx udfordrede i sine *teser om Feuerbach* filosofierne til at forlade beskrivelsen af verden og tage del i forandringen i stedet. Kjems ser - uden sammenligning i øvrigt - fysikerens rolle skifte fra naturbeskrivelse til naturdesign i et tværdisciplinært forskningsmiljø.

Fysikken på DTU

Erik Mosekilde 9
Ligesom den foregående artikel er denne et svar på DFS' spørgsmål til institutterne i anledning af 25-året: Hvor står fysikken i Danmark nu?

Meddelelser fra DFS

Preben Alstrøm m.fl. 11
DFS 25 år, kontingent, essaykonkurrence, Kvinder I Fysik, årsmøde i DFS.

De internationale fysikolympiader

Niels Hartling 14
De danske gymnasiasters høje fysikniveau slår ikke helt til ved OL i fysik. Grundpensum er 40% højere end herhjemme. Alligevel kløede de hårdt på og fik gode resultater i international - venlig - konkurrence.
Test dig selv på en af opgaverne og fornem niveauet.

Nobelprisen i fysik 1996

Finn Berg Rasmussen 18
Finn Berg Rasmussen tager os med gennem faseovergangene i He-3 i denne ekspertomtale af sidste års pris.

Fysikkens image

Erik Both 25
Ansøgningsfristen er udløbet til denne konference. Alligevel tager vi denne konferenceindkaldelse med fordi den - her i 25-året - stiller en række spørgsmål til fagets image.

Forsiden:

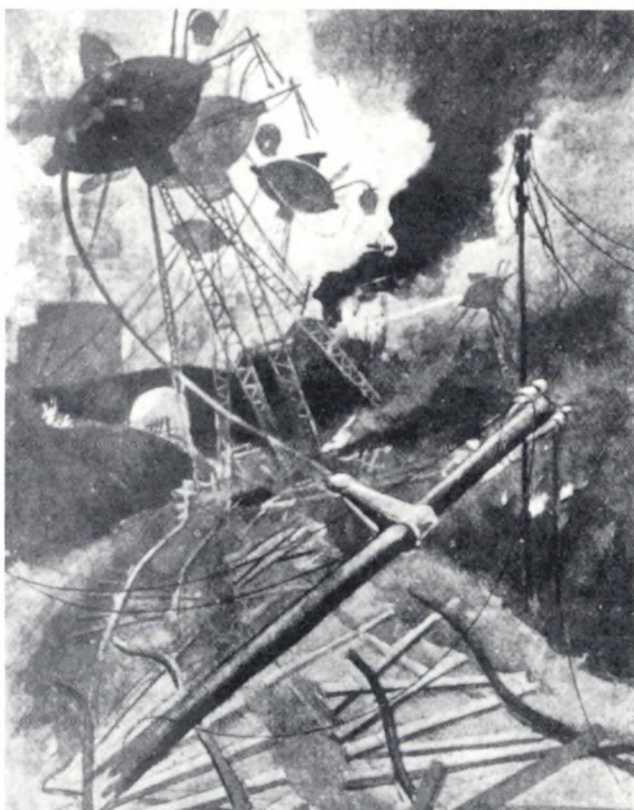
Den søde fase af He-3

Fasediagrammet for ^3He inspirerede i 1975 Kathy Gully til denne dekoration af en lagkage.

Willy Gully deltog, som nybagt phd student, i det berømte NMR-forsøg. Læs artiklen side 18

Laser ablation: bestråling af overflader med ekstrem høj lysintensitet

Jørgen Schou, Optik og Fluid Dynamik Afdelingen, Forskningscenter Risø



"THE DESTROYING MONSTERS FROM MARS WRECK THE RAILWAYS."

Figur 1. "It is still a matter of wonder how the Martians are able to slay men so swiftly and so silently. Many think that in some way they are able to generate an intense heat in a chamber of practically absolute non-conductivity. This intense heat they project in a parallel beam against any object they choose, by means of a polished parabolic mirror of unknown composition, much as the parabolic mirror of a lighthouse projects a beam of light. But no one has absolutely proved these details. However, it is done, it is certain that a beam of heat is the essence of the matter. Heat, and invisible, instead of visible, light. Whatever is combustible flashes into flames at its touch, lead runs like water, it softens iron, cracks and melts glass, and when it falls upon water, incontinently that explodes into steam."

Ekstremt høje lysintensiteter.

På en klar dag ved ækvator vil sollyset have en intensitet på $1,4 \text{ W/cm}^2$. Allerede en beskeden intensitet af denne størrelse føles ubehageligt af et menneske. Det er imidlertid ingenting mod hvad en laser kan frembringe, hvad enten den er kontinuert eller pulset. Med en kontinuert laser, f. eks. til svejsning, kan man nemt bestråle en overflade med en intensitet på 10 kW/cm^2 . Går man til lasere

med nanosekund eller picosekund pulser, kan man med en simpel fokusering af laserlyset frembringe intensiteter, der langt overstiger 1 GW/cm^2 , altså 10 størrelsesordner mere end hvad der på et menneske føles ubehageligt. Man skal kort sagt forestille sig, at hele effekten fra et stort kraftværk i løbet af et kort tidsrum rammer en overflade der er mindre end en kvadratcentimeter. Rammer en sådan lysstråle en overflade, vil den bogstaveligt talt ødelægge overfladen af alle materialer.

Ideen med en ødelæggende, usynlig lysstråle rettet mod fjendtlige mennesker eller våben blev brugt af H.G. Wells i "Kloderne Kamp" i 1896 (figur 1). Dette var før de første lasere blev konstrueret, men ideen med en voldsom, endda ødelæggende påvirkning af materialer med lys er dermed langtfra ny.

Hvad er laser ablation?

Ved laser ablation forstås en proces, hvor en materialeoverflade eroderes af laserlys ved en kombination af processer der starter med fordampning af materialet og ender med et kortvarigt højenergiplasma over materialet. Under alle omstændigheder kan en enkelt laserpuls fjerne materialet fra mange hundreder af monolag og pletten vil være synlig med det blotte øje.

Selve ordet ablation kommer fra latin af verbet "auferre", at bære bort, bringe væk, hvis perfektum participium hedder "ablatum". Betegnelsen "ablation" er blevet benyttet til at beskrive en erosionsproces, der i virkeligheden kan være en indviklet kombination af lysabsorption, smeltning, fordampning og ionisation.

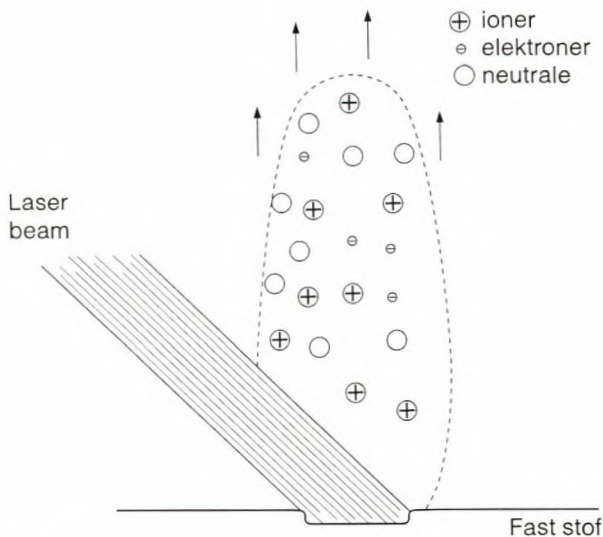
Med en kraftig pulset laser kan man kortvarigt skabe fysiske forhold, der er ekstreme. Selv med beskedne midler kan man i mindre laboratorier bringe det bestrålede materiale op på temperaturer, der langt overstiger kogepunktet, man kan bringe chokbølger af kolossal størrelse ind i det faste stof, og man kan frembringe tætte plasmaer af selv tunge grundstoffer. Alt dette kan gøres med en laser til nogle få hundrede tusinde kroner.

Laser ablation var glemt i 20 år.

Selvom laser ablation er en destruktiv proces, kan den også bruges til nyttige formål. Allerede i 1965 blev de første tyndfilm produceret, simpelthen ved at opsamle de ablaterede partikler på et substrat, der blev anbragt nogle få centimeter fra det bestrålede target. Dette arbejde gik snart i glemmebogen, fordi man med andre metoder langt lettere kunne producere tyndfilm, og fordi det dengang var en kunst at få en laser til at virke. Samtidig begyndte

en række aktive laser og laserablations fysikere at arbejde med laser fusion og "stjernekrigs-våben", og kunne af militære grunde ikke kommunikere med resten af det internationale samfund. I de næste tyve år skete der meget lidt.

I 1987 skete der en afgørende ændring. Venkatesans gruppe i Baltimore producerede de første tyndfilm af højtemperatur superledere af keramiske targets med laser ablation. Netop disse keramikker havde en indviklet sammensætning af fire grundstoffer og et højt smeltepunkt, så traditionelle metoder såsom fordampning og sputtering deponering var meget vanskelige. Det viste sig, at film af selv en kompliceret kemisk sammensætning kunne fremstilles fra et laser-bestrålet "pulver"-target af denne sammensætning. Samtidigt var UV-lasere blevet billigere og driftsikre, så de udviklede sig til være brugbare og (nogenlunde) pålidelige redskaber i laboratorier, hvor der ellers ikke var nogen tradition for at anvende lasere. Fra dette øjeblik nærmest eksploderede anvendelsen af laser ablation til deponering af tyndfilm af alle mulige materialer. Denne pludselige udvikling betød også, at man begyndte at interessere sig for hvad, der egentlig skete under laser ablation af en overflade. Herhjemme fremstillede Torsten Freltoft og Per Vase fra NKT i 1989 de første superledende højtemperaturfilm ved laser ablation. De magnetiske egenskaber af disse film kunne fuldt ud måle sig med de bedste fra udlandet.



Figur 2. Intenst laser beam rammer en overflade af et fast stof og eroderer sig ind i materialet. Det eroderede stof udsendes som en "gas-sky", en såkaldt fane, der indeholder ioner, elektroner og neutrale atomer fra materialet.

Hvad sker der under laser ablation?

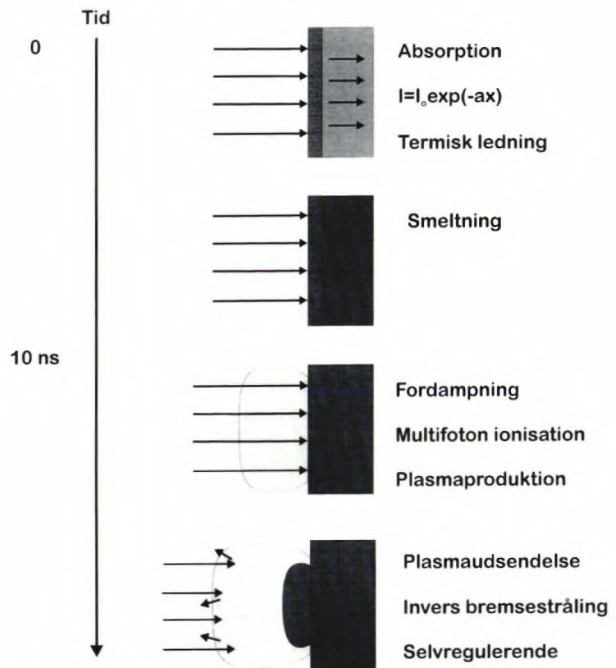
Som det ofte er sket ved andre lejligheder, blev laser ablation en metode, der kunne benyttes til f.eks filmdeponering og materialeanalyse, uden at man forstod hvad der præcist skete i de forskellige faser af ablationen.

Lad os betragte en metaloverflade, der bestråles af en

kraftig UV-laser. I løbet af nogle få nanosekunder gennemløbes en række scenarier (vist på figur 3)

I første fase absorberes laserlyset af metallets ledningselektroner, og den absorberede energi fordeles indenfor et volumen, der er bestemt af metallets termiske diffusion. I anden fase varmes metallet op til smeltepunktet, men uden at der nødvendigvis sker en nævneværdig erosion af materialet.

Vekselvirkning af intens laser med target

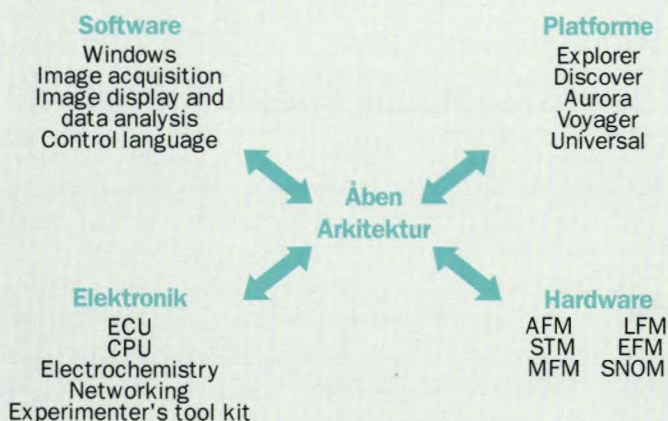


Figur 3. Fire scenarier i rækkefølge, der beskriver, hvad der sker under intens laserbestråling af en metaloverflade. Jo større intensitet, desto hurtigere kommer man op i scenario 3 og 4. Er laseren svag, når man kun til scenario 1 og 2. (Grafik: Birgitte Thestrup)

I tredje fase når metaloverfladen kogepunktet, hvorefter der kan ske en stærk fordampning. Ved høje laser intensiteter ioniseres atomer foran targetet ved multifotonprocesser, hvilket vil sige at to eller flere fotoner, der befinder sig indenfor samme mikrovolumen i fællesskab kan ionisere et atom. På denne måde kan man ionisere atomer med en ionisationsenergi lang over fotonenergien. Der bliver på denne måde produceret et tyndt plasma i gasfanen foran targetet. I fjerde fase bliver plasmaet gjort tættere og samtidigt opvarmet. Det er som ved en (kemisk) eksplosion. Når først processen er gået i gang lokalt, udbreder den sig lynhurtigt til andre steder i fanen. Plasmaelektronerne accelereres af laser feltet og ioniserer andre atomer, hvorefter de frigjorte elektroner ioniserer endnu flere atomer. På denne måde bliver plasmaet i gasfanen foran targetet tættere og i løbet af nogle nanosekunder fuldt ioniseret. Tætheden af plasmaet stiger, indtil laserlyset helt eller delvist bliver svækket af plasmaet og kun en ringe del af laserlyset når materialeoverfladen. Når dette



Figur 4. Et stærkt lysende (blåligt) sølvplasma i vakuum foran target ses til venstre på figuren. Laserpulsen på 355 nm (kan ikke ses) kommer ind fra venstre. Pulseenergien på 50 mJ og længde 6 ns giver her til en intensitet på 0.5 GW/cm^2 . De "tallerken- lignende" to plader til højre er mikrovægte på holdere, der bruges til måling af hvor meget sølv, der udsendes fra target. Billedet stammer fra en optagelse på Risø.



