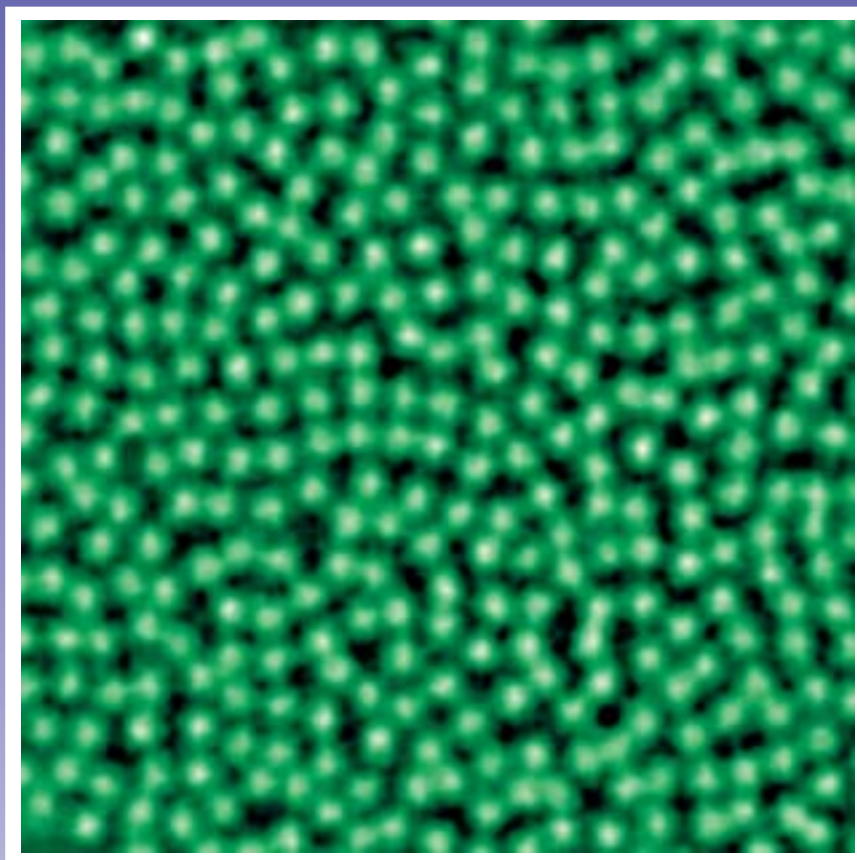


Nobelpris

Innehåll

Samfundet	2
Ledare	3
Nobelpriset	5
Historieskrivning	9
Fysiktävlingen	12
Kosmos	12



Abrikosovgitter, Tom H. Johansen

Manusstopp för nästa nummer:
15 januari 2004

ISSN 0283-9148

Svenska Fysikersamfundet

Svenska Fysikersamfundet har till uppgift att främja undervisning och forskning inom fysiken och dess tillämpningar, att föra fysikens talan i kontakter med myndigheter och utbildningsansvariga instanser, att vara kontaktorgan mellan fysiker å ena sidan och näringsliv, massmedia och samhälle å andra sidan, samt att främja internationell samverkan inom fysiken.

Ordförande:	Björn Jonson, Chalmers • bjn@fy.chalmers.se
Skattmästare:	K-G Rensfelt, Manne Siegbahnlaboratoriet, Stockholms universitet, • rensfelt@msi.se
Sekreterare:	Håkan Danared, Manne Siegbahnlaboratoriet, Stockholms universitet, • danared@msi.se
Adress:	Svenska Fysikersamfundet Manne Siegbahnlaboratoriet Stockholms universitet Frescativägen 24, 104 05 Stockholm
Postgiro:	2683-1
Elektronisk post:	kansliet@fysikersamfundet.se
WWW:	www.fysikersamfundet.se

Samfundet har för närvarande ca 950 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag, organisationer). Årsavgiften för medlemskap är 250 kr. Studerande (under 30 år) och pensionärer 150 kr. Samtliga SFS-medlemmar är även medlemmar i European Physical Society (EPS) och erhåller dess tidskrift Europhysics News (EPN). Man kan därutöver som tidigare vara Individual Ordinary Member (IOM) i EPS. Den sammanlagda årsavgiften är 590 kr.

Inom samfundet finns ett antal sektioner som bl.a. anordnar konferenser och möten inom respektive områden:

Atom- och molekylfysik	Leif Karlsson • leif@fysik.uu.se
Biologisk fysik	Peter Apell • apell@fy.chalmers.se
Gravitation	Kjell Rosqvist • kr@physto.se
Kondenserade materiens fysik	William R Salaneck • bisal@ifm.liu.se
Kvinnor i fysik	Elisabeth Rachlew-Källne • rachlew@atom.kth.se
Kärnfysik	Ramon Wyss • wyss@nuclear.kth.se
Matematisk fysik	Imre Pázsit • imre@nephy.chalmers.se
Partikelfysik	Richard Brenner • brenner@tsl.uu.se
Plasmafysik	Michael Tendler • tendler@fusion.kth.se
Undervisning	Mona Engberg • mona.engberg@telia.com

Fysikaktuellt

Fysikaktuellt ger aktuell information om Svenska Fysikersamfundet och nyheter inom fysiken. Den distribueras till alla medlemmar, gymnasieskolor och fysikinstitutioner 4 gånger per år.

Ansvarig utgivare är Björn Jonson, bjn@fy.chalmers.se.

Redaktör är Ann-Marie Pendrill, Atomfysik, Fysik och Teknisk Fysik, GU och Chalmers, 412 96 Göteborg.

Använd i första hand elektronisk post (Ann-Marie.Pendrill@fy.chalmers.se) för bidrag till Fysikaktuellt.

Annons-kontakt: Sara Bagge, saba@fy.chalmers.se.

Reklamation av uteblivna eller felaktiga nummer sker till sekretariatet.

Kosmos

Samfundet utger en tidskrift "Kosmos". Ny redaktör för om årgång 2004 är Leif Karlsson. Fysiska Institutionen, Uppsala Universitet, Box 530, 751 21 Uppsala. Leif.Karlsson@fysik.uu.se.

Medlemskap

Information om medlemskap finns på <http://www.fysikersamfundet.se/medlemskap.html>

Omslagsbilden:

Bilden på omslaget visar ett så kallat Abrikosovgitter av virvlar i elektronvätskan i en supraledare typ II. Det är genom virvlarna som magnetfältet går. Bilden är 30 mikrometer x 30 mikrometer.

Läs mer på <http://www.fys.uio.no/super/results/sv/>.

Aktuellt

- Tid och plats för samfundets vårmöte bestäms av den tillträdande styrelsen.
- Fysiktävlingens kvalificeringstävling äger rum 5 februari 2004, finalen äger rum 14–15 maj. Fysikolympiaden 2004 äger rum 15–23 juli i Pohang, Sydkorea.
- Åttonde internationella vetenskapsfestivalen i Göteborg äger rum 7–16 maj. Skolprogrammet startar redan 3 maj. Se <http://www.vetenskapsfestival.se>
- Fysikersamfundet har skrivit under avtal med American Physical Society så att svenska medlemmar kan få rabatt på tidskriftsprenumerationer och konferensavgifter. Läs mer på <http://www.aps.org/intaff/>
- LMNT, Riksföreningen för Lärarna i Matematik, Naturvetenskap och Teknik fyller 70 år under 2003. Läs mer på <http://www.lmnt.org/>
- Matematikbiennal i Malmö, 22-24 januari 2004. Se <http://www.lut.mah.se/nms/matematik/BIENNAL2004.htm>
- Konferens om forskarutbildning för framtiden, 4 februari 2004. Se <http://www.hsv.se/>
- FND, Svensk Förening för Forskning i Naturvetenskapernas Didaktik, har årsmöte och minisymposium om NV-didaktikens roll i lärarutbildningen, 26 mars 9.30–16.30, på lärarhögskolan i Stockholm. Se <http://www.fy.chalmers.se/ind/>
- Kvalitetsgranskning av fysikutbildningar i Sverige äger rum under 2004, <http://www.hsv.se/>
- World Year of Physics, 2005, se <http://www.wyp2005.org/>

Stödjande medlemmar

Samfundet har för närvarande följande stödjande medlemmar:

