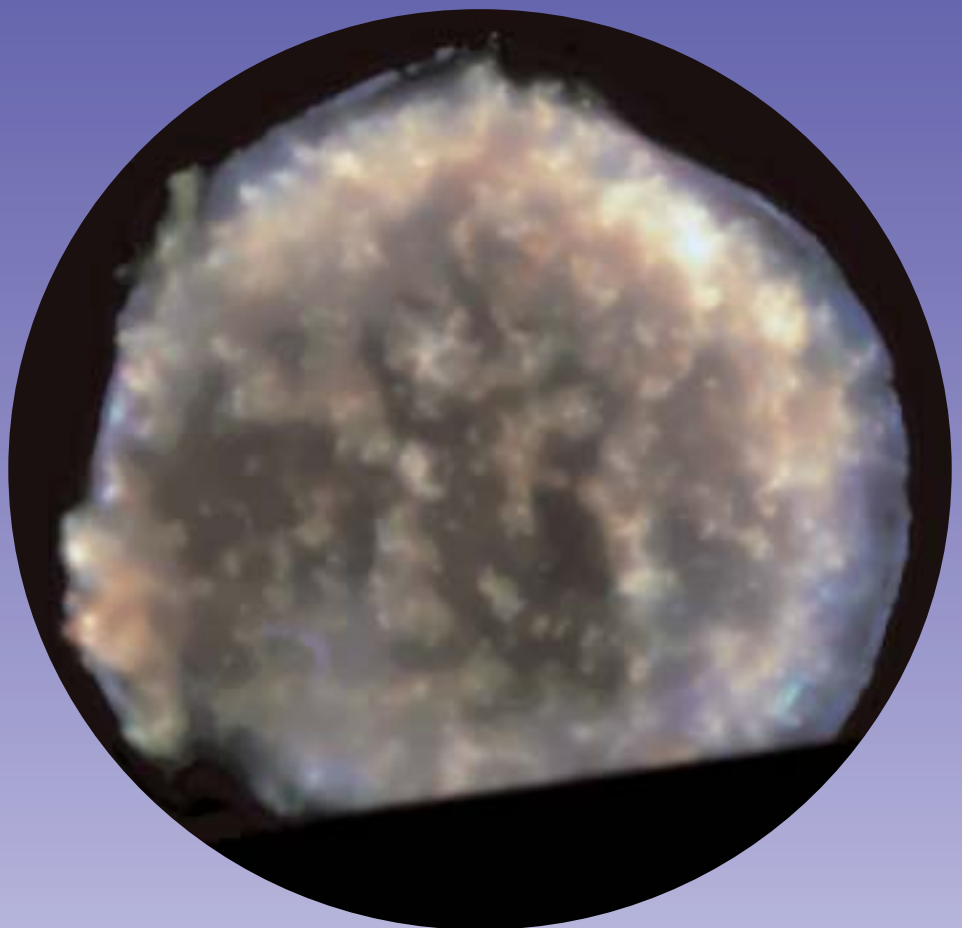


fysikaktuellt

NR 4 • DECEMBER 2002

Fönster mot universum



Innehåll

Samfundet	2
Ledare	3
Fusk och fysik	4
Nobelpriset 2002	8
Spelplan Stockholm	11
Fundamentalkonstanter	12
CERNS High School	18
Kommande fysikhändelser	23

Manusstopp för nästa nummer:
15 januari 2003

ISSN 0283-9148

Kungl. Vetenskapsakademien har beslutat att utdela Nobelpriset i fysik år 2002 med hälften av priset gemensamt till *Raymond Davis Jr*, Department of Physics and Astronomy, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA, och *Masatoshi Koshiba*, International Centre for Elementary Particle Physics, University of Tokyo, Japan "för banbrytande insatser inom astrofysiken, särskilt för detektion av kosmiska neutriner" och den andra hälften till *Riccardo Giacconi*, Associated Universities, Inc., Washington, DC, USA "för banbrytande insatser inom astrofysiken, som lett till upptäckten av kosmiska röntgenkällor".

Fysikaktuellt finns nu också på: <http://www.fy.chalmers.se/fysikaktuellt/>

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:	sfs@msi.se
WWW:	http://sfs.msi.se

Samfundet har för närvarande ca 950 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag, organisationer). Årsavgiften för medlemskap är 250 kr. Studerande 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
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	Gunilla Johansson • gunilla.johansson@edu.norrkoping.se

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 årsskrift "Kosmos". Ny redaktör fr o m årgång 2004 är Leif Karlsson. Årgång 2003 redigeras gemensamt av Leif Karlsson och John-Erik Thun, Fysiska Institutionen, Uppsala Universitet, Box 530, 751 21 Uppsala, *John-Erik.Thun@fysik.uu.se*

Medlemskap: Information om medlemskap finns på <http://sfs.msi.se/medlem.html>

Omslagsbilden:

Omslagsbilden visar resterna efter den supernova i Cassiopeias stjärnbild, som Tycho Brahe upptäckte 1572 från Herrevadskloster och ingående beskrev. Supernovan ligger på 7500 ljusårs avstånd och är 20 ljusår i diameter. Bilden (från NASA/CXC/SAO) har tagits med Chandrasatelliten i röntgenstrålning. <http://chandra.harvard.edu/photo/2002/0005/index.html>

Tryckeri: Munkebacksgymnasiet 2002

Aktuellt inom samfundet

Fysikdagar i Stockholm, 12–15 nov 2003

Fysikdagarna 2003 äger rum 12–15 november och inleds med Fysikersamfundets sektionsmöten om aktuell forskning 12–13 nov. Huvudprogram och övriga aktiviteter (inkl. undervisningssektionens samlingar) äger rum 14–15 nov.

Fysikdagarna bjuder på föreläsningar om aktuell fysik, studiebesök, demonstrationer och laborationer samt samfundets sektionsmöten. Upplysningar: Bosse Lindgren tel: 08-553 78639, e-post: bol@physto.se.

Årsmöte 21 mars 2003

Samfundets årsmöte äger rum i Malmö 21 mars. Styrelsen sammanträder 20 mars.

Partikeldagar 27–28 mars 2003

Samfundets sektion för partikelfysik håller sina årliga partikeldagar i Stockholm 27–28 Mars.

Kontakta Richard Brenner, brenner@mail.cern.ch, för ytterligare information.

Fysiktävlingen 2003

äger rum den 6 februari på respektive skolor. Sista anmälningssdag är 17 januari 2003. Finalen äger rum den 16–17 maj i Göteborg. (Se baksidan.)

Stödjande medlemmar

Samfundet har för närvarande följande stödjande medlemmar:

- **ALEGA Skolmateriel AB**, Vasagatan 4, 532 32 Skara
<http://www.alega.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>
- **Gamma Optronik AB**, Box 1335, 751 43 Uppsala
<http://www.gamma.se>
- **KEBO LAB, Undervisning**, 163 94 Spånga.
<http://www.kebolag.se/English/index.htm>
- **Melles Griot AB**, Box 7071, 187 12 Täby
<http://www.mellesgriot.com>
- **Micro Support AB**, Box 4033, 426 04 Västra Frölunda
<http://www.microsupport.se>
- **Stockholms Centrum för Fysik, Astronomi och Bioteknik**, Box 6730, 113 85 Stockholm, <http://www.scfab.se/>
- **SCANDNORDAX AB**, Box 117, 186 22 Vallentuna
<http://www.scandax.se>
- **Studentlitteratur AB**, Box 141, 221 00 Lund
<http://www.studentlitteratur.se>
- **Zenit AB Läromedel**, Box 54, 450 43 Smögen
<http://www.zenitlaromedel.se>

Fönster mot Universum

Av Ann-Marie Pendrill

Arets Nobelpris i fysik uppmärksammar öppnandet av två nya fönster mot universum, genom detektion av neutriner och röntgenstrålning. Neutrinodetektorer djupt ner i gruvor och röntgendetektorer i rymden låter oss få veta mer om solens, stjärnors och universums utveckling. Pristågarnas arbete visar exempel på hur tålmodig strävan mot allt noggrannare detektionsmetoder leder vidare i förståelsen, men också till oväntade upptäckter och nya frågor. Studiet av det minsta blir ett verktyg för studiet av det största. Samtidigt blir universum, med sina rester av strålning från reaktioner vid energier som är oätkomliga i laboratoriet, ett viktigt redskap för att få veta mer om partiklaras växelverkningar. I mötet växer astro-partikelfysik fram som ett viktigt forskningsområde. I detta nummer berättar Ingmar Bergström om neutrinoforskning. Artikeln om röntgenastronomi är tagen från Nobelkommittens populärvetenskapliga presentation. Samspelet mellan precisionsmätningar och vår förståelse av universum belyses också i Ingvar Lindgrens rapport från CODATA om fundamentalkonstanter.

Fens det vaölsä i rymden?

En fråga från en 8-åring som deltog i Göteborgs universitets kunskapsfestival "Helt naturligt" under oktober, då låg- och mellanstadieklasser fick möta några av universitetets forskare inom matematik och naturvetenskap. Min programpunkt handlade om "Mikrokosmos – atomernas värld" som inledning till filmen Kosmos på Maxxima, för 9 klasser i taget, som fick ta med sig frågor de undrade över. I detta nummer berättar Margareta Kesselberg från en annan mötesplats mellan forskare och allmänhet: Spelplan Stockholm.

Verkar rubrikens fråga konstigt? Läs meningen högt så är den lättare att förstå. Små barn ställer stora frågor – men vi ser också vilka komplexa processer som krävs för att tolka tal. (I samband med taligenkänning /1/ diskuteras exemplet "How to wreck a nice beach" där tolkningen också underlättas av högläsning.)

Det är fascinerande att uppleva att det i alla klasser verkar finnas barn som har sett alla

populärvetenskapliga program de kommit över. Vid återsamlingen för de medverkande i "Helt naturligt" visade alla en glädje över att ha fått möta tindrande barnaögon. Barnens frågor ligger ofta långt över den nivå där skolan är beredd att möta dem. I novembernumret 1999 av Physics Today fanns en teckning med en gosse som svävar i luften med sin skolbänk ovanför resten av klassen, medan läraren säger "A desktop anti-gravity device you say? Well, you are in BIG trouble now, mister. Desktop anti-gravity devices are WAAAAAY beyond the officially specified Physics curriculum".

Frågor om "varelser i rymden" återkom på nästan alla de blad med frågor vi fick från eleverna. Den ligger också högst på listan över vad barn i hela världen vill veta mer om /2/. Frågan inrymmer också så många olika områden och kan bli utgångspunkt för ämnesövergripande temaarbeten som kan gå så djupt man vill.

Även för elever i tidigare skolår är det spännande att få veta att det byggs stora teleskop och att många forskare från hela världen söker svar på frågor eleverna själva ställer. Även unga elever berörs av den svindlande tanken att atomerna i vår kropp varit med i Supernovaexplosioner (kanske t.ex. i omslagsbildens). För några leder insikten om det kosmiska kretsloppet till frågan: "Vad händer med atomerna i min kropp när jag dör?".

Hur vet vi?

Hur kan vi veta så mycket om universum? "Hur vet vi det vi vet?" är en fråga vi hela tiden måste träna våra elever och studenter att ställa. Drömmen om "den stora upptäckten" som kanske kan ge Nobelpris får ibland olyckliga konsekvenser. Hur vet vi att det som publiceras är sant? Systemet bygger på integritet, ärlighet, men också på provbarhet. Frestelsen att fuska kanske ligger närmare till hands inom områden där provbarheten är mindre. Fysik har länge varit förskonat, men har under senare tid har skakats av ett par skandaler som diskuteras av Indrek Martinsson och Ingolf Lindau. Frågan väcks då också om medförfattares roll. (APS har efter dessa händelser utvidgat sina "Guidelines" /3/.) Det kan i sammanhanget vara intressant att läsa Åke Ortmarks bok

om "Ja-Sägarna" /4/, som diskuterar flera exempel på hur gruppdynamik i andra sammanhang kommit att blockera "Hur vet vi"-frågan, och lett till katastrofala följder.

Ska elever få möta dessa problematiska aspekter av forskning? Under Natur och Kulturs sjätte Fysik och matematikkonferens för gymnasielärare (se <http://www.nok.se/laromedel/fortbildning/fyma02konf.htm>) talade Svein Sjøberg under rubriken "Varför älskar de oss inte längre" och påpekar att elever och allmänhet är medvetna om frågorna och att vi som ämnesföreträdare riskerar förlorat förtroende om vi skyler över problemen.

Under ett annat föredrag under konferensen gav Mikael Passare från Stockholms universitet förslag på hjärngymnastik på sammanträden när det är dags att bestämma mötestid. För att räkna ut vilken veckodag ett visst datum inträffar, utnyttjar man John Conways "Doomsday" algoritim. Doomsday är den veckodag som inträffar t.ex. den sista februari, (som är en fredag 2003). Samma veckodag kommer det att vara 4/4, 6/6, 8/8, 10/10 och 12/12. För de udda månaderna gäller 9/5, 5/9, 11/7 och 7/11 (minnesramsa "I went to my nine-to-five job at the seven-eleven"). Manusstopp för nästa nummer är 15 januari och där räknar ni naturligtvis snabbt ut att sista januari är samma veckodag som sista februari (eftersom 2003 inte är skottår) och att den femtonde inträffar två veckor och två dagar tidigare, dvs en onsdag. Välkomna med bidrag! ■

Referenser

1. HAL's Legacy - 2001's Computer as Dream and Reality, ed. D.G. Stork, MIT Press, 1997.
2. Science for the Children - Report from the SAS-project, a cross-cultural study of factors of relevance for teaching and learning of science and technology, Svein Sjøberg, <http://folk.uio.no/sveinsj/>.
3. "Guidelines for professional conduct", <http://www.aps.org/statements/02.2.html>, American Physical Society
4. Ja-Sägarna, Åke Ortmark, Wahlström och Widstrand, 1996 (2000).

