

Moderna insikter om ljuset

sidan 10

ISSN 0283-9148

**Nanoguld
sätter färg på
biosensorer**

sidan 12-13

**Fördelningar av
rikedomar, arter
och efternamn**

sidan 18-20

**Kvantmagi
med bomber
och fotoner**

sidan 24

impuls

FYSIK 1

nyhet!

Impuls

– fysik med tydlig vardagskoppling

Med Gleerups nya fysikserie *Impuls fysik* får dina elever ett komplett läromedelspaket, helt utformat efter Gy2011. Kursböcker fullspäckade med uppgifter och generösa läromedelswebbar för både lärare och elever som gör det enkelt för eleverna att arbeta självständigt.

I *Impuls fysik* presenteras fysikaliska problem på ett sätt som gör eleverna nyfikna och intresserade. Kursboken innehåller alltifrån klassiska beräkningsuppgifter till diskussionsunderlag och reflekterande frågor som ger en djupare förståelse för fysiken. På elev- och lärarwebben finns ett rikt material som gör undervisningen kul och engagerande.

Fysikläromedel skapas i vårt lab!

Impuls fysik 1 togs fram i nära samarbete med lärare runt om i landet i vårt lab. Nu fortsätter arbetet med Impuls fysik 2. Läs mer, titta på smakprov och diskutera med kollegor och utvecklare på gleerups.se/labfysik.

Vår läromedelsutvecklare berättar gärna mer!
Per-Olof Bergmark tel: 040-20 98 07
e-post: per-olof.bergmark@gleerups.se

Gleerups kundservice 040-20 98 10
info@gleerups.se | www.gleerups.se

gleerups
– i samarbete med dig

FRAENKEL
GOTTFRIDSSON
JONASSON

gleerups

Sökes:

15 doktorander och 10 färska doktorer.

Uppgift:

Utveckla framtidens kärnkraft.

Mål:

Kärnkraftverk som använder dagens avfall som bränsle.

Snart startar ett stort svensk-franskt forskningsprojekt kring framtidens kärnteknik. Svenska doktorander kommer att tillbringa tre av fyra år av sin utbildningstid i Provence i södra Frankrike.

Intresserad?

**Anmäl dig på:
www.swedishnuclear.se**

Svenska Fysikersamfundet

Fysikaktuellt distribueras av 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:	Karl-Fredrik Berggren, Linköpings universitet kfber@ifm.liu.se
Skattmästare:	Lage Hedin, Uppsala universitet lage.hedin@fysik.uu.se
Sekreterare:	Raimund Feifel, Uppsala universitet raimund.feifel@fysik.uu.se
Adress:	Svenska Fysikersamfundet Institutionen för fysik och astronomi Uppsala universitet Box 516 751 20 Uppsala
Postgiro:	2683-1
E-post:	kansliet@fysikersamfundet.se
Webb:	www.fysikersamfundet.se

Medlemskap
Svenska Fysikersamfundet har för närvarande cirka 900 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner. År 2011 är årsavgiften 400 kr för ordinarie medlemmar, 250 kr för pensionärer och doktorander upp till 30 år, respektive 50 kr för grundutbildningsstudenter i fysik. Stödjande medlemskap, vilket ger kraftigt rabatterat pris på annonser i Fysikaktuellt, kostar 4000 kr per år. Läs mer och ansök om medlemskap på www.fysikersamfundet.se.

Sektioner
Inom Fysikersamfundet finns ett antal sektioner som bland annat ordnar möten och konferenser inom området. Läs mer på Fysikersamfundets hemsida.

Kosmos
Samfundet ger ut årsskriften Kosmos. Redaktör är Leif Karlsson, leif.karlsson@fysik.uu.se.

Fysikaktuellt
Fysikaktuellt distribueras till alla medlemmar och gymnasieskolor med naturvetenskapligt program fyra gånger per år. Ansvarig utgivare är Karl-Fredrik Berggren. Redaktör och annonskontakt är Ingela Roos (ingela.roos@k12.se). Övriga redaktionsmedlemmar är Bengt Edvardsson, Jenny Linde, Sören Holst och Sofia Svedhem. Reklamation av uteblivna eller felaktiga nummer sker till Fysikersamfundets kansli.

Omslagsbilden: Illustration av blått ljus mot abstrakt bakgrund. Bild: Shutterstock

Tryck: Trydells, Laholm 2011

Aktuellt

- Ett femårigt samarbetsavtal mellan MAX-laboratoriet i Lund och dess franska motsvarighet SOLEIL nära Paris kommer att undertecknas den 21 december. Bland andra kommer Jean Daillant, föreståndare för SOLEIL, Mille Millnert, generaldirektör för VR och Frankrikes ambassadör Jean-Pierre Lacroix att närvara. Tio miljoner euro satsas på detta samarbete, som är en del i ett större samarbetsavtal mellan Franskrike och Sverige, se exempelvis artikeln om kärnkraft i Fysikaktuellt nr 1/2011. Kontakter: Guillaume Kasperski, Frankrikes vetenskaps- och universitetsattaché i Stockholm, 08-459 5382, sciences@ambafrance-se.org Johan Holmberg, VR, 08-546 44 214, johan.holmberg@vr.se
- ”Nanoscopy with focused light” – öppen föreläsning med Stefan Hell från Max Planck-institutet för biofysisk kemi i Göttingen. Klockan 18:00–19:00 onsdagen 18 januari i Beijersalen på Kungliga Vetenskapsakademien i Stockholm. www.kva.se
- Första omgången, det vill säga lag- och kvalificeringstävlingen, av Wallenbergs Fysikpris går av stapeln på landets gymnasieskolor torsdagen 26 januari 2012. www.fysikersamfundet.se/fysiktaavlingen.html
- Träff för gymnasielärare och fysiker i samband med uttagningen till International Young Physicists’ Tournament (IYPT) i Malmö 11 februari. Tillsammans med NRCF och Malmö Borgarskola har Fysikersamfundet fått 80 000 kr från Skolverket till nätverksutbyggnad. Mer info på www2.fysik.org/iypt/

Institutet för solfysik blir nationell forskningsanläggning

DEN 24 NOVEMBER beslöt Vetenskapsrådet att Stockholms universitet blir ny värd för Institutet för solfysik (IFS), som därmed överförs från Kungliga Vetenskapsakademien och samtidigt blir en ny nationell anläggning. Beslutet baseras på den internationella utvärderingen *Assessment of Expressions-of-interests for hosting the Institute for Solar Physics, Panel’s Report* (Svetlana Berdyugina, Kiepenheuer Institut für Sonnenphysik, Freiburg, Tyskland, Jack Harvey, National Solar Observatory, Tucson, Arizona, USA, Sami Solanki, Max Planck Institute for Solar System Research, Katlenburg-Lindau, Tyskland, Karl-Fredrik Berggren, LiU (ordf.), David Edvardsson (VR); VR Dnr 811-2011-6526).

Stödjande medlemmar

- | | |
|--|--|
| ■ ALEGA Skolmateriel AB
www.alega.se | ■ Myfab
www.myfab.se |
| ■ BFI OPTILAS
www.bfioptilas.com | ■ Laser 2000
www.laser2000.se |
| ■ Bokförlaget Natur och Kultur
www.nok.se | ■ Liber AB
www.liber.se |
| ■ Gamdata Instrument AB
www.gamdata.net | ■ VWR International AB
www.vwr.com |
| ■ Gleerups Utbildning AB
www.gleerups.se | |

Stödjande institutioner

- | | |
|---|---|
| ■ Chalmers tekniska högskola, Institutionen för fundamental fysik | ■ Linköpings universitet, Institutionen för fysik, kemi och biologi (IFM) |
| ■ Chalmers tekniska högskola, Institutionen för teknisk fysik | ■ Linköpings universitet, Institutionen för naturvetenskap och teknik (ITN) |
| ■ Göteborgs universitet, Institutionen för fysik | ■ Lunds universitet, Fysiska institutionen |
| ■ Högskolan i Halmstad, IDE-sektionen | ■ Mittuniversitetet, Institutionen för naturvetenskap, teknik och matematik |
| ■ Karlstads universitet, Avdelningen för fysik och elektroteknik | ■ Stockholms universitet, Fysikum |
| ■ Kungliga tekniska högskolan, Institutionen för fysik | ■ Umeå universitet, Institutionen för fysik |
| ■ Kungliga tekniska högskolan, Institutionen för teoretisk fysik | ■ Uppsala universitet, Institutionen för fysik och astronomi |

Innehåll

4 SAMFUNDSINFORMATION
Information om Svenska Fysikersamfundet.

6 FYSIKNYHETER
Fotoner som uppstår ur vakuum, ny metod att hitta mörk materia, sammanflätade diamanter och jubilerande planetmodell.

8 NYBAKAD REKTOR
Fysikern Helen Dannetun är ny rektor för Linköpings universitet.

10 MODERNT LJUS
Gunnar Björk skriver om de senaste framstegen inom optiken.

12 AVHANDLINGEN
Magnus Jonsson beskriver sin forskning om nanoplasmonik i biosensorer.

14 NYBLIVEN DOKTOR
Personlig intervju med Magnus Jonsson.

15 ELEKTRONMIKROSKOP
Linköpings universitet har nyligen invigt Arwen – ett elektronmikroskop i världsklass.

17 UNDERVISNING
Rapport från undervisningssektionens konferens ”Fysikdidaktik – läge och potential”.

18 ORÄTTVISA FÖRDELNINGAR
Petter Minnhagen skriver om den slumpvisa gruppformationens fördelning.

21 FYSIKERPORTRÄTT
Teoretiske fysikern Nicklas Rör jobbar numera som prisanalytiker för Telenor.

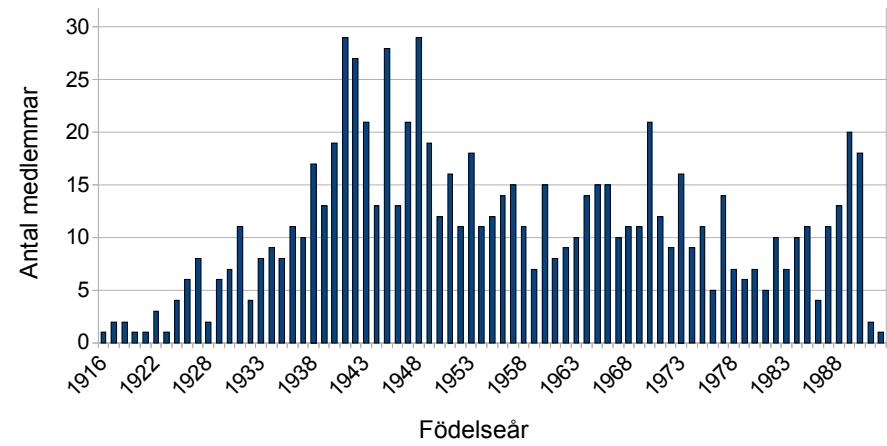
22 KROPPSMASSEINDEX
Två sommarpraktikanter på Chalmers har tittat närmare på kroppsmasseindexet BMI.

24 TANKEEXPERIMENT
Hur identifierar man en fungerande bomb utan att utlösa den?

26 MISSTAGET
Ingemar Lundström upptäckte ett svart hål på Ekmandagarna.

27 FYSIKALISK LEKSAK
Per-Olof Nilsson avslöjar hujpropellerns hemligheter.

SIGNERAT



Hur står det till med SFS?