- **ALEGA Skolmateriel AB**, Vasagatan 4, 532 32 Skara <http://www.alega.se/>
- **AlbaNova**, Stockholms Centrum för Fysik, Astronomi och Bioteknik, 106 91 Stockholm <http://www.scfab.se/>
- **BFI Optilas AB**, Gamma Optronik Division, Box 1335, 751 43 Uppsala <http://www.gamma.se>
- **Bokförlaget Natur och Kultur**, Box 27323, 102 54 Stockholm <http://www.nok.se>
- **Gammadata Burklint AB**, Box 151 20, 750 15 Uppsala <http://www.gammadata.se>
- **Gleerups Utbildning AB**, Box 367, 201 23 Malmö <http://www.gleerups.se>
- **Liber AB**, 113 98 Stockholm <http://www.liber.se>
- **Melles Griot AB**, Box 7071, 187 12 Täby <http://www.mellesgriot.com>
- **Studentlitteratur AB**, Box 141, 221 00 Lund <http://www.studentlitteratur.se>
- **VWR Undervisning**, 163 96 Stockholm <http://vwr.com> (f.d.KEBOLAB)
- **Zenit AB Läromedel**, Box 54, 450 43 Smögen <http://www.zenitlaromedel.se>

Nobelpris

Av Ann-Marie Pendrill

INFÖR JULEN vänds den internationella forskarvärldens ögon mot Sverige och mot Nobelprisen till dem som "som under det förlupne året hafva gjort menskligheten den största nytta". Både annonseringen av pristagare i oktober och den högtidliga prisutdelningen 10 december drar även våra nationella medias uppmärksamhet mot naturvetenskap och teknik. Årets pris visar hur sammanvävda olika ämnen blivit. En fysiker (Sir Peter Mansfield) och en kemist (Paul Lauterbur) delar medicinpriset för utvecklingen av "Magnetic Resonance Imaging" som nu kan hjälpa läkare att få tre-dimensionella bilder. Fysikpriset, som presenteras närmare i detta nummer, går till teoretikerna Alexei Abrikosov, Vitaly Ginzburg och Anthony Leggett för deras förklaring av supraleddning och suprafluiditet. I sin kommentar över nobelprisen i APS' "What's new" 10 oktober noterar Bob Park också att "A winning strategy should include longevity" och att Ginzburg som blivit 87 år, för länge sedan gett upp hoppet om ett Nobelpris.

Det finns naturligtvis många forskare som gjort viktiga upptäckter. Många av dem uppfattas som pristagare som ännu inte fått priset. Några hoppas varje år på telefonsamtal från Vetenskapsakademien. För några blir valet av pristagare ett tydligt tecken på att just de själva aldrig kommer att få priset. I år publicerades helsidesannonser av en forskare som kände sig förfördelad, och tyckte att det varit han som gjort den banbrytande upptäckten. Forskning hänger ihop, forskare bygger vidare på varandras arbete, vi delar med oss av tankar, data, ideer. Viktiga genombrott bygger på andras. Nobelkommitteerna måste välja vilka av genombrotten som varit "den viktigaste upptäckt eller uppfinning". I några få fall har bedömningarna ifrågasatts av fler än de närmast berörda. Pia Thörngren Engblom ger i detta nummer ytterligare information om Lise Meitner.

Under de senaste veckorna har många forskare öppnat sina kuvert från Vetenskapsrådet och från andra finansierare. Kanske har de redan fått resultatet från en WWW-sida. Många blir besvikna. Står den totalt nedlagda arbetstiden för ansökningar i rimlig proportion till utdelade medel? Andelen projekt som beviljas medel har blivit så låg att många inte längre orkar söka. Vad ska hända med svensk forskning, som under det senaste decenniet blivit allt mindre citerad? Bo Rothstein har kon-

staterat att hans institution tvingas lägga ned en framgångsrik forskarutbildning för att det inte längre finns medel till doktorandtjänster. Situationen är likartad inom de flesta ämnesområden. Underskotten lyser inom grundutbildning, forskarutbildning och forskning, professorer varslas om uppsägning – medan grävskopor och lyftkranar förädlar fastighetsbeståndet på våra arbetsplatser.

Det finns ju också ljuspunkter i det akademiska livet. Att möta studenter tillhör oftast glädjeämnena liksom möten med experimenterande elever på Liseberg. Att få möta entusiastiska kolleger från andra områden och länder är alltid lika inspirerande. Den tredje upplagan av Physics on Stage samlade lärare kring tema om "Physics and Life". Sverige fick representeras på scen av "Alice in Quantumland" som bygger på Robert Gilmores bok med samma namn, och som under förra läsåret anpassades för scen av fem gymnasister. (Tyvärr hade varken deras fysiklärare, Lars Fraenkel, eller deras dramalärare, Katarina Hellner möjlighet att följa med. Gunnar Ohlén från Nationellt resurscentrum var volontär för att gestalta den "tråkige fysikläraren".) Den svenska delegationen representerade många fler pedagogiska projekt och vi hoppas kunna återkomma med presentation av några av dem - och gärna andra undervisningsprojekt i nästa nummer av Fysikaktuellt. ■

Ann-Marie.Pendrill@fy.chalmers.se
Professor och redaktör för fysikaktuellt



Efter föreställningen av "Alice in Quantumland" på Physics on Stage 3, ESTEC; 12 november.

Från vänster: Elin Henriksson, Marie Gustafson, Gunnar Ohlén, Hanna Lunden (sittande), Ann-Marie Pendrill, Anna Johnning, Lisa Lundin.

Fysik i nya banor!

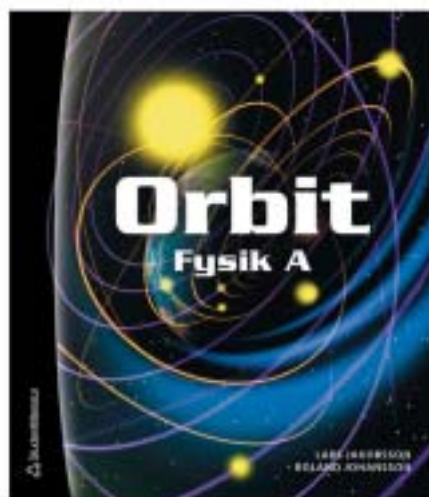
Äntligen här! *Orbit* – en ny lärobok för gymnasieskolan som sätter snurr på fysikundervisningen!

En god fysikbok är som en väl anrättad middag – den kräver ingredienser av högsta kvalitet, en väl vald och aptitretande kryddning, en färgsprakande garnering och inte minst bra kokkar.

Resultatet är *Orbit* – en spännande och annorlunda anrättning som ger undervisningen ett vitamin-tillskott och tillfredställer elevernas aptit på fysik.

"Framställningen är logisk och lättbegriplig och kompletteras av ett mycket pedagogiskt och informativt illustrationsmaterial i färg samt ett heltäckande sakregister, allt i ändamålsenlig layout. Flera bra fysikläromedel finns på marknaden och Orbit håller en hög pedagogisk kvalitet, jämbördig med de bästa andra."

BTJ 2003:22



Studentlitteratur
Skola/Vuxenutbildning
Box 141, 221 00 Lund
Telefon 046-31 20 00

Ordertelefon 046-31 22 00
Orderfax 046-30 59 03
order.skolvux@studentlitteratur.se

www.studentlitteratur.se

Jag vill beställa till f-pris:

- ex av *Orbit*, art.nr 8096 à 245 kr
- Jag är ämnesansvarig i fysik och vill ha ett cirkulationsex. av *Orbit*
- Ja tack, skicka katalog Gymnasium/Vuxenutbildning 2004/05

Skola:

Namn:

Adress:

Postnr och ort:

E-post:

Moms och frakt tillkommer. Kupongen gäller t.o.m. 31 dec 2003. Reservation för tryckfel. Skicka kupongen till Studentlitteratur eller faxa till 046-30 59 03. E-post order: order.skolvux@studentlitteratur.se



Frankens ej
Studentlitteratur
betalar portot

Studentlitteratur AB
Skola/Vuxenutbildning

Svarspost
Kundnummer 200011003
228 11 Lund

PL 01

Nobelpriset i Fysik 2003

– En ordningsfråga!

Av Mats Jonson

En ordningsfråga! Det är vad årets Nobelpris i fysik handlar om. Men det rör sig inte om någon ordningsfråga i den värld vi ser omkring oss utan i elektronernas och atomernas mikrovärld. Denna styrs av kvantfysikens lagar och uppvisar många spektakulära effekter som normalt inte förekommer i makrovärlden. I vissa fall kan dock en speciell ordning bland elektroner och atomer göra att mikrovärldens kvantfenomen förstärks och blir synliga, till och med för blotta ögat. Årets Nobelpris i fysik belönar tre forskare, Alexei Abrikosov, Vitaly Ginzburg och Anthony Leggett, som bidragit till vår förståelse av sambandet mellan ordning och de makroskopiska kvantfenomen vi kallar supraledning och suprafluiditet. Både supraledning och suprafluiditet är fenomen som uppträder vid mycket låga temperaturer.