Fusk och fysik

Av Indrek Martinson och Ingolf Lindau

Inledning

På senare tid har forskningens etik diskuterats livligt. Man brukar ibland tala om extern etik, som innebär att forskare ej får delta i utvecklingen av massförstörelsevapen och projekt som kan skada hälsa, miljö eller försvåra utvecklingen för fattiga länder. Den interna etiken rör däremot forskningens utförande och omfattar plagiat, förfalskning av data, exploatering av doktorander och yngre medarbetare samt stöld av intellektuell egendom. I engelskan använder man ofta termen "misconduct", dvs "dåligt uppförande, ämbetsbrott, misskötsel". Vi fysiker har väl ofta ansett att sådana problem är försumbara inom vårt område, i motsats till det som kan hända inom andra vetenskaper, t ex biologi och medicin. Nobelpristagaren Steven Weinberg har exempelvis hävdad att "To the best of my knowledge there never has been an outright falsification of data in physics" [1]. Denna fromma förhoppning tycks nu ha rasat ihop. Anledningen är två monumentala skandaler som har inträffat vid ryktbara amerikanska forskningscentra, Lawrence Berkeley National Laboratory och Lucent Technologies' Bell Laboratories. Här har länge bedrivits fysikforskning av världsklass, som också har belönats med ett imponerande antal nobelpris.

I Berkeley rapporterade en forskargrupp år 1999 upptäckten av grundämnet $Z = 118$. Detta sensationella resultat måste emellertid dementeras två år senare, eftersom det inte kunde bekräftas, vare sig av andra grupper eller av forskarna i Berkeley. En undersökning gav vid handen att analyserna av ursprungsdata var medvetet inkorrekt. Vid Bell Labs publicerades 1998-2001 ett stort antal artiklar inom den kondenserade materiens fysik, speciellt nanoteknik, rörande bl a supraledande fullerenor och molekylära transistorer. Inte heller här kunde resultaten bekräftas av forskare

vid andra laboratorier. En kommitté som utredde mysteriet fann att minst 16 artiklar var baserade på fabricerade data. I båda fallen blev det säkerställt att det var fråga om forskningsfusk och bedrägerier. Vi ger här en kort bakgrund till dessa händelser och försöker förklara varför sådant kunde hända. Mycket finns redan beskrivet i fysiktidskrifter men även i dags- och veckopress

Grundämnet $Z = 118$ i Berkeley

Uran ($Z = 92$) är som bekant det tyngsta, naturligt förekommande grundämnet. I drygt 60 års tid har fysiker försökt framställa ännu tyngre grundämnen. Dessa kan produceras med kärnreaktioner (t ex bestrålning av tunga element såsom Pb med högenergetiska joner), de är radioaktiva, kortlivade och sönderfaller med utsändande av alfapartiklar eller med spontan fission. Ett 20-tal transuraner har framställts på detta sätt i laboratorier, främst vid Joint Institute for Nuclear Research, JINR (Dubna, nära Moskva), Berkeley och Gesellschaft für Schwerionenforschung, GSI (Darmstadt.). Tills helt nyligen var det tyngsta upptäckta grundämnen $Z = 107-112$ som alla hade producerats vid GSI. Man har funnit att ju högre är kärnladdningen desto kortare är halveringstiden och därmed svårigheten att framställa ämnet. Redan på 1970-talet pekade emellertid framstående teoretiska fysiker, Sven Gösta Nilsson m fl, på den möjliga förekomsten av s k supertunga grundämnen, STG. Teorin förutsade att det skulle finnas magiska tal, $Z = 114$ och $N = 184$ för protoner och neutroner och i dessas närhet s k stabilitetsöar av STG med jämförelsevis långa halveringstider. Denna fascinerande möjlighet har varit en av orsakerna till det mångåriga experimentella arbetet för att hitta allt tyngre element [2].

I juli 1999 rapporterade en forskargrupp i Dubna [3] upptäckten av grundämnet $Z=114$. Dess halveringstid, 30 s, var sensationell, den var flera storleksordningar längre än värdena för $Z = 110$ och 112. Detta resultat kunde tolkas så, att stabilitetsöarna var upptäckta! Ungefär samtidigt förutsade en polsk teoretiker, V. Smolanczyk [4] att det skulle vara speciellt gynnsamt att framställa $Z = 118$ eftersom reaktionstvårsnittet skulle vara närmare 700 gånger högre än motsvarande värde för exempelvis $Z = 112$.

Glädjen var därför stor när en forskargrupp i Berkeley, under ledning av Victor Ninov (en rysk fysiker, som efter att ha arbetat 10 år vid GSI år 1997 kom till Berkeley) strax därefter [5] annonserade att man hade lyckats framställa elementet $Z = 118$ och följa dess alfasönderfall till $Z = 116, 114, 112, 110$ osv). Man bombarderade Pb med 450 MeV Kr-joner vilket enligt teorin skulle producera $Z = 118$. Efters 10 dagars bestrålning hade tre sådana kärnor påträffats och dessas sönderfallskedjor fastställts. Teori och experiment förefall vara i perfekt samstämmighet och Ninov kunde konstatera att det var fråga om en "rock-solid trend". En euforisk beskrivning av experimentet i Berkeley och den ljusa framtiden återfinns i Physics Today (Augusti 1999, sid. 17). Man spekulerade redan i möjligheterna att utsträcka arbetet till $Z = 119$ och 126.

Det är tradition att sådana experiment upprepas i andra laboratorier för att verifiera de första resultaten. Så skedde också, men såväl vid GSI som vid två andra stora laboratorier, RIKEN (Tokyo) och GANIL (Caen), där också transuraner studeras, var resultatet negativt, inte ett enda sönderfall av $Z = 118$! Inte heller i Berkeley kunde nya experiment bekräfta de första resultaten. Ännu värre var det kanske att en förnyad analys av ursprungliga mätdata inte

heller ledde till ett positivt resultat. Därför skickade Berkeleygruppen i juli 2001 en ny rapport till Phys. Rev. Lett. där upptäckten annullerades [6]. Tidskriften krävde emellertid att samtliga 15 författare till det första arbetet skulle underteckna rättelsen, men Ninov avstod. Han menade att det var för tidigt att återkalla den ursprungliga artikeln.

I Berkeley gjordes en intern utredning för att komma underfund med vad som hade hänt år 1999. Man kunde snabbt konstatera att rådata från filerna inte innehåller någon information av det slag som Ninov hävdade, samt att det är helt klart att Ninov manipulerat data. Det var ju bara han som var förtrogen med mjukvaran och analysmetodikerna. Det kunde också uteslutas att någon annan kunde ha manipulerat datafilerna. Ninovs påstående "I have never fabricated data. I hold myself to the highest standards of conduct during experiments and in analysis and interpretation of experimental data" kunde därför inte fästas något avseende vid, och han avskedades från Berkeley i juni 2002.

De andra medförfattarna blev också kritiserade för att de inte hade kontrollerat Ninovs analyser: "we find it incredible that no one in the group, other than Ninov, examined the original data to confirm the purported discovery of element 118". En av medarbetarna var den berömde Al Ghiorso som har sysslat med transuraner under ett drygt halvsekel och omnämns i Guinness' rekordbok som den som har varit med om att upptäcka det största antalet kemiska grundämnen! Han arbetade i Berkeley tillsammans med svenskättlingen Glenn Seaborg (1912-1999) som tillsammans med Edwin MacMillan (1907-1991) tilldelades 1951 års nobelpris i kemi "för deras upptäckter inom de transurana grundämnenas kemi". Många har menat att det var en stor lycka för Seaborg att han slapp uppleva nesan med $Z = 118$!

Det har också framkommit att Ninov som deltog i experimenten vid GSI som ledde till upptäckterna av grundämnena $Z = 108$, 110 och 112 även kan ha manipulerat dessa data. Man anser dock att det finns tillräckligt med material som garan-

terar äktheten hos dessa undersökningar. En tidigare kollega från GSI, Sigurd Hoffman, säger om Ninov "He is a very intelligent person and I see no logical reason why he should have altered the data files. He should have known that a faked result would be exposed. Maybe in time he will explain why he did it".

Nanovetenskap vid Bell Labs

Vid Bell Labs (som i motsats till Lawrence Berkeley National Laboratory är ett kommersiellt företag) liksom vid många andra centra bedrivs numera avancerad forskning inom den kondenserade materialets fysik, inklusive nanovetenskap som också inkluderar molekylelektronik, några utomordentligt aktuella forskningsfält. I motsats till studier av supertunga grundämnen som främst är stort inomvetenskapligt intresse väntas nanovetenskapen också ha en rad tillämpningar, inklusive billiga molekylära lasrar, molekylära datorer med överlägsen beräkningskapacitet och supraledande polymerer mm. Den kanske mest uppmärksammade forskaren inom dessa områden har på sistone varit den 32 år gamle Jan Hendrik Schön, som efter att ha doktorerat vid Universitetet i Konstanz, Tyskland, anställdes år 1998 vid Bell Labs av Bertram Batlogg. Denne har skaffat sig ett grundmurat rykte och internationellt anseende som en minutiös experimentalfysiker och specialist på högtemperatur-supraledning. Schöns och Batloggs arbeten, tillsammans med kemisten och provtillverkaren Christian Kloc m fl, inom molekylelektronik resulterade i drygt 60 artiklar under en tvåårsperiod, de flesta i prestigefyllda tidskrifter som Nature, Science, Phys. Rev. Lett. och Appl. Phys. Lett. Till "upptäckterna" hörde den första organiska lasern, supraledande molekyler (tetracen, pentacen), supraledande fullerener (C₆₀) och en transistor tillverkad från en enda tetracenmolekyl. Det behöver väl knappast tilläggas, att resultaten väckte ett enormt uppseende och Schön betraktades av forskarvärlden som en lysande stjärna som förde nanovetenskapen och teknologin in i några av de mest intressanta och futuristiska forskningsområdena. Han arbetade med problemställningar som hundra-

tals andra forskare världen över engagerade sig i, men hans resultat framstod som så unika att spekulationerna om ett (kanske inte alltför avlägset) nobelpris tog fart (se Physics Today, november 2002).

Och då kom katastrofen – som i en antik, grekisk tragedi. Schöns resultat kunde inte upprepas av andra grupper (jfr $Z = 118$!). Detta kunde eventuellt förklaras, kanske hade Schön en speciellt skicklig provtillverkare? Tidigt i år upptäckte emellertid några experter vid andra centra att kurvorna i flera av Schöns publikationer (som behandlade olika problem) var nästan identiska och detta gav upphov till en undersökning.

En kommitté [7], under ordförandeskap av Malcolm Beasley från Stanford, tillsattes för att utreda Schöns fall. Den fick ta ställning till anklagelserna för fusk i 25 publicerade arbeten i tidskrifterna Science, Nature, Appl. Phys. Lett. och Phys. Rev. Efter en grundlig genomgång av samtliga dessa artiklar var kommitténs kritik förödande. I 16 av de undersökta fallen kunde man konstatera "the preponderance of evidence indicates that Hendrik Schön committed scientific misconduct, specially data fabrication/falsification in this case". I sex fall kunde fusk inte påvisas men databehandlingen var slarvig, odokumenterad och långt under normal standard.

Ett flertal frågor kan nu ställas. Hur kunde Schön som utan tvivel är en exceptionell forskarbegåvning, ge sig in på fusk? Varför upptäckte inte hans medarbetare fusket? Hur kunde redaktörerna och peer-review systemet i tidskrifter som Nature och Science undgå att upptäcka fusk i artikel efter artikel? Varför tog det forskarsamhället så lång tid innan röster höjdes om fusk?

Då Schön arbetade inom ett högaktuellt forskningsfält måste det ha varit uppenbart för honom att fusket skulle upptäckas förr eller senare och hans karriär ta ett abrupt slut. Kände han ett oemotståndligt tryck från Bell Labs att ständigt ta fram nya och sensationella resultat? Blev han fångad i ett accelererande kretslopp som han inte kunde ta



sig ut? Eller var det så att Schön i grund och botten trodde att de fabricerade resultaten representerade de verkliga fysikaliska effekterna och det bara var en tidsfråga innan han själv eller andra forskargrupper kunde reproducera resultaten. Att vara först är viktigt, inte minst i nobelsammanhang.

Beasley-kommittén gav Schön tillfälle att kommentera slutsatserna i rapporten och han framförde bl a "Although I have made some mistakes I truly believe that the reported scientific effects are real, exciting, and worth working for". Schön hade passerat gränsen mellan dikt och verklighet, och han blev avskedad från Bell Labs den 25 september 2002 när Beasley-kommittén presenterade sin slutrapport.