FÖR ETT TAG sedan berättade jag för en god vän om Svenska Fysikersamfundet och hur det står för både bredd och spets. Hur samfundet vill väcka intresse för fysik hos studenter, informera om vad som är på gång inom forskning så att det passar många, anordna fysikdagar där både gymnasielärare och forskare möts, delta i debatten om fysik i till exempel det nya gymnasiet och så vidare. Dessutom att Fysikersamfundet är synonymt med Svenska Nationalkommittén för Fysik, att samfundet ger ut en pigg tidning som heter Fysikaktuellt och anordnar skolornas fysiktävling i form av Wallenbergs Fysikpris.

Alltså exempel från en verksamhet som det var roligt att berätta om och som jag som ordförande känner stolthet över. Min väns kommentar kom därför att svida, särskilt som han är känd från forskning och forskningsråd, för all del inom ett annat område än fysik. ”Det måste väl vara ett samfund med bara gamla människor?” var hans kommentar.

Inte för att det är något fel med gamla människor, men det vore ju inte bra om vi skulle ha en så sned åldersfördelning. Och litet nedlåtande var väl ändå kommentaren, litet av en ”Freudian slip”. Den lämnade mig ingen ro. Tänk om han hade rätt. Kan man titta efter i medlemsregistret? Med hjälp av Erik Höglund och Raimund Feifel fick jag till slut fram den åldersfördelning som bilden ovan visar.

Diagrammet visar en vital församling med en bra åldersfördelning. Naturligtvis märks fyrtiotalisterna, det brukar de göra så det är förväntat. Där finns också en fin senior närvaro som står för erfarenhet och överblick. Någon anhopning ser man minsann inte. Däremot finns det en tydlig topp bland tjugotåringarna som står för framtiden.

Sammanfattningsvis är fördelningen förvånansvärt stabil över de nittio år som gått sedan Fysikersamfundet bildades. Diagrammet lockar till djupdykningar. Hur ser fördelningen ut mellan gymnasielärare och forskare, mellan kvinnor och män och så vidare? Vill gärna återkomma till det. Men innan dess, tack för 2011 och Gott Nytt År!

Karl-Fredrik Berggren

KARL-FREDRIK BERGGREN
ORDFÖRANDE
SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET



Sverige kan få ny forskningssatellit

RYMDSTYRELSEN HAR under hösten gått ut med en förfrågan till Sveriges rymdforskare om vetenskapliga rymdprojekt som drar nytta av spjutspetsteknik för att producera kvalificerad vetenskap med billiga satelliter. Faller försöket väl ut kan det kanske resultera i en svensk vetenskaplig minisatellit.

Den senaste svenska forskningssatelliten var Odin som sändes upp 2001 med det dubbla syftet att studera både det interstellära mediet och områden där stjärnor bildas samt jordens atmosfär.



Odinsatelliten. Bild: Rymdstyrelsen

Fysikwebbsida prisas av Science

DEN AMERIKANSKA webbsidan *Open source physics* har utsetts till årets bästa online-resurs för undervisning inom naturvetenskap av tidskriften Science. Kolla in själv på www.compadre.org/osp/.

Nya grundämnen har fått namn

TRE NYLIGEN upptäckta grundämnen har nu namngetts av International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP). Ämnena är Darmstadtium, Roentgenium och Copernicium med atomnummer 110, 111 respektive 112. Alla är mycket kortlivade och förekommer inte naturligt.

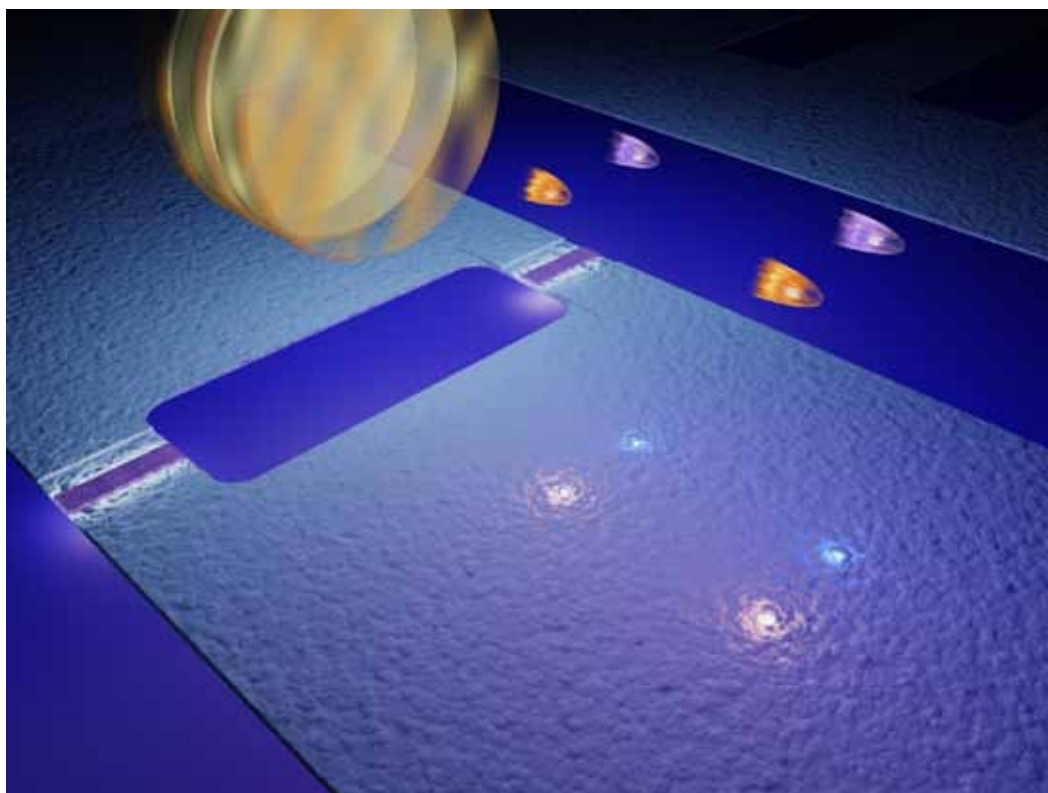


Illustration: Philip Krantz

När virtuella fotoner studsar mot en "spegel" som vibrerar med en hastighet som är nästan lika hög som ljusets uppstår riktiga fotoner. Den runda spegeln i bilden är en symbol – under den finns den kvantelektroniska komponent, en så kallad Squid, som fungerar som en spegel.

Chalmersforskare lockar fram fotoner ur tomma intet

En forskargrupp vid Chalmers har lyckats skapa ljuspartiklar ur ingenting. Därmed är de först att befästa en fyrtio år gammal förutsägelse.

I ETT TEKNISKT finurligt experiment har Christoper Wilson och hans medarbetare vid Chalmers lyckats få virtuella fotoner att bli verkliga, och faktiskt skapat någonting ur ingenting.

En av de viktigaste grundsatserna inom kvantmekaniken är att vakuum inte alls är tomt. I själva verket sjuder det av partiklar som under ett kort ögonblick poppar upp för att sedan försvinna igen i så kallade

vakuumfluktuationer. Eftersom existensen är så flyktig brukar de kallas för virtuella partiklar.

Redan på 1970-talet förut-såg fysikern Moore att virtuella fotoner kan bli reella om de får studsas mot en spegel som rör sig med nästan ljusets hastighet. Fenomenet kallas för den dynamiska Casimireffekten.

Problemet har varit att det inte går att få speglar att röra sig så fort. Det lyckades Chalmersforskarna kringgå genom att ersätta spegeln med en kvantmekanisk komponent som kallas för squid (*superconducting quantum interference device*) som kan fungera som en spegel för mikrovågor. En squid är

extremt känslig för magnetfält och genom att byta riktning på ett magnetfält flera miljarder gånger per sekund fick forskarna "spegeln" att vibrera med upp emot en fjärdedel av ljushastigheten. Det räckte för att virtuella fotoner skulle omvandlas till riktig, mätbar mikrovågsstrålning.

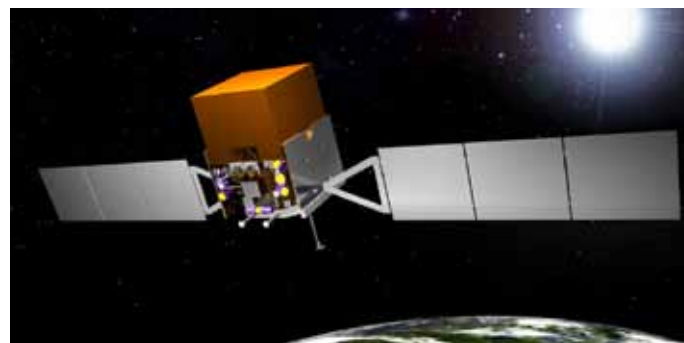
Steget till praktiska tillämpningar är långt. Värde ligger snarare i att öka förståelsen för vakuumfluktuationer, som i sin tur kan ha ett samband med universums mystiska mörka energi.

INGELA ROOS

Originalartikel: Wilson et al, Nature 479, 376–379 (2011)

Ett steg närmare mörk materia

Universums mörka materia fortsätter att gäcka forskarna. Men med hjälp av en ny metod som kombinerar olika observationer kommer forskare vid Stockholms universitet, tillsammans med ett internationellt forskarteam, lite närmre gåtans lösning.



Fermi Large Area Telescope skickades upp i rymden i juni 2008.

VI KÄNNER ENDAST till en mycket liten del av universum, ungefär 5 procent. Den största delen av universums energi, ungefär 72 procent, består av mörk energi som vi inte vet mycket om. Ungefär 23 procent består av osynlig materia som varken reflekterar eller avger elektromagnetisk strålning, och denna osynliga materia kallas för mörk materia.

Även om mörk materia är i det närmaste osynlig finns det sätt att detektera den. Man kan exempelvis leta efter gam-

mastrålning från annihilering av mörk materia-partiklar.

I vår forskning använder vi data från det satellitburna gammastrålningsteleskopet Fermi Large Area Telescope. Vi har observerat tio dvärggalaxer och kombinerat dessa observationer på ett nytt sätt. Tack vare vår nya metod kan vi nu utesluta fler teoretiska modeller för vad mörk materia skulle kunna vara än vad vi har kunnat tidigare. Vår metod är dessutom mer robust mot fluktuationer i

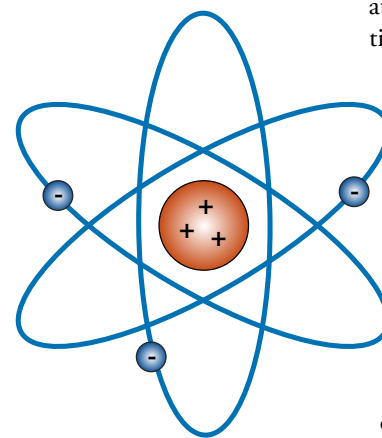
den uppmätta bakgrunden och andra felkällor än om vi skulle titta på enstaka dvärggalaxer.

Det är en spännande tid för mörk materia-forskning för vi kommer närmare och närmare gåtans lösning.

MAJA LLENA GARDE
STOCKHOLMS UNIVERSITET

Resultaten publiceras i Physical Review Letters. Artikeln finns även tillgänglig på <http://arxiv.org/abs/1108.3546>

Planetarisk atommodell fyller 100 år



I ÅR ÄR DET precis hundra år sedan den nyazeeländsk-brittiske fysikern Ernest Rutherford lade fram sin atommodell. Enligt hans modell är huvuddelen av

atomens massa koncentrerad till en liten, positiv kärna. Runt kärnan kretsar elektronerna, ungefär som planeterna kring solen. Atomen består alltså i huvudsak av tomt.

Elektronen hade konstaterats vara en beståndsdel av atomen redan 1897, men före Rutherford var den mest populära teorin att elektronerna låg inbäddade i en positiv "deg", ungefär som russen i en russinkaka.