Flöde utan motstånd

Den holländske fysikern Heike Kamerlingh Onnes gjorde 1911 en märklig upptäckt. Han intresserade sig särskilt för ämnens egenskaper vid låga temperaturer och hade bl.a. lyckats framställa flytande helium med ytterst låg temperatur. När Onnes undersökte den elektriska ledningsförmågan hos kvicksilver visade det sig att när metallen kylde med hjälp av flytande helium till några grader ovanför den absoluta nollpunkten ($-273,15^{\circ}\text{C}$), försvann dess elektriska motstånd. Han gav det namnet *supraledning*. Den ryske fysikern Pyotr Kapitsa, myntade i slutet på 1930-talet det analoga uttrycket *suprafluiditet* för att beskriva hur helium i vätskeform vid ännu något lägre temperaturer flyter fram utan inre friktion eller motstånd. Onnes belönades med 1913 års Nobelpris i fysik för sina insatser, medan Kapitsas prisbelöning dröjde till 1978.

Från första stund anade man att su-

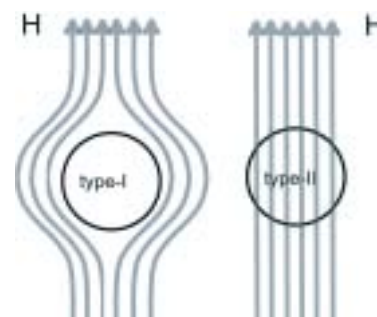
praledning kunde få vidsträckt betydelse i det moderna industrisamhället. Genom att linda spolar av supraledande trådar tänkte man sig t.ex. kunna tillverka kraftfulla elektromagneter som inte hade några energiförluster. Men tyvärr förvandlades de första supraledarna till vanliga metaller redan i svaga magnetfält. Efter hand upptäckte man dock supraledare av en annan typ, som genom att tillåta samexistens av supraledning och magnetism förblir supraledande även i starka magnetfält. De supraledande magneter som därmed kunde tillverkas har fått stor betydelse i det moderna samhället och används t.ex. i högupplösande magnetkameror för medicinsk diagnostik och för att bestämma strukturen hos komplicerade molekyler genom kärnmagnetisk resonans (NMR). Supraledande magneter används också för att få laddade partiklar som rör sig med nästan ljusets hastighet att gå i cirkulära banor vid partikelfysikernas stora acceleratoranläggningar och som "magnetiska flaskor" för heta plasmor inom fusionsforskningen.

Supraledare av två typer

Det skulle dröja nästan 50 år efter Onnes upptäckt av supraledning innan fysikerna John Bardeen, Leon Cooper och Robert Schrieffer (Nobelpris i fysik 1972) kunde presentera en teori (BCS-teorin, byggt på efternamnens initialer) som förklarade fenomenet. Teorin visar att en del av de negativt laddade elektronerna i en supraledare bildar par, s.k. Cooper-par. Man brukar uppfatta de parade elektronerna som ett kondensat, i likhet med vätskedroppar som bildas i en nedkyld gas, och man säger att elektronparen genomgått en Bose-Einstein-kondensation. Till skillnad från en vanlig vätska är den "elektronvätska" som bildas på detta sätt supraflytande.

Supraledare av den typ som beskrevs

av den ursprungliga BCS-teorin benämns "typ I". De kännetecknas av "Meissner-effekten", dvs. av att de i supraledande tillstånd stöter ut ett magnetfält, så länge dettas styrka inte överskrider en viss gräns (fig. 1). Om det omgivande magnetfältet blir för starkt, försvinner den supraledande förmågan abrupt.



Figur 1 Supraledare av typ I stöter ut magnetfält (Meissner-effekten). Ökar magnetfältet i styrka förlorar de sin supraledande förmåga. Detta gäller inte supraledare av typ II, vilka klarar av starka magnetfält genom att magnetfältet delvis släpps in.

Ganska tidigt upptäckte man dock supraledare av en annan typ, ofta legeringar, som saknar eller bara uppvisar en partiell Meissner-effekt. Genom att tillåta samexistens av supraledning och magnetism kan de förbli supraledande även i starka magnetfält. Egenskaperna hos dessa supraledare, som vi nu kallar "typ II", kunde inte förklaras av den ursprungliga BCS-teorin.

Det var i stället två av årets pristagare, Vitaly Ginzburg och Alexei Abrikosov, som på ett avgörande sätt bidrog till förståelsen av hur supraledning och magnetism på detta sätt kan samexistera. Ginzburg formulerade tillsammans med Lev Landau (som fick Nobelpris i fysik 1962 för andra arbeten, se nedan) i början av 1950-talet en



teori, som var tänkt att beskriva supraledning och kritiska magnetfälstyrkor hos vid den tiden kända supraledare. Ginzburg och Landau införde ett mått på ordningen bland elektronerna, som de kallade för supraledarens ordningsparameter, och som kan uppfattas som en vågfunktion för elektronerna i det supraledande kondensatet. Vägleda av en djup fysikalisk intuition formulerade de sedan matematiska ekvationer, vars lösning bestämmer ordningen i en supraledare. De fann god överensstämmelse med vad som uppmäts för då kända supraledare. Det är värt att påpeka att de resonemang som ledde till denna Ginzburg-Landauteori har sådan allmän giltighet att teorin i dag används för att vinna ny kunskap inom många av fysikens delområden

Snart gjordes emellertid experiment på nya supraledande material vars resultat avvek från de förväntade. Det blev Alexei Abrikosov som upptäckte den mer komplicerade typ av ordning som förklarade dessa avvikelser. Genom en insiktsfull analys av Ginzburg-Landaus ekvationer kunde han visa hur ordningsparameterns rumsfördelning kan beskriva virvlar och hur ett magnetfält genom dessa kan tränga in i supraledaren (se omslagsbilden). Virvlarna är väsentligen av samma slag som de vi kan se i vattnet då vi tappar ur ett badkar.

I Ginzburg och Landaus teori finns en storhet $\kappa = \lambda / \xi$ som är kvoten mellan två karakteristiska längder, penetrationslängden för ett magnetfält λ och supraledarens så kallade koherenslängd ξ . Redan Ginzburg och Landau fann att deras teori har en brytpunkt då κ antar värdet ca 0,71 och att det alltså i princip finns två typer av supraledare. För kvicksilver har κ ett värde på ca 0,16 och andra då kända supraledare har värden i närheten av detta. Det fanns därför vid den tiden ingen anledning att beakta värden ovanför brytpunkten. Det blev i stället Abrikosov, som kunde knyta ihop teorin genom att visa att supraledare av typ II representerade just sådana värden. Abrikosov kunde dessutom förutsäga i detalj hur antalet virvlar kan växa med ökande magnetfält och hur den supraledande förmågan hos ämnet går förlorad om virvlarnas kärnor överlappar varandra. Beskrivningen innebar

ett genombrott för studiet av nya supraledande material och används allmänt i utvecklandet och analysen av nya supraledare och magneter. Uppsatserna från slutet av 1950-talet har citerats allt flitigare de senaste tio åren.

Kunskapen om supraledning har lett till revolutionerande tillämpningar (fig. 2). Nya föreningar med supraledande egenskaper hittas fortlöpande. De senaste decennierna har ett stort antal s.k. högtemperatursupraledare tagits fram. De första framställdes av Georg Bednorz och Alex Müller, som belönades med 1987 års Nobelpris i fysik. Alla högtemperatursupraledare är av typ II. Kylningen är en kritisk faktor för supraledarens användbarhet. En viktig gräns går vid 77 K (-196°C), kokpunkten för flytande kväve, billigare och mer lätthanterligt än flytande helium.



Figur 2 MRI-bild av en människohjärna. Upplösningen i magnetkameran beror bl a av magnetfältets styrka. I dag används starka supraledande magneter som alla är av typ II.

Två fascinerande supravätskor

Den lättaste ädelgasen helium finns i naturen i två former, två isotoper. Den vanliga formen betecknas ${}^4\text{He}$, där siffran 4 står för antalet nukleoner i atomkärnan (två protoner och två neutroner). I den ovanliga formen, ${}^3\text{He}$, har atomkärnan bara en neutron och den är alltså lättare. I naturligt förekommande helium dominerar den tyngre isotopen över den lättare med en faktor på cirka 10 miljoner. Det är därför först under de senaste 50 åren som man lyckats framställa större mängder ${}^3\text{He}$, t.ex. vid kärnkraftverk. Vid normal temperatur skiljer sig de två isotopernas gaser egentligen bara genom sin atomvikt.

Kyler man heliumgas till låga temperaturer, cirka 4 grader över absoluta nollpunkten övergår gasen i vätskeform, den kondenserar. Detta sker på samma sätt som när vattenånga kondenserar till vatten. Om inte temperaturen är alltför låg har de två isotopernas vätskor liknande egenskaper. Flytande helium har stor användning som kylvätska, till ex-

empel i supraledande magneter. Då används förstas naturligt förekommande helium, det vill säga den mest vanliga och billigare formen av helium, ${}^4\text{He}$.