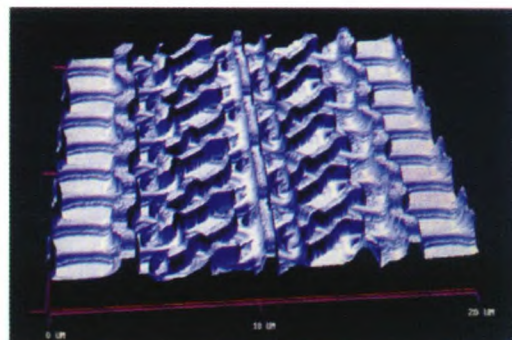
TopoMetrix er en af de førende producenter af **Scanning Probe Microscopes** i Silicon Valley, USA. **TopoMetrix** har været på forkant med udviklingen lige siden starten.

Flexibilitet er nøgleordet blandt ingeniørerne hos **TopoMetrix**. Det modulære design gør det muligt for brugeren at tilpasse software og hardware til egne nutidige og fremtidige behov. Dette indebærer en optimal udnyttelse af investeringen.

Fordele ved SPM: Mulighed for af se prøver ned til atomar størrelse. 3D-forstørrelse. Kan arbejde under vakuum, atmosfærisk tryk og i væsker. Ved SPM kræves der ingen forberedelse af prøverne.

Anvendelses områder: Biologiske undersøgelser under fysiologiske betingelser. Udvikling af mikroelektronik, elektrokemiske undersøgelser af materialer i deres oprindelige miljø. Materialeforskning, hvor der ses på fibre, ultraflade overflader, evaluering af overfladebehandling, etc.

**AFM
billede af
multilags
semi-
conductor
taget
med
TopoMetrix
Voyager.**



E-mail: dkbuchol@ibmmail.com

Buch & Holm A/S

Marielundvej 36 - 2730 Herlev ☎ 42 91 75 11 Fax 44 92 31 00

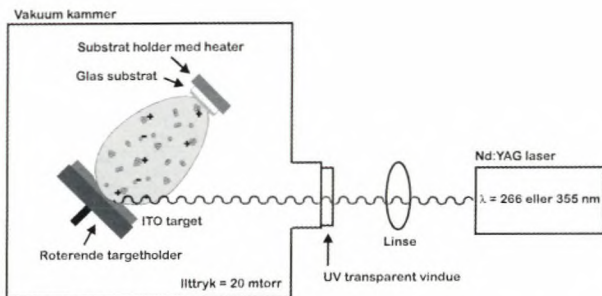
sker, falder ablationsraten og plasmaet bliver igen tyndere, så laserlyset igen når overfladen. På denne måde opstår der en form for selvregulerende plasma foran targetet.

En fane af et sølvplasma er vist på figur 4. I dette tilfælde er plasmaet produceret med en laser puls på omkring 50 mJ og varighed 6 ns. Selv med relativt små pulsenergier kan der genereres en stærkt lysende fane under ablation i vakuum.

Hvis en isolator bliver bestrålet, er de to første scenarier anderledes. Hvis fotonernes energi er større end båndgabets i isolatoren eller hvis der er resonante overgange, der passer til fotonenergien, kan der hurtigt skabes så mange frie og energetiske elektroner i stoffet, at det varmes op, også i løbet af nanosekunder. Ved en udpræget isolator med et stort båndgab vil der også ved en tilstrækkelig høj intensitet blive genereret frie elektroner ved multifotoneksitation, hvorefter ablationen foregår som ved et metal, dog noget langsommere.

Laser ablation velegnet til produktion af tyndfilm

En typisk opstilling til fremstilling af tyndfilm er vist i figur 5. I princippet opsamler man de partikler, der udsendes fra materialet under laser ablationen, på et velegnet underlag. Ved et passende valg af underlag kan man endda få filmen til at imitere substratets krystalstruktur, d.v.s. man kan dyrke epitaksiale film.



Figur 5. Skematisk tegning af et kammer til tyndfilmproduktion på Risø. Laserstrålen rammer et roterende sammenpresset pulver target af ITO (indiumtinoxid). Det ablaterede materiale sætter sig på glassubstratet, hvor filmen dannes. (Grafik: Birgitte Thestrup)

Den afgørende årsag til at UV laser ablation deponering slog igennem ved fremstilling af tyndfilm, er muligheden for at lave film sammensat på nøjagtig den samme måde som det bestrålede target. Den helt præcise grund til, at materialet således kan overføres støkiometrisk til targetet, er ikke helt klar, men skyldes formodentlig en kombination af den nærmest eksplosive opvarmning af materialeoverfladen, og at der ofte er en tynd gas atmosfære i deponeringskammeret. Da gassen ofte består af lette atomer eller molekyler, f. eks. iltmolekyler, sammenlignet med de oftere tunge metalatomer i targetet, vil der være en tendens til at de lette atomer med høj energi nedbremses mest. Dermed vil alle atomer komme nogenlunde samtidigt til targetet, så filmen bygges op med den rigtige

sammensætning.

Laser ablation deponering er først og fremmest brugt til materialer med højt smeltepunkt, hvor mere konventionelle metoder som f. eks. fordampning, kan være vanskelige at benytte. Af samme grund er laser ablation deponering hyppigt blevet brugt til keramikker og andre oxider.

En speciel egenskab ved laser ablation er, at en del af partiklerne, der udsendes fra fanen foran targetet, har energier i nærheden af 100 eV. Dette er flere størrelsesordener større end de energier partiklerne får ved konventionel fordampning. Ved filmproduktion er så høje energier ikke ønskelige, og en tynd gasatmosfære kan som nævnt nedbremse energien til 5-40 eV. Når de ablaterede partikler rammer overfladen med denne energi, er de særdeles mobile på filmoverfladen, og kan sætte sig i krystalgitteret på en "god" plads. Samtidig er energien ikke høj nok til, at det indkommende atom med stød kan producere defekter, der ødelægger krystalstrukturen. En god filmkvalitet hænger som oftest nøje sammen med et godt krystalgitter. På denne måde kan man med laser ablation deponering ved stuetemperatur lave film, der ellers ville kræve opvarmning af substratet, så de indkommende atomer ville kunne bevæge sig termisk rundt på filmoverfladen. I de første år efter laser ablationens gennembrud til filmproduktion, vidste man faktisk ikke, at man udnyttede de gode egenskaber af de energetiske partikler fra fanen.

En anden fordel ved laser ablation er, at deponeringsprocessen kan ske i en reaktiv eller inaktiv gasatmosfære, ilt, brint, kvælstof eller argon. Det kan f. eks. ved mange oxider være ønskeligt, at filmproduktionen foregår i en tynd atmosfære af ilt, så at filmmaterialet ikke udtyndes for komponenter med højt partialtryk under produktionssprocessen.

Anvendelser af laser ablation.

I tiden efter laser ablationens gennembrud til filmproduktion var det først og fremmest høj-temperatur superledere, der blev fremstillet på denne måde. På NKT benyttes laser ablation stadig til fremstilling af yderst følsomme magnetometre i form af superledende film. Den generelle tendens har været, at laser ablation i stigende grad benyttes til andre materialer, og først og fremmest til materialer med kompliceret sammensætning.

I Risøs afdeling for Optik og Fluid Dynamik fremstilles tyndfilm af indiumtinoxid (ITO) med laser ablation (figur 7). Dette materiale har den overraskende egenskab, at det er gennemsigtigt for synligt lys og samtidigt elektrisk ledende. Det kan derfor benyttes som elektroder på optiske komponenter. Ved laser ablation deponering kan man pålægge en elektrisk ledende film af ITO ved stuetemperatur. Ved praktisk talt alle andre metoder har det hidtil været nødvendigt at opvarme substratet, men ikke alle materialer kan tåle opvarmning.

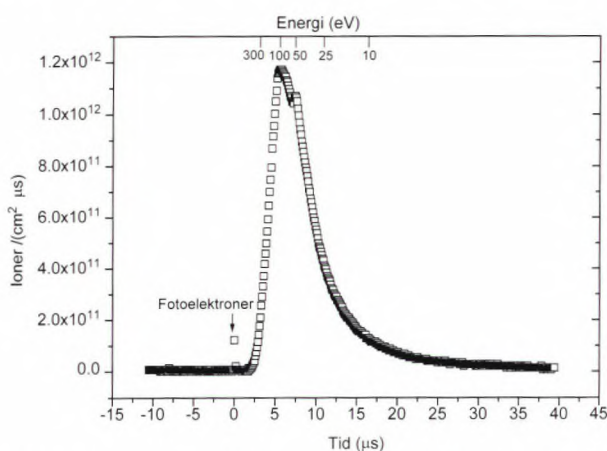
Laser ablation har endnu ikke vundet indpas som metode til industriel filmproduktion. Til gengæld er metoden slået igennem overalt i udviklingslaboratorier som en

hurtig og nem fremstillingsmetode til film af nye materialer. Det manglende industrielle gennembrud skyldes, at man endnu ikke har UV-lasere, der kan bestråle store flader tilstrækkeligt intenst, så produktion af film over store flader kan finde sted.

Parallelt med denne udvikling indenfor filmproduktion er laser ablation også blevet benyttet til erosion af materialer under navnet "laser ætsning" eller som en litografisk proces "laser litografi". Det er i virkeligheden den simpleste form for anvendelsen af laser ablation (se figur 2), men kræver en præcis fokusering af laserstrålen på det stof, der skal bearbejdes.

Laser produceret plasma.

Det er ikke alene det materiale, man kan opsamle som tyndfilm, der gør laser ablation spændende. Også de fysiske forhold i fanen undervejs mod et substrat eller en anden overflade er interessante.



Figur 6. Strømsignal fra en probe foran et sølvtarget, der er bestrålet med en enkelt puls på 70 mJ ved 355 nm. Først kommer der et signal fra fotoelektroner, der frigøres, når laser lyset rammer proben. Derefter følger en fordeling af ioner, der opsamles over mange mikrosekunder. Toppen af kurven svarer til enkeltladede sølvioner med en energi på 100 eV, mens de første partikler er hurtigere. (Spektrum optaget af Tue N. Hansen, Risø)

På figur 6 ses et strømsignal fra en probe (en metaltråd) ophængt omkring 65 mm fra et sølvtarget efter bestråling med en laser puls på ca. 70 mJ og varighed 6 ns. Denne puls svarer nogenlunde til den, der er vist på figur 4. Det er så heldigt, at man på figuren også har en reel tidsskala, d.v.s. man har det starttidspunkt, hvor laserlyset rammer target og bliver reflekteret tilbage på proben. Lyspulsen er så stærk, at fotoelektroner løsrives og forsvinder fra proben. Da strømmen jo udover indkommende positive ioner per tidsenhed også kan måles som forsvundne elektroner per tidsenhed, kommer der i begge tilfælde et signal. Det, man ser på figuren, er reelt en såkaldt flyvetidsfordeling, der kan konverteres til en hastighedsfordeling eller energifordeling, når man kender target-probe afstanden og massen af de ablaterede atomer. I toppen af kurven på figur 7 bevæger sølvatomerne sig med en hastighed på 10 km/sek, hvilket svarer til en energi

på 100 eV. I alt registreres der, at en procent af et monolag rammer proben per puls.

Milepæle indenfor laser ablation:	
Konstruktion af første lasere	1960
Første ion- og elektronproduktion observeret ved laser ablation	1963
Første klynger observeret fra laser ablation	1964
Første tyndfilm produceret ved laser ablation	1965
Første høj-temperatur superledermateriale fremstillet ved UV-laser ablation	1987
Første tyndfilm fremstillet ved UV-laser ablation i Danmark (hos NKT)	1989

Aktiviteter med laser ablation i Danmark		
Sted		Program
NKT Research Center	Re-	Fremstilling af superledende tyndfilm til magnetometre og andre elektroniske komponenter. (Torsten Freltoft og Y.Q. Shen)
OFD, Risø		Fremstilling af optiske tyndfilm, fx af indiumtinoxid. Studier af fysiske processer under laser ablation (Jørgen Schou)
Fysisk Inst. DTU	Inst.	Fremstilling af superledende tyndfilm af YBaCuO til studier af tunneleffekter (Jørn Bindslev Hansen og J.L.Skov)
Fysisk Inst. Århus Univ.	Inst.	Fremstilling af metalliske tyndfilm, multilagsfilm og compoundfilm af nikkel og andre metaller til studier af diffusion og mekaniske egenskaber. (Jørgen Bøttiger).

De højeste energier, der ses i flyvetidsspektrets forkant, er imidlertid langt større. Et intens bombardement med fotoner af langt ringere energi, i dette tilfælde 3.5 eV (355 nm) kan altså udløse udsendelse af tunge ioner med en energi op til mere end to størrelsesordner højere. Disse energier kan ikke forklares ud fra hydrodynamiske modeller, der var stort set enerådende i laser ablationens barndom. De skyldes hurtige elektroner, der frigøres ved multifoton-ionisation i fanen foran target og umiddelbart derefter forlader fanen. Dermed efterlades et overskud af ioner, der således kan accelereres af rum-ladninger i et plasma dobbeltlag.

Det er indlysende, at kan man frembringe så høje kinetiske energier for ioner eller atomer, kan man ved højere intensiteter også ionisere atomer til høje ladningstilstande. I eksemplet fra figur 6 er der overvejende enkeltladede sølvioner, men allerede ved intensiteter på 20-40 GW/cm² kan man producere lette ioner i ladningstilstande op til 4-5. Derfor har laser-producerede plasma i

en årrække været en brugbar kilde til højt ladede ioner. Man kan endda nogenlunde styre ladningstilstanden ud fra intensiteten af laser beamet.

Det er dog ikke kun ideen om med små midler at fremstille ekstremt højt-ladede ioner, der giver laser ablation perspektiv. De exciterede højt-ladede ioner kan producere Røntgen-stråling, og der arbejdes derfor ved mange laboratorier på at opbygge en såkaldt Røntgen-laser, der i givet fald ville kunne være en synchrotron-strålingskilde i mini-format. Et andet håb er, at man med de høje intensiteter med mindre lasere kan fremstille små partikel-beam accelerators. Selvom man med intense lasere allerede har produceret ioner og elektroner med MeV-energi, varer det dog nok et stykke tid, før de første laser-baserede accelerators kommer i brug rundt omkring på laboratorierne.