Batlogg är medförfattare till flertalet av de artiklar för vilka kommittén har slagit fast att fusk föreligger. Hur kunde han som medförfattare men även som Schöns mentor och chef vid Bell Labs undvika att upptäcka fusket i den ena artiklen efter den andra under två år, när det tog kommittén bara ett par månader att fastlägga fusket (falsifiering av data, orealistisk precision i mätdata och motsägelsefulla fysikaliska effekter)? Man kunde ha väntat sig att Batlogg penetrerat de experimentella detaljerna och fattat misstanke om oegentligheter. Var det männe så att han var medveten om fusket när kritiska röster började höras på hösten 2001 men inte ville se sanningen i vitögat? Detta inte minst efter den uppmärksamhet det varit att alltid ha stått i centrum och kunnat presentera några av nanovetenskapens mest hyllade och penningbringande framsteg? Som drivkraften bakom de fysikaliska frågeställningarna för experimenten har Batlogg blivit kritiserad för sina försummelser, och detta med all rätt. Om resultaten hade varit korrekta hade de sannolikt bedömts som nobelprisvärda. Och om ett nobelpris hade utdelats så hade förvisso Batlogg varit på podiet i Stockholm tillsammans med Schön. Om man är beredd att dela äran så bör man också vara beredd att ta del av kritiken.

Intressant nog fritog de två kommittéerna samtliga 34 medförfattare till

Ninov och Schön från misstanken om delaktighet i fusk. Men frågan om vilket ansvar man har som medförfattare är naturligtvis oerhört viktig och förhoppningsvis kommer de aktuella fallen att leda till en penetrerande diskussion inom forskarsamhället. Som medförfattare tar man på sig ett övergripande ansvar för riktigheten av det vetenskapliga innehållet, även om det intellektuella bidraget kanske begränsas till vissa delar av innehållet i artikeln.

Liksom när det gäller $Z = 118$ experimentet i Berkeley, har samtliga medförfattare till Schön ställt sig bakom att dra tillbaka alla artiklar som har publicerats i Science (1 nov 2002, s. 961), även de arbeten som inte misstänkts för fusk. Den tragiska situationen beskrivs bäst med slutfrasen i brevet till Science "We note that although these papers may contain some legitimate ideas and contributions we think it best to make a complete retraction".

Kritik har också riktats mot de tidskrifter, speciellt Science and Nature, där ett flertal artiklar publicerats. Redaktörerna för såväl Science (18 oktober 2002) som Nature (2 oktober 2002) har i ledare slagit fast, att peer-review-systemet inte kan läggas till last och att man inte kompromissar med de kriterier som används för att acceptera artiklar. Men det är svårt att avfärda tanken att forskningsresultat med stort nyhetsvärde och lukten av nobelpris inom ett högaktuellt forskningsområde, nanovetenskap, från ett av världens ledande laboratorier, Bell Labs, samt med en internationellt aktad forskare som medförfattare kan givits en viss särbehandling.

Det råder inget tvivel om att de två skandalerna har skadat fysiken och dess ställning i samhället. Förutom minskad tilltro till fysikforskningens resultat kan man också peka på det faktum att många doktorander och yngre forskare i olika laboratorier har förlorat värdefull tid när det försökt bekräfta och vidareutveckla fabricerade resultat. Det är dock glädjande att det var fysikerna själva som upptäckte bedrägerierna och nu utarbetar metoder för att förhindra sådana incidenser i fortsättningen.

Nobelpris

Som vi redan nämnt har den här diskuterade forskningen av många fysiker bedömts vara av nobelpris-kaliber, och det kan nog förmodas att Ninov, Schön m fl också haft sådana funderingar. När det gäller nobelpris i fysik, så är det som regel nödvändigt att vara den förste som gör upptäckten! Den som publicerar fabricerade resultat som inte avslöjas i tid skulle rent teoretiskt kunna erhålla priset, och om falsariet upptäcks först senare uppstår det problem. (Det bör här nämnas att Schön, Batlogg och Kloc år 2001 mottog ett förnämligt tyskt pris, som de dock nu har returnerat). Kungliga Vetenskapsakademien, KVA, har här ett stort ansvar och måste förhindra att priset går till oärliga forskare. Sådan har väl knappast inträffat i fysik och kemi. Ett intressant fall är kanske dansken Johannes Fibiger (1867–1928) som år 1927 mottog medicinpriset för sin "upptäckt" att cancer kunde förorsakas av insekter. Det var dessbättre inte fusk utan en felaktig slutsats av det befintliga materialet. Det bör nämnas att Fibiger avled av cancer en månad efter prisceremonierna. Nästa gång en cancerforskare erhöill priset var 1966 då amerikanen Peyton Rous (1879–1970) mottog det för "hans upptäckt rörande tumörframkallande virus", en korrekt upptäckt som han hade gjort 55 år tidigare!

Enrico Fermi tilldeades 1938 års nobelpris i fysik "för hans påvisande av nya radioaktiva grundämnen genom neutronbestrålning och hans i anslutning därtill gjorda upptäckter av kärnreaktioner, åstadkomna genom långsamma neutroner". Efter upptäckten av fissionen (Otto Hahn, Fritz Strassmann) år 1938, är det dock klart att Fermis "nya grundämnen" var fissionsfragment. Men i detta fall gjordes dock inget väsentligt misstag utan Fermi kunde motta priset med gott samvete. Han hade ju gjort många andra prisvärda insatser.

Vi tar oss friheten att beträda världslitteraturens örtagårdar för ett kort ögonblick. Det gäller ryssen Michail Sjolochov (1905-1984) som 1965 mottog nobelpriset "för den konstnär-

liga kraft och ärlighet, varmed han i sitt Donska epos har gestaltat ett historiskt skede i ryska folkets liv". Numera råder det knappast något tvivel om att boken "Stilla flyter Don" inte har författats av den ytterst partitrogne Sjolochov.

Avslutande synpunkter

För ett antal år sedan utkom en bok av Broad och Wade, två vetenskapsjournalister på New York Times, "Betrayers of Truth" [8]. Den utgör en tänkvärd läsning hur fusk kan utnyttjas av forskare och hur fusk medvetet/omedvetet kan smyga sig in i forskningsresultaten.

Finns det några rationella förklaringar till att fusk och bedrägerier inom forskningen kan äga rum och förbli oupptäckta under en relativt lång tid? Det har hävdats att tre faktorer är avgörande, se t ex artikel av David Goldstein (Physics World, november 2002). Den första orsaken är att forskare under karriärpress (t ex i en så krävande miljö som Bell Labs) måste ständigt uppvisa nya och spännande resultat. Till detta kommer att forskaren tror sig veta det rätta svaret på något viktigt problem och bryr sig därför inte om att genomföra minutiöst noggranna men också tidskrävande experiment utan förlitar sig på sin intuition samt manipulerade data. I detta sammanhang är det också viktigt att tillse att de fabricerade resultaten inte kan kontrolleras på ett någorlunda enkelt och invändningsfritt sätt. Denna tredje faktor anses ha "gynnat" biologi och medicin, där det kan vara svårare att reproducera experiment under identiska betingelser. Goldstein menar att dessa faktorer i stor utsträckning också förklarar Ninovs och Schöns manipulationer med forskningsresultat.

Vi finner att forskningsfusk av här beskrivet slag har vissa likheter med dopingen inom olika idrotter. Liksom Ben Johnson, Katrin Krabbe, Johann Mühlegg m fl hade Ninov och Schön nått eliten inom sina specialområden, men de ville komma ännu högre! Avstängda idrottsmän kan ofta efter ett par års avstängning återvända till tävlingsbanan. Vad som väntar fuskande fysiker är däremot höljt i dunkel, men det finns åtminstone ett prejudikat.

Den tyske forskaren Emil Rupp (f. 1898) publicerade år 1934 fem artiklar om elektronpsridning (alla baserade på fria fantasier) i ledande tidskrifter, bl a Zeitschrift für Physik. Efter avslöjandet återtog han artiklarna och hänvisade till mental ohälsa – även läkarintyg publicerades i tidskrifterna. I tyskan använde man därefter verbet "geruppt" för fabricerade arbeten. Efter Andra världskriget arbetade Rupp inom industrin i Östtyskland [9].

Ett uppmärksammat fall om forskningsfusk – med lyckligt slut – är "The Baltimore Case" [10]. En av David Baltimores (nobelpristagare i medicin 1975) yngre medarbetare anklagades 1986 för fabricering av data. Det var en annan forskare som inte lyckades reproducera de publicerade resultaten. Fallet blåstes upp av massmedia – en berömd nobelpristagare var inblandad. Kongressen i Washington tillsatte också en utredning – det gällde ju skattebetalarnas pengar och fusk!! Baltimore försvarade sin yngre forskare, men fick sina forskningsanslag indragna och tvingades avgå som rektor för Rockefeller University. Häxjakten var i full gång. Efter nästan 10 år av segdragna utredningar kunde det fastslås att det inte fanns någon grund för fusk, snarare slarvig behandling av forskningsresultat av en oerfaren forskare. Denna kunde, med ett skadetsänd i bagaget, återuppta sin sin forskarkarriär. Även Baltimore blev rehabiliterad, vald till rektor för California Institute of Technology 1997 och mottagare av den prestigefyllda National Medal of Science 1999. Det inträffade – som företer vissa likheter med Dreyfusaffären i Frankrike – pekar på vikten av en grundlig vetenskaplig utredning innan massmedia, domstolar och politiska instanser får fritt spelrum.

Det finns en mångfald exempel där "ärliga" misstag skapat turbulens i forskarvärlden och också skapat negativa inställningar till forskningen ute i samhället. Några exempel är kall fusion, magnetiska monopoler och polyvatten vilkas "existens" har varit kortvarig. För 40 år sedan rapporterade den ryske kemisten Boris Derjaguin om en ny

form av vatten (dvs polyvatten) med fantastiska egenskaper, men det visade sig snart att de nya egenskaperna kunde härröras till föroreningar. När samme Derjaguin några år senare rapporterade om framställning av syntetiska diamanter togs hans resultat inte på allvar. Men den här gången hade Derjaguin rätt och hans forskningslaboratorium blev ledande inom fältet.

Det är viktigt att skilja mellan medvetet fusk, slarvig databehandling och olika misstag. Dessutom har vi också den verksamhet som anammar epitetet forskning men där fysikens grundläggande lagar glatt sätts åt sidan och kvacksalveriet får fritt svängrum. Robert Parks bok "Voodoo Science" [11] erbjuder en både roande och skrämmande läsning och visar hur djupa rötter denna typ av "forskning" har ute i samhället.

Vi tackar professorerna Lorenzo J. Curtis och Hans Ryde för värdefulla råd. ■

Referenser

1. S. Weinberg "Dreams of a Final Theory", Pantheon Books, New York (1992).
2. S. Hofmann, Rep. Prog. Phys. 61 (1998) 639.
3. Yu. Ts. Oganessian et al. Nature 400 (1999) 242.
4. R. Smolanczyk, Phys. Rev. C 59 (1999) 2634.
5. V. Ninov et al. Phys. Rev. Lett 83 (1999) 1104.
6. Editorial Note, Phys. Rev. Lett. 89 (2002) 039901-1.
7. Beasley Report: http://www.lucent.com/news_events/pdf/researchreview.pdf
8. William Broad and Nicholas Wade: "Betrayers of Truth", Oxford University Press (1985).
9. A.P. French, Phys. Perspect. 1 (1999) 3
10. Daniel. J. Kevles: "The Baltimore Case: A Trial of Politics, Science, and Character", W.W. Norton & Company (1998).
11. Robert L. Park: "Voodoo Science: The Road from Foolishness to Fraud", Oxford University Press. (2000).

Indrek Martinson är professor i fysik, ssk atomfysik vid Lunds universitet.

Ingolf Lindau är professor i synkrotronfysik vid Lunds universitet.

Nobelpris i fysik 2002

Neutrinoastronomi

Av Ingmar Bergström

Årets Nobelpris i fysik har delats i två lika delar. Den ena hälften gick till den amerikanske fysikern Raymond Davis och den japanske fysikern Masatoshi Koshiba "för deras banbrytande insatser inom astrofysiken, särskilt för detektion av kosmiska neutrinos".

Davis och Koshiba är båda omkring 80 år och har nått en ålder då deras hälsa börjat svikta. Det lindrigt talat senkomna priset är ett mycket typiskt exempel på att det ibland kan dröja lång tid innan upptäckter och uppfinningar blir betraktade som prisvärda. Men så händer det plötsligt någonting som förvandlar djärva tankar och tidiga visionära insatser till realiteter. Ibland kan detta ta årtionden och de aktuella vetenskapsmännen hinner bli gamla och ibland till och med avlida.

Davis konstruerade en detektor med vilken han kunde registrera de mystiska partiklar som kallas neutriner och som förmodades komma från solen. Koshiba konstruerade en annan detektor med vilken han med ljusblixtar i tonvis med vatten, verkligen kunde visa att neutrinerna kom från solen. De bildas i den kärnenergi-process då i solen protoner förbränns till helium. I energidebatten heter det ofta att man vill ha energi från den rena fina solen, men solenergin är inget annat än kärnenergi. Koshiba påvisade också neutriner från en supernoaexplosion, det sista stadiet i en stjärnas liv. Båda forskarna fann att det kommer för få neutriner från solen av det slag som fysikerna kallar elektronantineutriner. Det finns ytterligare två slags neutriner, myoneneutriner och tauneutriner. Omkring hälften av elektronneutriner syntes omkomma på väg från solen. Kunde det vara så att de tre neutrinoslagen var olika skepnader av ett och samma partikelslag och att det ena slaget kunde omvandlas till något av de två andra slagen på väg från solen eller andra stjärnor. Fysikerna kallar detta hokus-pokusfenomen för neutrinooscillationer. Helt nyligen har en detektor i Kanada med hög konfidensnivå visat att

neutrinooscillationer verkligen existerar och då blir plötsligt Davis och Koshibas tidiga neutrinoarbeten högaktuella.