Kyler man nu flytande helium till ännu lägre temperaturer uppstår dramatiska skillnader mellan de två isotopernas vätskor. Då uppträder nämligen kvantfysikaliska effekter vilka gör att vätskorna bland annat förlorar allt sitt motstånd mot inre rörelse, de blir supraflytande. Detta inträffar vid helt olika temperaturer för de två supravätskorna och de uppvisar en hel rad fascinerande egenskaper, t.ex. rinner de fritt ut ur öppningar i de kärl de förvaras i. Effekterna kan bara förklaras med hjälp av kvantfysik.

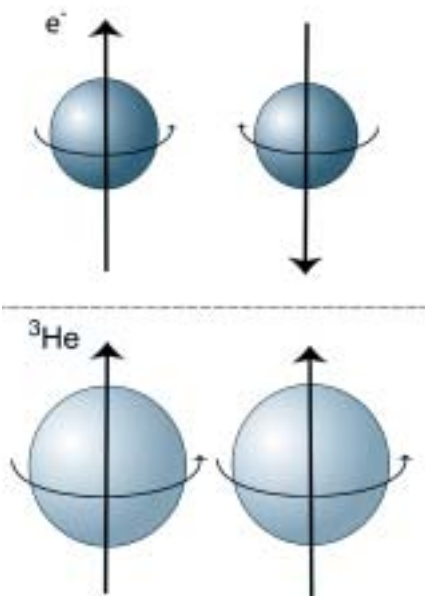
Historiska upptäckter

Att ${}^4\text{He}$ blir supraflytande upptäcktes av Pyotr Kapitsa redan 1938. Fenomenet, som sker cirka 2 grader över absoluta nollpunkten, förklarades nästan omedelbart av den unge teoretikern Lev Landau, som för detta erhöll Nobelpris i fysik 1962.

För isotopen ${}^3\text{He}$ upptäcktes övergången till det supraflytande tillståndet först i början av 1970-talet av David Lee, Douglas Osheroff och Robert Richardson (Nobelpris i fysik 1996). En anledning till att upptäckten kom så mycket senare är att övergången sker vid mycket lägre temperatur, cirka 1 000 gånger lägre än för ${}^4\text{He}$. Orsaken ligger i en ur kvantfysikalisk synpunkt väsentlig skillnad mellan de två isotoperna. Helium-4 tillhör nämligen en klass av partiklar som kallas bosoner och som direkt kan ordnas till en supraflytande vätska genom något vi kallar Bose-Einsteinkondensation, en process som på senare tid också observerats i gaser (jfr Nobelpriset i fysik 2001 till Eric Cornell, Wolfgang Ketterle och Carl Wieman). Helium-3 är däremot, liksom elektronen, en fermion. Sådana partiklar måste först bilda par innan de kan nå det supraflytande tillståndet. Genom den mikroskopiska teori för supraledning som formulerades på 1950-talet (se ovan) av Bardeen, Cooper och Schrieffer fanns dock en mekanism, bildandet av Cooper-par, som borde kunna efterliknas även i ${}^3\text{He}$ (fig. 3). Upptäckten att ${}^3\text{He}$ kan förekomma i ett

supraflytande tillstånd var därför inte helt oväntat.

Det visar sig dock att atomerna i en vätska av helium-3 bildar par med inre frihetsgrader, som dels beror på atomernas rotation kring varandra, dels på deras magnetiska egenskaper – eller spinn som fysikerna säger. Följden är att Ginzburg-Landaus ordningsparameter här inte bara har två – som hos supraleidarna – utan hela arton komponenter och att supravätskan är anisotrop, den kan ha olika egenskaper i olika riktningar.



Figur 3 Den parbildning som sker i supraflytande ^3He skiljer sig från den som sker mellan elektronerna i en supraleidare (Cooper-par). Heliumatomernas magnetiska egenskaper (spinn) samverkar, medan elektronernas tar ut varandra.

Den mångformiga supravätskan

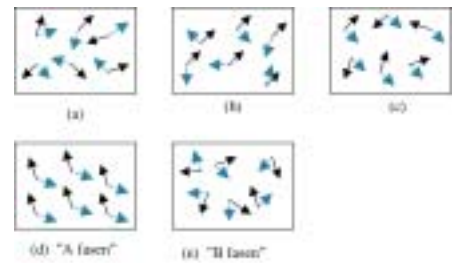
Den teoretiker som först på ett avgörande sätt lyckades förklara den nya supravätskans egenskaper var Anthony Leggett, som under 1970-talet arbetade vid universitetet i Sussex i England. Hans teori hjälpte experimentalisterna att tolka sina mätresultat och gav ett

ramverk för ett systematiskt klarläggande. Leggetts teori, som först formulerades för supraflytande ^3He , har också kommit till användning inom andra områden, t.ex. partikelfysik och kosmologi.

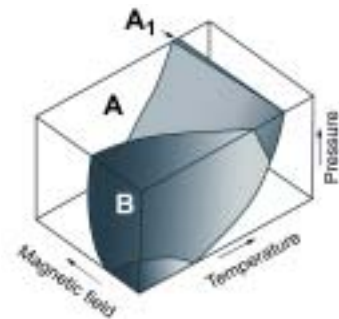
Genom att supraflytande ^3He består av par med inre frihetsgrader blir dess egenskaper mycket mer komplicerade än för supravätskan ^4He . Speciellt har supravätskans atompar ett ändligt magnetiskt moment eller spinn, liksom de har ett ändligt rörelsemängdsmoment. Med kvantfysikens terminologi säger man att paren befinner sig i ett tripletttillstånd ($S=1$) med avseende på spinn och i ett p-tillstånd ($L=1$) med avseende på rotationen kring en gemensam axel. Leggett kunde visa hur olika typer av ordning mellan de olika parens magnetiska moment och parens rörelsemängdsmoment motsvarar olika faser i den supraleidande vätskan (fig 4). Experimentellt har tre olika faser påvisats. De har olika egenskaper och vilken fas som uppträder är beroende av temperatur, tryck och yttre magnetfält (fig. 5). Supraflytande ^3He utgör ett redskap som forskarna kan använda i laboratoriet även för att studera andra fenomen. Speciellt har virvelbildningar i supravätskan nyligen använts för att studera hur ordning kan övergå i kaos (fig. 6). Den forskningen kan leda till ökad förståelse av hur turbulens uppstår – ett av den klassiska fysikens sista olösta problem.

Länkar till ytterligare läsning finns på <http://www.nobel.se/physics/laureates/2003/phyreading.html> ■

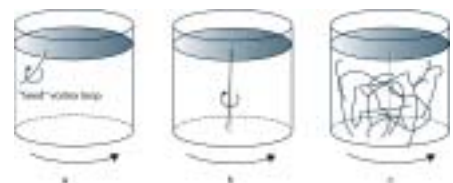
Mats Jonson är professor i Kondenserade materiens fysik vid Chalmers tekniska högskola och ordförande i Nobelkommittén för fysik



Figur 4. Möjliga ordningstillstånd i en tvådimensionell modellvätska bestående av partiklar med två inre frihetsgrader: spinn (heldragna pilar) och rörelsemängdsmoment (streckade pilar). (a) Oordnat tillstånd. Systemet är isotropiskt och invariant med avseende på rotation av båda momenten var för sig. (b)–(e) Tillstånd med olika typer av ordning svarande mot all möjliga "brutna symmetrier" där (d) illustrerar den typ av ordning som finns i den så kallade A-fasen av supraflytande ^3He , medan (e) illustrerar ordningen i B-fasen. Leggett introducerade begreppet spontant bruten spin-bansymmetri för dessa slag av brutna (reducerad) symmetri.



Figur 5 Fig. 6. Supraflytande ^3He kan existera i tre faser benämnda A, A1 och B. Typen av fas avgörs av tryck, temperatur och magnetfält enligt figurens s.k. fasdiagram.