Figur 7. Foto af opstillingen på Risø til tyndfilmsproduktion med laser ablation. Target, en metalgrå skive lige over kanten, og substratholder er midlertidigt løftet op fra kammeret. Laseren kommer ind i kammeret fra foran i billedet gennem linse og kammervindue. I baggrunden forskningstekniker Arne Nordskov og artiklens forfatter, Jørgen Schou, Risø. (Foto: Birgitte Thestrup)

Referencer:

- 1) J. Schou, *Laser ablation fra faste stoffer - Et område i rivende udvikling*. DOPS-NYT 3, 6 (1993)
- 2) Martin von Allmen og Andreas Blatter, *Laser-Beam Interactions with Materials*. Physical Principles and

Applications. Springer series in Mat. Science (1995), pp. 1-194.

- 3) Chandrashekhar J. Joshi og Paul B. Corkum, *Interactions of ultra-intense laser light with matter*. Physics Today, Januar 1995, 36.



Jørgen Schou er seniorforsker på Risø i afdelingen for optik og fluid mekanik. Han har arbejdet med partikel- og laserbestråling af overflader i en årrække. Således blev han i 1991 Dr.scient. på en afhandling over sputtering ved partikelbestråling.

Innhold og Omfang av Grunnleggende Fysikkutdanning. Hafjell, Lillehammer, 8-10. August 1997.

Det inviteres med dette til nordisk workshop. Formaålet med møte er aa skape diskusjon om innhold, undervisningsmetoder og relevans for forskerutdanning ved de forskjellige universiteter og læresteder i norden.

Workshopen har en nordisk styringsgruppe bestaaende av Arne Auen Grimnes(AAs), Gunnar Tibell(Uppsala) og Jan Petter Hansen (Bergen), og organiseres av en lokal arrangementskomite i Bergen bestaaende av undertegnede. Den avholdes i direkte forlengelse av et norsk undervisningsmøte arrangert av Norsk Fysikklærerforening. Workshopen er støttet av Norfa. Det kan derfor gis støtte til reise og opphold. Det vil prioriteres bredest mulig nordisk representasjon og 50

For aa forenkle informasjonsutvekslingen forbundet med prosjektet, er det blitt opprettet mailingliste og en internett side: URL: <http://www.fi.uib.no/renate/workshop.html>

Et detaljert program vil bli offentliggjort innen 1. juni 1997. Paameldingsfristen er satt til 1.juli 1997. Ved spørsmål og paamelding vennligst kontakt: Renate Gruner, telf. 55 58 83 03, email: renate.gruner@fi.uib.no Jan Petter Hansen, email: janpetter.hansen@fi.uib.no

Fysik for fremtiden

Jørgen Kjems

Tidligere i år deltog jeg i arbejdet i et europæisk udvalg, som var blevet bedt om at se på de stærke og svage sider af fysikforskningen i Europa. Udvalget var nedsat af Europakommisionens rådgivende forsamling ESTA, som vil bruge resultaterne i dialogen med kommissionen om det kommende 5. rammeprogram.

Mit ærinde her er ikke at give et resume af vores rapport, men snarere at berette om diskussionen af nogle emner, der ikke kan genfindes i rapporten, men som jeg tror er relevante for en debat om dansk fysiks fremtid.

Udvalget arbejdede under et betydeligt tidspres og endte med at skrive en ret forudsigelig rapport, som afspejler den gennemsnitlige mening af ni fysikere fra seks forskellige lande. Rapporten indledes med følgende, generelle beskrivelse af fysikkens væsen og rolle:

"As the science dealing with the most fundamental aspects of nature, the domains of physics span distances which reach from the subnuclear world of elementary particles to the whole of the cosmos, and times which range from a billionth of a second to the age of the universe. To study phenomena in nature across this immense canvas, to invent and develop experimental tools that provide ever more powerful means to study nature, and to create theories that allow us to understand the underlying basic rules of nature - these are the accomplishments and goals of physics. Physics provides the basis for and the test ground of today's technology and also contributes decisively to other fields such as chemistry, biology and medicine. The future will see this interdisciplinary role of physics becoming increasingly more important".

Selvom vi således lagde ud med at have fysikkens interdisciplinære grænseflader for øje, faldt vi hurtigt tilbage til den klassiske opdeling i discipliner - elementarpartikelfysik, kernefysik, plasmafysik, astronomi og astrofysik, faststoffysik, og atomar, molekylær og optisk fysik - da vi skulle til at gå i detaljer. Den afsluttende diskussion viste da også, at vi hver især havde en fornemmelse af ikke at have fanget flere af de vigtige aspekter af den udvikling fysikken p.t. er inde i, og som går på tværs af den gængse disciplinopdeling.

Et eksempel herpå er de fremskridt, der er sket i forståelsen af de tilsyneladende kaotiske bevægelser man finder i turbulente strømninger, og hvor de samme numeriske og matematiske beskrivelser dækker så forskellige fænomener som Jupiters røde plet og strømningerne i oceaner og hvirveldannelser. Kombinationen af matematisk teori og numerisk fysik på kraftfulde computere har her skabt grundlaget for et frodigt forskningsfelt med mange tankevækkende facetter.

Et andet eksempel på en udviklingstendens vi heller ikke rigtig fik hold på er den hastigt forsvindende

grænse mellem naturskabte og menneskeskabte strukturer på atomar, molekylær og supramolekylær skala, ja for den sags skyld på nano- og mikrometer skala. Er de nye højtemperatur superledere naturens eller menneskets værk?

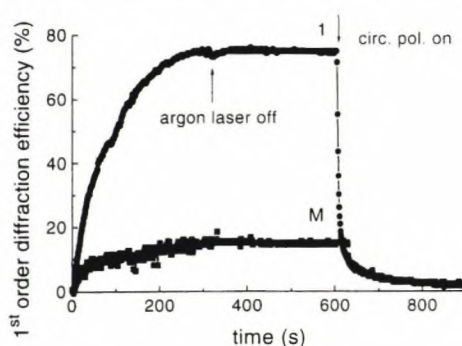
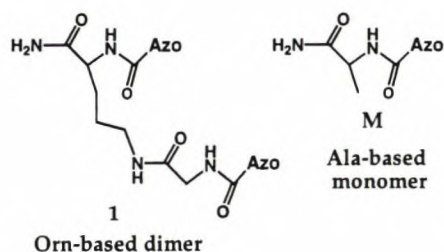
Den gængse opfattelse er, at fysikernes opgave består i at karakterisere og forstå og overlade til andre - eller måske til naturen selv - at syntetisere og skabe. Selv tror jeg, at det bliver lige så vigtigt for fremtidens fysikere at kunne skabe strukturer med nye ventede og uventede egenskaber, som det var for fysikere af min generation at kunne karakterisere, analysere og forklare "naturlige" materialer.

Det er en af grundene til at vi på Risø for et par år siden tog det ukonventionelle skridt at samle faststoffysik, kemisk syntese og polymerkemi i en og samme afdeling. Der er flere grunde til at dette grænsefelt rummer lovende perspektiver. For det første er vi nået til et punkt, hvor vi så at sige enkeltvis og både kemisk og fysisk kan manipulere med atomer og molekyler. For det andet kan vi nu fastlægge strukturer såvel i dybden som på overflader og i grænselag med tilsvarende nøjagtighed og med en kombination af forskellige teknikker. Og for det tredje er fænomener på nanometer længdeskala ofte styrende for de makroskopiske egenskaber af polymere og andre makro-molekylære materialer. Det gælder ikke mindst for molekyler af interesse for biokemikere og/eller biologer.

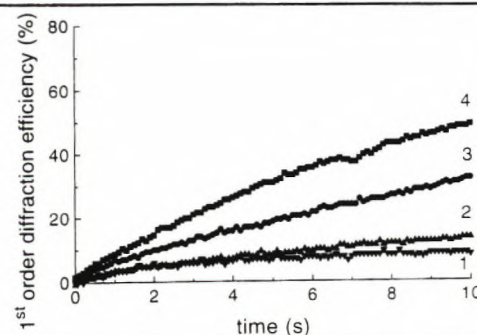
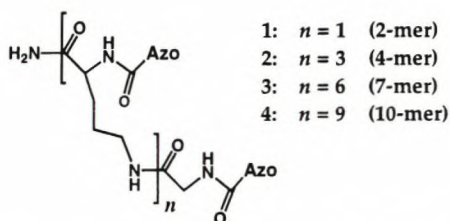
Der er allerede kommet mange spændende resultater fra denne nye afdeling, som i parentes bemærket også fik en meget fin bedømmelse i den nyligt gennemførte internationale evaluering af Risø. Fordi denne forskning på en gang beskæftiger sig med syntese, struktur og funktion fører den ofte til givtige samarbejder på tværs af andre faggrænser, f.eks. med fysikerkolleger der beskæftiger sig med optiske materialer og optiske målesystemer. Dette sidste har ført til, at vi på Risø vil satse endnu mere end før på udvikling af nye optiske materialer, baseret på polymere og andre organiske materialer, som kan bruges i både passive og aktive optiske mikrokomponenter. Jeg forventer, at vi også snart vil se spændende resultater fra en tilsvarende uortodox kombination af organisk syntese og strukturdesign med mikromekaniske funktioner. Det projekt omtales populært som "den kunstige muskel". Endelig er det for mig helt uoverskuelige felt af udviklingsmuligheder på grænsefladen mod biologi, biokemi, og bioteknologi, hvor resultaterne af en kreativ forskningsindsats burde kunne vække interesse hos de stærke danske industrier indenfor fødevarer, medicin og medicoteknik.

Tilbage til det europæiske udvalg, hvor vi også havde lejlighed til at konstatere, at dansk fysik, målt med en bibliometrisk alen, har klaret sig endog særdeles godt i de seneste årtier. Vi er kommet i første division

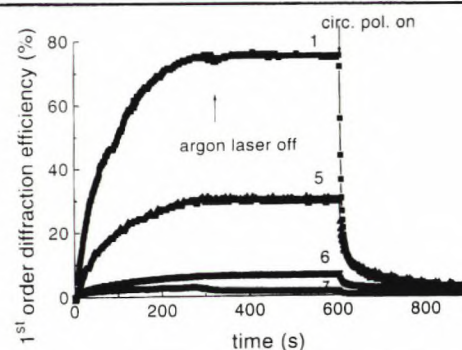
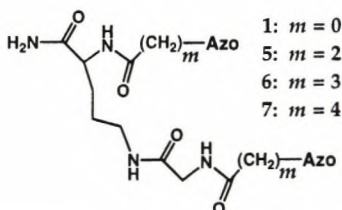
a Dimer versus monomer



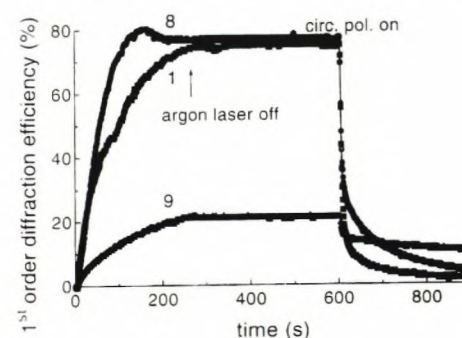
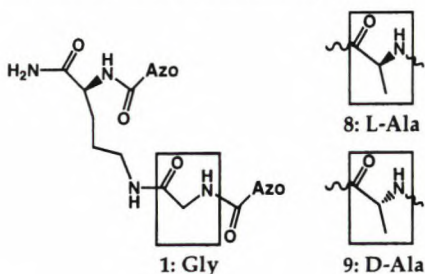
b Effect of oligomer size



c Effect of side-chain flexibility



d Effect of stereochemistry



"Designerdrugs for optikere". Figurene viser eksempler fra et tværdisciplinært studium hvor man designer organiske molekyler til brug for optiske komponenter. Her er det strukturen af molekylerne og diffraktionseffektiviteten af et holografisk gitter i en film af stoffet der er vist. (Rolf Berg, Søren Hvilsted og P.S. Ramanujam, Nature 383 (1996),p 505-508.)

sammen med lande som USA, Schweiz, Tyskland og Holland. Nu ved jeg af egen erfaring, at citationer topper mellem 3 og 5 år efter at man har publiceret resultater, som ofte vil have været både et år og to undervejs. Så det er her som i mange andre forhold uhyre farligt at hvile på

laurbærrene og tro at den hellige grav er vel forvaret. Og der er efter min opfattelse flere tegn på at dansk fysik er under pres og savner accept af de nuværende aktiviteter på de fysiske institutter. Skal man vende en sådan udvikling gælder det om påny at lade sig inspirere af fysikkens væsen

(som beskrevet i det indledende citat) og at føje en ny dimension til forståelsen af de grundlæggende "rules of nature", nemlig viljen til at bruge denne forståelse til at skabe nye funktionelle strukturer. Man kunne måske kalde en sådan indsats for "molecular engineering physics".

På samme måde som det her i landet i 60'erne og 70'erne lykkedes at opbygge en internationalt anerkendt indsats i faststoffysik, er jeg overbevist om at vi i dag med fordel kan generere en tilsvarende indsats ved at fokusere på de tværdisciplinære muligheder jeg har berørt ovenfor. Mikroelektronikcentret på DTU og Risøs nye Afdeling for Materialers Fysik og Kemi betegner begge vellykkede skridt i denne retning. At bygge nye felter op fra grunden forudsætter mod og vilje til at give unge talentfulde fysikere de samme muligheder og udfordringer, som min egen generation fik for 20-30 år siden. Jeg er overbevist om at alle de naturvidenskabelige fakulteter har mulighederne for at foretage sådanne kreative kombinationer af talenter og faggrupper, og det ville være flot hvis initia-

tiverne til en sådan nytænkning kom fra forskergrupperne selv.



Jørgen Kjems er vicedirektør for forskningscenter Risø.

Fysikken på DTU

Erik Mosekilde

Gennem de sidste 4-5 år er forholdene for fysikken på DTU på mange måder ændret radikalt. De tidligere 4-5 laboratorier for fysik og teknisk fysik er blevet slået sammen til et enkelt institut, så vi har fået bedre muligheder for at koordinere undervisningen og prioritere den forskningsmæssige indsats. Med den samtidige nedlæggelse af Institut for Elektrofysik er fysikområdets personaleresourcer stort set halveret. Dette er dog i nogen grad kompenseret ved etableringen af DTU's Center for Mikroelektronik, som også i høj grad laver fysikrelateret forskning. Samtidig er det primært de mindst grundforskningsorienterede områder, der er udskilt af fysikinstitutet.