Vad är neutriner?

I gymnasiet fick jag lära mig att det finns fyra slags elementarpartiklar där två av dem, neutronen och protonen, bygger upp atomens kärna som var omgivet av elektroner pryddligt placerade i koncentriska banor med påtaglig likhet med vårt solsystem. Pauliprincipen begränsade antalet elektroner i varje bana och detta antal blev större och större för de yttre banorna. Dessutom fanns det elektromagnetisk strålning vars energi transporterades av partiklar som kallas fotoner. Under de senaste trettio åren har det visat sig att neutronen och protonen består av tre så kallade kvarkar. De partiklar vi idag kallar fundamentala har samlats i tabell 1.

Tabell 1. De partiklar som idag anses vara de mest elementära. En motsvarande tabell kan upprättas för dessa partiklars anti-partiklar, varvid bland annat laddningen byter tecken. Familjerna är ordnade så att de som har samma laddning placeras på samma rad.

Generation	1	2	3	Elektrisk laddning
Familj 1	ν_e	ν_μ	ν_τ	0
Familj 2	e^-	μ^-	τ^-	-1
Familj 3	u	c	t	+2/3
Familj 4	d	s	b	-1/3

Familj 2 är de elektroniska partiklarna. Förutom den vanliga elektronen har man upptäckt två tyngre. Myonen (μ) är cirka 200 gånger tyngre än elektronen och tauonen (τ) ännu tyngre. Myonen förekommer ymnigt i den kosmiska strålningen medan tauonen bildas när energirika partiklar till exempel elektroner från en accelerator stoppas i materia och rörelseenergi enligt Einstein omvandlas till massenergi, det vill säga nya partiklar. Den tredje och fjärde familjen är våra sex kvarkar. Till den första familjen hör våra tre neutriner som ända tills för några år sedan ansågs inte ha någon vilomassa (från vänster till höger rubriceras de som elektronneutrino, myoneneutrino och tauneutrino). Lägg märke till att i nästa rad finns elektronen, myonen och tauonen placerad under de neutriner som har liknande namn. I sönderfall och reaktioner följs alltid en neutrino av en partikel med liknande namn åt. I t ex det radioaktiva sönderfallet bildas en elektron och en elektronneutrino.

Ett annat skäl att placera partiklar i en och samma rad är att de växelverkar med naturens krafter på samma sätt. I solsystemet är det gravitationskraften som håller planeterna i sina banor. Den saknar helt betydelse i mikrokosmos. Kvarkarna (familjerna 3 och 4) kommunicerar med varandra med den starka kärnkraften, de elektroniska partiklarna (familj 2) med den elektromagnetiska kraften under det att neutriner bara kan växelverka med materia med naturens mest modesta kraft som därför kallas den svaga kraften. Denna kraft är så svag att av 1000 miljarder elektronneutriner stoppas bara en enda på sin färd genom jordklotet. Vi genomborras varje sekund av miljarder neutriner utan att ha en aning därom.

Tabellen kan ses som ett periodiskt system för materiens minsta beståndsdelar. Här har vi således låtit de tre neutrinoslagen vara olika partiklar. Det är just detta

antagande som kan vara felaktigt med anledning av Davis och Koshibas upptäckter. Det ser nämligen ut som om de tre neutriner spontant kan byta identitet. I några enstaka fall kan en man opereras till kvinna och vice versa, men neutriner behöver ingen doktor för sina identitetsbyten. Det går av sig själv men tar en viss tid, som kan behöva flygsträckor som från solen till jorden eller ibland kanske några hundratals kilometer. I detta sammanhang kommer jag att tänka på fysikern Earnest Rutherford som till sin förvåning fick Nobelpriset i kemi 1908. I det radioaktiva sönderfallet förvandlas ett element till ett annat. I betasönderfallet leder detta till ett platsbyte i det periodiska systemet med en enhet medan detta skifte i alfasönderfallet sker med en minskning i atomnumret med två enheter. Ännu värre är det med kärnklyvningen då atomnumret förändrades med flera tiotals enheter. Detta var naturligtvis ett oväntat brott mot dåtidens definitionen av ett kemiskt element och återspeglades i Vetenskapsakademiens beslut att ge fysikern Earnest Rutherford Nobelpriset i kemi år med motiveringen för hans undersökningar rörande elementens sönderfallande och de radioaktiva ämnas kemi. Men dessa identitetsbyten är inte spontant reversibla (de kan inte utan vidare gå åt andra hållet) som högst sannolikt är fallet med neutriner.

Rutherford kommenterade Vetenskapsakademiens beslut litet syrligt med "Jag har bevittnat många omvandlingar men ingen så plötslig som min omvandling från fysiker till kemist". Vetenskapsakademien hade en chans att återomvandla Rutherford till fysiker igen genom att ge honom ett andra Nobelpris, denna gång för upptäckten av atomkärnan. Men ledamöterna tyckte att Rutherford var så känd och till och med förmögen att ett andra pris inte vare sig skulle höja hans prestige eller banktillgodohavanden.

Alla detektorer för neutriner måste skyddas för det intensiva bombardemanget av myoner i den kosmiska strålningen. Därför placeras detektorerna i gruvor med minst en kilometer berg som strålskydd. En sådan detektor finns i en gruva i Sudbury i den kanadensiska provinsen Ontario. Detektorn använder 1000 ton tungt vatten omgiven av en tank med 7000 ton extremt rent vanligt vatten som

strålskydd mot berggrundens radioaktivitet. Deuteronen i det tunga vattnet har en kärna med en proton och en neutron, partiklar som vid deuteronens sönderdelning kan detekteras. När deuteronen träffas av neutriner från solen sönderdelas den i sina beståndsdelar och denna process är lika känslig för alla tre slagen av neutriner. Den kanadensiska gruppen meddelade i juni detta år att det totala neutrinflödet från solen stämmer med beräkningarna. De i solen primärt bildade elektronneutriner har under sin färd från solen delvis omvandlats till de andra två nneutrinoslagen - men den kanadensiska detektorn, till skillnad från Davis och Koshibas detektorer, räknar summan av alla neutriner, det vill säga såväl de elektronneutriner som inte bytt identitet som de vilka vid ankomsten jorden blivit till myon- och tauneutriner.

Det är denna nyligen gjorda upptäckt som visat att de underskott på elektronneutriner som Davis och Koshiba gjorde för årtionden sedan verkligen beror på att neutriner spontant kan byta identitet och att de så att säga är olika tillstånd av ett och samma materietillstånd.

Pristagarnas detektorer

Davis detektor (figur 1) placerades i en gruva (Homestake) i South Dakota. Tanken fylldes med 615 ton tetrakloretylen. I denna vätska fanns 2×10^{30} klor-37

atomer. När en elektron-antineutrino får in en fullträff på kloratomer i detta material bildas en radioaktiv argon-37 atom med en halveringstid av omkring 30 dagar. Davis bubblade heliumgas genom tanken som ryckte med sig argonatomerna som fastnade i en frysfälla där de kunde räknas genom sitt radioaktiva sönderfall. Under detektorns aktiva av flera år tid infångades omkring 2000 elektronneutriner. Neutrinflödet var endast $1/3$ av det förväntade enligt den så kallade solmodellen. $2/3$ av de ursprungliga elektronneutriner hade tydligen förvandlats till myon- och tauneutriner på sin väg från solen.

Andra generationens detektor Superkamiokonde som Koshiba konstruerade framgår av figur 2. Den består av en cylindrisk tank fylld med tusentals ton vatten. Insidan är klädd med fotomultiplikatorer som registrerar det ljus som uppstår när elektronneutriner stoppas i detektorns vatten. Detektorn är riktningkänslig och Koshiba och medarbetare kunde visa att när den riktades mot solen uppmättes just det neutrinflöde som Davis redan registrerat. I februari 1987 registrerade detektorn en skur av neutriner från den exploderande supernovan 1987 A. Totalt utsändes vid denna explosion 10^{58} elektroneutriner av vilka ett tiotal detekterades. Ljus från samma kosmiska händelse observerades samtidigt vid ett amerikanskt observatorium. Ju

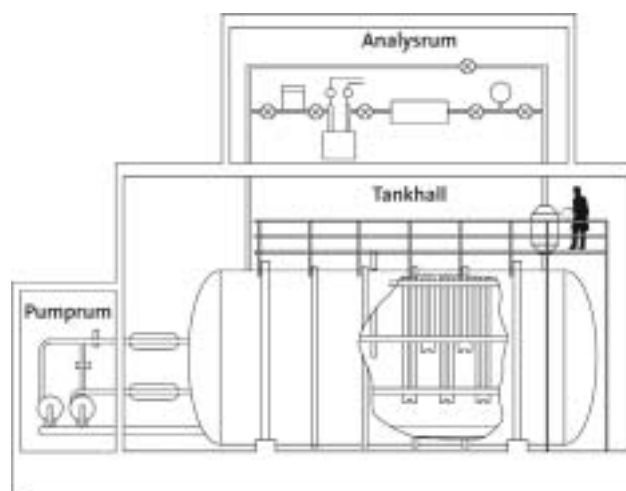


Fig 1. Davis detektor påvisade för första gången solneutriner med den i bilden skisserade utrustningen. Tanken var nedsänkt i en djup gruva för att minska bakgrunden av myoner. Den rymde omkring 600 ton tetrakloretylen, var 14.6 meter lång och hade en diameter av 6.1 meter. I denna vätska finns det omkring 2×10^{30} ^{37}Cl -atomer. Under ett par årtionden registrerade Davis omkring 2000 radioaktiva ^{37}Ar atomer som bildas vid infångning av elektronantineutriner. ^{37}Ar atomerna transporterades med heliumgas till en frysfälla (belägen NV om T i Tankhall) där de fastnade och där de kunde detekteras genom det radioaktiva sönderfallet.

mer vatten detektorn innehåller desto större detektionskänslighet. Man spekulerar i Japan redan om detektorer med en miljon ton vatten. De gigantiska tankbåtarna som går in i Brofjorden har en tredjedel så mycket råolja. Var skall det sluta?

Pristagarnas insatser har givit ny information om fantasieggande processer som sker i solen, andra stjärnor och galaxer – ett forskningsområde vi idag kallar astrofysik snarare än astronomi. ■

Ingmar Bergström, professor emeritus vid Stockholms universitet

Denna artikel är ett utdrag ur en artikel som publicerats i Lysekilsposten och Stenungsunds-posten oktober 2002.

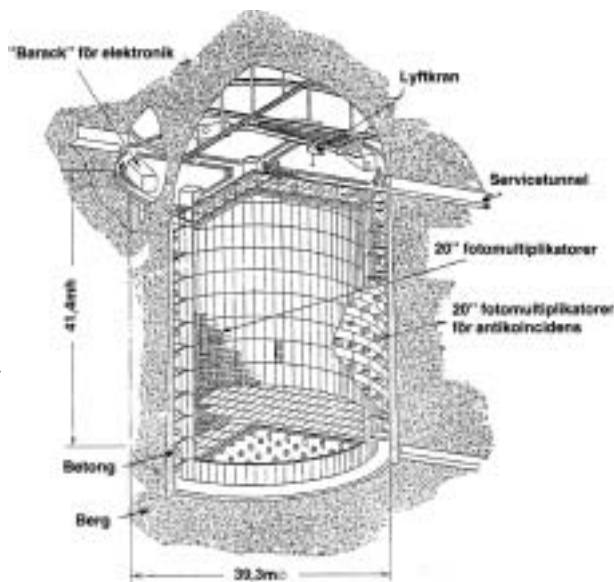


Fig 2. Detta är en skiss på superkemiokonodetektorn som bland annat byggdes för att sätta en gräns för protonens livslängd. Neutrinoreaktioner registrerades genom att de elektroner som bildas vid infångning av en elektronantineutrino ger upphov till elektroner vilka åstadkommer Cerenkovstrålning. Denna detekteras med hjälp av cirka 10 000 fotomultiplikatorer med en diameter av omkring 0.5 meter som sitter på detektorns cylindriska vägg.

Nobelpris i fysik 2002

Röntgenastronomi

En osynlig stjärnhimmel

Hälften av årets Nobelpris i fysik tillfaller Riccardo Giacconi, Associated Universities, Inc., Washington, DC, USA, "för banbrytande insatser inom astrofysiken, som lett till upptäckten av kosmiska röntgenkällor".

De röntgenstrålar Wilhelm Röntgen upptäckte 1895 kom snabbt till användning bland fysiker och medicinare på laboratorier och kliniker runt om i världen. Däremot dröjde det ett halvsekel innan astronomerna började studera denna strålning. Det främsta skälet var att röntgenstrålning, som så lätt kan tränga igenom mänsklig vävnad och andra fasta material, absorberas nästan helt av luften i jordens tjocka atmosfär. Det skulle dröja till 1940-talet innan raketutvecklingen nått så långt att instrumenten kunde skickas upp tillräckligt högt.

Den första röntgenstrålningen utanför jorden registrerades av den framlidne Herbert Friedman och hans medarbetare med ett instrument på en raket 1949. Strålningen visade sig komma från områden på solens yta med solfläckar och utbrott och från den omgivande koronan, som är flera miljoner grader het. Men sådan strålning skulle ha varit mycket svår att registrera om solen legat lika långt bort som andra stjärnor i Vintergatan.