Men 1909 lät Rutherford sina studenter skjuta alfa-partiklar mot en mycket tunn guldfolie. De upptäckte att de

flera alfapartiklarna passerade rakt igenom, medan ett fåtal studsade tillbaka. Det var helt oväntat, och enligt Rutherford lika otroligt som att en granat som avfyras mot ett pappersark skulle studsas tillbaka mot den som sköt.

Rutherford tolkade experimentet som att atomens huvudsakliga massa var koncentrerad till en mycket liten, positivt laddad, volym i atomens centrum. Därmed hade han upptäckt atomkärnan. Han beräknade även kärnans storlek till cirka 10^{-15} meter, alltså mindre än en tiotusendel av atomens diameter.

INGELA ROOS



Sammanflätade diamanter

NU HAR FYSIKER vid Oxfords universitet kommit på ett sätt att kvantmekaniskt sammanfläta två makroskopiska diamanter. Genom att använda en omsorgsfullt utarbetad uppställning av lasrar, stråldelare och detektorer i en teknik som kallas ultrasnabb pump-prob-spektroskopi lyckades de få diamanterna att koherent dela en foton, vilket bevisar kvantmekanisk sammanflätning (läs mer om sammanflätning i nr 1/2010).

INGELA ROOS

Originalartikel: Lee et al, Science 334, 1253–1256 (2011)



Lena Sandberg och Patrik Karlsson har gjort årets LTH-julkalender.

Experimentell julkalender

FÖR FEMTE ÅRET i rad har Lunds tekniska högskola gjort en egen julkalender. Bakom varje lucka döljer sig en webbfilm med ett spektakulärt eller lärorikt experiment. Till exempel bjuder fysikern Johan Mauritsson varje torsdag på fysikexperiment. Prova själv att öppna luckorna på www2.lth.se/julkalender/2011/

– Att få leda ett universitet är en glädje och en förmån, säger Helen Dannetun. Hon är professorn i ytfysik och medlemmen i Fysikersamfundet som i somras tillträdde posten som rektor för Linköpings universitet.



Foto: Göran Billeesson, LiU

Fysiker på rektorstolen i Linköping

UNIVERSITET ÄR STÄLLEN dit unga människor söker sig för att leta efter kunskap inom områden som de valt själva. Här finns forskare och lärare som vill utveckla ny kunskap och möjliggöra studenternas lärande.

– Det är svårt att hitta så i grunden positiva organisationer. Att få leda ett universitet är en förmån, säger Helen Dannetun som högtidligen installerades som Linköpings universitets nya rektor i mitten av november.

Fast att bli rektor är inget Helen Dannetun länge gått och drömt om, snarare har det vuxit fram på senare år då hon jobbat först som prefekt för institutionen

för fysik, kemi och biologi och sedan som dekanus för hela tekniska fakulteten vid Linköpings universitet.

– När rektorstjänsten blev aktuell tänkte jag att det vore oerhört spännande, säger Helen Dannetun.

I botten är hon en ytfysiker som tycker att det är fantastiskt roligt både att forska och undervisa. Men att fundera strategiskt kring hur man på bästa sätt ska jobba och organisera sig visade sig för henne vara ännu mer spännande.

SEDAN HELEN DANNETUN började som rektor har hon arbetat mycket med autnomyreformerna, alltså universitetens möjlighet att numera själva strukturera den interna organisationen.

Rektorsjobbet handlar också om kvalitetsfrågor kring utbildning och forskning, interna och externa strategiska frågor, utblickar och omvärldsanalyser. Många arbetsuppgifter och möten blir det. Helen Dannetun medger att det knappt blir någon fritid över.

– Men det här är väldigt roligt, så jag jobbar gärna med det.

Helen Dannetuns egen utrustningskrävande forskning kring katalytiska re-

aktioner på ytor fick helt stryka på foten när hon blev dekanus. När hon kommer in i ett labb som påminner om hennes eget kan saknaden efter forskningen slå till.

– Men inte så att jag ångrar mig.

Helen Dannetuns intresse för fysik väcktes redan när hon som liten bodde i USA. I andra klass stod "science" på schemat och först ut var solsystemet med planeter.

– Det var hisnande!

Men att bli forskare ingick aldrig i planen. Efter utbildningen i teknisk fysik och elektroteknik i Linköping hade hon tänkt återvända till hemstaden Västerås för att bli elevingenjör på Asea. Men de sista kurserna var riktigt bra och när hon erbjöds att bli doktorand tackade hon ja.

– Det var så spännande, jag blev fast.

Sedan dess har Helen Dannetun, bortsett från några kortare vändor utanför, varit kvar vid Linköpings universitet. Och nu är hon alltså högsta hönset, för åtminstone sex år framöver. Målen är att leda universitetet mot hög kvalitet och framgång.

INGELA ROOS



WALLENBERGS FYSIKPRIS 2012

KVALIFICERINGS- OCH LAGTÄVLING

Datum: 26 januari Plats: Din skola

Tävlingen sker individuellt och de 12 bästa deltagarna går vidare till finalen. I lagtävlingen utgörs laget av skolans tre bästa deltagare. De bästa lagen belönas med priser:

1:a pris 3 • 5 000 kr 4:e pris 3 • 2 000 kr
2:a pris 3 • 3 000 kr 5:e pris 3 • 1 500 kr
3:e pris 3 • 2 500 kr 6:e pris 3 • 1 000 kr

Anmäl dig till din fysiklärare!

Läs mer om tävlingen på www.fysikersamfundet.se/fysiktavlingen.html

FINALTÄVLING

Datum: 23–24 april Plats: Umeå

Finalen innehåller både teoretiska och experimentella moment.

Alla tävlande får penningpriser.

De fem bästa får göra en oförglömlig resa och representera Sverige vid den internationella fysikolympiaden!

Arrangör: Svenska Fysikersamfundet
Sponsor: Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond

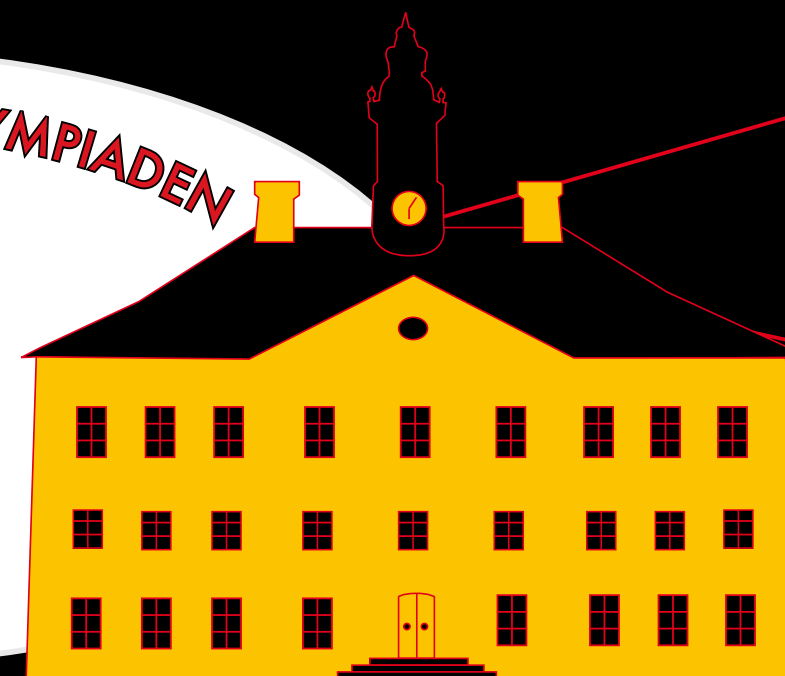
INTERNATIONELLA FYSIKOLYMPIADEN

Datum: 15–24 juli
Plats: Tartu, Estland

Nästan 500 ungdomar från ett nittio-tal länder tävlar i fysik under två dagar. Resten av veckan är fylld med utflykter, föreläsningar och avkoppling.

Kanske blir det du som får åka!

Fysikolympiadens webbsida finner du på www.ipho2012.ee



Moderna insikter om ljusets natur

För lite drygt femtio år sedan skedde en mindre revolution inom optiken – lasern uppfanns. Detta startade en renässans för optiken som har lett till många nya insikter om ljusets natur och dess användning. Idag är optik ett hetare forskningsområde än det varit någonsin förr, mycket tack vare ny teknologi.

ÅR 1960 DEMONSTRERADE Theodor Maiman den första lasern, en rubinlaser som pumpades optiskt med hjälp av en blixurladdningslampa. Lasern hade förutspått några år dessförinnan av Charles Townes, och samtidigt men oberoende av Nicolay Basov och Aleksandr Prokhorov. Detta gav de tre 1964 års Nobelpris i fysik.

Lasern revolutionerade optiken, för plötsligt hade man en ny ljuskälla som huvudsakligen drevs av stimulerad emission, och inte av spontan emission såsom stjärnor, lågor, svartkroppsstrålare och andra dåtida ljuskällor. Mycket snabbt blev fysiker nyfikna på vilka egenskaper denna nya ljuskälla hade.

Man visste redan innan lasern demonstrerats praktiskt att dess ljus skulle vara spektralt mycket smalbandigt, nästan monokromatiskt. Den har därmed lång koherenstid och koherenslängd. I princip kan man åstadkomma detta genom att filtrera solljus, men ju mer monokromatiskt ljus man vill ha, desto mer av ljuset måste man filtrera bort. Ljuset blir då mycket svagt. Lasern erbjöd en nästan monokromatisk ljuskälla med hög



Bild: Fredrik Laurell, KTH.

Våglängdshalvering i en icke-linjär kristall. Rött ljus från höger fokuseras i en mm-lång kristall av LiNbO_3 och konverteras till blått ljus.

intensitet.

En mer fundamental skillnad mellan solljus och laserljus är hur intensiteten varierar med tiden. En som tidigt intresserades av ljusets intensitetskorelation, det vill säga hur intensiteten vid en tidpunkt förhåller sig till intensiteten vid en annan tidpunkt, var Roy Glauber vid Harvard University. Han fastslog på teoretisk väg att medan solljus har positiv intensitetskorelation (om intensiteten är större än medelintensiteten vid en viss tidpunkt, så är det sannolikt att den förblir större under en viss tid), så är laserljusets intensitet vid en viss tid okorrelerat till vad intensiteten var vid andra tidpunkter. År 2005 belönades denna insikt med ett (delat) Nobelpris i fysik.

LASERN GAV ETT nytt verktyg att utforska olika förutsägelser, till exempel att så kallade icke-linjära kristaller skulle kunna omvandla ljus med en våglängd till ljus vid en eller flera andra våglängder. För att detta ska vara möjligt krävs dock mycket intensivt och monokromatiskt ljus. Redan 1961 visades våglängdskonvertering av ljus av Peter Franken et al. Med hjälp av en rubinlaser fick de ljus med våglängden 694,2 nm att omvandlas till ljus med halva våglängden. Som "bevis" för våglängdskonverteringen skickade Peter Franken och hans kollegor in ett spektrogram som i original visar en stark fläck från rubinlasern vid 694,2 nm och en mycket svagare fläck från det våglängdshalverade ljuset vid 347,1 nm. Physical

Review Letters redaktör trodde dock att den svagare fläcken var ett tryckfel och beordrade retuscherings. Således finns inte fläcken i den publicerade artikeln! (Titta gärna själv¹.)

Våglängdskonvertering är idag mycket vanlig och ger oss ljuskällor med laserliknande ljus vid våglängder där det är svårt att hitta "naturliga" lasrande material. Exempelvis är ljuset i gröna laserpekare på 532 nm våglängdshalverat ljus från en liten Nd:YAG-laser i pekaren som genererar infrarött ljus med våglängden 1064 nm.