På undervisningssiden har vi fået etableret en teknisk fysisk fagpakke, der omfatter de to første studieår, og som hvert år optager 50-60 studerende. Mange af disse studerende er overordentlig velkvalificerede, og vi har derfor på flere områder kunnet skærpe kravene væsentligt. Dette har gjort undervisningen mere interessant og har været med til yderligere at motivere de studerende. De sidste studieår kan de studerende specialisere sig på en fysikprofil, og efter en pause på næsten 20 år kan man således igen afslutte sin uddannelse på DTU med en formel specialisering i fysik. Alternativt kan de studerende fra fysikfagpakken vælge at afslutte uddannelsen på Mikroelektronikcentret og således kombinere fysikken med kurser i digital elektronik, optisk kommunikation og halvlederteknologi.

Det er mit håb, at vi fremover yderligere kan styrke

fysikuddannelsen, således at det igen kan blive "in" at studere fysik. Det forudsætter naturligvis, at der fortsat inden for fysikken sker nye og spændende gennembrud, således at vi kan tiltrække de højt kvalificerede studenter i konkurrence f.eks. med mikrobiologi og informationsteknologi. Et af de områder, vi i den forbindelse vil satse på, er nanofysik, der beskæftiger sig med beskrivelsen (og anvendelsen) af strukturer på meget lille skala. Et andet område er beskrivelsen af de levende systemers funktion, regulering, vekselvirkning og dannelse på et fysisk grundlag. På begge disse områder har DTU overordentlig gode forudsætninger. Samtidig ønsker jeg, at fysikuddannelsen på DTU skal opretholde sin orientering mod konkrete tekniske anvendelser, så det er klart, at det er resultatsøgende ingeniører, vi uddanner.

På det forskningsmæssige område er der sket en betydelig opstramning, således at vi i dag satser på 5 hovedområder: materialefysik på atomart niveau, strukturfysik, ikke-lineær dynamik, kryogen mikroelektronik og optik. Det første område er støttet af Grundforskningsfonden, og instituttet deltager desuden i en række centre under materialeudviklingsprogrammet (MUP) samt i Center for Chaos and Turbulence Studies (CATS). Nanostrukturers fysik dyrkes såvel inden for materiale- og strukturfysikområdet og inden for den kryogene mikroelektronik, mens de forskellige biofysiske aktiviteter sker inden for strukturfysikken, ikke-lineær dynamik og kryogen mikroelektronik. I samarbejde med institutter ved DTU's

kemisektor arbejder vi på at sikre en afgørende styrkelse af forskningen inden for overfladefysik og heterogen katalyse. Optikforskningen er især koncentreret om ulineære optiske fænomener med henblik på forståelsen af ulineær vekselvirkning mellem optiske felter og mellem lys og stof; denne forståelse er en forudsætning for forskning i nye kohærente lyskilder med specielle egenskaber og i anvendelser af dette lys til informationsbehandling og optiske målemetoder.

Det faldende studentertal er langt det alvorligste problem, idet det gældende taxameterprincip langsomt udhuler DTU's ressourcer og derved vanskeliggør løsningen af de øvrige problemer. På den anden side er det klart, at der er studenter nok, hvis blot en større andel af dem ville have mod på at gå i gang med fysikstudiet, og hvis de ville have selvtillid nok til at påtage sig et personligt ansvar for landets økonomiske og industrielle udvikling. Der er nok at tage fat på, for gennem de sidste 20 år med høj arbejdsløshed og store offentlige underskud har vi nedslidt megen af samfundets infrastruktur, samtidig med at pro-

duktionsvirksomhederne er udsat for en stadig skarpere konkurrence fra udlandet.



Erik Mosekilde er docent og institutbestyrer ved Institut for Fysik ved DTU.

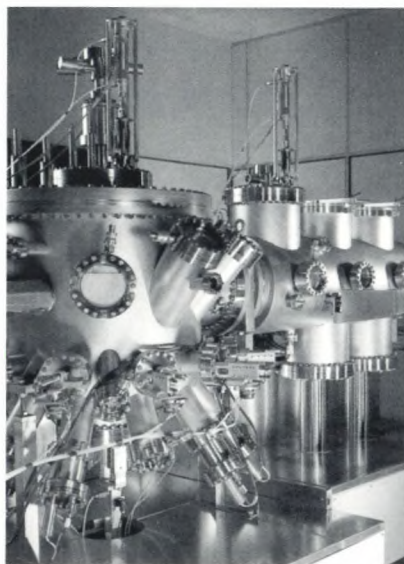


The New Vacuum Generators UHV Components Catalogue 1997



As part of Vacuum Generators continued commitment to customer service and development, we are pleased to announce the new catalogue, which will be available from April 1st 1997. These products are all designed and produced to the highest standards at affordable prices and are the most comprehensive range of products for the UHV industry available today.

Your order shipments are made directly from our factory in England, (normally over night!) and the shipping costs are included in the price. In this way we have access to the entire stock at our factory in England.



If you wish to receive a copy **free of charge**, please contact Kennet Joelsson, at

Thermo Instruments Nordic AB

(former Fisons Instruments Nordic AB)

Gårdsfogdevägen 16

S-168 66 BROMMA, Sweden

tel.+46-8-629 24 14, fax. +46-8- 627 52 20, or e-mail; kennetj@thinab.se

Dansk Fysisk Selskab 25 år

Preben Alstrøm, formand for DFS

Som det fremgik i sidste nummer af KVANT, fylder Dansk Fysisk Selskab i år 25 år. I den anledning har DFS' bestyrelse tidligere udskrevet en essay konkurrence, hvis deadline nu er flyttet til den 12. maj. Jeg håber naturligvis på rigtig mange indlæg, selvom jeg er klar over den altfor udbredte tilbageholdenhed blandt danske fysikere, når det drejer sig om udtrykke visioner i et bredere forum. For at øge motivationen har vi bl.a. udlovet 25 flasker champagne til det bedste bidrag. Se at få pennen i gang!

I forbindelse med Dansk Fysisk Selskabs 25 års jubilæum har DFS' bestyrelse endvidere besluttet at bringe en række artikler i KVANT om de holdninger og planer, som lederne på de danske fysikinstitutter i dag har til uddannelse og forskning, herunder forskerrekuttering og generationsskifte, forhold til industri og samfund, m.v. Vi har endvidere bedt forfatterne om, at artik-

lerne meget gerne udtrykker holdninger og planer, som er særegne for netop deres institut, og måske endda er i modsætning til holdninger og planer ved andre institutter. I dette nummer kan jeg glæde læseren med to artikler. Den ene artikel *Fysik for fremtiden* er skrevet af Jørgen Kjems, vicedirektør på Forskningscentret Risø. Den anden artikel *Fysikken på DTU* er skrevet af Erik Mosekilde, institutleder på Fysisk Institut, Danmarks Tekniske Universitet. Læs dem!

Dansk Fysisk Selskabs årsmøde afholdes på Hotel Nyborg Strand den 29. og 30. maj (KIF sektionen starter den 28. maj). Her i bladet kan det overordnede program findes med de inviterede foredrag angivet. De angivne sessioner (I-IV) opdeles generelt i fire parallel-sessioner. Programmet og ændringer heri kan følges løbende på DFS' hjemmeside, <http://www.nbi.dk/dfs>. Her findes nu også et DFS www board!

DFS-kontingent 1997

Det er igen tid til opkrævning af kontingent til Dansk Fysisk Selskab og individuelt medlemsskab af European Physical Society. Kontingentsatserne er uændrede fra sidste år, dvs. ordinært DFS medlemsskab samt firmaer/institutter koster 325 kr., mens kandidat- og Ph.D.-studenter samt pensionister slipper med 75 kr. Dertil kommer 250 kr., hvis du ønsker at være individuelt medlem af EPS.

Sidste betalingsdag er fredag den 4. april. Desværre er der en del af vores medlemmer, der ikke overholder betalingsfristerne. Det betyder en del unødvendigt ekstraarbejde for os med at rykke for betalingen og fører i sidste ende til sletning af medlemsregisteret. Dermed mister man jo så også abonnementerne på KVANT og Europhysics News, som automatisk følger med medlemsskab. Det vil gøre det sikrere og lettere for alle parter, hvis I vil tilmelde jeres DFS betaling til automatisk overførsel via PTG eller PBS.

I den forbindelse vil jeg gøre opmærksom på, at hvis I betaler manuelt, SKAL det udsendte girokort benyttes. Visse universiteter (f.eks. KU og DTU) har fået for vane at sende penge til os via samlergirering og undlade at medsende alle de nødvendige oplysninger til identifikation af

medlemmet. Det førte sidste år til et stort detektivarbejde for os. Vi vil derfor ikke i fremtiden kreditere indbetalinger på anden form end de udsendte girokort.

På de udsendte girokort eller månedsopgørelser fra PTG/PBS er anført din medlemskategori samt hvilke sektioner, du er tilmeldt. Er der fejl heri, bedes du give mig besked, gerne via e-post. Det er også vigtigt, at I meddeler adresseændringer, så vi ikke hver gang får en stak KVANT retur, blade som I kunne have haft glæde af at læse. Dette gælder specielt ved flytning til og fra udlandet.

Bjarne Andresen - registerfører Ørsted Laboratoriet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø tlf. 35320470, fax 35320460, e-post andresen@fys.ku.dk

Husk essaykonkurrencen!

Dansk Fysik de næste 25 år -
Udvikling eller afvikling?

Frist for indsendelse er rykket til 12. maj 1997. Nærmere oplysninger i KVANT nr. 4, december 1996, s. 11.

Netværk for Kvinder i Fysik

Årsmøde, onsdag den 28. maj 1997, Hotel Nyborg Strand

Tid	Program
11:00	Velkomst
11:15	Mette Skovhus Thomsen: <i>Hospitalsfysik</i>
12:15	Frokost/postersession
13:30	Lise Vejby-Christensen: <i>Branching ratios for dissociative recombination of molecular ions.</i>
14:15	Trine Ejlers Moegelberg: <i>Alternatives to Freon: Experimental studies of their atmospheric degradation.</i>
15:00	kaffe/te/frugt/postersession
15:30	Dominique Langevin: <i>Women in physics in France</i>
16:00	Diskussion med udgangspunkt i Dominique Langevins oplæg.
17:00	Generalforsamling.
18:00	



Anvendelse:

- * Kvalitetskontrol
- * Forskning og udvikling
- * Analyseudstyr
- * Høj -og ultrahøjvakuum

Læksøger på heliumbasis

Hvilke krav stilles der?

- * Hurtig
- * Nem og entydig betjening
- * Oliefri indsugning
- * Robust
- * Enkelt service
- * Prisbillig

Leybold ApS
Roskildevej 342A
2630 Tåstrup
Tlf.: 43996444
Fax: 43996544



Dansk Fysisk Selskab - Danish Physical Society

Årsmøde 29. - 30. maj 1997, Hotel Nyborg Strand.

Kl.	Torsdag d. 29.5.97	Fredag d. 30.5.97
9:00		Plenum NKT-pris fordrag
9:45		Sheldon Datz: <i>Ultrarelativistic heavy ion-atom collisions</i>
10:30		Kaffe
11:00	Plenum David Arnett: <i>The physics of supernova explosions</i>	Session III Daan Frenkel: <i>The liquefaction of gases - a matter of luck?</i> Horst Schmidt-Böcking: <i>Recoil momentum spectroscopy</i>
11:45	Robert P. Behringer: <i>Patterns in Sand: Time-Dependence, Fluctuations and Waves</i>	Peter Quinn: <i>The MACHO Project Dark Matter Search</i>
12:30	Frokost	Frokost
13:30	Session I Dominique Langevin: <i>Experimental studies of the dynamics of surfactant monolayers</i>	Generalforsamling + Posterpris
14:15	Len Tyler: <i>Plasma phenomena in the magnetosphere</i>	Kaffe
14:30	Peter Quinn: <i>The VLT Data Flow System : A User's Perspective</i>	Sessions IV
15:30	Kaffe	
16:00		Kaffe
16:15	Session II	Plenum Sergey Kravchenko: <i>$B = 0$ metal-insulator transition in two dimensions</i>
17:00		
17:30	NKT-prisoverrækkelse	
18:00	Aftensmad	
20:00	Aftenarrangement	
21:00	Posters + Fadøl	

Foreløbigt program.

De internationale fysikolympiader

Niels Hartling, Birkerød Gymnasium og HF

I sommeren 1996 deltog Danmark den internationale fysikolympiade i Oslo. Det var første gang var med.

Den første fysikolympiade fandt sted i Warszawa allerede i 1967, og der har med et enkelt års undtagelse været afholdt fysikolympiade hvert år siden. I de første år var der tale om en rent østeuropæisk konkurrence, men fra midten af halvfjserne begyndte flere vestlige lande at deltage bl.a. Vesttyskland, Sverige og Finland. Fra først i firserne kom bl.a. Holland, Østrig, Italien, Island, Storbritanien, Norge og Australien til, og fra midt i firserne bl.a. USA, Kina og Canada. Ved olympiaden i Oslo var over 50 lande med, inklusive næsten alle lande, som vi med rimelighed kan sammenligne os med, dog med et par markante undtagelser: Frankrig var ned i nogle år, men har ikke deltaget i de seneste år, fordi landet ikke kan forlige sig med, at arbejdssproget er engelsk og ikke (også) fransk. Japan er af en eller anden grund heller ikke med. Det kan siges, at det er lidt sært, at Danmark ikke kom med tidligere. Det er nok til dels et tilfælde, men det hænger også sammen med, at initiativet til en sådan deltagelse i Danmark ikke tages i offentligt regi. Det bliver kun til noget, hvis nogle har tid og kræfter til at gå i gang! Og i 1996 lykkedes det som sagt. En gruppe i Fysiklærerforeningen (for gymnasielærerne) fik gang i sagen. Fysiklærerforeningen lovede i et år at stå inde for det økonomiske, så vi ikke kom personligt i klemme: Et arrangement som en fysikolympiade med udtagelseskonkurrencer, rejser, ophold, forplejning o.s.v. løber bare i Danmark op i nærheden af 100.000 kr.

Foreningen opnåede i øvrigt sidenhen støtte fra bl.a. universiteterne til formålet, så de "rå" udgifter netop kunne dækkes. Danmark har i adskillige år deltaget i de tilsvarende kemi- og matematikolympiader. Da man har erkendt, at det af mange grunde er i landets interesse at være med i disse arrangementer, er der nu (fra og med 1997) afsat et beløb på finansloven til at støtte deltagelsen i alle olympiaderne.