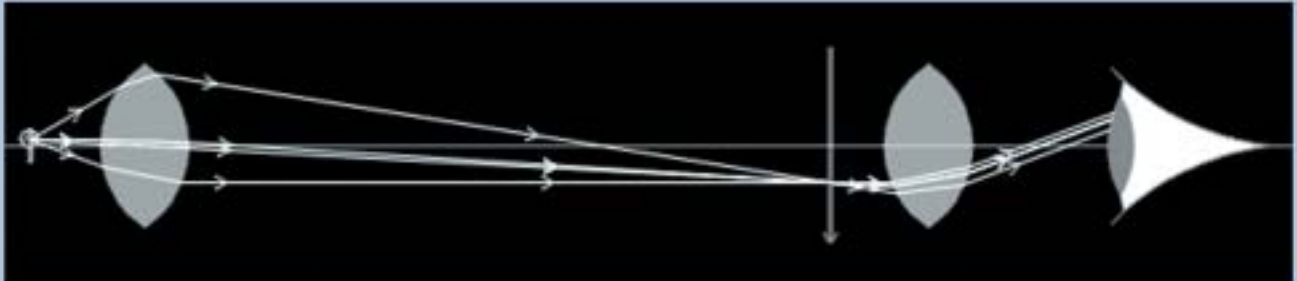


Figur 6 Det har nyligen visats att om en virvel skapas i en roterande behållare supraflytande ^3He (a) kan resultatet kritiskt bero av temperaturen. Över en kritisk temperatur lägger sig virveln längs rotationsaxeln (b). Under den kritiska temperaturen uppstår ett virrvarr av virvlar (c).

Experimentera med Gammadata

Använd Crocodile Physics för att simulera olika fysikaliska förlopp.

Plocka komponenter och tillbehör ur "verktygslådan" och drag in dem på arbetsytan.



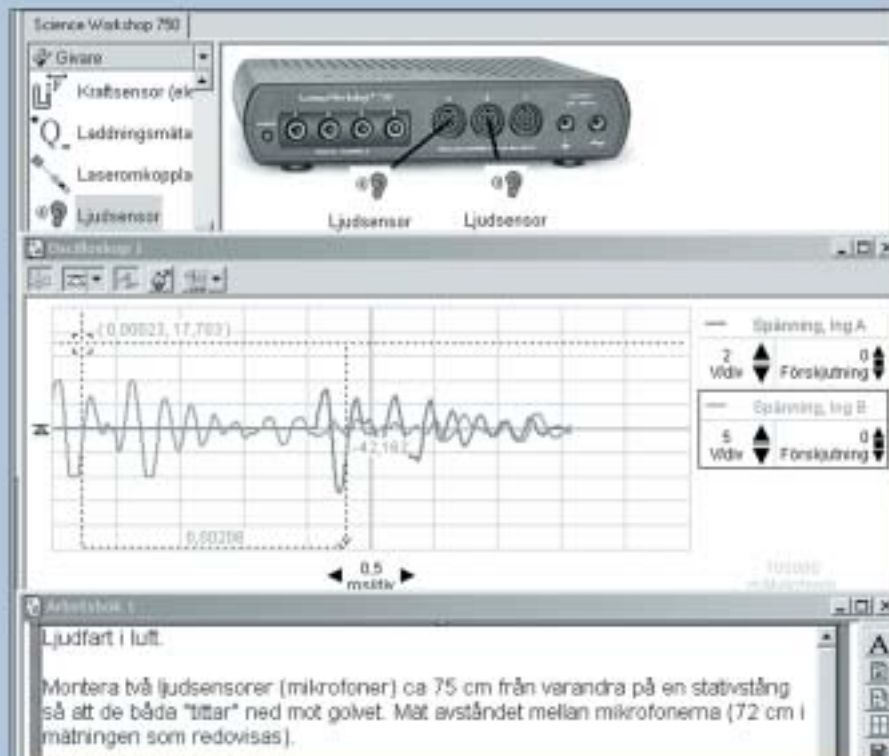
Strålgången ovan visar objektivlinsens reella mellanbild av föremålet och okularet använt som lupp. Ändra brännvidder och avstånd och du ser resultatet direkt.

Kontakta oss för mer information.

Bestäm ljudets fart i luft med PASCOs datorbaserade mätutrustning (mätinterface + två mikrofoner).

Alstra en ljudpuls framför den ena mikrofonen. Mät med interfacets oscilloskop tiden som ljudpulsen tar för att gå sträckan mellan mikrofonerna. Med kännedom om avståndet mellan mikrofonerna (72 cm) bestämmer du lätt ljudets fart. Upprepa försöket med andra avstånd mellan mikrofonerna.

Arbetsboken kan förutom att användas till labinstruktioner även användas för grafer och labredogörelser.



Fysik

och svensk historieskrivning

Av Pia Thörngren Engblom

I Fysikaktuellt 2002 nr 4, publicerades en artikel av Indrek Martinsson och Ingolf Lindau, med rubriken "Fusk och Fysik". Där omnämndes i förbigående Otto Hahn och Fritz Strassmann som kärnklyvningens upptäckare, vilket föranledde en kort kommentar från Pia Thörngren Engblom (införd 2003 nr 1) att Lise Meitner borde tagits med som delaktig i upptäckten av fission, och att hon var den som tillsammans med Robert Otto Frisch först tolkade resultaten korrekt. Martinssons och Lindaus svar återfinns i nr 2 av Fysikaktuellt, 2003.

Martinsson och Lindau uppger i sitt svar att Lise Meitner, Otto Robert Frisch och Fritz Strassmann, för sina insatser i samband med upptäckten av fission, mycket väl förtjänade det nobelpris som Otto Hahn ensam tilldelades 1944. Så långt torde alla vara överens. De vidhåller dock att det var Otto Hahn och Fritz Strassmann som gjorde själva upptäckten. Att förbigå Meitner, och att hävda att hon visserligen hade gjort sig förtjänt av ett nobelpris, men att hon inte hade del i själva upptäckten, är att definiera upptäckt i forskningen på ett mycket snävt sätt. Det faktum som skiljer henne från upptäckten enligt detta resonemang, är att hon inte var fysiskt närvarande vid de avslutande försöken på en fyra år lång experimentserie, som hon själv hade tagit initiativ till och varit drivande kraft i. Dessutom visar senare tids historieforskning, (se t.ex. biografien skriven av Ruth Lewin Sime [1]), att hon stod i kontinuerlig kontakt med Hahn och Strassmann, och fortfarande, trots sin landsflykt, var deras intellektuella ledare också under slutskedet av de avgörande experimenten. Den sorgliga anledningen till att hon inte befann sig på plats, var att hon hade att välja mellan landsflykt och nazisternas jedeförföl-

jelse. Hon valde, eller tvingades välja landsflykt i Sverige.

Vad kan vi lära oss av denna händelse i fysikens historia? Speciellt för Sveriges del inbjuder skeendet till eftertanke om vilken roll utomvetenskapliga förhållanden spelar för forskningen och dess utövare. Förutom att vara en berättelse om en i Sverige orättvist behandlad forskare, i sig en nog så viktig historia, handlar det om vilket inflytande t.ex. politiskt betingade överväganden spelar för den vetenskapliga bedömningen.

Lise Meitner

För de av Fysikaktuells läsare som inte är väl förtrogna med Lise Meitner och inte har tillgång till Simes bok, följer här en kort sammanfattning (i huvudsak baserad på ref. 1) av händelserna som ledde fram till upptäckten av kärnklyvning:

År 1919 blev Lise Meitner utnämnd till Professor på Kaiser Wilhelm Institut (KWI), en enastående prestation med tanke på de arbetsvillkor som rådde för kvinnliga akademiker vid den här tiden. Då hon 1907 först anlände till Berlin behövde kvinnor t.ex. ha särskilt tillstånd för att ens få närvara vid föreläsningar.

Hennes 30 åriga kollaboration med kemisten Otto Hahn blev mycket produktiv. Deras första stora framgång kom 1918 med upptäckten av element nr 91, protactinium, vilket ledde till att de blev ledare för varsin forskningsavdelning på KWI, i fysik respektive kemi. Värt att notera i sammanhanget är att, trots att Hahn under tiden för dessa experiment var soldat i den tyska armén (Meitner tjänstgjorde en tid som röntgensköterska), och det alltså var Meitner som utförde större delen av det laborativa arbetet som ledde fram till deras resultat, fanns det ingenting som hindrade att Hahn stod som första författare på deras artiklar. Som kronan på verket fick han 1919 ensam motta Emil Fischer Medaljen från Verein Deutscher Chemiker för deras forskningsresultat, där otvivelaktigt upptäckten av protactinium vägde tyngst.

Efter första världskriget kom Meitners arbete alltmer att handla om vad vi idag uppfattar som kärnfysikalisk grundforskning. Fermis experimentella resultat från 1934, för vilka han delvis fick Nobelpriset 1938, sporrade dåtidens fysiker att ge sig i kast med problemet med transuranerna, dvs. ämnen med högre atomnummer än uran, vilket man hade trott representerade slutpunkten i det periodiska systemet. Meitner initierade en serie experiment med neutronbestrålning av uran. Hon fick Hahn intresserad och ytterligare en kemist involverades i arbetet, Fritz Strassmann. Dessa två utförde, med hjälp av en lång rad olika tekniker, de komplicerade kemiska analyserna och separationerna av de skapade radioaktiva ämnena, Meitner planerade arbetet och försökte konstrue-

ra sönderfallskedjor av de motsägelsefulla resultaten, men transuranerna uppvisade inte förväntade egenskaper.