I början av 1980-talet insåg man att våglängdsdubblat ljus från en laser inte är laserljus, trots att det ser laserlikt ut med hög intensitet, hög monokromaticitet, och lång koherenslängd. Orsaken är att på grund av energikonservering måste våglängdsdubblat ljuspartiklar, fotoner, alltid skapas i par – en foton med våglängden λ ger två fotoner våglängden 2λ . Det betyder att det våglängdsdubblade ljuset alltid består av ett jämt antal fotoner. Detta innebär i sin tur att ljusets amplitudfluktuationer påverkas. Man kunde nu för första gången skapa ljus med lägre fluktuationer (eller brus) än laserljus. Kvantoptiken, som grundades av Glauber, tog nu ny fart och olika typer av ljus med exotiska kvantumegenskaper har sedan dess visats.

PÅ SENARE TID har optiken i mångt och mycket anammat den olympiska sentensen *Citius, Altius, Fortius*, på svenska *snabbare, högre, starkare*. Med hjälp av forskningsresultat och avancerad teknologi har lasrar med allt kortare pulslängd skapats. Vi har idag nått attosekundseran – ljuspulser som varar mindre än 80 attosekunder har visats. Detta innebär att pulsen i princip bara innehåller en svängningsperiod av ljuset! Dessa korta pulser



National Ignition Facility (NIF) i USA är världens kraftfullaste lasersystem. På bilden syns $24 \times 4 = 96$ rör i vilka varje laserpuls vid 1053 nm våglängd förstärks så att den innehåller 20 kJ energi. I ett identiskt rum bredvid finns övriga 96 strålgångar. Strax innan pulserna når deuterium-tritiumpelleten våglängdskonverteras ljuset till 351 nm. Teknikerna i gula hjälmarna ger en uppfattning om NIF:s storlek.

ger en mycket exakt tidsangivelse och används idag som startpistol för snabba fysikaliska förlopp i atomer, molekyler och kemiska reaktioner.

Trycker man ihop en mJ energi till att utvecklas under hundra attosekunder så blir effekten $10 \cdot 10^{12} \text{ W} = 10 \text{ TW}$. Som jämförelse använder jordens hela befolkning i genomsnitt cirka 15 TW. Slutsatsen blir att man med ultrakorta laserpulser kan skapa ofantlig effekt och, om man fokuserar ljuset, ofattbart stor intensitet. Detta används idag för att testa fundamental fysik, till exempel för att se om vakuum verkligen är optiskt linjärt eller om skapandet av virtuella elektron-positronpar gör tomrummet icke-linjärt precis som kristallerna ovan.

I **NATIONAL IGNITION FACILITY** (NIF) i Livermore, Kalifornien, utvecklar man ett system med 192 laserstrålar för att "bombardera" en liten pellet gjord av deuterium och tritium med 1,8 MJ energi under så kort tid att 500 TW effekt utvecklas. Då skapas ett så varmt plasma och så högt

tryck att en fusionsreaktion sätter igång. Värmen från denna kan sedan omvandlas till elektricitet. Ännu har man dock "bara" lyckats leverera 1 MJ och alltså inte nått kritisk temperatur och täthet för fusion, men energin och effekten i NIF ökar stadigt².

I den andra ändan av teknologispektret gör man lasrar med extremt lång koherenslängd. Läser man våglängden på två sådana lasrar till en mycket precis atomär absorptionslinje, så kan man få lasrarnas optiska frekvens, att överensstämma till en del på cirka 10^{20} . Används en sådan frekvenslöst laser som en "optisk klocka", med den optiska perioden som periodtid så kommer denna klocka statistiskt sett gå en sekund fel per 3,8 miljarder år! Detta är ungefär två storleksordningar bättre än de atomur vi använder idag³.

Hur kan man då växla ner denna oerhört snabba oscillation så att vi kan räkna perioderna och därmed mäta tiden? Tekniken, som inte i detalj ska redogöras för här, grundar sig på lasrar som skickar ut

en mycket regelbunden sekvens av pulser som sedan frekvenskonverteras i en mycket icke-linjär optisk fiber. På så sätt genereras en frekvenskam med multipler av en mycket väl fastställd grundfrekvens i MHz-området – vars perioder enkelt går att räkna – upp till hundratal THz (som är optiska frekvenser)⁴. Tekniken öppnar så långtgående möjligheter inom tidsmätning att den belönades med halva 2005 års Nobelpris till Theodor Hänsch och John Hall. Den andra halvan av priset gavs, som nämnts ovan, till Roy Glauber.

GUNNAR BJÖRK, KTH

Läs mer:

1. P. A. Franken et al, Phys. Rev. Lett. 7, 118-119 (1961). Se sidan 119.
2. https://lasers.llnl.gov/science_technology/
3. <http://physicsworld.com/cws/article/news/41696>
4. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2005/popular-physicsprize2005-sv.pdf

Nanoguld sätter färg

Attraktiviteten hos guld ökar oftast med mängd och storlek. På nanoskala får dock guld helt nya egenskaper som bland annat kan användas för att detektera virus eller mäta interaktionen mellan ett protein och receptorer i ett cellmembran.

MIN AVHANDLING behandlar utveckling och användning av bioanalytiska sensorer baserade på nanostrukturerat guld, det vill säga guldstrukturer som är ungefär tusen gånger mindre än vidden på ett hårstrå. Medan de flesta är vana vid att se guld som lätt gulaktigt (det vi menar med guldfärgat), skimrar nanoguld istället i specifika färger. Fenomenet baseras på att ljus av ”rätt” färg kan excitera så kallade plasmoner, eller kollektiva svängningar av elektronerna i nanoguldet. Sedan urminnes tider har nanopartiklar av guld och andra metaller bäddats in i glas som ett sätt att ge det fina färger, till exempel i äldre kyrkfönster.

På senare tid har det uppmärksamats att nanoguldets färg är beroende av vad som finns i den närmsta omgivningen. En förändring i omgivningens brytningsindex, till exempel då biomolekyler fastnar på strukturen, resulterar i ett färgskift. Det gör det möjligt att studera inbindningsprocesser genom att helt enkelt mäta förändringar i guldstrukturens färg.

Sensorer som baseras på det här fenomenet kallas nanoplasmonsensorer och är grunden för arbetet som resulterat i min avhandling. I vissa projekt har vi använt guldparklar som sitter fast på en glasyta medan andra projekt har varit baserade på tunna guldfilmer perforerade med nanohål. Strukturerna tillverkas under kontrollerade former i speciellt utformade renrum och genom en kombination av olika mikro- och nanofabrikationstekniker.

ETT AV DE VIKTIGASTE användningsområdena av bioanalytiska sensorer är detektion eller koncentrationsbestämning av specifika biomolekyler i en provlösning,

till exempel koncentration av ett visst protein i ett blodprov. Det gör biosensorer till oerhört viktiga hjälpmedel inom en rad olika områden, såsom läkemedelsutveckling, klinisk diagnostik, analys av mat och dricksvatten med mera.

Med avseende framför allt på medicinsk diagnostik och läkemedelsutveckling är det viktigt att poängtera betydelsen av den stora grupp proteiner som är inbäddade i cellmembranet, det skyddande hölje som omsluter alla celler i kroppen. Mer än hälften av alla läkemedel riktar sig åt just membranproteiner och andra processer som är associerade med cellmembranet. En viktig del av forskningen som behandlas i avhandlingen har därför varit utveckling av nanoplasmonsensorer som är kompatibla med studier av cellmembran. Till vår hjälp har vi använt så kallade vesiklar, liknande små celler, men långt ifrån lika komplexa. Medan vanliga cellmembran innehåller en stor mängd olika komponenter (bland annat olika lipider, proteiner och kolhydrater) kan man i detalj kontrollera kompositionen i vesiklarnas membran. Det gör det möjligt att studera enskilda processer en i taget. Till exempel kan vesiklarnas membran modifieras med receptorer för detektion av ett visst protein eller virus.

Genom att täcka in plasmonstrukturerna med ett tunt lager kiseldioxid, alltså glas, fick vi vesiklarna att först fastna på sensorytan och sedan spricka upp och tillsammans bilda ett homogent artificiellt cellmembran på den nanostrukturerade sensorytan. Vi kunde sedan studera interaktionen mellan protein och receptorer i membranet genom att i realtid följa färgskiftningarna hos plasmonstrukturen.

FÖRUTOM ATT MÄTA inbindningsprocesser

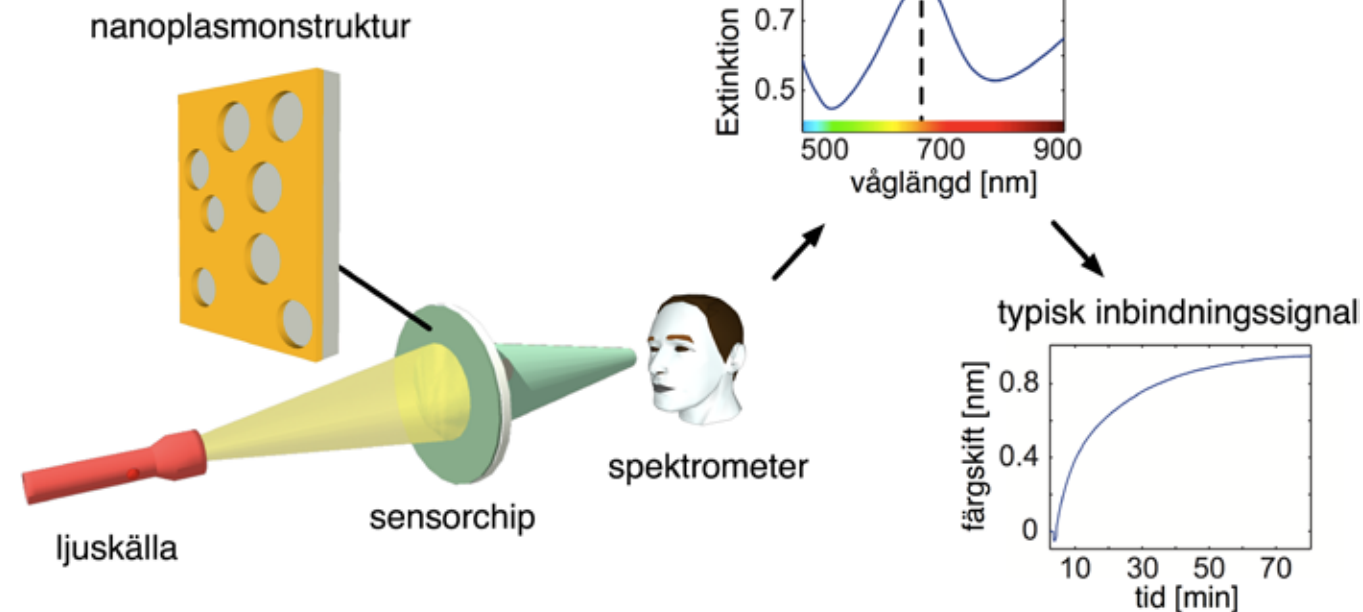
har vi visat att man kan använda nanoplasmonsensorer för att studera strukturomvandlingar. Konceptet är baserat på att känsligheten för förändringar i omgivningen är högst närmast guldytan och sedan avtar mycket snabbt, redan inom tiotals nanometer, med avståndet från sensorn. Det betyder att en förändring i hur biomolekylerna är orienterade kring strukturen kan ge upphov till ett färgskift. Genom att studera processen där inbundna vesiklar spricker och bildar ett artificiellt cellmembran på ytan kunde vi visa att konceptet fungerar. Under strukturomvandlingen förflyttar sig den genomsnittliga distributionen av molekyler närmare ytan där känsligheten är högre, vilket gav upphov till ett färgskift och motsvarande sensorsignal. Metoden har sedan använts av andra forskargrupper för att bland annat studera strukturella förändringar hos protein bundet till sensorytan.