År 1959 rekryterades den då 28-åriga

Riccardo Giacconi för att bygga upp ett rymdforskningsprogram åt ett företag som skulle underlätta för unga forskare att få uppdrag från bl.a. NASA. Tillsammans med initiativtagaren, den framlidne Bruno Rossi, arbetade Giacconi fram principer för hur ett röntgenteleskop skulle konstrueras. Deras konstruktion samlade strålningen med strutformigt välvda speglar, där strålningen faller mycket snett in mot spegelytan och totalreflekteras. Det är samma fenomen som gör att luften ovanför en asfaltväg kan spegla landskapet en varm sommardag.

Giacconi och hans nybildade grupp utförde också raketexperiment för att försöka påvisa röntgenstrålning från universum, i första hand om månen kunde avge röntgenstrålning under solens inverkan. Vid ett försök pågick raketfärden på hög höjd i sex minuter. Ingen strålning från månen kunde detekteras, men en förvånansvärt stark källa på längre avstånd kunde registreras eftersom raketerna roterade så att dess detektorer svepte över himlavalvet. Dessutom upptäcktes en bakgrund av röntgenstrålning, jämnt fördelad över himlen.

Dessa oväntade upptäckter gjorde att utvecklingen av röntgenastronomi satte fart. Med tiden förbättrades riktningbestämningarna, och källorna kunde identifieras med observationer gjorda i vanligt

ljus. Den upptäckta källan från det första lyckade försöket befanns vara en avlägsen ultraviolett stjärna i Skorpionens stjärnbild, Scorpius X-1 ("X" för röntgenstrålning, "1" för den första). Andra viktiga källor var stjärnor i Svanens stjärnbild (Cygnus X-1, X-2 och X-3). De flesta av de nyupptäckta källorna var dubbelstjärnor, där en stjärna går i en snäv bana kring ett annat objekt som är mycket kompakt; en neutronstjärna eller kanske ett svart hål.

Röntgensatelliter vidgade vyerna

Studierna från ballonger och raketer var svåra att genomföra, eftersom de möjliga observationstiderna blev korta. För att förlänga observationstiderna tog Giacconi initiativ till en satellit för kartläggning av himlen i röntgenstrålning. En sådan sändes upp 1970 från en bas i Kenya och fick namnet UHURU ("frihet" på swahili). Den var tio gånger känsligare än raketexperimenten och producerade för varje vecka i omloppsbanan fler resultat än alla de tidigare experimenten tillsammans.

Ännu hade dock inget högupplösande röntgenteleskop, som kunde leverera skarpa bilder, sänts upp i rymden. Giacconi konstruerade ett sådant som blev klart 1978. Det fick namnet Einstein X-ray

Observatory och kunde ge relativt skarpa bilder av universum i röntgenväglängder. Känsligheten hade förbättrats och objekt en miljon gånger svagare än Scorpius X-1 (se ovan) kunde registreras.

En lång rad upptäckter gjordes med teleskopet. Många röntgendubbelstjärnor studerades i detalj, inte minst ett antal objekt som tros innehålla svarta hål. Också mer normala stjärnor kunde nu undersökas för första gången i röntgenstrålning. Resterna av supernovor analyserades, röntgenstjärnor i galaxer bortom Vintergatan upptäcktes, och utbrott av röntgenstrålning från avlägsna aktiva galaxer kunde undersökas närmare. Röntgenstrålningen från gasen mellan galaxerna i galaxhoparna bidrog till slutsatser om universums innehåll av okänd mörk materia.

Giacconi tog 1976 initiativ till konstruktionen av ett förbättrat, ännu större röntgenobservatorium. Det sändes upp först 1999,

under namnet Chandra, döpt efter astrofysikern och Nobelpristagaren Subrahmanyan Chandrasekhar. Chandra har bidragit med utomordentligt detaljerade bilder av himlakroppar i röntgenstrålning (se t.ex. omslagsbilden), motsvarande dem som kommit från Hubble Space Telescope eller de nya stora jordbaserade teleskopen i synligt ljus.

Nytt ljus över svarta hål

Genom röntgenastronomi och dess pionjärer, framförallt Giacconi, har vår bild av universum förändrats på ett avgörande sätt. För ett halvt sekel sedan dominerades bilden av stjärnor och stjärnsystem i jämvikt, där den utveckling som förekom gick mycket långsamt och gradvis. Idag vet vi att universum också är platsen för oerhört snabba utvecklingsfaser, där väldiga energimängder frigörs i sekundsnabba förlöpp, i anslutning till objekt som inte är mycket större än

jorden, men otroligt kompakta. Studiet av processer vid dessa och i de centrala delarna i aktiva galaxkärnor bygger i hög utsträckning på data från röntgenastronomi. Ett nytt och fantastiskt zoo av viktiga och egendomliga himlakroppar har upptäckts och studerats. Universum ter sig idag mycket märkligare än vi trodde för 50 år sedan. Det har inte minst röntgenastronomi bidragit till. ■

Denna text är hämtad från den populärvetenskapliga presentationen av 2002 års Nobelpris i fysik på Nobelstiftelsens webbplats www.nobel.se. Där finns också en mer omfattande beskrivning på engelska och länkar till ytterligare information.

Spelplan Stockholm

Margareta Kesselberg@VINNOVA.se

En härlig festivalkänsla mitt i storstadspulsen

Mellan 20 och 29 september 2002 anordnades en konst- och vetenskapsfestival "Spelplan Stockholm". Den riktade sig i första hand till skolungdom och den bildningsintresserade allmänheten. Syftet var att stimulera intresset bland ungdom för högre utbildning och att skapa intresse och stöd för utbildning, forskning och konstnärligt skapande hos allmänheten.

Festivalen hade aktiviteter i Stockholm City, i Kista och på Södertörns högskola. Förutom tre större utställningar anordnades ett stort antal konserter samt ett stort antal föreläsningar.

Mitt eget deltagande i festivalveckan var blygsamt och uppgiften var att finnas tillhands för att svara på frågor från allmänheten på en liten arena för Berättelser om kunskap, en utställning om svensk forskning, dess resultat och nytta för individen såväl som för samhället.

Utställningen i Gallerian omfattade fyra huvudteman: Miljö/bioteknik, Bioteknik/Mat och hälsa, Kommunikation/teknik samt Forskarens situation och fascination över sin uppgift. På utställningen presenterades forskningsprojekt från KK-stiftelsen och VINNOVA. I Gallerian fick besökaren också uppleva mycket musik av olika slag.

I kulturhuset såg jag flera fysiker som i förväg planerade olika programaktiviteter, som jag tyvärr inte hann besöka.

Förutom alla spännande inomhusaktiviteter i det ruggiga vädret så hade man en programpunkt där man skickade en laserstråle från KTH, som fick symbolisera "forskning och vetenskap" till Stadshuset som fick symbolisera "samhället".

Mitt på plattan hade man en utställning "Livets tråd" som tog upp genforskningen. Totalt sett var det 300 programpunkter som under veckan lockade 120.000 besökare.

Spelplan Stockholm arrangerades av Stockholm Arts and Science AB, ett bolag som ägs och drivs av Stiftelsen för vetenskapsinformation och finansierades av bland andra utbildningsdepartementet och Stockholms Stad. Syftet med festivalen var att på ett inspirerande sätt informera om dagens forskning och illustrera den dynamik som uppstår när konst och vetenskap möts.

Styrelsen består av följande personer:

Professor **Janne Carlsson**, preses i Kungl. Vetenskapsakademien (ordförande), direktör

Carin Fischer, professor **Anders Flodström**,

rektor vid Kungl. Tekniska Högskolan, tekn dr hc **Ann Marie Israelsson**, professor **Inge Jonsson**, preses i Vitterhetsakademien samt

Åke Holmqvist, ständigt sekreterare i Kungl. Musikaliska Akademien. Verkställande direktör i bolaget är **Bjarne Kirsebom**.

Bestämning av fundamentalkonstanter

Av Ingvar Lindgren

Allmänt

Vår kunskap om naturens fundamentala konstanter, såsom elektronens massa och laddning, Plancks och Boltzmanns konstanter etc, har ökat drastiskt under senare decennier. Samtidigt har situationen blivit alltmer komplicerad. Det är mycket sällan som en fundamentalkonstant kan bestämmas direkt – oftast sker bestämningen indirekt, och de mest tillförlitliga värdena får man vanligtvis fram genom omfattande analys av en mängd experimentellt och teoretiskt material. Av denna anledning finns sedan en tid tillbaka en kommitté, *The CODATA Task Group of Fundamental Constants*, som arbetar med detta problem¹ [1, 2, 3].

Som exempel på hur vår kunskap om naturkonstanterna ökat under senare tid kan vi ta Rydbergskonstanten,

$$R_{\infty} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}, \quad (1)$$

som är en kombination av elektronmassan (m_e), elektronladdningen (e), permittiviteten för vakuum (ϵ_0), Plancks konstant (h) och ljushastigheten i vakuum (c). Vid 1973 års anpassning angavs osäkerheten i denna storhet till ca 10^{-7} , medan den vid den senaste var mindre än 10^{-11} . I dag är noggrannheten ännu högre, och Rydbergskonstanten tillhör nu en av de allra bäst bestämda atomära storheterna.

Rydbergskonstanten är ett exempel på en *kombination* av mer fundamentala konstanter som kan bestämmas med hög noggrannhet. Andra liknande kombinationer är den s.k. *Josephson-konstanten*

$$K_J = \frac{2e}{h} \approx 483\,597,90 \text{ GHz/V}, \quad (2)$$

som är relationen mellan frekvens och elektrisk spänning över en supraledande Josephson-övergång, samt den s.k. *Klitzing-konstanten*

$$R_K = \frac{h}{e^2} \approx 25\,812,8076 \, \Omega, \quad (3)$$

som är parametern i den kvantiserade Hall-effekten och har dimensionen elektriskt motstånd. Den sistnämnda är speciellt intressant, eftersom den är enkelt relaterad till *finstrukturkonstanten*

$$\alpha = \frac{e^2}{2\epsilon_0 h c} \approx 1/137,036\,000. \quad (4)$$

Ljushastigheten har numera ett fixerat värde, $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$, och ϵ_0 är relaterad till ljushastigheten genom relationen $\epsilon_0 \mu_0 = c^{-2}$, där μ_0 är *permeabiliteten för vakuum*, som också har ett givet värde, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$. Detta innebär alltså att en bestämning av Klitzingkonstanten utgör en direkt bestämning av finstrukturkonstanten, förutsatt givetvis att man lutar på den teoretiska relationen (3). Vi ska återkomma till detta problem senare.

Finstrukturkonstanten

En speciell roll bland de fundamentala storheterna spelar den ovan nämnda dimensionslösa finstrukturkonstanten (4), $\alpha \approx 1/137$. Denna storhet utgör kopplingskonstanten i *kvantelektrodynamiken* (QED), som är kvantteori för växelverkan mellan laddade partiklar och elektromagnetisk strålning. Denna teori kan f.n. endast behandlas med störningsteori, och de olika effekterna uttrycks i form av en serieutveckling, där α är utvecklingsparametern. I flera fall kan nu beräkningar och motsvarande experiment utföras med så hög noggrannhet och tillförlitlighet att den dominerande osäkerheten utgöres av just värdet på kopplingskonstanten α själv. Det mest slående exemplet är den fria elektronens magnetiska moment (*g*-faktor), som påverkar energin i ett pålagt magnetiskt fält genom Zeemaneffekten. De noggrannaste mätningarna av denna effekt har utförts av Dehmelt och hans medarbetare vid Washington-universitetet i Seattle genom att studera en enstaka elektron fångad i en jonfälla. Dehmelt belönades för dessa arbeten med (del av) 1989 års Nobelpris. Elektronens *g*-faktor har bestämts till

$$g_e = 2 \times 1.001\,159\,652\,188(4),$$

dvs med en relativ noggrannhet av 4×10^{-12} , vilket utgör den noggrannaste mätning som överhuvud taget har utförts. Enligt Diracs relativistiska elektronteori har elektronens *g*-faktor exakt värdet 2, och avvikelser därifrån är en effekt av QED. Mycket omfattande beräkningar av denna effekt har utförts av Kinoshita och hans medarbetare i Japan, och man har uppnått en noggrannhet som är jämförbar med den experimentella. Detta innebär att man genom att jämföra experiment och teori här kan få ett värde på finstrukturkonstanten med en osäkerhet av endast några delar på 10^9 . Det är väsentligt noggrannare än vad man kan få med någon annan metod. Under den allra sista tiden har ett nytt experiment utförts av 1997 års Nobelpristagare, Steve Chu vid Stanforduniversitetet i Kalifornien, som har med hjälp av rekyl hos atomer vid kollision av fotoner från en laser kunnat få fram ett värde på h/M , där M är atommassan. Kombinerat med andra data leder detta till ett värde på finstrukturkonstanten som stämmer väl med det som erhållits från elektronens *g*-faktor och med i stort samma noggrannhet.

En annan viktig effekt av QED är *Lamb-skiftet*, som är en förskjutning av de atomära energinivåerna på grund av den bundna elektronens växelverkan med det elektromagnetiska strålningsfältet. Effekten upptäcktes av Lamb och Retherford år 1947 som en differens mellan de exciterade $2s$ - och $2p_{1/2}$ -nivåerna hos atomärt väte, vilka enligt Diracs teori är helt degenererade (samma energi). Denna effekt har nu bestämts med hög noggrannhet, liksom motsvarande effekt i grundtillståndet och i andra tillstånd. En teoretisk svårighet är här atomkärnans inverkan. Då man inte känner närmare till protonens inre struktur, blir den teoretiska osäkerheten så stor att dessa bestämmingar inte kan konkurrera med andra experiment. Bättre möjligheter finns då hos system som positronium (elektron + positron) och muonium (muon + elektron), där man inte har någon inre struktur hos 'kärnan' (enligt nuvarande modell för elementarpartiklar, den s.k. standardmodellen). Experiment och teori för dessa system har betydelse för anpassningen.