Förbryllad krävde Meitner upprepade gånger att de krävande analyserna och mätningarna gjordes om. Martinsson och Lindau hävdar att samarbetet dem emellan upphörde i och med Meitners landsflykt. Ruth Lewin Sime (och tidigare Fritz Krafft) har i sin forskning visat att verkligheten såg annorlunda ut. Trots att det hade varit en professionell och personlig katastrof för Hahn om det kom till nazisternas kännedom, brevväxlade han med Meitner hela hösten 1938. De möttes också i Köpenhamn den 13 november. Vid denna tidpunkt trodde Hahn och Strassmann att radium producerades vid deras kollisionförsök med neutroner och uran, via dubbelt alfa sönderfall, teoretiskt sett ett mycket osannolikt resultat. Curie och Savatch hade också funnit att reaktionen hade ett större tvärsnitt med långsamma neutroner, vilket var ännu mer förbryllande i sammanhanget. Hahn återvände till Berlin och återupptog de mätningar som skulle leda till upptäckten av fission. De arbetade i ett mycket ogynnsamt klimat, Strassmann var öppet anti-nazistisk och Hahn var inte medlem av partiet, som så många andra av deras kolleger var. Dessutom ledde deras experimentella undersökningar, viktiga för deras överlevnad vid institutet, till minst sagt motsägelsefulla resultat. I ett brev till Meitner den 19 december beskriver Hahn svårigheterna med de kemiska separationerna. Det de trodde var radium verkade i själva verket vara barium:

"...But we are coming steadily closer to the frightful conclusion: our Ra isotopes do not act like Ra but like Ba...All other elements, transuranes, U, Th, Ac, Pa, Pb, Bi, Po are out of the question. I have agreed with Strassmann that for now we shall tell only you. Perhaps you can come up with some sort of fantastic explanation. We know ourselves that it can't actually burst apart into Ba."

Hahn avslutade sitt brev:

"So please think about whether there is any possibility-perhaps a Ba-isotope with much higher atomic weight than 137? If there is anything you can propose that you

could publish, then it would still in a way be work by the three of us!" [2]

Meitner svarade omedelbart att, trots att det verkade mycket svårt att förstå hur en kärnklyvning skulle ha gått till, det inte var omöjligt. Hahn och Strassmann skickade in sitt manuskript [3] innan de fick Meitners brev. Formuleringen av upptäckten var vag, de experimentella resultaten med barium omnämnda kortfattat i slutet av artikeln. Inte förrän efter att han mottagit Meitners svar, lade han till ett stycke om att transuranerna kanske i själva verket var lättare element. Han baserade felaktigt sitt resonemang på masstalet istället för atomnumret.

Lise Meitner åkte till Kungälv för att fira jul med sin väninna, Eva von Bahr-Bergius och hennes familj. Otto Robert Frisch var också ditbjuden. Frisch har i sina memoarer beskrivit hur de under en skidfärd resonerade sig fram till insikten att urankärnan kunde klyvas under frigörande av stora mängder energi. De använde sig av Bohrs vätskedroppmodell, de fann att den elektrostatiske repulsionen som protonerna gav upphov till var tillräckligt stor för att göra urankärnan så pass instabil att ytspänningen kunde övervinnas, och vid minsta störning (som t.ex. en inkommande neutron) skicka iväg reaktionsprodukterna åt var sitt håll med stor energi. Den frigjorda energin motsvarande den minskning av massan som skedde vid klyvningen av urankärnan till två fragment.

Frisch återvände till Köpenhamn på nyårsdagen och informerade då Bohr om deras teorier. Bohr uppmanade dem att publicera så fort som möjligt och lovade att vänta med att sprida dessa nya ideer, som var en dödsstöt åt transuranerna för vilka Fermi hade fått nobelpriset 1938, tills Meitner och Frisch hade skickat in sitt manuskript. Bohr lämnade Köpenhamn med båt till New York den 7 januari 1939, och diskuterade då ingående kärnklyvning med Léon Rosenfeld som också var ombord. Den senare spred den sensationella nyheten till amerikanska fysiker som genast satte igång med försök för att verifiera upptäckten. Under tiden utförde Frisch i Köpen-

hamn försök där han mätte fissionsfragmenten med en proportionalräknare, hela tiden diskuterade han experimentet och problemen med bakgrund med Meitner. Frisch, helt ovetande om hur bråttom det var, skickade in två manuskript den 16 januari, deras gemensamma not publicerades den 11 februari och Frischs beskrivning av det försök han hade gjort för att verifiera fissionen, kom den 18 februari.

I ett brev från Hahn till Meitner den 7 januari framgår det att Hahn fortfarande inte riktigt förstätt sina resultat, han skriver: *"...Therefore it seems almost certain that the transuranes stay, and the sum of atomic weights was a coincidence."* [4].

Han avser här sin ide om att masurium skulle bildats tillsammans med barium, p.g.a. att summan av deras masstal kan summeras till 239. Meitner och Frisch förklarar i sitt letter [5] fissionsförloppet och anger den totala frigjorda energin till ca 200 MeV. De fortsätter: *"After division, the high neutron/proton ratio of uranium will tend to readjust itself by beta decay to the lower value suitable for lighter elements. Probably each part will thus give rise to a chain of disintegrations. If one of the parts is an isotope of barium, the other will be krypton (Z=92-56), which might decay through rubidium, strontium and yttrium to zirconium. Perhaps one of the supposed barium-lanthanum-cerium chains are then actually strontium-yttrium-zirconium chains."*

Härmed hade ett nytt fysikaliskt fenomen beskrivits och förklarats.

Omvärldens syn

För en ingående och mycket intressant skildring av nobelprisens historia bakom kulisserna, se Robert Marc Friedmans bok, "The Politics of Excellence – Behind the Nobel Prize in Science" [6]. Här återfinns bakgrunden med de olika nomineringar som föregick beslutet att tilldela Hahn ensam priset i kemi. En nominering till delat fysikpris för Meitner och Hahn kom t.ex. 1940 från Nobelpristagare Arthur Compton: *"As I understand the matter, Professor Hahn and Meitner should be included in the award for their work respectively in identifying the fission process and in showing the*

tremendous energy liberated when fission occurs." [7]. Compton var på det klara med Hahns och Meitners roll men var mer tveksam till om deras samarbetspartners Strassmann och Frisch skulle inkluderas för priset. Stöd för delat pris i fysik kom från andra håll, t.ex. från Nobelpristagare James Franck, som något år senare nominerade Hahn och Meitner: *"I do not need to emphasize the importance of this discovery which is certainly the greatest in physics in the last ten years, but I would like to explain why I think that Hahn and Meitner should be honoured together"* [8]. Franck förklarar att eftersom hon hade tvingats lämna Tyskland: *"she was not co-working on the paper which Hahn published with Strassmann, which actually contained the solution, but Hahn himself did not draw the consequence. Lise Meitner did it in collaboration with Frisch, and she was first to see the whole importance of the result and drew the consequences that the fission products should fly from another with tremendous energy. She and Frisch were also the first to observe this fact experimentally."*

Franck återkom de närmaste åren med nomineringar. Oscar Klein och Niels Bohr hoppades att Hahn och Strassmann skulle få dela priset i kemi, och Meitner och Frisch det i fysik. En sådan uppdelning framstår också i efterhand som den mest rättvisa. Bland andra som agerade för Meitner befann sig Max von Laue och den norske teoretikern Egil Hylleraas.

Enligt fysikkommittén var fission en fråga för kemisterna. Nomineringar om ett gemensamt pris inkom dock även för kemi. The Svedberg var den som gjorde

utvärderingen. Han gav en mycket negativ bild av Meitners roll, och det var hans version som blev den förhärskande i det svenska etablissemanget. På senare tid har en omvärdering av Lise Meitners roll gjorts, t.ex. av Fritz Krafft och Ruth Lewin Sime. Lise Meitner återupprättades under sin livstid, bl.a. tilldelades hon tillsammans med Hahn och Strassmann 1966 års Enrico Fermi pris.