UTÖVER ATT GÖRA våra biosensorer så känsliga och robusta som möjligt och konkurrenskraftiga gentemot de instrument som finns representerade på marknaden är vi intresserade av att utveckla helt nya koncept, gärna baserade på unika möjligheter med just nanoplasmonik. Att använda den lokaliserade känsligheten för att mäta strukturomvandlingar är ett exempel på det.

Vi har även utforskat unika möjligheter med specifika plasmonstrukturer, framför allt baserade på guldfilmer perforerade med nanohål. Till skillnad från guldparklar utspridda på en yta är en perforerad guldfilm kontinuerlig och elektriskt ledande. Vi använde oss av det för att kombinera vår optiska sensor med en annan teknik baserad på en vibrerande

på biosensorerna

Schematisk illustration av konceptet att använda nanoguld som biosensor. Färgen hos plasmonstrukturen studeras med hjälp av en ljuskälla och en spektrometer. Toppen i det optiska spektrumet följs i realtid och dess skift ger information om inbindning av biomolekyler till receptorer på ytan.



piezoelektrisk kvartskristall (likt de som används i klockor), vars mekaniska resonansfrekvens förändras när biomolekyler fastnar på ytan. Plasmonhålfilmerna kunde användas både som nanoplasmonsensor och som elektrod för att excitera vibrationerna i kvartskristallen. Mest intressant är kanske att den kombinerade sensorn visade sig bidra med mer information än de båda metoderna tillsammans då de används var för sig.

NANOHÅL ÄR OCKSÅ unika i att de kan designas utan botten, så att de blir tillgängliga från båda håll. En sådan struktur kan ge upphov till ett flertal nya typer av sensorapplikationer. Hittills har vi fokuserat på möjligheten att flöda provlösning genom hålen, som på så sätt inte bara används som sensorelement, men även som nanofluidiska kanaler. Vi visade att konceptet kan användas för att förbättra transporten av biomolekyler till sensorytan och därmed kraftigt minska tiden det tar att få en detekterbar signal jäm-

fört med traditionella sätt att mäta. Med tanke på att detektionstiden är en vanlig begränsande faktor i sensorapplikationer är vår förhoppning att konceptet kan komma till nytta i flera olika sammanhang, framför allt vid mätningar av låga koncentrationer i små provmängder.

EFTER ATT HA diskuterat en rad olika mer eller mindre exotiska sätt att använda nanoplasmonik i bioapplikationer bör påpekas att en av de stora fördelarna med nanoplasmonsensorer är enkelheten med konceptet. I mitt avhandlingsarbete har enkelheten vidareutvecklats genom att omvandla den optiska sensorresponsen till en elektrisk signal direkt på våra

sensorchip. Konceptet bygger på att placera guldnanostrukturer på ljuskänsliga dioder (solceller) och att arbeta endast vid en våglängd. Ett färgskift hos plasmonstrukturerna resulterar då i en förändring i intensitet av det ljus som träffar dioderna, vilket ger en motsvarande förändring i den elektriska signalen, som enkelt kan avläsas. Jämfört med att mäta färgskift med en spektrometer kan både storlek och pris reduceras betydligt med det utvecklade konceptet och vår förhoppning är att det kan leda till mindre och billigare diagnostiska instrument för användning i hemmet, på flygplatsen eller i utvecklingsländer.

MAGNUS JONSSON

Magnus Jonsson har doktorerat i biofysik vid Chalmers tekniska högskola med Fredrik Höök som handledare. Han försvarade sin avhandling den 7 december 2010 med Harold Craighead från Cornell University som opponent.

Läs mer: Avhandlingen "Nanoplasmonic Biosensing – Exploring Unique Possibilities" kan laddas ner från www.mjonsson.com.

En intervju med Magnus Jonsson finns på nästa uppslag.

Fångad av forskningsprocessen

Hur var det att doktorera?

– Det var kul! Jag trivdes väldigt bra, speciellt med att det var så varierande. Jag har arbetat praktiskt i labbet, undervisat och handlett studenter, skrivit artiklar och ansökningar och presenterat resultat på konferenser. Det är roligt, och lärorikt, med många olika roller.

Vad var den största utmaningen?

– Att hålla hoppet och modet uppe när det gått trögt att få fram resultat.

Vad är du mest stolt över?

– Att vårt arbete, genom diverse utmärkelser och liknande, visat sig ligga i forskningsfronten även på internationell nivå.

Varför bestämde du dig för att doktorera?

– Jag tyckte att det var väldigt kul att prova på att forska under examensarbetet. Det kändes naturligt att fortsätta när möjligheten dök upp. Jag läste några bio-

logikurser i mitten av fysikutbildningen och tyckte att det vore intressant att kombinera. Därför blev det biofysik.

Vad gör du nu?

– Jag forskar som postdok i Delft i Holland. Det är fortfarande inom biofysik och jag använder samma nanofenomen som tidigare, men det handlar om en annan typ av sensorer. Det går ut på att studera DNA och hur DNA fungerar i naturen. De har en helt annan typ av kompetens här så jag räknar med att lära mig mycket.

Vad har du för framtidsdrömmar?

– En av drömmarna är att få ha min egen forskningsgrupp. Men det vore också kul att få prova på något inom industrin så småningom. Jag försöker helt enkelt haka på det som kommer i min väg. Men jag tror nog att jag kommer att flytta tillbaka till Sverige.

INGELA ROOS



Magnus Jonsson

Ålder: 30 år

Bakgrund: Uppväxt i Kvänum. Läste fysik och började doktorera vid Lunds universitet innan forskargruppen flyttade till Chalmers.

Intressen: Att spela och lyssna på musik. Har nyligen börjat spela squash.

Familj: Föräldrar och syskon i Sverige

Forskning: Nanobiofysik

Onsala rymdobservatorium

Alla - såväl skolor som allmänhet - är på avtalad tid hjärtligt välkomna på studiebesök!

För bokning, kontakta observatoriet via Chalmers växel: 031-772 10 00 www.chalmers.se/oso



“Arwen” är vassast i Europa

Linköpings universitet har invigt sitt nya elektronmikroskop. Flera meter av korrektorer och ett skräddarsytt hus gör upplösningen bäst i Europa. Nu räknar de med att locka materialforskare från hela världen.

SOM ETT TJOCKT, avsågat rör sticker det nybyggda Ångströmhuset upp ur marken på Campus Valla i Linköping. Med sin sneda, speciella form och titanbeklädda fasader är byggnaden spektakulär. Men för fysiker är insidan minst lika intressant – här finns Arwen som är Europas och ett av världens vassaste transmissionselektronmikroskop. Med en upplösning på under 0,7 Ångström, det vill säga knappt hälften av avståndet mellan två atomer i en kristall, kommer materialforskarna att kunna se detaljer som ingen tidigare har sett.

– Det är som med fotografi. Ju mer detaljrikedom desto bättre ser man hur material är uppbyggda, i synnerhet vid mellanytor och defekter där den atomära staplingssekvensen bryter det annars regelbundna mönstret, säger Per Persson som är forskare i elektronmikroskopi i gruppen för tunnfilmfysik vid Linköpings universitet.

Hemligheten bakom den höga upplösningen är så kallade korrektorer som kompenserar för aberrationer, alltså linsfel. Aberration har nämligen under decennier varit det som mest begränsat möjligheterna till förbättrad upplösning.

– Idén till korrektorer har funnits i ett halvsekel. Men på grund av instabilitet i elektroniken som styr dem har man inte lyckats bygga dem förrän nyligen, säger Per Persson.

DE MÅNGA KORREKTORERNA gör mikroskopet nästan fyra meter högt, vilket ökar kraven på upphängningen. Bara några mikrometers förskjutning av linserna påverkar instrumentet.

– Det är verkligen som prinsessan på ärten, säger Per Persson.

Därför är Ångströmhuset skräddar-



Ångströmhuset (ovan) huserar det nyligen invigda elektronmikroskopet Arwen (till höger).

sytt för att ge mikroskopet Arwen (namnet är hämtat från Tolkiens värld) en skyddad miljö. Byggnaden var först tänkt att ligga i anslutning till Fysikhuset, men markförhållandena visade sig endast duga i andra änden av campusområdet, bakom slöjdhuset.

– Det passar ju, vi sysslar med atomslöjd, säger Per Persson.

Här går berg av tillräckligt hög kvalitet i dagen och mikroskopet står nu på en betongklump som är förankrad i berget. Trettio centimeter tjocka betongväggar skyddar det från vibrationer utifrån och från övriga huset, till exempel människors fotsteg. Ett hölje av aluminiumplåt avskärmar elektromagnetisk strålning utifrån. Innanför betongväggarna står mikroskopet i en egen ”garderob” där luften står i det närmaste stilla och temperaturen hålls konstant för att undvika värmeexpansion.

– Bortförsel av spillvärme är ganska kritiskt. Här har vi vattenburen kyla för att minimera luftflöden och vibrationer från fläktssystem, säger Per Persson.

I SLUTET AV oktober invigdes både den nya byggnaden och mikroskopet. Mikroskopet kostade nära 46 miljoner kronor och finansierades med ett bidrag från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse. Det är inköpt från holländska FEI Company och specialanpassat för att syna material som metaller, keramer och halvledare ner



Foto: Peter Modin, LiU

på atomnivå.

Per Persson tillhör gruppen för tunnfilmfysik. De forskar till exempel på hårda beläggningar för borrhäls och kulager och är speciellt intresserade av hur mellanytor, det vill säga området där beläggningen kopplar till det underliggande materialet, är uppbyggda.

– Det finns en oändlig mängd sätt på vilka de kan koppla till varandra. Vi måste skapa oss en definitiv bild av hur atomerna sitter.

Mikroskopet Arwen kommer först och främst att användas för Linköpings universitets materialforskning, men forskare från hela världen är välkomna att ansöka om elektronstråletid.

INGELA ROOS

Lärardagar i Lund

17-19 juni 2012, MAX IV-laboratoriet, Lunds universitet

MAX IV-laboratoriet i Lund, Sveriges nationella laboratorium för synkrotronljusforskning, bjuder in till några spännande dagar om naturvetenskaplig forskning.

Vid laboratoriet finns ett tjugotal experimentstationer till vilka fler än 800 forskare från hela världen årligen kommer för att undersöka kemiska, fysikaliska och biomedicinska egenskaper hos material och prover. MAX IV-laboratoriet utvecklas i dagsläget snabbt och uppbyggnaden av den nya anläggningen straxt utanför Lund beräknas vara klar 2015.

MAX IV-laboratoriet – en inspirationskälla

Vi vill stärka kontakten mellan gymnasieskolan och laboratoriet. Under de här dagarna ger vi dig som lärare en inblick i vad som sker på laboratoriet och möjlighet att tillsammans med kollegor och forskare diskutera på vilket sätt vi tillsammans kan utvecklas vidare.

Lärare från både Sverige och Finland är inbjudna att delta i lärardagarna 2012. Delar av programmet kommer att hållas på engelska.

Begränsat antal platser – Ansökan senast 5 mars 2012

Kursen har begränsat antal platser, 25 st. Möjlighet till resebidrag från Nationellt resurscentrum i fysik finns. Information om kursavgift, resebidrag och instruktioner om ansökan finner du på vår hemsida: www.maxlab.lu.se.

Ansökningsperioden är öppen mellan 16 januari och 5 mars. Information till de som ansökt går ut vecka 14.

Mer information

Lärardagen arrangeras i samarbete mellan Nationellt resurscentrum för fysik vid Lunds universitet och MAX IV-laboratoriet.



www.maxlab.lu.se

Experiment i fokus på undervisningskonferens

I september i år arrangerade Fysikersamfundets undervisningssektion en tvådagarskonferens på temat "Fysikdidaktik – läge och potential" tillsammans med Karlstads universitet. Experiment, och hur de kan användas i undervisningen, fick stort utrymme.