Att använda sig av data som baseras på QED-beräkningar förutsätter givetvis inte bara att man litar på beräkningarna som sådana utan även på den underliggande teorin. Tidigare skilde man mellan QED- och icke-QED-resultat, och man fann vad gällde α signifikant skillnad mellan de båda grupperna. QED gav systematiskt lägre värde på finstrukturkonstanten α . Numera har de båda grupperna av data närmast sig varandra, och det visade sig att det var QED-värdena som var mest tillförlitliga. När det gäller den fria elektronens *g*-faktor och finstrukturkonstanten α utnyttjade man vid den senaste anpassningen QED-beräkningarna till nio siffror! Även om man inte observerat något som tyder på att teorien inte skulle vara korrekt, hade man heller inte testat den på denna nivå. Nu kan man säga att det i och med Chus ovan nämnda experiment finns en sådan oberoende test. Kvantelektrodynamiken skulle därmed vara den bäst testade av fysikens teorier.

Elektronmassan

Vi har sett att den *fria* elektronens *g*-faktor har lett till ett mycket noggrant värde på finstrukturkonstanten. Även den *bundna* elektronens *g*-faktor har under den senaste tiden visat sig kunna



vara av stort intresse för fundamentalkonstantbestämningen. Mycket noggranna bestämningar av den atomära g -faktorn för väteliknande system, dvs ett system med en atomkärna och en elektron, kan nu göras. Jonerna produceras i en accelerator, och en enstaka jon lagras i en jonfälla. Genom att jämföra spin-flip-frekvensen med jonens cyklotronfrekvens får man fram en relation mellan jonens g -faktor och kvoten mellan elektronens och jonens massor. Vid universitet i Mainz har man speciellt utvecklat denna metod och för bl.a. vätelikande kol ($Z=6$) bestämt g -faktorn med en noggrannhet av 10^{-9} . Vi gjorde i Göteborg för några år sedan noggranna beräkningar av det bundna bidraget till elektronens g -faktor, innan motsvarande experiment hade utförts, och resultatet visade sig sedan stämma inom felgränsen med det experimentella värdet. Våra beräkningar har under de senaste åren kompletterats av andra grupper med några mindre effekter, såsom kärnans inverkan, vilket förhöjt noggrannheten ytterligare. Det visar sig att noggrannheten i den teoretiska bestämningen av koljonens g -faktor nu är större än den hos massförhållandet, vilket innebär att om man lutar på experiment och teori kan man på detta sätt få ett värde på elektronmassan i förhållande till koljonens massa, dvs i kemiska massenheter, som är ungefär fyra gånger noggrannare än det som erhöles vid den senaste anpassningen. Man kommer vid den nu pågående anpassningen att för första gången ta med dessa data i anpassningen.

Plancks konstant

En av de svåraste fundamentalkonstanterna att bestämma noggrant är Plancks konstant, h . Den utgör som bekant relationen mellan fotonens energi och frekvens, men detta är inte i sig någon bas för en noggrann bestämning. I stället har denna konstant kommit fram som ett resultat av en kombination av olika experimentella data.

Ett sätt att bestämma Plancks konstant är faktiskt med hjälp av Avogadros tal, som anger antalet atomer/molekyler in en grammol. Det kan förefalla egendomligt att en kvantfysikalisk storhet som Plancks konstant kan vara relaterad till något så klassiskt som Avogadros tal. Anledningen är att man genom neutroddiffraktion kan noggrant uppmäta atomavståndet i en kristall. Det är främst kisel som kommer till användning för detta ändamål. Atomavståndet är relaterat till Avogadros tal och våglängden för neutronerna utgöres av de Brogli-våglängden $\lambda = h/m_n v$, där m_n är neutronmassan och v är neutronernas hastighet. Genom att kombinera med en bestämning av Avogadros tal med hjälp av röntgenspektroskopi kan man få ett värde på Plancks konstant. Övriga ingående storheter kan bestämmas med högre relativ noggrannhet.

Ett annat sätt att bestämma Plancks konstant är att kombinera Josephson- och von Klitzing-konstanterna (2), (3),

$$h = \frac{4}{K_J^2 R_K}. \quad (5)$$

En genial metod att direkt experimentellt bestämma denna kombination utarbetades på 1970-talet av Kibble och hans medarbetare vid National Physical Laboratory (NPL) i England. Experimentet går under benämningen *Watt balance* och går i korthet ut på följande .

Om vi betraktar en ledare med längden l och strömmen I i ett magnetiskt fält B vinkelrätt mot ledaren, påverkas ledaren av en kraft $F = BIl$. Vi kan låta denna kraft balanseras av en tyngdkraft på massan m_s , $F = m_s g$, vilket ger $BIl = m_s g$, där g är den lokala tyngdaccelerationen. Om samma ledare utan ström får röra sig med hastigheten v i ett magnetfält, vinkelrätt mot fältet och mot ledaren, induceras en elektrisk spänning $U = Blv$. Ur dessa relationer får man

$$Bl = U/v = F/I = m_s g/I. \quad (6)$$

Om man mäter spänningen U med hjälp av Josephson-effekten och strömmen I med hjälp av Josephson-effekten (spänning) och von Klitzing-effekten (elektriskt motstånd), kommer resultatet att innehålla just kombinationen i ekv.(5). På andra sidan av ekvationen får man massan, tyngdaccelerationen och hastigheten. Avancerade experimentuppställningar baserade på denna princip har under en tid funnits vid NPL i England och NIST i USA. Som massa använder man sig av

kilogramenheten (eller en noggrann kopia av densamma). Den enda storhet som man då måste experimentellt bestämma är hastigheten.

Watt-balance experimentet är mycket komplicerat och de systematiska felen har varit svårbemästrad. Den noggrannaste bestämningen utfördes vid NIST på 1990-talet, och denna låg till grund för värdet på Plancks konstant vid 1998 års anpassning. Detta värde avvek signifikant från det som erhållits med hjälp av Avogadros tal, men det senare ansågs mindre tillförlitligt och togs inte med i anpassningen.

Nu är situationen mer komplicerad. Det visar sig att mätningarna av Avogadros tal har förbättrats avsevärt under senare år, framför allt genom ett omfattande samarbete mellan ledande laboratorier i fyra kontinenter. Det nya värdet är mindre noggrant än det som erhöles med NIST:s Watt-balance-experiment, men avviker med mer än tre standardavvikelser från detsamma. Någon Watt-balance-utrustning har inte varit operativ under senare år, så det har inte varit möjligt att kontrollera detta experiment. En ny och mer avancerad utrustning är nu under utprovning vid NIST, men det kommer att ta ca två år innan man har tillförlitliga värden från densamma.

Den rådande situationen diskuterades ingående av CODATA-gruppen vid det senaste mötet i Ottawa i juni i år. Deadline för input till den nya anpassningen är årsskiftet 2002/2003, och några nya experimentella data av vikt kommer inte att föreligga före denna tidpunkt. Det finns i detta läge väsentligen tre olika möjligheter:

- man bestämmer sig för att lita *antingen* på Watt balance, som vid den förra anpassningen, *eller* på mätningen av Avogadros tal,
- man använder sig av ett viktat medelvärde av de båda mätningarna, trots att avvikelsen mellan dem är signifikant,
- man utnyttjar inte Josephson- och von-Klitzing-relationerna,

Gruppen ansåg sig inte kunna prioritera mellan de två experimenten, som båda verkar tillförlitliga, och bestämde sig därför för punkt två. Att utesluta de mycket väl testade teorierna för Josephson-effekten och den kvatiserade Hall-effekten ansågs väl drastiskt i detta läge. Beslutet kommer att medföra att det rekommenderade värdet på Plancks konstant i nästa anpassning kommer att skilja sig signifikant från 1998 års värde och det kommer att vara försett med större osäkerhet.

Det här redovisade problemet med Plancks konstant är en god illustration till den typ av problem som man kan ställas inför när man försöker att fastställa de 'bästa' värdena på fundamentalkonstanterna. Det visar att det inte är fullt så enkelt, som man först skulle kunna tro, dvs att det bara skulle vara fråga om att slänga in alla tillgängliga data i en stor minsta-kvadratanpassning och se vad som kommer ut. Det krävs också en hel del analys och 'judgement'.

Vad gäller det speciella problemet med Plancks konstant är det intressant att notera att man inom ett par år antagligen kommer att ha data från de båda typerna av experiment som är 1-2 storleksordningar noggrannare än för närvarande. Med data av detta slag skulle man då kunna testa om de teoretiska uttrycken för Josephson- och Hall-effekterna är exakta på denna högre nivå eller om det finns en signifikant avvikelse. Det senare skulle kunna få betydande konsekvenser för fasta tillståndets teori.

Massan är nu den enda grundstorhet som inte har en atomär standard utan baseras på kilogramnormalen i Paris. Noggrannheten (reproducerbarheten) hos denna standard är av storleksordningen 10^{-8} a 10^{-9} . Ett förbättrat watt-balance-experiment skulle kunna komma ned i samma relativa noggrannhet och därmed ge möjlighet till en atomär standard även för massan genom att fastlägga ett bestämt värde på Plancks konstant.

Är fundamentalkonstanterna verkligen konstanta?

Avslutningsvis ska jag ta upp en fråga som är mer av filosofisk natur, som många grubblat över: Varför har naturkonstanterna de värden de har, och har de alltid haft och kommer de alltid att ha samma värden? Filosofiskt skulle det – i vart fall för mig – vara lättare att acceptera att



'konstanterna' verkligen varierar i tiden, och att de värden de har idag därför är en funktion av universums ålder eller dess grad av expansion.

Av speciellt intresse i detta sammanhang är finstrukturkonstanten (4), som är ett dimensionslöst tal, $\alpha \approx 1/137$. Varför har konstanten just detta värde, och är värdet konstant i tiden? Ett svar, varför den har det värde den har, är mer av antropisk natur: Om denna konstant (liksom övriga konstanter) hade väsentligt andra värden, skulle universum inte utvecklats som det gjort och vi skulle inte ha funnits till och inte kunnat fundera över problemet. Frågan om konstanterna verkligen är 'konstanter', är mer fysikalisk och här finns vissa 'hard facts', vad gäller finstrukturkonstanten α . Den atomära finstrukturen är en rent relativistisk (och kvantelektrodynamisk) effekt och därför direkt relaterad till α . Genom att studera atomspektra från avlägsna stjärna objekt kan man i princip bestämma vilket värde α hade för flera miljarder år sedan. De senaste resultaten indikerar en variation på några delar på 10^5 under ca 10 miljarder år [4] (se figur). Variationen kan dock inte anses vara signifikant. Det mest remarkabla med detta resultat är enligt min mening inte att det eventuellt finns en tidsvariation utan att α varit så konstant över större delen av universums existens. Man spekulerade tidigt om att finstrukturkonstanten eventuellt skulle vara omvänt proportionell mot universums ålder, men de resultat man nu har visar att en variation – om den alls existerar – måste vara många storleksordningar mindre.

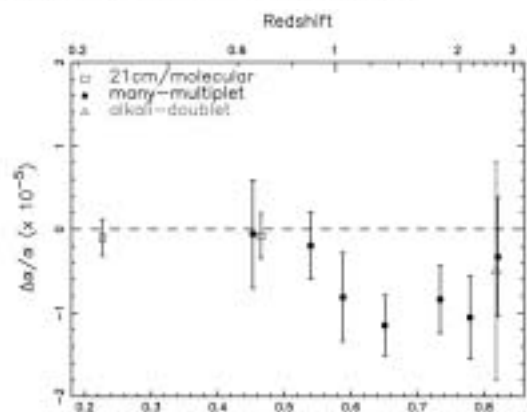
Om det till slut skulle visa sig att det verkligen föreligger en tidsvariation av den ringa storleksordning som ovan indikerats, kan man naturligtvis undra vad 'meningen' med en sådan skulle kunna vara. Man skulle kunna tänka sig att konstanterna hade helt andra värden under universums första skede och ändrades mest under universums första fas. Sedan kanske konstanterna asymptotiskt närmar sig sina 'slutvärden'. Det skulle kunna 'förklara' att en eventuell variationen nu är så långsam. De värden konstanterna har idag skulle i så fall vara en följd av den utveckling universum haft. Men detta är endast en ogrundad spekulering från min sida.

Ingvar Lindgren

Professor emeritus i fysik (atomfysik) vid Chalmers tekniska högskola och Göteborgs universitet. Ledamot i *The CODATA Task Group on Fundamental Constants* sedan år 2000.

References

1. P. J. Mohr and B. N. Taylor. *CODATA recommended values of the fundamental physical constants: 1998*. *Rev. Mod. Phys.*, 72:351–495, 2000
2. P. J. Mohr and B. N. Taylor. *The Fundamental Physical Constants*. *Phys. Today*, August:BG6–13, 2000.
3. P. J. Mohr and B. N. Taylor. *Adjusting the Values of the Fundamental Constants*. *Phys. Today*, March:29–34, 2001.
4. J. K. Webb et al. *Further Evidence for Cosmological Evolution of the Fine Structure Constant*. *Phys. Rev. Lett.*, 87:091301, 2001.