Tidskriften Forskning och Framsteg publicerade 1997 en översättning av den artikel författad av Elisabeth Crawford, Ruth Lewin Sime och Mark Walker, ursprungligen publicerad i Nature, som Martinsson och Lindau nämner. Här återfinns också en faktaruta av professor Anders Bärány, nuvarande sekreterare i Nobelkommittén, om en av de medlemmar i Vetenskapsakademien som gav uttryck för ett starkt stöd för ett ensamt pris till Hahn, Göran Liljenstrand, professor i fysiologi vid Karolinska Institutet. Detta var tydligen en man med starka principer, och att Lise Meitner inte fysiskt varit närvarande vid upptäckten av fission skulle definitivt ha varit avgörande för hans ståndpunkt att Meitner inte skulle få ett pris. Denna definition av upptäckt, om än nästan komisk i sin inskränkt, verkar fortfarande hänga kvar i det svenska allmänna medvetandet då det gäller Lise Meitners insatser.

Martinsson och Lindau avslutar sin kommentar med ett citat av Aristoteles:

"Platon är mig kär, men ännu kärare är sanningen". Dessa ord speglar Aristoteles avvikande åsikter då det gällde Platons verklighetsbild, att det vi erfar med våra sinnen är blott och bart ett svagt åter-

sken av den verkliga världen. Lite ironiskt är det i sammanhanget att Lise Meitner var en god representant för fysikern som just sanningssökare. Låt oss då, även i Sverige, ge henne det erkännande hon förtjänar för en upptäckt som har präglat en stor del av 1900-talets historia, på gott och ont.

Jag vill tacka Professor Nanny Fröman och Professor Robert Marc Friedman för givande upplysningar i ämnet. ■

Referenser

1. Ruth Lewin Sime, "Lise Meitner - A Life in Physics", University California Press (1996) ISBN 0-520-08906-5, ISBN 0-520-20860-9
2. Citat hämtat ur ref. 1, ursprunglig referens: Meitner Collection, Churchill College Archives Centre, Cambridge
3. O. Hahn und F. Strassmann, Naturwissenschaften 27 (1938) 11
4. Letter Hahn to Meitner, 7 januari 1939, citat taget ur ref. 1, ursprunglig referens: Krafft, Im Schatten der Sensation, 275-276
5. Lise Meitner and O.R. Frisch, Nature 143 (1939) 239
6. Robert Marc Friedman, "The Politics of Excellence - Behind the Nobel Prize in Science", Times Books, Henry Holt and Company, LLC (2001) ISBN 0-7167-3103-7
7. Citat hämtat ur ref. 6, ursprunglig referens: Letter, A.H. Compton to NKF, December 12, 1939, KVA/N, 1940
8. Citat hämtat ur ref. 6, ursprunglig referens: Letter, James Franck to NKF, December 13, 1940, KVA/N, 1942

Information om läromedel för grundskola och gymnasium

På hemsidan för Statens strålskyddsinstitut – www.ssi.se – finns ett kostnadsfritt material om strålning som kan användas vid undervisning i t.ex. miljökunskap, samhällskunskap och fysik. Materialt är uppdelat på fem kunskapsnivåer för elever från 6 år till 19 år och omfattar 120 sidor fördelade på 7 stycken pdf-filer.

Lars Persson, lars.ingeman@telia.com, Fil dr i kärnfysik och f d byråchef vid SSI.

Fysiktävlingen

5 februari 2004

FYSIKTÄVLINGEN arrangeras av Svenska Fysikersamfundet och stöds ekonomiskt av Chalmers tekniska högskola, David Griffin, Göteborgs universitet, Erna och Victor Hasselblads stiftelse, Kungl. Tekniska Högskolan och Physica Scripta. Tävligen riktar sig till elever på naturvetenskapsprogrammet och teknikprogrammet som har läst kursen Fy A och större delen av kursen Fy B. Anmälan till Fysiktävlingen 2004 sker enligt följande:

1) Skicka anmälan via e-mail till alf@varberg.se

Ange i så fall KONTAKTPERSON (dvs vem som ansvarar för att tävlingsmaterialet tas emot och hanteras på rätt sätt), SKOLA samt SKOLANS ADRESS.

Om detta alternativ används kommer jag att bekräfta anmälan via e-mail.

2) Skicka informationen per post till:

Alf Ölme
Peder Skrivares skola
Engelbrektsgratan 60
432 80 Varberg

3) Faxe informationen till Alf Ölme – 0340-10332

Anmälan bör vara mig tillhanda senast 16 januari 2004 (gärna tidigare). Eventuella frågor kan till mig på ovanstående e-mailadress eller postadress.

Kontaktpersonen på en anmäld skola får några dagar före tävlingsdatum ett exemplar av tävlingsmaterialet, som skall behandlas konfidentiellt fram till tävlingsdagen. Texten kopieras till de deltagande eleverna på respektive skola. (Maximalt 15 deltagare från varje skola.) Tävlingstiden är 5 timmar – förslagsvis kl 8.00–13.00. Grafisk räknare och formelsamling är tillåtna hjälpmedel. Tillsammans med tävlingsmaterialet kommer också instruktioner för tävligen. Några dagar efter tävlingsdatum publiceras lösningarna till problemen på fysiktävligen hemsida:

<http://vvv.fy.chalmers.se/fysikaktuellt/fysiktavling/>

Insända tävlingsbidrag skickas tillbaka efter rättningen.

Alf Ölme

P.S. Tävligen år 2005 går 3 februari. D.S.

Kosmos är Svenska Fysikersamfundets årsbok, innehållande populärt skrivna artiklar om aktuell fysik. Det senast utgivna numret är Kosmos 2003 som innehåller följande artiklar:

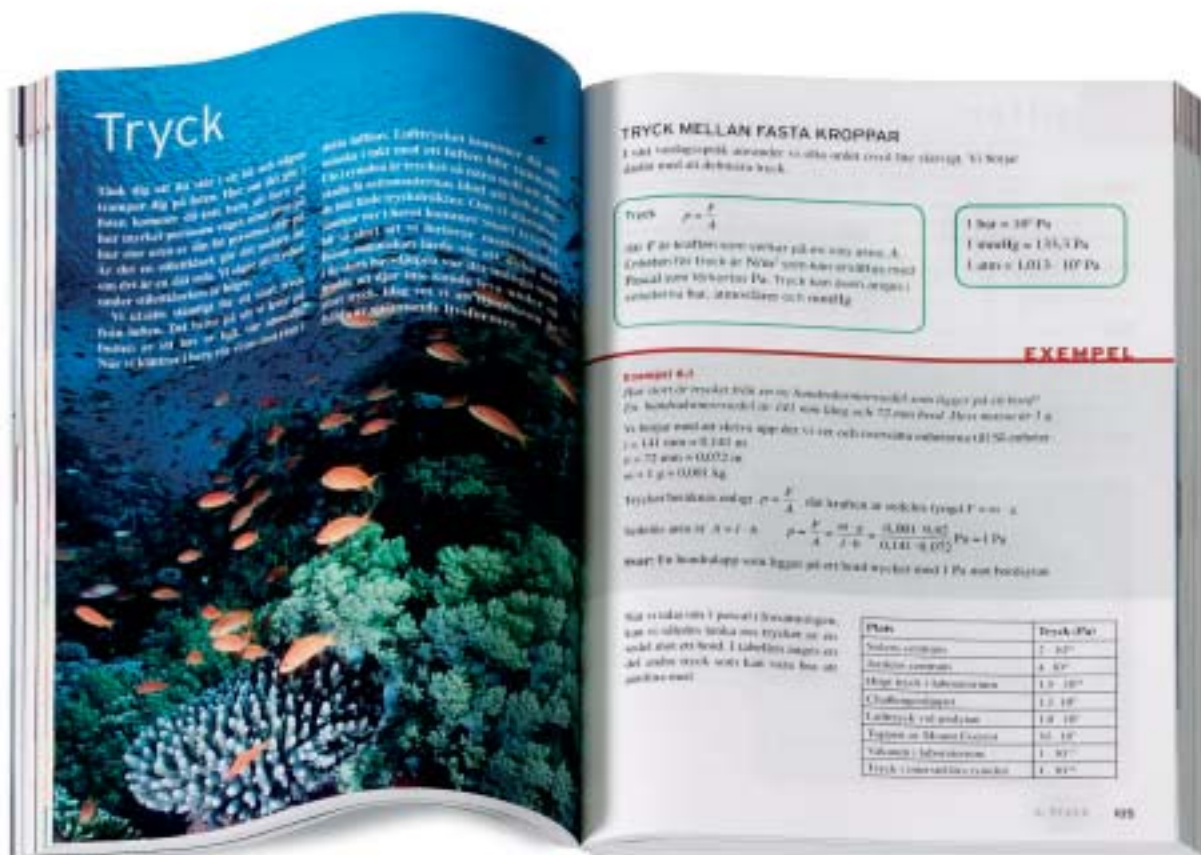
- Per Carlson: *Nobelpriset i fysik 2002*
- Per Olof Hulth, Christian Walck: *Neutriner som budbärare från kosmos*
- Imre Pazsit: *Att mäta tomrum med antimateria och seåla på Fermihavet – positronannihilationsspektroskopi*
- Staffan Yngve: *Fysiken integrerar invandrare*
- C G Ribbing: *Fotonkristall ger ljus i nya banor*
- Gösta Ekspong: *Kärnenergis historiska rötter*
- Ane Håkansson, Staffan Jacobsson Svärd, Anders Bäcklin: *Vad gammastrålning kan berätta om kärnbränsle*

Som medlem i Svenska Fysikersamfundet får du erbjudande om att köpa Kosmos för ett rabatterat pris, f.n. 160 kr (ordinarie pris 195 kr).