CHRISTIAN KARLSSON FRÅN Sigrud Rudebecks gymnasium och Sune Pettersson från Umeå universitet hade planerat en workshop där deltagarna fick möjlighet att bland annat pröva på ett urval av de kluriga uppgifter som finalisterna i Wallenbergs fysikpris ställts inför.

I grupper om fyra och fyra fick deltagarna ge sig i kast med ett av de experimentella problemen, och därefter berätta för övriga om hur man försökt lösa uppgiften. Efteråt diskuterades vad eleverna kan lära av att arbeta med experiment som dessa.

– Wallenbergprislabbarna kändes mycket användbara, säger Annika Forslund från Katedralskolan i Linköping.

Solceller, som inkörsport för arbete med energifrågor i stort, var temat för den andra workshopen. Efter att årets Göran Gustafssonpristagare, Ellen Moons, berättat om sin forskning för att ta fram effektiva och billiga solceller av plast, fick deltagarna mäta upp ström-spänning-karakteristika för solceller, och fundera över vad som händer när avståndet till ljuskällan ändras, eller delar av solcellen täcks över. Vilken verkningsgrad kan solcellen ha, och under vilka betingelser fungerar den bäst? Är det lättare att arbeta med ett spänning-ström-diagram än ett ström-spänning-diagram?

Laborationen, och ett tillhörande arbetsmaterial, har tagits fram i projektet *Sola i skola*, som drivits gemensamt av Karlstad universitet och Älvkullgymnasiet i syfte att stärka fysikundervisning om hållbar energi.



Daniel Dufåker och Mattias Andersson klipper till en vattenlins under en av konferensens workshops.

Foto: Lage Hedin

ETT MYCKET UPPSKATTAT inslag under konferensen var Carl Angells föreläsning under rubriken *Fysikdidaktik – status och utmaningar*. Angell är verksam vid universitetet i Oslo och har tillsammans med fem kollegor nyligen gett ut en lärobok i fysikdidaktik (se recension i Fysikaktuellt nr 3/2011). I sin föreläsning tog han bland annat upp hur elever, när de möter fysikämnet, inte bara har alternativa föreställningar, som ofta är felaktiga men konsistenta, utan också intuitiva idéer, som till stor del kan vara riktiga men inte konsistenta, och att det därför inte räcker att utmana deras alternativa föreställningar. Deltagarna fick också höra om modellering som en metod för att lära sig fysik, och om olika representationsformer i fysik.

Ett annorlunda inslag stod Susanne Engström från Mälardalens högskola för. Hon redogjorde för sin undersökning av fysiklärares syn på sitt arbete. Ett stort antal gymnasielärare i fysik hade ombetts svara på ett stort antal frågor om allt från föräldrarnas yrken till hur mycket de utgick ifrån en lärobok i sin undervisning.

Tre grundtyper av lärare kunde urskiljas: en teknikfreak, en samhällsintresserad variant och en variant som var mycket mån om sitt ämne, fysik. Den sistnämnda typen visade sig vara den vanligaste!

EN KOSMISK RESA hanns också med, om än bara på låtsas. Susanne Walan och Karin Carling demonstrerade hur de arbetar med rymden som ett av fyra teman när skolelever bjuds in till Karlstads universitet.

Konferensens värd, Margareta Engström, kunde glädja sig åt att deltagarna gav hela arrangemanget ett gott betyg i den efterföljande utvärderingen.

– Fast kontakten med kollegor är trots allt största behållningen, tycker Ulf Jonasson från Burgårdens Utbildningscentrum i Göteborg.

Och fler träffar för fysiklärare ska det bli; undervisningssektionens styrelse har nu beslutat att ha årliga nationella sammankomster, vartannat år möten i samband med Fysikdagarna och åren däremellan konferenser som denna.

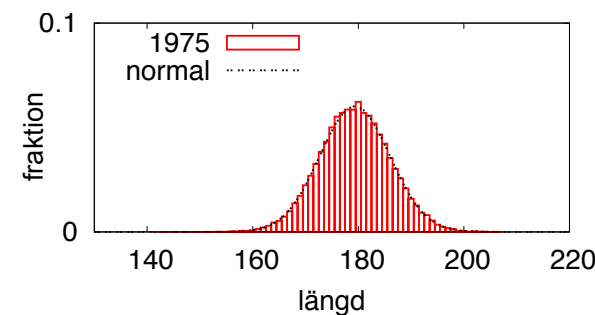
ANNE-SOFIE MÅRTENSSON
ORDF. I UNDERVISNINGSEKTIONEN

Om rättvisa och orättvisa fördelningar

Ibland hamnar man som fysiker långt bort i tassemarkerna utanför fysikens mer väl kartlagda områden. Då kan ändå fysikryggsäcken komma väl till pass. I det här fallet handlar det om att ordningen hela tiden ökar. Det kan man lätt konstatera om man glömmer att städa sitt skrivbord. I fysikböckerna står det att ett system strävar efter maximal entropi. Det är samma sak, för entropin mäter ordningen.

ALLA VET NOG att medellängden för svenska män i åldersgruppen 18 år är normalfördelad, liksom mycket annat i vår vardag (Figur 1). Vad som är utmärkande för normalfördelningen är att medelvärdet är mycket större än spridningen. I många all dagliga sammanhang uppfattar vi att ju mindre kvoten är mellan spridningen och medelvärdet, desto smalare och därför rättvisare är fördelningen. Det är ju lite löjligt eftersom normalfördelningen i sig inte har något att göra med mänsklig avundsjuka. Men det har faktiskt betydelse för vad jag berättar om här – när vi började med detta hade det redan gått troll i det hela sedan hundra år.

När jag vill förstå varför medellängden för svenska män är normalfördelad tänker jag som fysiker så här: Antag att gruppen består av N personer och att deras totala längd är L . Medellängden är då L/N . Jag delar in L i M mycket små delar och portionerar ut dessa delar slumpvis på personerna. Det motsvarar antagandet att varje person har lika stor chans att växa en liten del varje dag. Antalet små delar, k , som en person fått när fördelandet är slut svarar mot personens längd. Detta är detsamma som att slumpvis placera M bollar i N lådor. Den resulterande fördelningen är sannolikheten för att en



Figur 1. Medellängden av svenska män födda 1975 vid rekryteringen (data från Rekryteringsmyndigheten). Datat omfattar cirka 48 700 rekryter med en sammanlagd längd på ungefär 88 km.

person har en viss längd k . Entropin för fördelningen är

$$S = -\langle \ln P(k) \rangle,$$

där $P(k)$ är längdfördelningen och $\langle \rangle$ betecknar medelvärdet över fördelningen. Fördelningskurvan kan förutsägas från villkoret att entropin är maximal.

Precis hur fördelningen ser ut får man via variationskalkylen som utvecklades av matematikern Joseph Lagrange för 250 år sedan. Han talade om hur man utför maximeringen med hänsyn tagen till vad som är på förhand givet. Låt oss säga att vi i exemplet ovan vet medellängden och spridningen i förhållande till medellängden, samt att fördelningen är en sannolikhetsfördelning.

Genom att maximera entropin med hänsyn tagen till dessa på förhand givna villkor får man den mest sannolika fördelningen. Om dessutom spridningen är liten blir resultatet en normalfördelning. Vet jag medelvärdet och spridningen, så kan jag med hjälp av fysikens "maximala entropi"-verktyg förutsäga formen på fördelningen. Och som figur 1 visar är det en god förutsägning, mycket säkrare än väderleksrapporten.

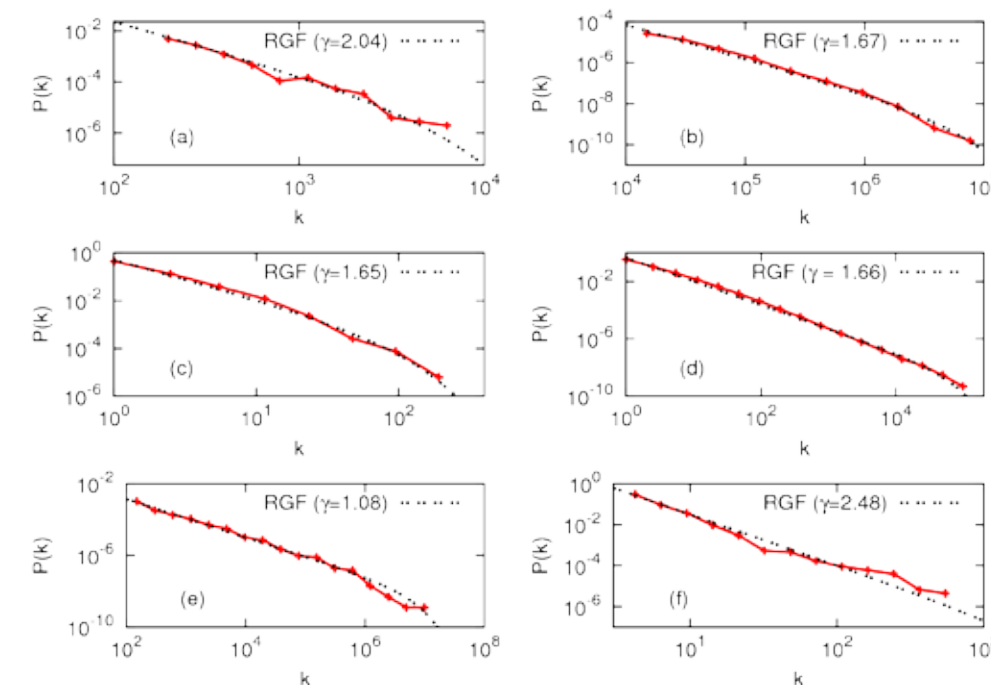
I SLUTET AV 1800-talet upptäckte nationalekonomen Vilfredo Pareto att fördelningen av rikedomar bland en befolkning inte är normalfördelad utan tycktes ha

formen av en potenslag ($P(k) \sim k^{-\gamma}$). Figur 2a visar förmögenhetsfördelningen år 2011 bland USA:s rikaste personer i en log-log-plott. Plotten visar att fördelningen verkligen är mycket skev liknande en potenslag (data faller nästan längs en rät linje). Den illustrerar också att USA:s rikaste man, Bill Gates (datapunkt med största k) är trettio gånger rikare än medelvärdet av de fyrahundra redan fabulöst rika rikaste knösarna. En så sned fördelning av rikedomar kan lätt uppfattas som lite oetisk och orättvis.

Skillnaden mellan den normalfördelade medellängden och den potenslagslika rikedomsfördelningen är just skevheten: en längdens Bill Gates skulle vara över 50 mil lång. Det var här det gick troll i det hela. Hur kunde uppkomsten av den breda fördelningen förklaras?

När det gällde fördelningar av rikedomar försökte man sig naturligt nog på förklaringar i termer av mänskligt ekonomiskt agerande och habegär. Problemet var bara att man i början av nittonhundratalet också upptäckte att storleken på städer följer samma breda fördelning (Figur 2b). Detta försökte man förklara med utgångspunkt från hur en population kan tänkas växa och utveckling av handel och samfärdsel.