Fysikolympiaderne henvender sig til unge under 20, som er optaget af faget, og som endnu ikke har indledt en videreuddannelse i fysik. Det vil for Danmark i praksis sige matematiske 3.g.gymnasiaster med fysik på højt niveau. Selve olympiaden finder sted efter overstået studentereksamen.

Det var med lidt bange anelser, vi lærere i olympiadeudvalget gik i gang med arbejdet. Ville der overhovedet være interesse for sagen blandt danske gymnasieelever? Ville der være nogle der meldte sig? Vi havde ikke behøvet at være bekymrede. Trods en travl hverdag, med studentereksamen for døren og trods mange andre gode tilbud, meldte der sig mellem 150 og 200 ud af de i alt ca. 1900 elever med fysik på højt niveau til første

runde, som var en prøve ude på skolerne.

I nogle år har der i Danmark, ja i det meste af Europa og USA, været problemer med at tiltrække tilstrækkeligt med dygtige studenter til ingeniørstudierne og til andre tekniske og naturvidenskabelige videreuddannelser. Disse problemer har givet anledning til debat i både folketing og medier. Nok ikke mindst på grund af denne debat mærkede vi, at der fra mediernes side var stor interesse for sagen. I de større aviser var der interviews, artikler og billeder af disse "mærkelige" unge mennesker, som lavede fysikforsøg for deres fornøjelses skyld, som fx Politiken skriver den 4. februar 1996:

"Hvad får en gruppe unge fra hele landet i den diskofile alder til at droppe alle aftaler og rejse til København for at lave fysikforsøg i fritiden på en bidende kold vinterdag? Det kan ikke være præmierne, der har lokket de 20 unge til Fysikolympiade. En bog og en rejse til Oslo er trods alt ikke specielt eksotisk lokkemad i vore dage."

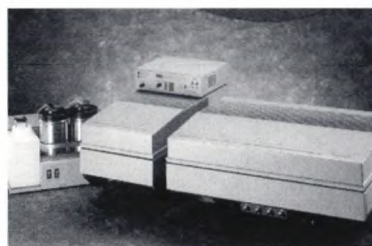


optilas

Optilas Danmark, den lokale internationale leverandør med specialer indenfor:

Optik og lasere til forskning og industri

Continuum, Inc. - Corion Corp. - CVI Laser Corp. - Ion Laser Technology, Inc. - Labsphere, Inc. - Laservision - Optical Surfaces Ltd. - Physical Optics Corp. - Research Electro Optics - Santa Fe Laser Co. - Synrad, Inc. - m.fl.



Spektroskopisk udstyr

Chromex, Inc. - McPherson Milton Roy - Photek Ltd. m.fl.



Elektronik

Directed Energy, Inc. - Maxwell Laboratories, Inc. - Quantum Design, Inc. - Stanford Research Systems, Inc. - Trek, Inc. - m. fl.

Optilas Danmark

Billedvej 2

DK-2100 København Ø

Telefon: 3543 0133

Fax: 3543 8334

E-mail: optilas@inet.uni-c.dk

Vi kan bekræfte, at set ud fra erfaringen med arrangementet af fysikolympiaden fejler interessen for fysik og naturvidenskab ikke noget! De 20, som kvalificerede sig til finalen, mødte alle op til en weekend på Ørsted Laboratoriet: En hel lørdag fik de lov til at lave fysikeksperimenter, og en halv søndag var de til skriftlig prøve. Men vi mærkede, at de nød oplevelsen og samværet med de andre unge fra hele landet. De glædede sig vist også over at få anerkendelse for en kunnen, som der ellers ikke bliver lagt så meget mærke til.

Søndag den 30. juni 1996 tog de fem vindere, på det tidspunkt nyudsprungne studenter, til den internationale fysikolympiade i Oslo. Lektor Malte Olsen fra KU og jeg (Niels Hartling) var med som ledere. Lige efter studenterfestlighederne og lige inden turen havde vi nået to intense forberedelsesdage, hvor eleverne arbejdede med fysik. Det krævede olympiadenpensum er ca. 40% større end det danske kernestof, så vi måtte i gang med teori og opgaver indenfor accelererede koordinatsystemer, impulsmoment, stive legemer, speciel relativitetsteori, induktion, vekselstrøm, svingningskredse og fejlophobningsloven - for blot at nævne nogle af de større bidder. Men ret beset var det utroligt, hvad der blev nået på de 2 dage, vi havde oplevelsen af elever, som virkelig kunne "tage fra".

Vi blev som de andre delegationer modtaget i Oslos Lufthavn. Hele søndag den 30. juni gik busser i pendulfart mellem lufthavnen og overnatningsstederne for de henholdsvis knap 300 studenter og ca. 100 ledere. Studenterne fra alle landene blev indlogeret på samme kollegium. Det gav et enestående sjovt og godt samvær. Det er selvfølgelig studenter, som er optaget af fysik, men hverken i Danmark eller i andre lande er der af den grund tale om kedelige "fysiknørdere". Det er levende og højtbegavede unge med masser af interesser. Fx viste den festlige afslutningsaften, at der var mange - inklusive de danske studenter - som var dygtige musikudøvere. Næsten alle studenterne - også de fem danske - var af hankøn. Tendensen til af fysik er et drengefag, slår kraftigt igennem ved et arrangement som en fysikolympiade: I Oslo var kun ca. 5% af studenterne piger!

Den første dag efter ankomsten var der stor velkomst på Oslo Rådhus, med fanfarer, flag og indtogsmarch som ved en "rigtig" olympiade. De følgende dage så lederne ikke studenterne, som var på arrangerede turistture, mens vi forberedte opgaver, og som løste opgaver, mens vi turistede. På den sidste dag havde vi alle, ledere og studenter, en pragtfuld sejltur på Oslofjorden.

Hver dag blev der udgivet en avis med dagens program, fysikolympiadenyheder, fysikstof og turiststof. Man mærkede i øvrigt, at der i den norske offentlighed var stor interesse for olympiaden.

Også for lederne blev det nogle udbytterige dage. Mange af lederne havde været med flere gange før og kendte hinanden godt. Fra Danmark blev vi modtaget varmt, og igen og igen hørte vi, at det er vel nok dejligt, at vi nu endelig er kommet med. Netop Danmark "som har så stolte fysiktraditioner", som det blev udtrykt.

Det internationale ved arrangementet var inspirerende.

Det var spændende at være med til den fælles behandling af de foreslåede opgaver med efterfølgende oversættelse af opgaverne til over 50 udgaver. Der blev arbejdet i mange timer natten igennem på computerne i alle slags skriftsprog: Arabisk, russisk, dansk osv. Den venlige og afslappede stemning var uden ubehagelige politiske overtoner. Deltagere fra forskellige lande fra det tidligere Jugoslavien sås fx i hyggelig indbyrdes samtale, og på afslutningsaftenen lavede studenter fra Kina, fra Taiwan og fra Hongkong fælles optræden.

Prøverne bestod af en 5 timers teoretisk og en 5 timers eksperimentel prøve. De fleste af de teoretiske opgaver var vanskelige: Døm selv! Jeg har vedlagt den danske oversættelse af sidste af de tre teoretiske opgaver, som vore studenter fik udleveret. Alligevel var der ca. 15 studenter inklusive en amerikansk dreng på 12 år, som havde det hele eller så godt som det hele rigtigt.

Den eksperimentelle prøve indeholdt en undersøgelse af et indstilleligt fysisk pendul. Udstyret var fremstillet i 150 kopier, så hver student kunne arbejde med eget udstyr, idet den ene halvdel af studenterne lavede eksperimenter om formiddagen og den anden halvdel om eftermiddagen. Udstyret var på en gang enkelt og raffineret, automatisk tidstagnung vha en infrarød sender/modtager. Der indgik bestemmelse af g , måling af magnetisk fluxtæthed med en hallsonde og bestemmelse af det magnetiske dipolmoment for en lille magnet ud fra magnetisk dæmpning af pendulet mm. Studenterne skulle gennemføre en række måleserier, tegne grafer og besvare en række spørgsmål.

Besvareelserne bedømmes efter et pointssystem med op til 50 points i alt. Den bedste besvarelse får naturligvis "guldmedalje". Men der er mere end én guldmedalje: Alle besvarelser med en pointssum svarende til 90% eller mere af den bedste besvarelse vil også få guldmedalje. Tilsvarende procentsatser for sølv- og bronzemedaljer er 75 og 60. Der er således ikke et bestemt antal medaljer, og studenterne konkurrerer ikke hinanden ud: Alle topbesvarelser får medaljer.

Hvordan gik det så for de danske studenter? De danske besvarelser gav gennemgående 5-10 points (ud af 30 mulige) i den teoretiske prøve og 10-15 points (ud af 20 mulige) i den eksperimentelle prøve. Lad mig med det samme slå fast, at det var et stykke fra at kunne give medaljer. Der var i øvrigt ingen studenter fra de nordiske lande, som fik medaljer, det siger lidt om, hvor skrap konkurrencen er. Kina var den suveræne topscorer med fem guldmedaljer. Af lande fra vesten klarede USA og Tyskland sig fint.

Omstændighederne taget i betragtning klarede vi os hæderligt. Ikke mindst klarede vore studenter sig over gennemsnittet til den eksperimentelle opgave. Det er måske den danske tradition for fysikeksperimenter i skolen, som gør sig gældende.

Men vi må se i øjnene, at vi ikke har mulighed for at skovle medaljer ind ved et sådant arrangement. Fysikolympiaden prioriteres overordentlig højt i mange lande, hvor der også afsættes store ressourcer til forberedelserne. I Kina er der fx tale om lang tids koncentreret

undervisning af håndplukkede studenter, som er fundet ved hårde interne konkurrencer i det store land. Dertil kommer, at vore studenter meget brede og meget almene gymnasieuddannelse i denne sammenhæng er et handicap. Meget af stoffet ligger som sagt uden for pensum i Danmark, den basale træning i at løse problemer er ikke særlig stor, og vore studenter er heller ikke vant til, at man skal kunne formlerne udenad. Muligheden for en egentlig forberedelse oven i den normale studentereksamen er beskednen, og var specielt i 1996 beskednen, fordi olympiaden lå så tidligt på sommeren.

Man kunne så drage den konklusion, at det ikke er noget for os i fremtiden. Men det ville efter vores opfattelse være helt forkert, og det bekræftes af erfaringerne: De danske studenter var begejstrede for oplevelsen, og var end ikke antydningvis skuffede over, at de ikke kom på medaljeskamlen. De gav alle udtryk for, at de meget gerne, hvis det ellers havde været muligt, ville deltage igen. De fik kontakter med unge fra hele verden, og de lærte utrolig meget i en inspirerende sammenhæng. Ved en fysikolympiade gælder den gamle floskel i højere grad end ved en rigtig olympiade: Det vigtigste er at være med.

I arrangementgruppen har vi i øvrigt fået mange er-

faringer, som vi tror kan betyde, at Danmark resultatmæssigt kan nå længere, også uden at det nødvendigvis bliver meget mere tidskrævende.

Vi er nu i gang med forberedelserne til dette års olympiade. Også i år meldte der sig 150-200 gymnasiaster til den indledende prøve, og også i år gik de 20 finaledeltagere ind for fysikweekenden med liv og sjæl. Vi har netop i skrivende stund udtaget det kommende hold med fem studenter til den 28. fysikolympiade, som finder sted d. 13.-21. juli 1997 i Sudbury i Canada.



Niels Hartling er lektor i fysik og matematik på Birkerød Gymnasium og HF, medlem af opgavekommissionen til studentereksamen i fysik og medlem af censorformandskabet i fysik ved de højere læreanstalter. I perioden 1989-94 fagkonsulent i fysik for Undervisningsministeriets Gymnasieafdeling.

OPGAVE 3

I denne opgave vil vi overveje størrelsen af tidevandet (på Jorden) midt i verdenshavene ifølge en grov model. Vi forenkler problemet med nedenstående antagelser:

- (i) Systemet Jord-Måne antages at være et isoleret system,
- (ii) afstanden imellem Jorden og Månen antages at være konstant,
- (iii) Jorden antages at være fuldstændigt dækket af hav,
- (iv) der ses bort fra de dynamiske virkninger som følge af Jordens rotation om sin akse, og
- (v) gravitationskraften fra Jorden kan bestemmes, som om Jordens masse var samlet i Jordens centrum.

Følgende data er givet:

$$\text{Jordens masse: } M = 5.98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$\text{Månens masse: } M_m = 7.3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{Jordens radius: } R = 6.37 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$\text{Afstanden imellem centrene af Jorden og Månen: } L = 3.84 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$\text{Gravitationskonstanten: } G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}.$$

a) Systemet bestående af Månen og Jorden roterer om deres fælles massemidtpunkt C med en vinkelhastighed ω .

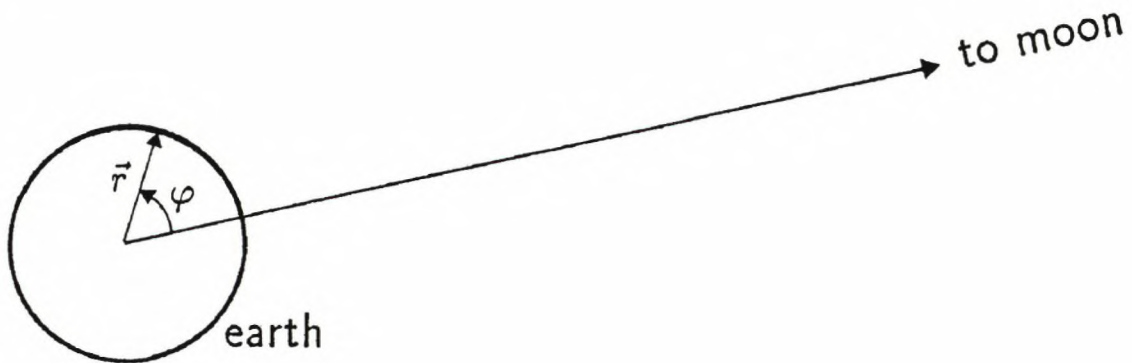
Hvor langt er C fra jordens centrum (kald denne afstand for l)?

Bestem den numeriske størrelse af ω .

(2 points)

Vi vil nu anvende et koordinatsystem, som følger såvel Månecentrets- som Jordcenterets rotation omkring C . I dette roterende koordinatsystem er formen af Jordens væskeformige overflade statistisk (uforanderlig).

I planen P (papirets plan) som indeholder C og står vinkelret på rotationsaksen kan stedkoordinaterne for en punktformig masse i væskeoverfladen på Jorden beskrives ved hjælp af polære koordinater r, φ , som det vises på figuren. Her angiver r afstanden fra Jordens centrum.