Experimentell observation av finstrukturkonstantens relativa variation under en period från 0,2 till 0,8 av universums ålder, dvs ca 10 miljarder år. /4/

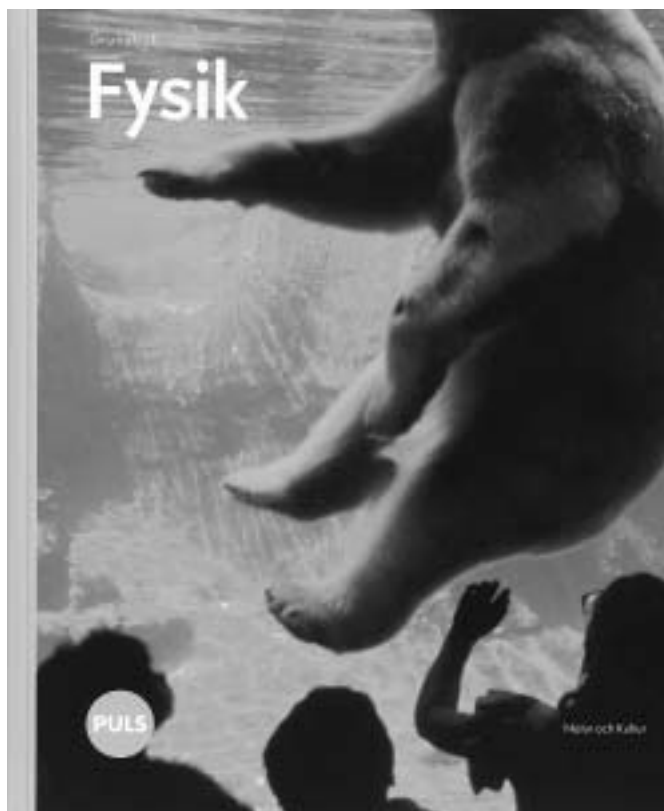
³The Committee on Data for Science and Technology (CODATA) etablerades år 1966 som en kommitté under The International Council of Science (ICSU), tidigare benämnd The International Council of Scientific Unions. År 1969 bildades inom CODATA en särskild arbetsgrupp för fundamentalkonstanter, *The Task Group of Fundamental Constants*, med uppgift att förse det vetenskapliga samhället med uppdaterade värden på de viktigaste naturkonstanterna. Gruppen har sedan starten samlat data med relevans för fundamentalkonstanterna och på basis av olika minsta-kvadratanpassningar publicerat rekommenderade värden (med osäkerheter) på konstanterna vid tre tillfällen, 1973, 1986 och 1998. Nya anpassningar ska i fortsättningen göras vart fjärde år, och den nu pågående anpassningen kommer att avslutas under innevarande år och beräknas publiceras sommaren 2003.

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 provat 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.



Författare: Staffan Sjöberg och Börje Ekstig

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

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

PULS från NATUR och KULTUR

Fysik för grundskolans senare del

Bokförlaget Natur och Kultur. Läromedelsinformation: Box 27 323, 102 54 Stockholm. Telefon 08-453 86 00. Fax 08-453 87 95.
Order/Kundtjänst: Förlagsdistribution Box 706, 176 27 Järfälla. Telefon 08-453 85 00. Fax 08-453 85 20.
E-post: info@nok.se. Nätplats: www.nok.se

CERNs High-School

Teachers Programme – HST

Vad är HST

Charlotta Barck, S:ta Ragnhild-gymnasiet, Södertälje och Bo Bülow, S:t Petri Skola; Malmö.

High-School Teacher Programme – HST och har anordnats på CERN sedan 1998. Målet med HST – programmet är att:

- stödja fysikundervisningen, speciellt partikelfysiken på gymnasiet,
- främja utbyte av kunskaper och erfarenheter mellan lärare från olika länder,
- låta lärare komma i kontakt med forskningsvärlden,
- stimulera aktiviteter att popularisera fysik i och utanför klassrummet hjälpa CERN att knyta band till europeiska skolor
- uppmuntra samarbete mellan CERN och existerande projekt sponsrade av EU inom området naturvetenskaplig utbildning.

Alla gymnasielärare från CERN's medlemsländer kan ansöka om en plats men det finns även chans för gymnasielärare från icke medlemsstater att ansöka om platser. De krav som ställs är att den sökande förstår och kan göra dig förstådd på engelska, har grundläggande datorvana och kan delta alla dagarna. Lärare väljs ut som gjort extra aktiviteter utanför undervisningen som t ex: deltagit i EU-sponsrat program, organiserat eller deltagit i undervisningsaktiviteter (t ex fysiktävlingar, sommarkurser för studenter), bidragit till den nationella kursplanen, skrivit fysikböcker, eller varit involverad i tex LMNT, Svenska Fysikersamfundet. Inga förkunskaper inom högenergifysik krävs men det är definitivt bra att ha då det underlättar väsentligt att följa föreläsningar mm. Vi fick kännedom om HST på fysikdagarna i Linköping 2001 och genom en kontakt på CERN.

Tre veckor på CERN

Söndagen 30 juni vid 18-tiden samlades 28 förväntansfulla High School Teachers från 21 europeiska länder och 4 lärare från USA för att delta i ett tre-veckors program i CERN's regi. Under den första veckan följde vi sommarstudenternas föreläsningar, bland annat av Frank Close, som skrivit många böcker om (partikel)fysik. Vi hade diskussioner och frågestunder efter de olika föreläsningarna för att riktigt förstå innehållet. Vi fick kunskap om bl.a. accelerator-teknik och partikeldetektorer. Vi fick dessutom möta Cecilia Jarlskog som berättade om problem inom fysikundervisningen i Europa. Andra veckan fortsatte med föreläsningar speciellt för oss. Vi gick igenom Standardmodellen med Michelangelo Mangano. Jack Steinberger (Nobelpris 1988) gav en liten historisk tillbakablick och berättade om andra berömda fysiker han arbetat och pratat med. Rolf Landau föreläste om anti-proton-deceleratorn. Tredje veckan fick vi bl.a. föreläsningar om antimateria av John Ellis, astrofysik av Edward "Rocky" Kolb och "Pappa, hur gör man en neutron?" av Niels Doble.

Den som besöker CERN kan inte undgå att överväldigas av de enorma dimensionerna. Redan första dagen fick vi besöka CMS-detektorn (Compact Muon Solenoid), som är 15 meter i diameter och 21,5 meter lång. Vikten är imponerande 12500 ton. Detektorn skall senare hissas 100 meter ner i marken. Det är 31 nationer, 150 institutioner och 1870 forskare som arbetar med denna detektor. Vi hann även besöka CERNs utställning om partikelfysik, Microcosm.

Tyvär var det inte tillåtet av säkerhetsskäl att åka ner i själva accelerator-tunneln på grund av byggnadsarbete. Man höll på att riva ut allt för att plats att

bygga upp LHC senare. Däremot gjorde vi under andra veckan ett mycket intressant besök på konstruktionsplatsen för detektorn Atlas. Besöket var mycket välorganiserat och vi fick se detektorns olika delar som man annars bara får se på bild. Det som alltid är svårt att se på bilder är dock dimensionerna och det fick vi verkligen en känsla för vid besöket. Att dessa stora detektorer skall kunna undersöka små partiklar är nästan obegripligt.

En viktig del av HST är de arbetsgrupper som bildas för att utveckla material som kan användas i undervisningen. Det gällde allt från små experiment och CERN's hemsida till Feynmandiagram och bubbelkambilder. Vi hann även med att redovisa och diskutera de olika ländernas läroplaner. Materialet som togs fram finns på <http://teachers.web.cern.ch/teachers/hst>, där man också kan se vad som gjorts tidigare år. Här finns också en del videoinspelade föreläsningar och redovisningar av olika aktiviteter vi haft, kommer troligen att fyllas på med fler föreläsningar senare.

Intensivt, arbetsamt och givande

Det var den mest intensiva och arbetssammaste "kurs" (arbetsläger) vi varit med om. Vi arbetade oftast från åtta på morgonen och till nio-tio på kvällen. På CERN's cafeteria fortsatte sedan diskussionerna och den sociala samvaron över några glas vin eller öl till långt in på natten. Ofta deltog även våra föreläsare i denna samvaro.

Helgerna var fria och gav möjlighet till eftertanke och rekreation, t.ex. genom picnic i Jurabergen, 14 juli-firande och bilturer i Frankrike, ostfondue och barbeque, stadsvandring i Genève och besök på vetenskaplig utställning i en av parkerna. Utställningen ger den breda

allmänheten chans att fatta tycke för naturvetenskap och teknik och var verkligen imponerande.

Vi har fått väldigt många nya vänner med samma intresse som vi själva; fysik. Det var helt fantastiskt att 32 lärare från så många länder kunde umgås och göra sig förstådda med varandra. Vi håller kontakten med varandra via email och flera samarbetsprojekt är planerade. Några som inte bor så långt ifrån varandra har redan träffats bland annat på konferenser i Rom. De samarbetsprojekt som vi känner till i olika faser inom planeringsstadiet där lärare från HST02 deltar är:

- Om miljö och sociala problem vi möter idag globalt och individuellt. Läs mer på <http://piergiovanniperotto.supereva.it> och www.landscapes7.home.ro
- Ett eventuellt samarbete mellan en skola i Rom, våra skolor och en norsk skola. Blir kanske inom engelska, fysik och historia.
- Ett projekt mellan Italien, Portugal, Belgien, Tyskland och Sverige. Avsikten är att ta fram ett utbildningspaket för modern fysik uppbyggt kring en CCD-detektor. EU-bidrag är sökta och projektet kommer att redovisas mer eller mindre på www.bionet.schule.de

Trots den stora arbetsinsatsen så ångrar vi inte en sekund att vi deltog i detta program och skulle göra om det igen om vi fick möjlighet därtill.

Om du vill veta mera så gå in på <http://teachers.web.cern.ch/teachers/hst> eller maila till oss, så svarar vi så fort vi hinner.

Till sist skulle vi vilja tacka våra ideellt arbetande kursarrangörer: Michelangelo Mangano, Mick Storr och Gron Jones för dessa fantastiskt tre trevliga veckor: Michelangelo för hans sätt att leda hela kursen med sitt djupa teoretiska kunnande, Mick Storr för att verkligen bry sig om oss och ordna många tillfällen till social samvaro, såsom pizzaafton, picknick, skattjakt i Genève mm och Gron Jones för hans djupa kunnande och entusiasm för bubbelkamarbilder och hur man i dessa har upptäckt nu kända partiklar. ■

charlotta.barck@ragnhild.com, bo.bulow@malmo.se.

Krafter på underlaget vid jämfotahopp

Av Lars Jakobsson,
Malmö högskola – Lärarutbildningen

Del 1. Frågeställningen

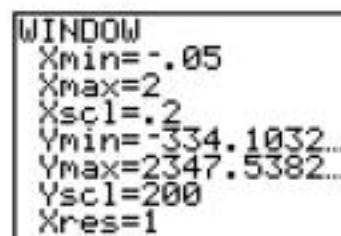
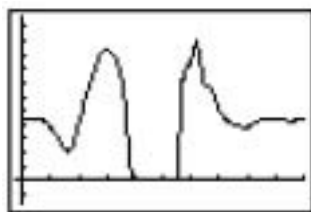
Anta att du vill diskutera vilka krafter som verkar på underlaget vid ett jämfotahopp under olika delar av hoppet.

- En första fråga att fundera över är: Hur gör du egentligen när du hoppar?
- Nästa fråga som är relevant är att be eleverna fundera över är hur kraften mot underlaget förändras med tiden från det att personen står stilla och samlar sig, till själva avstampet och sedan landningen. Be dem rita en graf med det utseende de förväntar sig. Här kan det vara rimligt att göra en grov gradering av den vertikala axeln som visar kraften utifrån kända data för individen själv.

Del 2. Genomförandet

Utför jämfotahoppet på den nya kraftsensor som finns till CBL-systemet. Denna ser ut som en vanlig badrumsväg, med den skillnaden att den klarar betydligt större krafter och att den kan anslutas till en datalogger.

Resultatet av försöket framgår av grafen. För att kunna få en uppfattning om storlekar av krafter och om tidsperspektivet finns även en bild som visar fönsterinställningarna på räknaren.



Del 3. Diskussionen

Diskussionen kan förslagsvis föras kring följande frågor och kanske i den föreslagna ordningen också.

1. Varför ser grafen ut på detta sätt? Förklara dess utseende!
2. Vad gör hopparen i de olika faserna?
3. Hur länge är personen i luften?
4. Hur stor är den maximala kraften på underlaget?
5. Vad beror det på att det finns en topp på kraftkurvan före avstampet och vad karakteriserar hopparen just då?
6. När är accelerationen på hopparen uppåtriktad och när är den nedåtriktad?
7. Rita ut alla krafter som påverkar hopparen i den lokala minimipunkt och den lokala maximipunkt som finns på kurvan före avstampet.
8. Hur stor acceleration har hopparen i dessa båda punkter och hur är dessa accelerationer riktade?

Det är stor skillnad på svårigheten i ovanstående frågor. Jag föreställer mig att den första frågan och de tre sista är betydligt svårare än övriga.

Till fråga 6 kan man eventuellt ge ledfrågan: Hur stor är accelerationen på hopparen när denne är i luften? Vad visar kraftgivaren då?

Vill du ha tillgång till de data som är underlag för bilderna ovan för att kunna arbeta med dina elever med det kan du "tanka ner" gruppen VAGHOPP för TI83Plus från hemsidan för T3-Sverige, www.t3-sverige.nu.