Fast då fann man att fördelningen av biologiska arter i släkten också hade samma fördelning och det borde ju ha något med den biologiska utvecklings-



De prickade kurvorna är vad RGF-teorin förutsäger att fördelningen borde vara i de olika fallen. RGF-kurvan har formen $P(k) \sim e^{-bk}/k^\gamma$ och det förutsagda värdet på γ är angivet i figurerna.

läran att göra (Figur 2c). Men så fann man dessutom att ordfrekvensen i en bok såg precis likadan ut (Figur 2d), vilket kanske hade nått att göra med hur man skriver en bok eller hur språket har uppkommit och utvecklats. Fast samma kurva beskrev också fördelningen av hur vanliga efternamnen är i ett land (Figur 2e), vilket nog måste vara kulturellt betingat. Eller hur många andra substanser som en viss substans relaterar till i det kemiska nätverk som beskriver metabolismen i en mänsklig cell (Figur 2f), vilket kanske har något att göra med kemi eller livets uppkomst och utveckling. Och så vidare.

Vissa av förklaringsförsöken fick lite suggestiva namn som "rikare blir rikare", "Matteuseffekten" (åt den som har skall varda givet), "principen om minsta ansträngning", "Zipf's lag", "prefererad anslutning", och "proportionell tillväxt".

Gemensamt för dessa förklaringar är att de alla är mer eller mindre systemspecifika: Man antog att den skeva fördelningen i varje enskilt fall återspeglade specifika egenskaper hos systemet ifråga. Det svarar mot att man försöker relatera längdfördelningen av svenska män mer

direkt till männens speciella gener och livsföring.

Herbert Simon, nobelpristagare i ekonomi, lanserade i mitten på femtiotalet tanken att om så många helt olika företeelser beskrivs av samma skeva distribution, så borde förklaringen vara mera allmän och inte bero på systemspecifika egenskaper. Hans eget förslag kallas Simon-modellen och är en stokastisk tillväxtmodell, men faktum är att den inte beskriver data särskilt väl.

VI, ALLTSÅ JAG och några medarbetare på IceLab i Umeå, snubblade in i detta område via försök att förstå komplexa nätverk. Som fysiker utgick vi från entropibegreppet och försökte hitta en allmän beskrivning motsvarande den för normalfördelningen skisserad ovan.

Vår utgångspunkt var att det egentligen enda gemensamma för alla dessa företeelser är just att ett antal element delas in i grupper: elementen kan vara personer, ord, arter, eller substanser. Grupperna kan vara förmögenhetsklass, innevanare i städer, personer med samma efternamn, biologiska släkten, hur många gånger ett ord förekommer i en text, eller hur

många kopplingar en substans har i ett kemiskt nätverk. Men istället för att associera elementen direkt med en grupp resonerade vi att det i många fall är naturligare att associera element med varandra. Till exempel om grupperna är städer och elementen personer, så kan stadernas folkmängd tänkas förändras genom att person A flyttar till samma stad som person B oavsett vilken stad B bor i. Om en stad har k innevanare så finns de k olika individer som kan utgöra en lockelse till just den staden. Ett mått på informationen som krävs för att lokalisera en viss person bland k innevanare ges av

$$I = \ln k$$

och den genomsnittliga informationen som krävs är således

$$\langle I \rangle = \langle \ln k \rangle.$$

Man kan visa att det optimeringsvillkor som svarar mot maximum av entropi i detta fall också kan uttryckas som att fördelningen ges av minimum för genomsnittsinformation när entropin och medelvärdet är på förhand givna.

Figur 2.

- a) Förmögenhetsfördelningen $P(k)$ för USA:s förmögaste personer år 2011 (rikast: Bill Gates; k =antal 10 miljoner dollar).
- b) Befolkningsfördelningen i USA:s counties år 2000 (störst: LA; k =antal invånare).
- c) Däggdjursarternas fördelning på släkten (störst släkt: vittandad näbbmus; k =antal arter)
- d) Ordfrekvensen hos Thomas Hardy (mest använt ord: the; k =antal gånger ett ord förekommer).
- e) Fördelningen av personer på familjenamn i Korea år 2000 (vanligast: Kim; k =antal personer).
- f) Fördelningen av hur många länkar de kemiska substanserna har i det kemiska nätverk som reglerar metabolismen i den mänskliga cellen (vanligast: H₂O; k =antalet länkar).

Nu vet man förstås inte entropin på förhand, men då kan man istället självkonsistent kräva att lösningen ger rätt värde på antalet element i den största gruppen. Analogt med längdfördelningsproblemet ger maximum-entropi-principen i detta fall formen på fördelningen, förutsatt att man på förhand vet medelvärdet och antalet element i den största gruppen.

Detta har vi kallat den slumpvisa gruppformationens fördelning, på engelska *random group formation* (RGF). Poängen är att den liksom normalfördelningen ger en förutsägelse som kan testas. De prickade kurvorna i figur 2 är samtliga just RGF-förutsägelse för sex helt väsensskilda system. En sådan överensstämmelse mellan teori och verklighet piggar upp (Figur 3).

En enda teori beskriver data från så vitt skilda områden som ekonomi, kulturgeografi, ekologi, lingvistik, sociologi och biologisk kemi. Hur är det möjligt? I varje exempel måste det ju finnas en orsakskedja som leder fram till resultatet. Alla dessa orsakskedjor måste vara totalt olika.

Svaret är att orsakerna i orsakskedjorna i dessa fall suddat ut sig själva. Knappast något orsakssavtryck finns kvar i resultatet: Tänk dig att du hittar en väl blandad kortlek. Då kan du inte genom att studera kortens ordning i leken sluta dig till hur den blandades. Det kan ha varit en professionell pokerspelare som medvetet blandat den. Men det kan lika gärna ha varit en uttråkad person som omedvetet blandade den genom att bygga korthus hela kvällen.

PETTER MINNHAGEN
UMEÅ UNIVERSITET

Läs mer:

www.physicstoday.org/daily_edition/points_of_view/just_and_unjust_distributions

www.nature.com/nature/journal/v476/n7359/full/476128b.html

www.nature.com/nature/journal/v474/n7350/full/474164a.html

www.sciencemag.org/content/327/5961



Illustration: Mats Minnhagen

Figur 3. En glad fysiker.
(Från ABC-bok för Fysiknyfika)

Fysikaktuelltts porträttserie för oss den här gången till Norge. Möt Nicklas Rör som sätter mobiltaxorna hos Telenor.

Sätter pris på samtalen

Berätta om ditt jobb – vad gör du?

– Jag jobbar på Telenor med prissättning av olika telekomtjänster. Det handlar dels om klassiska priser som minuttaxa och sms-pris, men också de lite nyare prisplanerna med datatrafik. Jag jobbar ganska konkret med prissättning, både detaljerat och mer övergripande strategiskt.

Min roll i teamet är marknadsanalys-expert. När det gäller prissättning är det ganska svårt att fråga folk vad de är villiga att betala – de svarar i princip alltid ”så lite som möjligt”. Därför jobbar vi med en mer avancerad typ av marknadsundersökning, så kallad conjoint-analys. Vi sätter upp olika situationer där pris vägs mot någonting annat, för att se hur priskänsliga deltagarna är.



Nicklas Rör

Arbete: Prisanalytiker på Telenor
Utbildning: Doktorsexamen i teoretisk fysik från Karlstads universitet
Bor: I Oslo sedan fyra år tillbaka

Ålder: 36 år

Familj: Sambo

På fritiden: Gillar att umgås med vänner, resa och att åka skateboard. Har nyligen köpt ett sommarhus i Värmland – ”min intention är att bli mer av en handy-man”.

Har det alls någon koppling till fysik?

– Nej, jag håller på med ren businessverksamhet. Det är ingen fysik alls, men ganska mycket statistik.

Du har doktorerat i teoretisk fysik, närmare bestämt inom vad?

– Jag höll på med fundamental fysik med inriktning mot allmän relativitetsteori. Dels forskade jag kring vad som händer när massiva stjärnor dör. När de kollapsar uppstår starka gravitationsfält som kräver en allmänrelativistisk beskrivning. Den andra delen handlade om kosmologi. Där behövs den allmänna relativitetsteorin för att det handlar om så stora skalor.

Hur kom det sig att du blev marknadsanalytiker på Telenor?

– Det var några bananskal. Jag disputeerade i december 2006. Efter det hade jag lite svårt att se var jag skulle kunna jobba med min doktorstitel i fundamental fysik i bagaget. Sett ur företagsperspektiv hade jag mest ”flummat” i ett antal år. Det är lite svårt att argumentera för sin doktorsutbildning, åtminstone här i Skandinavien.

Efter någon månad som arbetslös sökte jag och fick en tjänst som statistiker på ett marknadsundersökningsföretag i Norge. Jag jobbade där i tre år och lärde mig mycket om statistik, marknadsföring och kundinsikt. Jag blev expert på conjoint-metoden och på grund av det blev jag headhuntad till Telenor där jag började i juli 2010.

Hur ser en dag på jobbet ut?

– Det är väldigt varierande. Min grupp fungerar som en intern konsultgrupp som jobbar mot alla de 13 länder som Telenor finns i. Om ett land till exempel vill lansera en ny prisportfölj gör jag marknadsundersökningar och analyserar resultaten från kundundersökningar. Det blir ganska mycket resande, jag kom just hem från Thailand.

Saknar du fysiken?

– Ja, det gör jag. Det är ju en del av mig som får för lite utrymme nu. Min dröm är att någongång i framtiden kunna kombinera det jag lärt mig nu med min fysikbakgrund.

Vad är det allra roligaste med ditt arbete?

– Alla människor jag träffar. Jag reser en del och det är stor spridning mellan olika kulturer och personligheter bland de jag träffar. Och så är det väldigt utvecklande, det är spännande att gå från akademisk fysikermiljö in i businessmiljö – det är två helt olika världar.

Vilken är den största skillnaden mellan dessa världar?

– Som naturvetare har man ganska strikta krav när man gör analyser. I businessvärlden är det snabbare tempo, färre analyser och fler antaganden. Det är ett annat mentalt förhållningssätt som är lite provocerande ovetenskapligt ibland. Ibland kan folk ta väldigt viktiga businessbeslut trots att underlaget är magert.

Vad gör du om tio år?

– Eventuellt är jag kvar i den här branschen, eller så är jag i en helt annan bransch som i så fall förhoppningsvis ligger närmare fysiken.

INGELA ROOS

Optics and Components
Instrumentation
Lasers
Filters
Light sources
Laser safety

LASER 2000
The Future of Photonics

25 Years
PHOTONICS
LASER 2000

Laser 2000 GmbH
Strandbergsgatan 61, 3tr
SE-112 51 Stockholm

Tel: +46 8 555 36 235
Fax: +46 8 555 36 122
info@laser2000.se

We serve the following markets:

Biotechnology, Life Science, Automation/Machine Vision, Aerospace/Defence and more

Lasers and Light sources • Optical filters • Optomechanics • Laser Protection • Optical instrumentation • Colorimetry systems

Your European Source for Optical Technologies

www.laser2000.se

Body Mass Index – en köttplattas tjocklek

Det har länge funnits ett medicinskt intresse för säkra och enkla metoder att uppskatta ett allmänt hälsotillstånd hos människor. Body Mass Index (BMI), idag den kanske vanligaste metoden som används i detta syfte, definieras som kvoten mellan vikten och höjden i kvadrat och ger en snabb uppfattning om riskbilden kring sjukdomar relaterade till övervikt. Det visar sig att detta fysiologiska mått också har intressanta fysikaliska aspekter.

INDEXET FÖR KROPPSMASSA, idag känt som *Body Mass Index* (BMI), föreslogs redan 1832 av den belgiske matematikern, astronomen och statistikern Adolphe Quetelet. Han var en av den statistiska vetenskapens pionjärer och framför allt intresserad av att studera människokroppen och det mänskliga beteendet.

Quetelet tillämpade ”normalfördelningen” när han försökte karaktärisera genomsnittsmänniskan i många olika avseenden, till exempel vanliga kroppsmått eller när medelmänniskan gifter sig. Han stötte dock på svårigheter när han ville passa in människans vikt- till höjdförhållande till denna typ av fördelning.