Vi vil undersøge formen

$$r(\varphi) = R + h(\varphi)$$

af Jordens havoverflade i planen P .

b) Lad os betragte en punktformig masse (betegnes med m) i havoverfladen på Jorden (i planen P). I det roterende koordinatsystem påvirkes den af centrifugalkraften og gravitationskræfter fra Månen og Jorden.

Angiv et udtryk for den potentielle energi svarende til disse tre kræfter.

Bemærk: Enhver kraft $F(r)$ hvis størrelse kun er en funktion af r , og som virker langs en radius i forhold til sit udgangspunkt kan skrives som den negative differentialkvotient af en kuglesymmetrisk potentiel energi $V(r)$: $F(r) = -V'(r)$. (3 points)

c) Angiv en formel for $h(\varphi)$, der approximerer (tilnærmer) tidevandsbølgens form og indeholder de givne størrelser M, M_m , etc.

Hvad er højdeforskellen i meter imellem højt tidevand (højvande) og lavt tidevand (lavvande) i denne model?

Under løsningen af spørgsmålet kan man eventuelt anvende udtrykket

$$\frac{1}{\sqrt{1 + a^2 - 2a \cos \theta}} \approx 1 + a \cos \theta + \frac{1}{2} a^2 (3 \cos^2 \theta - 1),$$

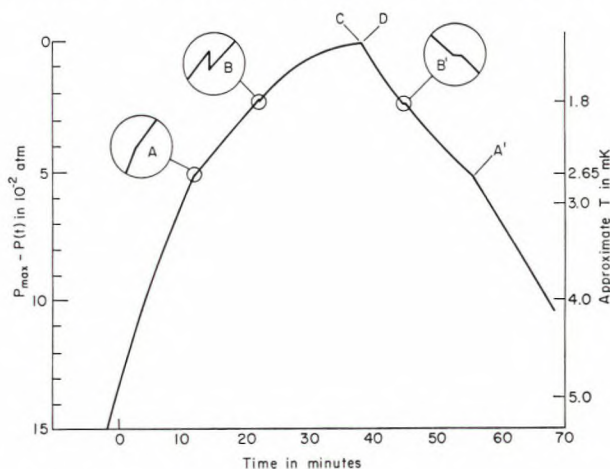
som gælder for a meget mindre end 1.

Under gennemførelse af løsning af c) bør der foretages forenklende approximationer overalt hvor det kan vurderes, at det er rimeligt. (5 points)

Nobelprisen i fysik 1996

Finn Berg Rasmussen

Nobelprisen 1996 for fysik blev delt mellem de tre, som i 1972 havde opdaget den superflydende fase af ^3He : David M. Lee, Douglas D. Osheroff og Richard C. Richardson, alle fra USA.



Figur 1. De første signaler om de superflydende faser A og B i ^3He . Flydende ^3He søges afkølet med nogenlunde jævn hastighed. Ved A springer varmfylden, så temperaturændringen begynder at gå langsommere. Ved B har A-fasen været underafkølet, inden overgangen til B-fasen sker. På tilbagevejen, ved B', ses en latent varme i overgangen fra B til A-fase.

Opdagelsen

I årene op til 1972 var Osheroff ph.d. studerende ved Cornell universitetet i staten New York med Lee og Richardson som vejledere. En sen aften i november 1971 var han i gang med et eksperiment, som kammeraterne omkring ham drillende hævdede var spild af tid. Hans opgave var at undersøge magnetisme i fast ^3He ved temperaturer omkring et par millikelvin, og i stedet målte han blot "tryk som funktion af tid". Metoden skulle egentlig have været kernemagnetisk resonans, men magneten hertil var optaget til andre formål, så det eneste Osheroff kunne måle var tryk og temperatur i den celle, som indeholdt hans ^3He -prøve, en blanding af fast og flydende ^3He . Når man trykker sådan en blanding sammen stiger trykket. Samtidigt falder temperaturen. Det var netop ved denne metode at ^3He -prøven skulle afkøles ("Pomeranchuk-køling", mere herom senere).

Nu er der ikke noget sensationelt i at trykket stiger når noget trykkes sammen; men Osheroff undersøgte det alligevel. Figur 1 viser resultatet. I venstre halvdel sker der en sammentrykning med nogenlunde jævn hastighed, i højre forøges rumfanget igen. Det interessante er de små knæk i kurven. Enhver eksperimentalfysiker vil straks tænke (og frygte) at der er en apparaturfejl på spil. Men Osheroff og hans vejledere blev hurtigt klar over at i hvert fald knækket A skyldtes en faseomdannelse i deres ^3He . I

begyndelsen troede de at det var atomkernerne i det faste ^3He , der gik ind i en magnetisk ordnet tilstand (om antiferromagnetisk orden af kernespin, se ²). Denne var teoretisk forudsagt at skulle ske omkring 2 mK, og A-temperaturen er ca. 2,5 mK. Det var det ikke. I løbet af få måneder viste nogle snilde målinger af den kernemagnetiske resonans, NMR, at både A- og B-overgangen foregik i det flydende ^3He ⁴. Da A. Leggett (England) hurtigt derefter fortolkede resultaterne og viste at den detaljerede opførsel stemte med nogle allerede eksisterende teorier om superfluiditet i dette system, var der ingen tvivl længere: en superflydende fase af ^3He var fundet, iøvrigt ved en langt højere temperatur end forventet teoretisk.

Opdagelsen udløste en hektisk aktivitet på lavtemperaturinstitutter Jorden rundt. Allerede i august 1975, ved den 14. internationale konference om lavtemperaturfysik, "LT-14", kunne en foredragsholder lidt bittert, men ikke uberettiget bemærke at konferencen burde have heddet "He-3" og ikke "LT-14". Konferencen blev holdt i Helsinki, og vi var alle ved at tabe både næse og mund, da den finske industriminister i sin åbningstale udtalte: "Nu fortæller I mig at superflydende ^3He ikke er nogen som helst nytte til. Men jeg tror Jer ikke. Jeg er sikker på at om 50 eller 100 år vil der være fundet meget vigtige anvendelser". Desværre var talen kun på overfladen udtryk for en vidtskuende politikerholdning for det viste sig, at den var skrevet af - Richard C. Richardson: "Han sagde hvert ord jeg havde skrevet, og nu er de finske fysikere selvfølgelig lidt sure over at jeg ikke havde indflettet et ekstraordinært regeringsprogram for forskningen".

Superfluiditet og superledning

Den almindelige heliumisotop ^4He blev første gang fortættet i 1908, af Heike Kamerlingh-Onnes (nobelpris 1913). Dens kogepunkt er ca. 4 K. Kamerlingh-Onnes lagde mærke til at der skete noget underligt med væsken omkring temperaturen 2 K, men først i slutningen af 1930'erne blev fænomenet undersøgt systematisk, især af Pjotr Kapitza (nobelpris 1978). Ved temperaturer under 2,17 K er væsken *superflydende*: den flyder uden gnidningsmodstand gennem tynde kanaler og i en tynd overfladefilm - op ad en væg, over kanten og ned igen, hvis alt er koldt nok; den er superledende for varme; den opviser nye typer af bølgeudbredelse (temperaturbølger både i selve væsken og i overfladefilm); hertil kommer nogle besynderlige effekter, hvor den superflydende helium giver indtryk af at være en blanding af to væsker, en supervæske og en normalvæske.

Melles Griot makes OPTICS, OPTO-MECHANICS, LASERS, INSTRUMENTS, and FIBER OPTICS



Contact Melles Griot for a fast response to your photonics needs. Our vast product selection described in our detailed product literature will provide solutions for a successful product or experiment.

Whether you need a single lens, or thousands of laser assemblies, Melles Griot is ready to deliver. From a single prototype to full-scale production, we can ship to your schedule. Melles Griot has earned a 25 plus year reputation as a quality manufacturer of optics, opto-mechanics, lasers, instruments, and fiber optics.

We have facilities in North America, Europe, and the Asia Pacific staffed with applications engineers ready to fulfill your requirements. You can reach us by phone, FAX, or the INTERNET.

From simple lenses to advanced fiber optics — Melles Griot is your *first choice* in photonics!

**Call, FAX, or E-mail us today
for your photonics solutions!**

Melles Griot Danmark

Stenagervej 13 • DK-4100 Ringsted
Phone: 53 61 50 49 • Fax: 53 61 60 49
E-mail: 101456.567@compuserve.com



■ OPTICS

- Beam Expanders
- Beamsplitters
- Coatings
- Custom OEM Optics
- Custom Optical Assemblies
- Cylindrical Optics
- Diode Laser Optics
- Filters
- Invaritar Lenses
- Lenses
- Micro Optics
- Mirrors
- Optical Design Software
- Polarizers
- Prisms
- Shutters & Irises
- YAG Lenses

■ OPTO-MECHANICS

- Breadboards
- Optical Tables & Isolators
- Opto-Mechanical Mounts
- Positioning Equipment
- Workstations

■ LASERS

- Diode Lasers & Assemblies
- Helium Neon Lasers

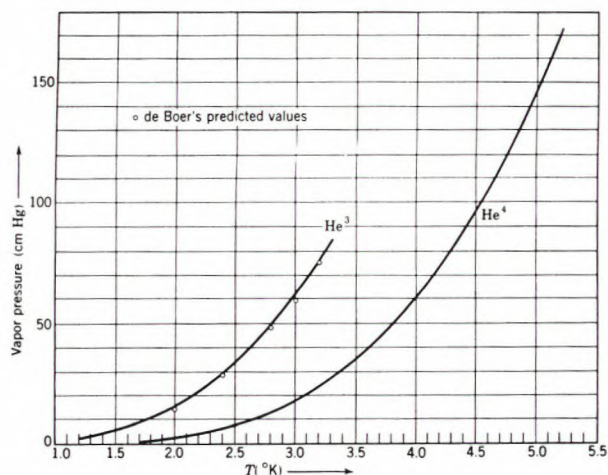
■ INSTRUMENTS

- Amplifiers
- Beam Position Measurement
- Beam Profilers
- Diode Laser Drivers
- Diode Laser Controllers
- Optical Spectrum Analyzers
- Power & Energy Meters
- Power Supplies
- Wavefront Analyzers

■ FIBER OPTICS

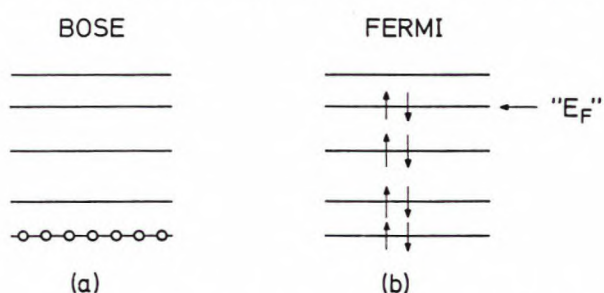
- Reflective Fiber Gratings
- Circulators
- Isolators
- Tree Couplers
- Attenuators
- Fiber Collimators

MELLES GRIOT



Figur 2. Damptryk af ^3He og ^4He . 76 cm Hg er atmosfæretryk. Fra Fritz Londons berømte bog⁵.

^3He er først blevet tilgængeligt i mængder man kan eksperimentere med gennem fremstillingen af Tritium i kernereaktorer, hvor det fremkommer som et biprodukt (Tritium er radioaktivt og henfalder til ^3He). Den første fordråbning - af nogle få kubikmillimeter ^3He - skete i 1948. Flydende ^3He koger ved ca. 3 K, og ved at lade det koge ved lavere tryk kan man let køle det ned til omkring 0,3 K. Fra 1960 og frem lykkedes det efterhånden at køle videre til temperaturer, der var hundrede gange lavere. I 1965 var både varmekapacitet, viskositet og magnetisk susceptibilitet målt ned til 3 mK. Men trods denne ihærdige søgen så man ikke noget til superfluiditet i hele dette enorme temperaturområde. Dette støtter den opfattelse at superfluiditet er et rent kvantefænomen, for i kvantemekanisk henseende er der en fundamental forskel på ^3He og ^4He . Ellers plejer vi jo at regne med at to isotoper ligner hinanden og det gælder da også for de to heliumisotoper i mange andre henseender (se figur 2).



Figur 3. Fordelingen på energiniveauer for (a) bosoner og (b) fermioner, ved temperaturen 0. (b) viser et tilfælde hvor hvert energiniveau rummer præcis to forskellige spintilstande⁶.

Et ^4He -atom består af et lige antal elementarpartikler: 2 protoner, 2 neutroner og 2 elektroner. En sådan "partikel" hører til klassen af bosc-partikler (eller bosoner). Fælles for disse er at de uden vanskelighed kan gå ind i en given kvantetilstand, selv om der allerede er andre atomer i nærheden, der er i samme tilstand. Ved lav temperatur har et system af bosoner tendens til en kondensation, hvor en væsentlig brøkdel af partiklerne (ved temperaturen 0 alle partiklerne) besætter det laveste en-

erginiveau (figur 3a). Denne *Bose-Einstein-kondensation* blev tidligt af F.London kædet sammen med overgangen til superfluiditet i ^4He , og en simpel beregning viser også at kondensationstemperaturen skal være nogle Kelvin. Vores nuværende forståelse af fænomenet skyldes i høj grad teoretiske arbejder af L.Landau (nobelpris 1962).



Figur 4. To cooper-par i ^3He . Der er en kobling mellem spin- og baneimpulsmomenterne. Baneimpulsmomenterne ligger vandret i papirets plan. I tilstanden til venstre har de to magnetiske dipoler (pilene) den laveste gennemsnitsenergi over et banegennemløb.

Et ^3He -atom er bygget af et ulige antal partikler, og det gør ^3He -atomet til en fermi-partikel (fermion). For fermioner gælder Pauli-forbudet: der kan kun være én fermi-partikel i hver kvantetilstand; hvis en given fermion-tilstand er besat, er der adgang forbudt for andre fermioner. Bose-Einstein-kondensation er dermed udelukket. Der ligger således meget fundamentale kvantemekaniske regler bag forskellen mellem de to helium-isotoper.