Redaktörer för Kosmos är John-Erik Thun, e-post john-erik.thun@fysik.uu.se, och Leif Karlsson, e-post leif.karlsson@fysik.uu.se

Kosmos ges ut av och kan beställas från Swedish Science Press:

Swedish Science Press
Box 118
751 04 Uppsala
tel: 018-36 55 66
fax: 018-36 52 77
e-post: info@ssp.nu



Upplev känslan att klassen kopplat



Fysik är händelse. Ett spännande spel mellan orsak och verkan. **NEXUS** är ett nytt läromedel som hjälper eleven att förstå sambanden. Lättsam layout, snygga färgbilder och tydlig struktur lockar till egna utflykter bland kreativa uppgifter och lösta exempel.

Uppgifterna varierar och lägger grunden för tankar och diskussioner. Är man svag i matte så får man ändå motivation och möjlighet att fatta.

Som lärare har du god hjälp av lärarpärmen. Både när det gäller provkonstruktion och laborationstips. Vissa laborationer är kopplade till **MICRO SUPPORT** som erbjuder färdiga laborationssatser. Men det finns också friare laborationer som kräver mindre utrustning.

Nexus är ett helsvenskt läromedel för svenska elever. Men titeln är latin och betyder koppla. Titta i boken så förstår du varför.

Gymnasieskolans och komvux Fysik A–B • Författare: Daniel Gotthidsson, Ulf Jonasson och Tommy Lindfors
Läromedelsutvecklare: Per-Olof Bergmark tel. 040-20 98 07 e-post: per-olof.bergmark@gleerups.se

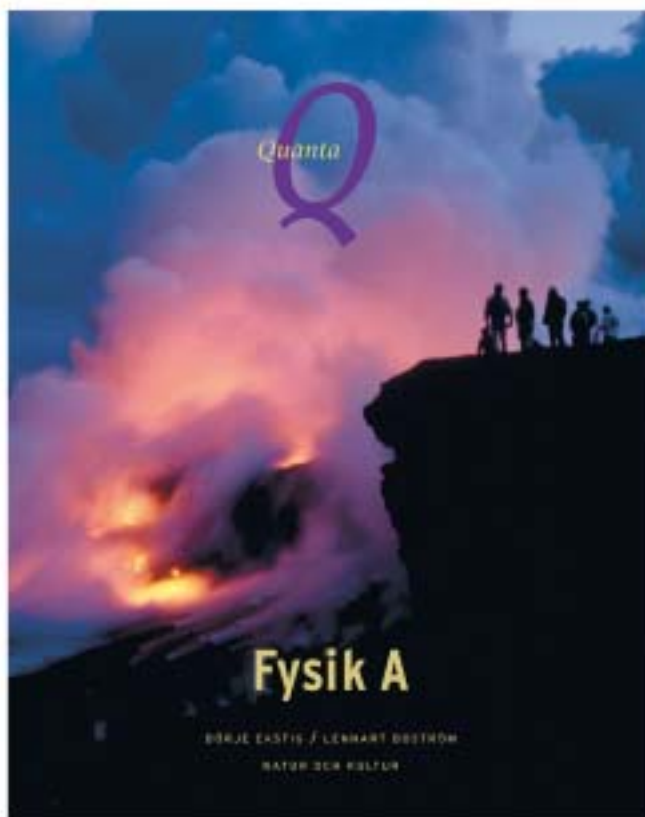
Information och beställning: 020-999 333
info@gleerups.se • www.gleerups.se

gleerups **ee**
Läran emellan

SPRAKANDE och LIVFULL

Nu finns den nya upplagan av *Quanta Fysik A!* Boken är kraftigt omarbetad och förbättrad efter synpunkter från användarna. Texten är nyskriven, layouten är ny och helt i fyrfärg.

I *Quanta* följs text och bild nära åt och språket är livfullt. Du kan lätt växla mellan lärarledda genomgångar och självstudier och det går bra att samordna med gymnasiematematiken. Du finner intressanta historiska inslag, många lösta exempel och rikligt med övningar. Speciella ledtrådar ger tankearbetet en kick framåt och i miniprojekten görs experiment där fysiken hämtas från vardagslivet.



Quanta från **NATUR och KULTUR**
Fysik för gymnasieskolan

PULS och LÄNKNING

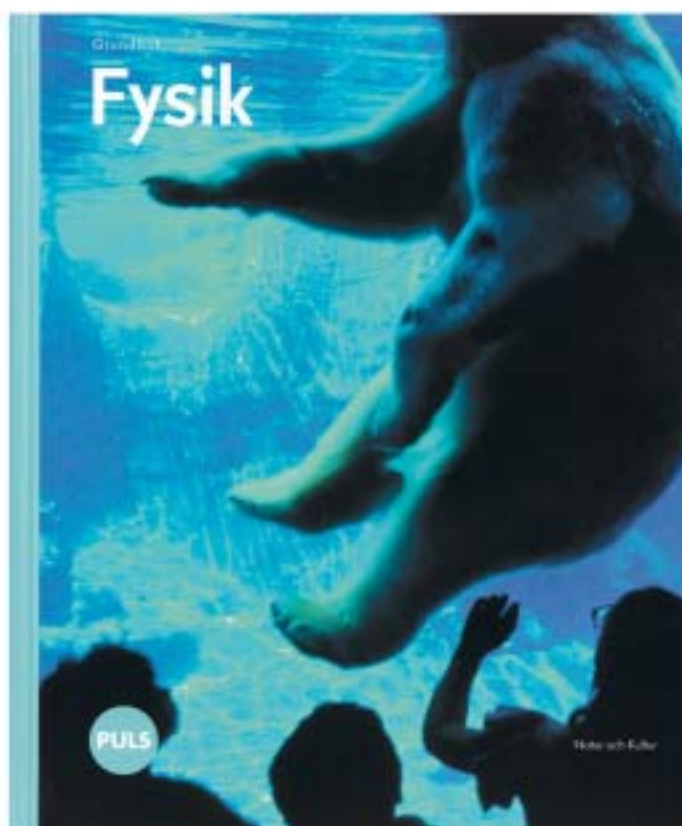
Du har väl sett *PULS Fysik för grundskolans senare del?*

Varje kapitel inleds med ett läckert bilduppslag med en text som inbjuder till funderingar kring fysiken. Genom ett enkelt hänvisningssystem länkas boken till våra andra PULS-böcker i biologi, kemi och teknik. Texten och framställningen i början gör att boken även går bra att använda av elever i år 6.

För att göra det lättare för eleven att förstå har författarna använt en del nya grepp. Det handlar bland annat om nya sätt att illustrera strömkretsar och energiomvandlingar. Vanliga missförstånd (från avdelningen "sunda förnuftet") tas också på allvar genom att låta tvivlaren inom oss komma till tals genom särskilda tanke-bubblor.

På www.nok.se/puls hittar du både presentation av grundboken och utdrag ur lärmaterialet.

Välkommen till en lite annorlunda fysikbok, som inte heller väjer för att blanda in ett stråk av humor!



Författare: Staffan Sjöberg och Börje Ekstig

PULS från **NATUR och KULTUR**
Fysik för grundskolans senare del

INSIKT och FASCINATION

Heureka! Arkimedes utrop av insikt och fascination har fått ge namn åt vårt nya fysikläromedel. *Heureka* präglas också av insikt och fascination och har rötterna i välrenommerade *Fysik för gymnasieskolan* av Alphonse m fl.

Heureka har en ton som redan från början engagerar eleverna med ett lugnt och berättande språk. Strukturen är noga genomtänkt med klagörande övningsuppgifter, lösta exempel och enkla kontrolluppgifter. I Tänk till!-uppgifter får eleven stanna upp och fundera, helst tillsammans med några kamrater.

Heureka är till för alla elever och fysiken är huvudsaken. Därför hålls matematiken på enklast tänkbara nivå och uppdelningen mellan fysikens grundläggande och svårare stoff är tydlig.

Heureka kurs A är först ut i ett läromedelspaket med läroböcker, webbstöd och lärarhandledningar för kurs A och B.



Heureka från **NATUR och KULTUR** Fysik för gymnasieskolan