Lycka till med experimentdata, Lars

BEGRIPLIG OCH BEPRÖVAD

Fysik för gymnasieskolan gör fysik begriplig. Det välkända läromedlet av Alphonse m fl ger stor plats åt elevernas vetgirighet och bygger på fysikerns intresse för hur omvärlden egentligen fungerar.

I *Fysik för gymnasieskolan* utgår framställningen så långt som möjligt från experiment och undersökningar som eleverna själva kan utföra. I läroböckerna finns till varje kapitel lösta exempel samt instuderingsuppgifter med svar. Ytterligare möjligheter till problemlösning finns i böckerna *Övningar och problem*, som innehåller allt från enkla drillövningar till helt öppna problem.

Gedigna *lärapärmar* med lektionstips, kopieringsunderlag m m kompletterar läromedelspaketet.



Lärobok A och B är reviderade i enlighet med de senaste kursplaneändringarna.

Mer information finns på vår nätplats för naturvetenskap www.nok.se/skola/naturvetenskap

Fysik för gymnasieskolan från NATUR OCH KULTUR

Bokförlaget Natur och Kultur. Läromedelsinformation: Box 27 323, 102 54 Stockholm. Telefon 08-453 86 00. Fax 08-453 87 95.
Order/Kundtjänst: Förlagsdistribution Box 706, 176 27 Järfälla. Telefon 08-453 85 00. Fax 08-453 85 20.
E-post: info@nok.se. Nätplats: www.nok.se

EXPERIMENTERA MED *gammadata*

Använd PASCOs mätinterface för experimentell härledning av rörelseenergin hos en kropp med massan m och farten v .

Materiel: Kraftsensor, rörelsesensor, horisontell glidbana med påmonterat ekerhjul, dragvikt med lina ansluten till tråkloss (se figur).



Teori: När dragvikten drar tråklossen längs banan övergår en del av dragviktens förlorade lägesenergi till friktionsarbete och resten av lägesenergiändringen återfinns som rörelseenergi hos det rörliga systemet (dragvikt + kloss).

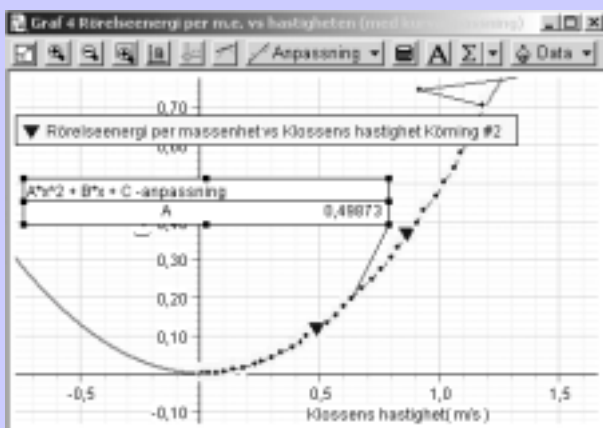
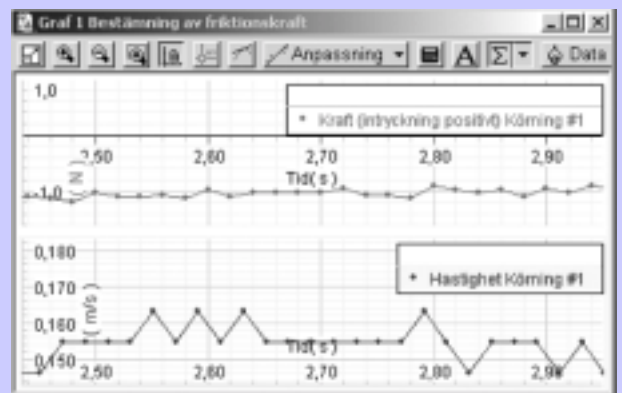
Uppgift: Använd PASCOs interfaceutrustning och tillhörande programvara DataStudio för att studera hur rörelseenergin per massenhet är beroende av $a/$ hastigheten $b/$ hastigheten i kvadrat samt formulera ett matematiskt uttryck för rörelseenergens beroende av massa och hastighet.

Tips:

Använd PASCOs interfaceutrustning och programvaran DataStudio för att bestämma friktionskraften (när kroppen rör sig) samt åskådliggöra, som funktion av lämplig storhet, t ex tid, läge, hastighet:

- dragviktens och kroppens fart
- dragviktens lägesenergiändring
- friktionsarbetet
- rörelseenergin per massenhet.

Avsluta med att visa rörelseenergin per massenhet som funktion av rörliga systemets hastighet.



Till vänster visas sammanhörande värden på accelererade massans rörelseenergi per massenhet och dess hastighet. Dessutom visas en anpassning av mätpunkterna till kurvan $y = Ax^2 + Bx + C$. Värdena på A , B och C framgår av textrutan i diagrammet. $A = 0,49873$. OK?

Kontakta oss så får du tillgång till hela mätserien för att själv testa möjligheterna!

Gammadata Burklint AB

Box 15120 • 750 15 UPPSALA • Tel 018-480 58 00 • Fax 018-55 58 88

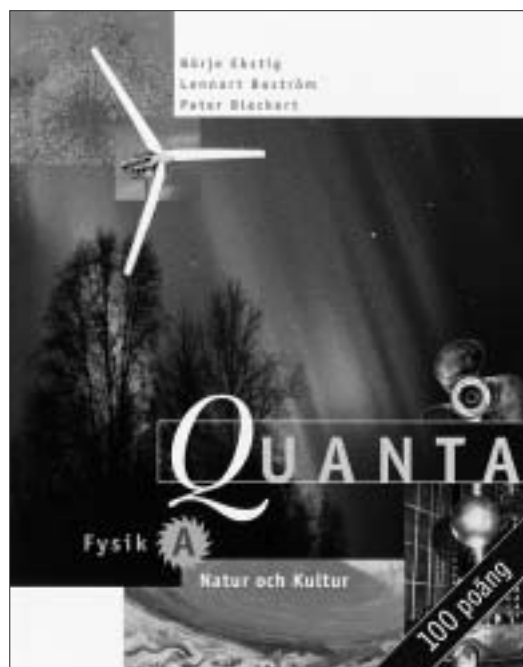
E-post info@gammadata.se • Internet www.gammadata.net

REVIDERAD och KLAR

Quanta Fysik har gjort sig känt som ett annorlunda läromedel som utmanar eleverna. Inte minst flickorna lockas av att texten inte bara ger kunskaper i fysik utan även om fysik.

Quanta Lärobok A 2:a upplagan innehåller en rad nyheter och förbättringar.

- Antalet övningar har närapå fördubblats och är nu av mer varierat slag.
- Ett flertal moment i boken har omarbetats, bl a inom kapitlen Optik, Mekanik, Energi och Elektricitet.
- Ett avsnitt har lagts till om kraftmoment.



Mer information finns på vår nätplats:
www.nok.se/skola/naturvetenskap

Quanta från NATUR och KULTUR

För gymnasieskolan och komvux

Bokförlaget Natur och Kultur. Läromedelsinformation: Box 27 323, 102 54 Stockholm. Telefon 08-453 86 00. Fax 08-453 87 95.
 Order/Kundtjänst: Förlagsdistribution Box 706, 176 27 Järfälla. Telefon 08-453 85 00. Fax 08-453 85 20.
 E-post: info@nok.se. Nätplats: www.nok.se

Kommande fysikhändelser

Physics on Stage, 2003

Till alla som undervisar inom fysik/astronomi:

- Är du intresserad av att pröva nya idéer i fysikundervisningen?
- Vill du utbyta erfarenheter med europeiska kollegor?

Då kan du delta i Physics on Stage-projektet (POS)! De två tidigare omgångarna (år 2000 och 2002) följs nu upp med en POS-festival som preliminärt förlagts till november nästa år i ESAs högkvarter ESTEC i Noordwijk i Holland. I början av nästa år går vi ut med mer konkret information och en inbjudan att delta.

Mer information om de båda första omgångarna kan du få på POS' hemsidor (europeiska: www.physicsonstage.net; svenska: www.eaae-astro.org/se/pos). Där kommer så småningom information om fortsättningen, POS 3.

För svenska POS- kommittén
Erik Johansson (ordf.), kej@physto.se

Konferenser mm

- Nationellt Resurscentrum för Fysik anordnar NO-biennaler, Göteborg 6-7 mars, Stockholm 24-25 mars. ingrid.jacobsson@fysik.lu.se Se <http://www.fysik.org/>
- Internationella Vetenskapsfestivalen, Göteborg 9-18 maj 2003. Skolprogrammet startar redan 5 maj. <http://www.goteborg.com/vetenskapsfestival/>
- 30 juni-4 juli 2003, ICES-9, Uppsala, "International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure", <http://www.fysik.uu.se/ices9/>, Svante.Svensson@fysik.uu.se
- 23-29 juli 2003, ICPEAC 2003, XXIII International Conference on Electronic and Atomic Collisions, <http://www.physto.se/icpeac>, icpeac@physto.se. Se även separat artikel.

X-Ray Absorption Fine Structure

XAFS 12, Malmö, 22-27 juli 2003

Den tolfte internationella konferensen i serien XAFS (X-Ray Absorption Fine Structure) hålls i Malmö 22-27 juni 2003. De senaste konferenserna ägde rum i Aki, Japan (2000) och Chicago, USA (1998). Nästa konferens i serien äger rum vid Stanford, USA (2006). Konferenserna arrangeras ofta i anslutning till ledande synkrotronljuscentra. XAFS-12 arrangeras av MAX-lab i Lund tillsammans med Fysiska Institutionen i Uppsala.

Många synkrotronljus-tekniker baseras på röntgenabsorption. Teknikerna har mycket breda användningsområden och konferensserien lockar därför deltagare från en mängd olika discipliner, såväl från den akademiska världen som från industrin. EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure) är en framgångsrik metod för att studera atomära struktur inom fysik, kemi, biologi, geologi, materialvetenskap, katalys, medicin, etc. Ett exempel som uppmärksammats mycket i Sverige på

senare tid är nedbrytningen av skeppet Wasa som förklarats av forskare med hjälp av denna teknik.

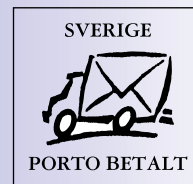
Röntgenabsorption i vidare mening ger också information om elektronstruktur, detaljer i kemiska bindningar, materials magnetiska egenskaper, etc. Inom magnetismområdet exempelvis har dessa tekniker inneburet ett stort steg framåt. Man kan nu fokusera på de enskilda atomslag i ett komplext material och kartlägga hur de bidrar till de magnetiska egenskaperna. Speciellt inom det kommande mycket viktiga området nanomagnetism kommer detta att vara ett unikt redskap.

Ordförande för konferensen är Prof. Nils Mårtensson (Nils.Martensson@MAXLAB.LU.SE) och ordförande i programkommittén är Prof. Ingolf Lindau. Mer information om konferensen finns på <http://xafs12.maxlab.lu.se>



Svenska Fysikersamfundet
Manne Siegbahnlaboratoriet
Stockholms universitet
Frescativägen 24, 104 05 Stockholm

E-post: sfs@msi.se



XXIII International Conference on Photonic, Electronic and Atomic Collisions Stockholm, Sweden 23–29 juli

ICPEAC (International Conference on Photonic, Electronic, and Atomic Collisions) samlar vartannat år forskare från hela världen med intresse för atomär och molekylär kollisionsfysik inkluderande kollisioner med fotoner, elektroner, joner, atomer, molekyler, kluster, ytor och exotiska partiklar.

Stockholm och Stockholms Universitet kommer att arrangera XXIII ICPEAC den 23–29 Juli 2003. Den vetenskapliga delen av programmet innefattar bland annat fysik med attosekundspulser, anti-väte och ultra-kalla kollisioner. Tillämpningar inom medicin, kemi och astronomi kommer också att diskuteras. De omkring sjuttio inbjudna föredragen

arrangeras i "Plenary"-, "Review"- och "Progress Report"-formaten. Dessutom ordnas fem poster-sessioner med sammanlagt upp mot 1000 presentationer av de allra senaste resultaten i fältet. Av dessa kommer den internationella vetenskapliga kommittén – med ledning av inskickade abstrakt – att välja ut ett fåtal för muntliga föredrag ("Special Reports").

Vi hoppas kunna hälsa många svenska forskare välkomna: Studenter och doktorander kommer att kunna söka ekonomiskt stöd för sitt deltagande.

Utförlig information om konferensen och om hur man anmäler sig finns på <http://www.physto.se/icpeac/>.

VÄLKOMMEN
Organisationskommittén



Fysiktävlingen

För 28:e året i rad arrangerar Svenska Fysikersamfundet Fysiktävlingen 2003 med ekonomiskt stöd av Hasselblad Foundation, Physica Scripta och David Griffin m flera. Tävlingen är avsedd för gymnasieelever som avslutat kursen Fy A och läst större delen av kursen Fy B.

Kvalificeringstävlingen äger rum torsdagen den 6 februari 2003 på respektive skolor. Den utgörs dels av en lagtävling och dels av en uttagningsstävling till finalen.

Inbjudan, affisch och anmälningsblankett kommer till skolorna i slutet av höstterminen.

Sista anmälningsdag är 17 januari 2003.

Till finalen utses de 10–15 bästa. Finalen äger rum den 16–17 maj i Göteborg. I finaltävlingen ingår både teoretiska och experimentella moment. Alla finalister får penningpriser. Finalen utgör grund för uttagningen av det lag som får representera Sverige i den 34:e Internationella Fysikolympiaden som arrangeras den 12–21 juli 2003 i Taipei, Taiwan.