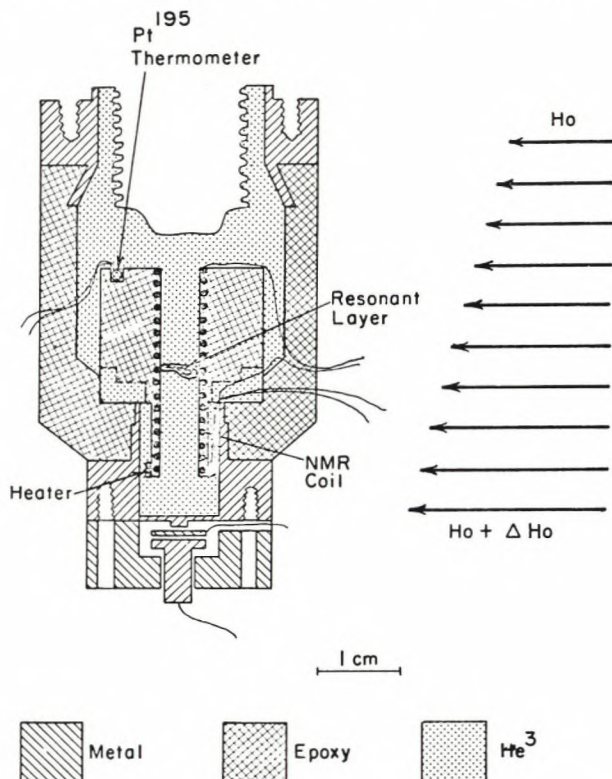
Nu er der imidlertid nogle andre fermion-systemer som godt kan blive "superflydende": elektrongassen (eller elektrolvæsken om man vil) i de metaller der bliver superledende. Næsten et halvt århundrede skulle der gå fra den eksperimentelle opdagelse til en teoretisk forklaring blev fundet. I 1957 publicerede J. Bardeen, L. Cooper og R.Schrieffer (nobelpris 1972) en teori hvori en væsentlig ingrediens var dannelse af elektronpar. Disse *cooper-par* er bosoner, og Bose-Einstein-kondensation er derfor mulig. Dette er langt fra hele forklaringen på at der findes superledning, men det viser hvordan et fermion-system kan komme til at opfylde den nødvendige betingelse for Bose-Einstein-kondensation ved at omgivelserne som fermionerne befinder sig i tillader at de rotter sig sammen i par, der udadtil opfører sig som bosoner.

Cooper-par i ^3He

I et superledende metal dannes elektronparrene sådan at deres relative baneimpulsmoment (bevægelsesmængdemoment) er nul. For ^3He atomer er det mere fordelagtigt at parre sig i tilstande med et baneimpulsmoment forskelligt fra nul; det mindst mulige baneimpulsmoment L for et par er $1 \cdot \hbar$, hvor $\hbar$ betyder Plancks konstant divideret med 2π .

Forklaringen ligger i at der for et par med $L = 0$ er en vis sandsynlighed for at finde begge partikler det samme sted, og at to ^3He atomer med deres afslut-

tede elektronskaller vil frastøde hinanden meget kraftigt hvis man prøver at presse dem tættere sammen end deres radius. Denne tilstand har derfor en enorm energi sammenlignet med en tilstand hvor $L = 1 \cdot \hbar$. I sidstnævnte tilfælde er der til gengæld ingen sandsynlighed for at partiklerne befinder sig det samme sted.



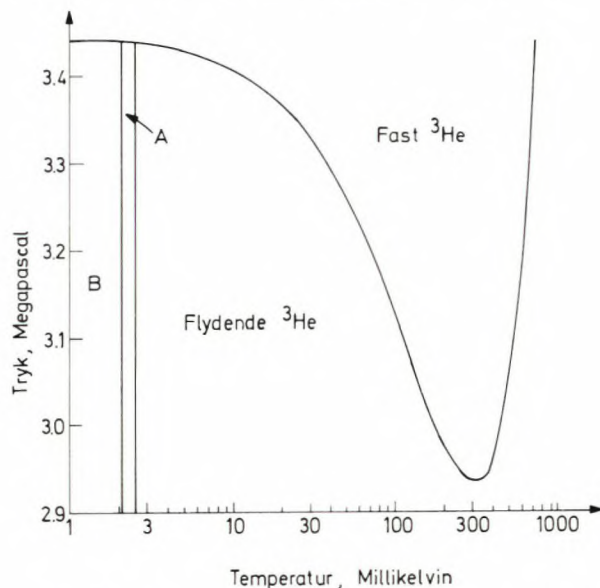
Figur 5. Osheroff's Pomeranchuk-celle, hvori opdagelsen blev gjort. Bælgen foroven tillader en variation af rumfanget. Trykket måles vha kapacitoren forneden.

^3He atomerne har et indre impulsmoment, et spin, af størrelsen $\frac{1}{2}\hbar$. Pauli-forbudet hænger nøje sammen med et symmetrikrav til den totale bølgefunktion, og det fører her til at spinnene skal pege samme vej for et par med $L = \hbar$. Parret har derfor et totalt spin på $S = \hbar$ (triplet-parring).

Nu er spinnene ledsaget af et magnetisk moment parallelt med S-vektoren. Figur 4 er et halvklassisk billede af to par som begge har deres L-vektor vandret: partiklerne cirkulerer omkring hinanden i en lodret plan. Lad pilespidserne betyde den magnetiske nordpol for hver partikel. I situationen tilhøjre befinder de to magneter sig hele tiden side om side, den mest ugunstige situation for to stangmagneter. Til venstre har de derimod nordpol mod sydpol *en del af tiden*, så her er gennemsnitsenergien lavere. Vekselvirkningen mellem de to magnetiske dipoler bevirker således en tendens til at L- og S-vektorerne står vinkelret på hinanden.

Dette simple billede giver også en anden regel. For et par nær ved en plan væg vil det være naturligt at vente at "parrets plan" stiller sig parallelt med væggen. Der vil med andre ord være en tendens til at L-vektoren står vinkelret på væggen. Fortsættes denne betragtning til parrene længere inde i væsken, kan man se at L-vektoren kun

kan ændre sin retning langsomt fra sted til sted. Det superflydende ^3He vil altså i denne henseende opføre sig som en flydende krystal (P.-G.de Gennes, nobelpris 1991 ⁷).



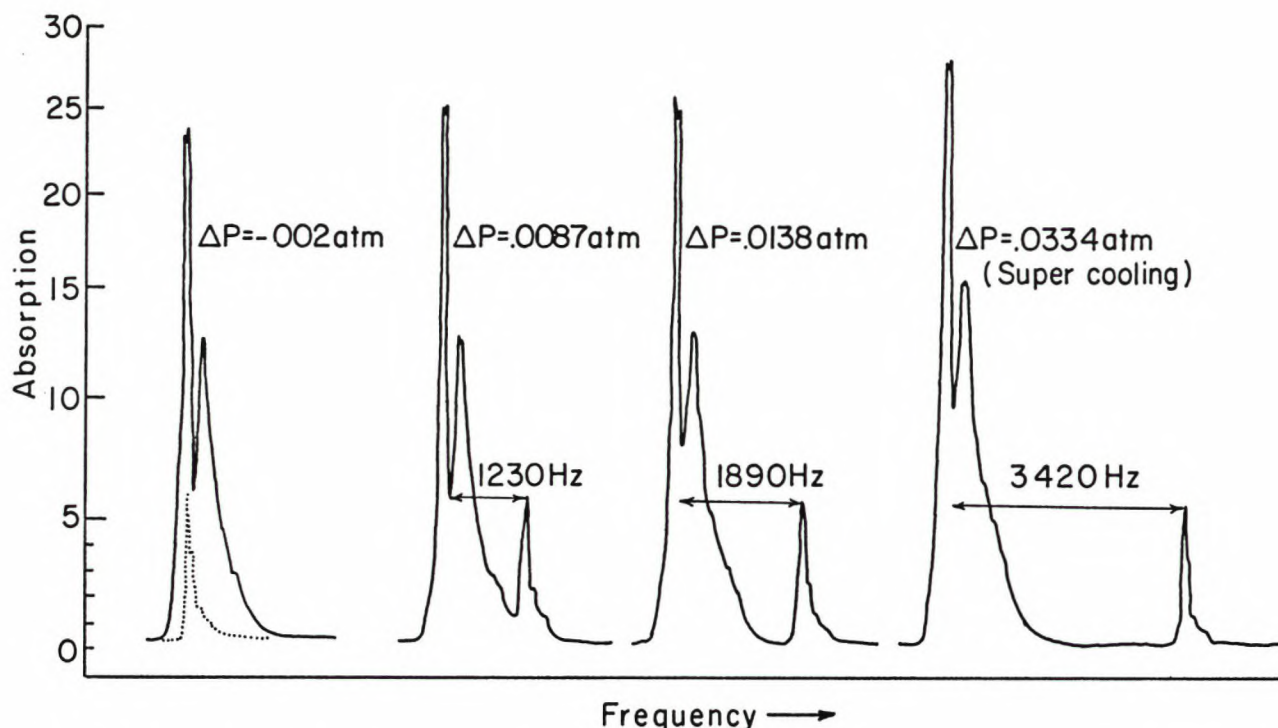
Figur 6. Fasediagram for ^3He ved tryk mellem 29 og 35 bar. Bemærk at temperaturaksen er logaritmisk. Smeltepunktskurvens negative hældning (ved temperaturer under 300 mK) muliggør køling ved sammentrykning af en fast/flydende blanding. Den har også den bizarre virkning, at flydende ^3He kan bringes til at størkne ved opvarmning!

Termodynamiske egenskaber

Lad os nu vende tilbage til Osheroffs forsøg. Figur 5 viser hans målecelle. Øverst har den en bælge der kan forskydes med et hydraulisk system (ikke vist), og herved kan man variere rumfanget. Trykket måles ved hjælp af den lille pladekondensator i bunden, hvis kapacitans afhænger af væggenes udbøjning.

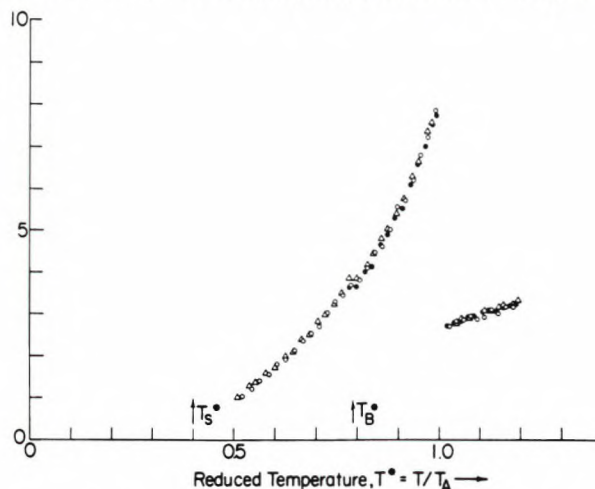
Cellen fyldes med ^3He til et tryk omkring 32 bar og forkøles med en blandingskøler² til en temperatur under 20 mK. Af fase diagrammet på figur 6 ses, at man nu har flydende ^3He i cellen. Når trykket forøges rammer man smeltepunktskurven, og der vil begynde at dannes fast ^3He . Ved en fortsat sammentrykning må den blanding af fast og flydende ^3He som man nu har i cellen følge smeltepunktskurven, og da denne har negativ hældning, falder temperaturen. Det er denne kølemetode der kaldes Pomeranchuk-køling. Teknisk er den meget krævende; hvis blot 1 % af sammentrykningsarbejdet bliver til gnidningsvarme vil køleeffekten være tabt.

Ved overgangen til den superflydende tilstand (A) for ^3He sker der et spring i varmekapaciteten. Figur 7 viser en systematisk måling der fulgte et par år efter Osheroffs opdagelse. Læg mærke til, at varmekapaciteten pludseligt bliver tre gange så stor som i normalt tilstanden. Under køleprocessen (sammentrykningen) prøvede Osheroff at trække varme ud af væsken med nogenlunde jævn hastighed. Når varmekapaciteten pludseligt bliver større vil temperaturændringen pludseligt foregå lang-



Figur 9. Det afgørende bevis. NMR-spektre ved fire forskellige temperaturer, taget i cellen på figur 5⁴. Den lille spids der flytter sig ud mod højre ved aftagende temperatur, afslørede A-fasens par-struktur (og viste sig altså at være en nobelpris værd).

sommere. Det er forklaringen på knækket A i figur 1.



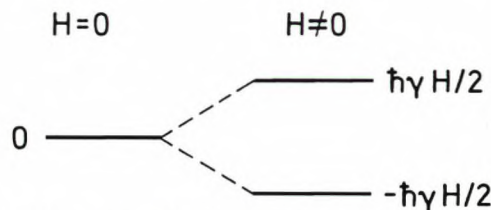
Figur 7. Varmekapaciteten af flydende ^3He omkring T_A , overgangstemperaturen mellem normalt ^3He og superflydende ^3He -A, målt i en Pomeranchuk-celle, dvs ved smeltepunktstrykket⁹. Enheder er ikke angivet, men der hvor varmekapaciteten går op i en spids, er den 10^5 gange mindre end for et vilkårligt fast stof ved 300K. Sammenlign med figur 1.

Varmekapacitetens forløb i figur 7 minder slående om en superleders opførsel og er en god støtte for ideen om at der dannes Cooper-par. Selve faseovergangen er en såkaldt anden ordens overgang: der er ingen latent varme og entropien varierer derfor kontinuert gennem overgangen, selv om varmekapaciteten ikke gør det. Første ordens overgange kender vi bedre: eksempler er fordampning og

smeltning, med fordampningsvarme og smeltevarme, og med mulighed for overmætning og underafkøling. Overgangen fra A-fasen til B-fasen i ^3He udviser netop disse træk. Det lille hak ved B i temperaturkurven i figur 1 kommer af, at A-fasen underafkøles noget, inden den "springer" ind i B-fasen. Omvendt ser man ved opvarmningen at temperaturen tøver ved B' en lille tid, mens den nødvendige latente varme tilføres.

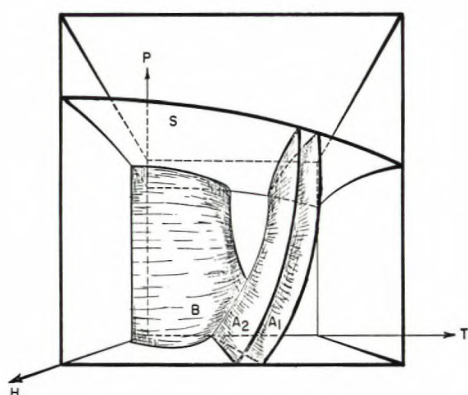
NMR-egenskaber

^3He kernens spin og magnetiske moment bevirker, at enhver af dens energitilstande vil splitte op i to, hvis den anbringes i et magnetfelt, figur 8. Elektromagnetisk stråling med en frekvens der opfylder Bohrs frekvensbetingelse så fotonenergien netop svarer til forskellen mellem de to energier, vil kunne inducere kvantespring mellem de to niveauer. Det er dette resonansfænomen der udnyttes i kernemagnetisk resonans, NMR.



Figur 8. I et magnetfelt H splittes hvert energiniveau for en ^3He -atomkerne op i to niveauer (for henholdsvis "spin-op" og "spin-ned"). γ er en materialekonstant, der bestemmer opsplitningens størrelse (og dermed resonansfrekvensen) for den pågældende isotop⁶.

Figur 5 viser et særligt snedigt arrangement. Magnetfeltet H_0 varierer lidt langs med cellen. Derfor passer resonansfrekvensen kun i et tyndt lag som antydnet ("resonant layer"). På den måde kan man skelne signaler fra forskellige lokaliteter fra hinanden, i dette tilfælde steder med henholdsvis fast og flydende ^3He . Ad denne vej kom Osheroff mfl til klarhed over at A- og B-overgangene foregik i den flydende fase og til det helt afgørende NMR forsøg i figur 9.



Figur 10. Fasediagram for ^3He , visende afhængigheden af magnetfeltet H . P betyder tryk (0-40 bar) og T betyder temperatur (0-3 mK).

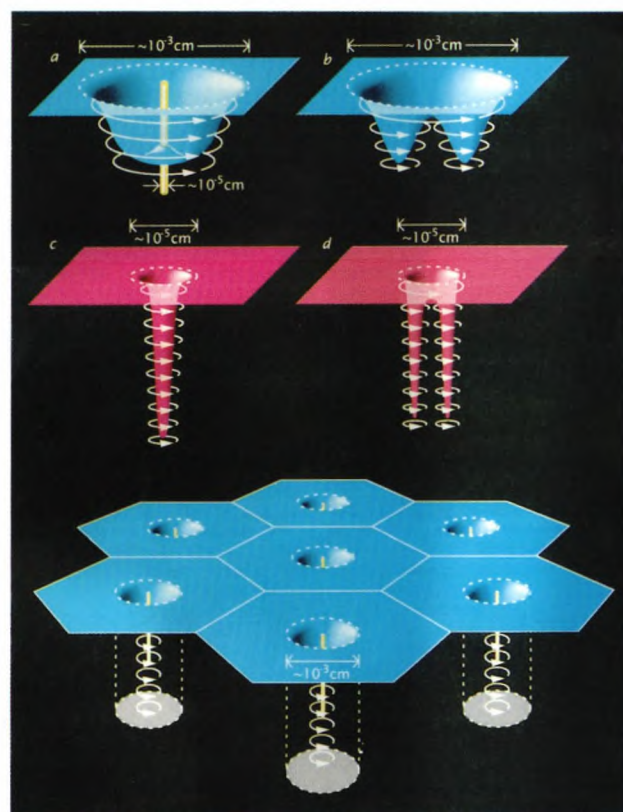
I figur 9 ser man en række NMR spektre optaget for aftagende temperatur, i et nogenlunde homogent magnetfelt. Den mærkelige struktur til venstre i spektret stammer fra fast ^3He i cellen og afspejler en utilsigtet inhomogenitet af magnetfeltet. ΔP betyder trykforskellen målt fra A-overgangen og er et udtryk for temperaturforskellen til A. Efterhånden som temperaturen synker under A, stiger væskens resonansfrekvens (den lille spids der kører ud mod højre). Når væsken har gennemgået overgangen til B-fasen, springer spidsen tilbage "på plads". Forskydningen af resonansfrekvensen viser sig at svare til at der i væsken selv optræder et indre felt der kun afhænger af temperaturen (og ikke af fx det ydre felt). Dette felt hænger nøje sammen med de dipolkræfter der blev omtalt ovenfor i forbindelse med cooper-parrene.

Forsøget i figur 9 blev nøglen til A-fasens mikroskopiske struktur, idet A. Leggett kunne vise, at en bestemt af de allerede eksisterende, spekulative modeller for superfluiditet i ^3He netop skulle have en resonans med denne egenskab.

Når et cooper-par har det totale spin $\hbar$, så er der tre muligheder for spinvektorens projektion på en vilkårlig retning: $+\hbar$, 0, eller $-\hbar$. A-fasen består udelukkende af par af den første ("op-op") og den sidste slags ("ned-ned"), mens B-fasen indeholder alle tre slags. Et magnetfelt vil favorisere en bestemt orientering, og det har en slående konsekvens for A-overgangen. I et kraftigt magnetfelt splitter overgangen op. Ved afkøling kommer man først ind i en A1-fase, hvor der kun er "op-op" par, mens alle "ned"-spin er uparrede. Ved lavere temperatur sker en ny overgang til den "rigtige" A-fase. Opsplitningen er så

tydelig at den let kan ses med metoden fra figur 1.

Resultatet er et ganske kompliceret (feinschmeckere vil snarere sige et meget rigt) fasediagram, antydnet i den tredimensionale afbildning i figur 10. De tre akser er tryk, temperatur og magnetfelt.



Eksperimenter i en roterende kryostat⁸ har afsløret mindst fire forskellige strukturer af kvantiserede hvirvler i superflydende ^3He . Bemærk de forskellige hvirveldiametre i $^3\text{He-A}$ (a og b) og i $^3\text{He-B}$ (c og d). Hvirvlerne frastøder hinanden og kan derfor presses sammen til et regelmæssigt gitterarrangement. (Scientific American, juni 1990)

Superflydende ^3He i 25 år

Den særlige form for parring i ^3He medfører at der er mange variationsmuligheder og meget komplicerede strukturer i de superflydende tilstande. I tidens løb har der vist sig en sand rigdom af magnetiske, mekaniske, termodynamiske og akustiske fænomener. Denne forskning har betydet en kraftig udvikling af både den teoretiske og eksperimentelle forståelse af kvantesystemer indeholdende mange, stærkt vekselvirkende partikler, og den er derfor af stor betydning for udforskningen af de nye former for superledning.

I de senere år er de mest spektakulære eksperimenter med superflydende ^3He udført i en roterende kryostat ved Helsinkis tekniske Universitet⁸. For det første har man i flere dage kunnet have en permanent væskestrømning løbende rundt og rundt i en torus uden synlig dæmpning. Konklusionen af dette forsøg er, at gnidningsmodstanden i $^3\text{He-B}$ er mindst 10^{12} gange mindre end i normalt flydende ^3He . For det andet har der udviklet sig en omfattende udforskning af kvantiserede hvirvler. Figur 11 viser nogle

af de fundne strukturer. Den nyeste iagttagelsesmetode er her en direkte observation af den roterende væskeoverflade ved hjælp af optiske fibre og et koldt CCD-kamera.

Endelig er der, ifølge Nobelkomiteens informationsmateriale, gjort kosmologiske simulationseksperimenter i superflydende ^3He . Dannelsen af kvantiserede hvirvler i ^3He menes at kunne simulere dannelsen af kosmiske strenge i det tidlige univers, som skulle være betydningsfulde for dannelsen af galakser. Som eksperimentalfysiker følger jeg her trang til at sige "spis brød til", men det er unægtelig en betagende tanke, at superflydende ^3He måske kan være med til fortælle hvor vi kommer fra.

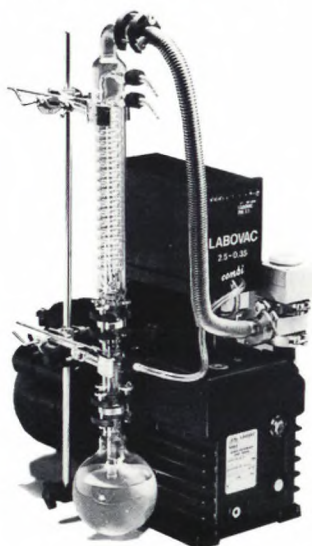
Referencer:

- 1) D.D.Osheroff, R.C.Richardson og D.M.Lee, Phys.Rev.Lett.**28**, 885 (1972).
- 2) K.Lefmann og F.B.Rasmussen: "Verdens trediekoldeste eksperiment - kernemagnetisk orden i sølv", KVANT **7**, nr 4, side 1 (1996).
- 3) W.P.Halperin, C.N.Archie, F.B.Rasmussen, R.A.Buhrman, og R.C.Richardson, Phys.Rev.Lett.**32**, 927 (1974).
- 4) D.D.Osheroff, W.J.Gully, R.C.Richardson og D.M.Lee, Phys.Rev.Lett.**29**, 920 (1972).
- 5) F.London: "Superfluids" (J.Wiley 1954).
- 6) Henrik Smith: "Superflydende ^3He ", Fysisk Tidsskrift **75**, 70-84 og 97-112 (1977).
- 7) "Nobelprisen 1991", KVANT **2**, nr 4, side 9 (1991).
- 8) O.V.Lounasmaa og G.R.Pickett: "The ^3He superfluids", Scientific American, Juni 1990.
- 9) W.P.Halperin, F.B.Rasmussen, C.N.Archie, og R.C.Richardson, J.Low Temp.Phys.**31** (1978).



Finn Berg Rasmussen er lektor ved Niels Bohr Institutets Ørsted Laboratorium. Har bl.a. arbejdet med kernemagnetisme (termodynamik og NMR) i fast, flydende og superflydende He-3 (og nu også i Ag). Medlem af KVANTs redaktion.

MODERNE VAKUUMTEKNIK TIL FORSKNING OG INDUSTRI



SASKIA HOCHVAKUUM- UND LABORTECHNIK GmbH I ILMENAU er et succesrigt resultat af øst-vest genforeningen i Tyskland. SASKIA's et- og to-trins finvakuumpumper fra 4 til 200 m^3h^{-1} har rotor-skiver af et nyt PTFE materiale som sænker støjniveauet med ca. 3 dBA og tillader pumperne at arbejde konstant ved højt tryk eller med aggressive gasser. Med en frekvensregulering kan pumpehastigheden fordobles, så man f.eks. hurtigt kan evakuere et anlæg og derefter anvende pumpe som holdepumpe ved lav hastighed. SASKIA's kemisk resistente membran-pumper har liniærdrevne membraner, hvilket sikrer en lang levetid og lavt effektforbrug. En membranpumpe på ca. 30 W kan med de store afgifter på brugsvand hurtigt tjene sig ind, hvis den erstatter en vandstråle-pumpe. SASKIA's TOWER pumpestande er kemipumpestande kombineret med kondensatorer og med instrumentering for indstilling af trykket. SASKIA leverer oliefri pumpestande kombineret med turbomolekularpumper i et handy design og rootspumpestande op til 20.000 m^3h^{-1} .

ALLE FORMER FOR OLIEFRI & OLIESMURTE ROTATIONSVAKUUMPUMPER • FEDTSMURTE TURBOMOLEKULAR- SPIRO- & HYBRIDPUMPER • DIFFUSIONS- & CRYOPUMPER • VAKUUMMÅLEINSTRUMENTER, VENTILER, HV & UHV FITTINGS • HELIUMLØKSØGERE & 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**

**Dansk Fysisk Selskabs
Sektion for Uddannelse og Undervisning**
indbyder til konference om

Fysikkens image

22/5 – 23/5 1997
på Middelfart FerieCenter

Dansk Fysisk Selskabs Sektion for Uddannelse og Undervisning har som formål at samle undervisere fra alle de niveauer, hvor der undervises i fysik. Sektionen afholder hvert år en konference med et aktuelt emne. Ud over det faglige udbytte skal konferencerne også bidrage til en forbedret kontakt mellem undervisere på forskellige niveauer.

Temaet for sektionens konference i år er "Fysikkens image". Der er mange tegn på, at vort image er blevet dårligere de seneste år: Tilgangen til vore fag er vigende både i gymnasiet og på de videregående uddannelser. Mediernes omtale af fysikken er bestemt ikke flatterende. Der står desværre ikke megen respekt om professionen som fysiker eller fysiklærer.

Hvorfor er fysikkens image blevet dårligere? Er varen ikke god nok? Er vi ikke gode nok til at sælge varen? Eller er det mon "tidsånden"? Hvad kan der gøres?

På konferencen mødes fysikere, fysikundervisere og professionelle mediefolk til en diskussion af mulige sammenhænge mellem mediernes behandling af fysik, den vidensformidling fysikunderviserne foretager og den holdning til og forståelse af faget, som befolkningen og vore elever/studerende får.

På konferencen vil Steen Hoffmann, Sct. Knuds Gymnasium, og Poul V. Thomsen, Aarhus Universitet, vurdere den internationale TIMSS-undersøgelse og fortælle om resultaterne af to nye danske undersøgelser. Den ene (udført af Socialforskningsinstituttet) vedrører sammenhængen mellem gymnasie- og htx-elevs holdninger, fagvalg og uddannelsesønsker. Den anden vedrører studenternes opfattelse af overgangen gymnasium/universitet og deres første studieår.

Jens Olesen, Børne- og ungdomsafdelingen, DR TV, Kim Ernest, Ernest Film, Charlotte Rørth, Morgenavisen Jyllands Posten og Henry Nørgaard, Tycho Brahe Planetarium, "Fysik i perspektiv" mm, vil fremlægge deres syn på formidlingen af og diskussionen om naturvidenskab i elektroniske og trykte medier.

Svein Sjøberg, Oslo Universitet, vil orientere om internationalt arbejde vedrørende "Public understanding of science and technology" - specielt om et nyt norsk projekt.

Prisen for konferencen, der starter torsdag kl. 14 og slutter fredag efter frokost, er 975 kr (incl. fuld forplejning). Tilmeldingsfristen er 20. april.

Tilmeldingsblanket og et detaljeret program for konferencen kan fås ved henvendelse til Erik Both, Institut for Fysik, bygning 307, DTU, 2800 Lyngby, tlf. 45 25 31 51, fax 45 93 23 99, e-mail erik.both@fysik.dtu.dk.

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. 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 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@nbivax.nbi.dk

eller (hellere) på en DOS-formatteret diskette, der sendes til

KVANT
c/o Mads Hammerich
Gersonsvej 40
2900 Hellerup

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 L^AT_EX, som ren ASCII fil, i WordPerfect eller Word. De første formater foretrækkes.

Formler og specielle symboler kan indsættes i teksten med L^AT_EX eller T_EX. De modtages dog under alle omstændigheder 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 som simple opstillinger med tabulatorer. Brug ikke for megen energi på at lave "snedige" opstillinger med linier og lignende, men vis gerne på papir hvordan du selv ville foretrække det.

- Forfatternavne skrives med kursiv.
- Afsnitoverskrifter 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.

Hvis du mener at du har abonnement, men ikke får bladet – har du nok glemt at melde flytning af bladet hos dit lokale postkontor, eller måske har du ikke betalt. Bemærk at flytning af KVANT skal meddeles postvæsenet eksplicit!

Abonnement tegnes ved at skrive til

Lene Körner, Matematisk Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø, e-mail: koerner@math.ku.dk