Genom att djupare studera förhållandet mellan vikt och höjd fann han att för vuxna var vikten proportionell mot höjden i kvadrat och inte i kubik som man

Uppfattningen att övervikt skulle vara ett tecken på välstånd vände i mitten på 1800-talet.

intuitivt kan tro. Uppmärksammas bör att det alltså var för att kunna karaktärisera människan, och inte för att hitta ett mått på fetma eller övervikt, som Quetelet utvecklade sitt index (vikt/höjd²). Quetelet är också känd som fadern till vad vi idag kallar *social physics*.

Uppfattningen att övervikt skulle vara

BODY MASS INDEX

Beräknas genom att dividera din vikt med din höjd i kvadrat (kg/m²).

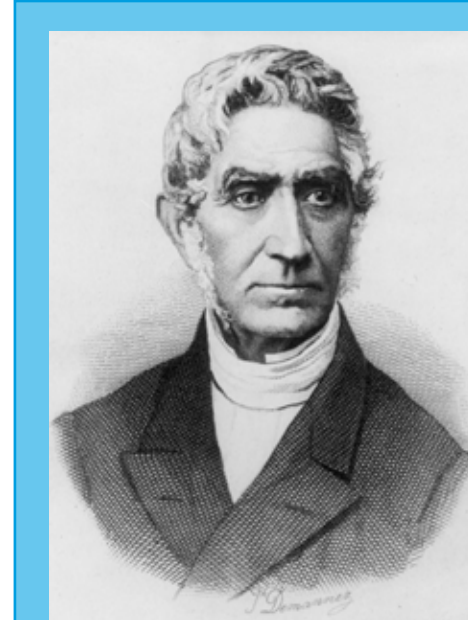
Klassificering enligt WHO:

< 18,5	undervikt
18,5–25	normal
25–30	övervikt
> 30	fetma

ett tecken på välstånd vände i mitten på 1800-talet. Då började man uppräcka att övervikt ökade risken för en rad sjukdomar, och därmed också en för tidig död. Ett standardmått för att klassificera övervikt behövdes. 1972 gjorde därför forskaren Ancel Keys en studie av 7400 män från fem olika nationer där just Quetelets index visade sig karaktärisera övervikt bäst. Ytterligare fördelar med indexet är att det är både snabbt, kostnadsfritt och enkelt att beräkna. Keys döpte om indexet till det idag mer kända Body Mass Index (BMI).

BÅDE QUETELET OCH Keys varnade för att dra för stora slutsatser vid användandet av BMI på enskilda individer, då det ibland kan vara fullständigt missvisande. Detta beror till stor del på att indexet inte gör skillnad på om massan utgörs av fett eller muskler. BMI tar heller inte hänsyn till var på kroppen massan är placerad, vilket kan ha väldigt stor betydelse.

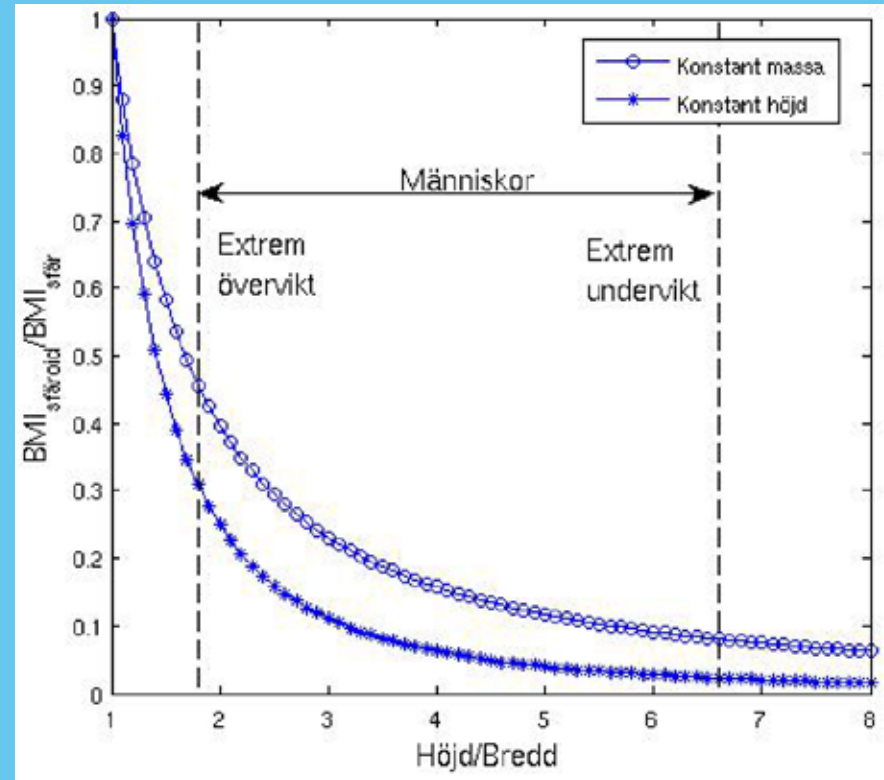
Något att uppmärksamma är att indexet faktiskt ökar med genomsnittsdensiteten. Detta innebär alltså att om fett



Figur 1. Adolphe Quetelet (1796-1874)
Quetelet föddes och växte upp i staden Gent i nordvästra Belgien. Som barn var han nyfiken och mycket talangfull inom både teoretiska och praktiska ämnen så som matematik, bild och skulptur. Efter att ha doktorerat på universitetet i Gent, fick han möjligheten att studera astronomi i Frankrike. Där mötte han flera stora matematiker som Joseph Fourier, Siméon Poisson och Pierre Laplace, och med det växte hans intresse för sannolikhet och statistik.

ersätts med muskler skulle den totala kroppsvikten öka, eftersom muskler har högre densitet än fett. Därmed skulle också BMI öka, vilket kan leda till en felaktig slutsats av den nya hälsobilden. I praktiken ser vi dock att människans medeltäthet bara varierar med några procent även om vi varierar fetthalten med drygt 40 procent av totala kroppsvikten, så några stora skillnader blir det emellertid inte.

Eftersom BMI enbart beror av vikt och höjd hos en människa kommer två personer med samma vikt och höjd också alltid att ha samma BMI. Massans fördelning på kroppen spelar således ingen roll.



Figur 2. BMI för en prolat sfäroid, alltså en långsmal rotationsellipsoid, normaliserat till BMI för en sfär. Den övre kurvan, med cirklar, beskriver den relativa BMI-förändringen hos sfäroiden när den och sfären har samma massa. Den undre kurvan, med stjärnor, beskriver den relativa BMI-förändringen hos sfäroiden när den och sfären har samma höjd. Mänskliga spannet sträcker sig mellan de två vertikalt streckade linjerna.

För att se hur BMI påverkas av höjd- och viktförändringar väljer vi att studera en sfäroid, ett fundamentalt geometriskt objekt som kan ses representera en människa, med konstant densitet. Vi studerar två olika perspektiv. Det ena är ett populationsperspektiv där massan hålls konstant och BMI därför enbart beror av höjden. BMI blir då proportionellt mot (höjd/bredd)^{-4/3}, vilket illustreras med cirklar i figur 2. Vid jämförelser kan man se hur BMI skiljer sig mellan olika individer av samma vikt men olika höjd. Det andra är ett individuellt perspektiv, då hålls istället höjden konstant och BMI varierar enbart med massan. I det här fallet sker alla formförändringar på bredden.

BMI blir då proportionellt mot (höjd/bredd)⁻², vilket illustreras med stjärnor i figur 2. Ur detta perspektiv sett är BMI alltså proportionellt mot midjemåttet (medel) i kvadrat.

MÅNGA BERÄKNAR SITT BMI regelbundet för att hålla koll på sin vikt och de flesta tror sig ha en bra känsla för indexet. Något ickeintuitivt med BMI är att det är olika för två olika stora personer även om de har samma proportioner! För att belysa detta kan man se tillbaka på den välkända sagan Gullivers resor av Jonathan Swift (1726).

Både Lilliputanerna och jättarna från Brobdingnag hade samma proportioner

som Gulliver, men Lilliputanerna var tio gånger mindre än Gulliver, och jättarna tio gånger större. Detta skulle dock resultera i att Lilliputanernas BMI skulle vara tio gånger mindre än Gullivers och jättarnas BMI tio gånger större.

Swift beskriver här att kroppsvikten skalar som höjden i kubik, vilket är ofysiologiskt. Detta skulle i praktiken innebära att jättarna kollapsade under sin egen kroppsvikt då deras ben och muskler skulle vara underdimensionerade. I själva verket, vilket Quetelet visade, skalar kroppsvikten snarare som höjden i kvadrat och således kan BMI appliceras på riktiga människor, men kanske inte alltid på sagofigurer.

Om man till sist tar en titt på enheten för BMI: kg/m², kan man tolka den som vikt per kvadratmeter om du skulle smeta ut dig själv till en kvadratisk köttplatta med sidan av din egen längd. Eftersom kroppens densitet är ungefär densamma som för vatten och 1 millimeter djupt vatten på en kvadratmeter väger ca 1 kg, så skulle man alltså kunna se BMI som höjden (i millimeter) av denna köttplatta.

En djupare tolkning av BMI som kvoten mellan metabolismen och förbrörd energi kan du läsa om i vår artikel *Body Mass Index – a physics perspective*.

HANNA GAWLITZA OCH OLOV WAHLSTEN
SOMMARPRAKTIKANTER PÅ CHALMERS

Läs mer:

Vår artikel "Body Mass Index – a physics perspective" finns på <http://arxiv.org/abs/1109.0296>

Vill du läsa mer historik kring Quetelet och utvecklandet av indexet, hänvisar vi till:
G. Eknoyan. (2008). Nephrology Dialysis Transplantation. Adolphe Quetelet (1796-1874) – the average man and indices of obesity. 23: 47-51.

Bombproblem kan lösas med kvantmagi

Att enstaka partiklar, som exempelvis fotoner, kan interferera med sig själva tillhör ett av kvantfysikens ofta omskrivna mysterier. Mindre välkänt är en lika häpnadsväckande som oundviklig följd av detta: den roll kontrafaktiska skeenden spelar i kvantfysiken. Ett tankeexperiment, konstruerat 1993 av Avshalom Elitzur och Lev Vaidman, belyser saken.

BGRUNDA FÖLJANDE problem: Du har en uppsättning bomber. Varje bomb är försedd med en ytterst känslig avtryckare i form av en liten spegel, se figur 1. Det räcker med att en enda foton reflekteras i spegeln för att bomben ska utlösas. Bombernas bäst före-datum har dock passerat. Det innebär att den känsliga utlösningmekanismen kan ha rostet igen och fastnat. Bomber där detta har skett utlöses inte när deras spegel träffas av en foton.

Du behöver nu en bomb. Men hur ska du hitta en som du kan vara säker på fungerar? Ett sätt är förstås att pröva bomberna, en i taget, genom att skicka fotoner mot deras speglar. Förre eller senare kommer du att hitta en som fungerar. Men när så sker har du inte längre kvar bomben i outlöst skick. Att undersöka en bomb utan att råka belysa dess spegel är för riskabelt och dessutom känner du inte till den exakta konstruktionen. Så hur gör du?

Problemet verkar sakna lösning. Om enda sättet att fastställa att en bomb verkligen fungerar är att låta en foton reflekteras i dess spegel så finns förstås ingen möjlighet att hitta en säkert fungerande bomb med mindre än att den exploderar. Eller?

FAKTUM ÄR ATT kvantfysiken tillhandahåller en lösning. Vi ska strax se hur detta är möjligt, men låt oss börja med att betrakta ett klassiskt interferensexperiment (se figur 2).

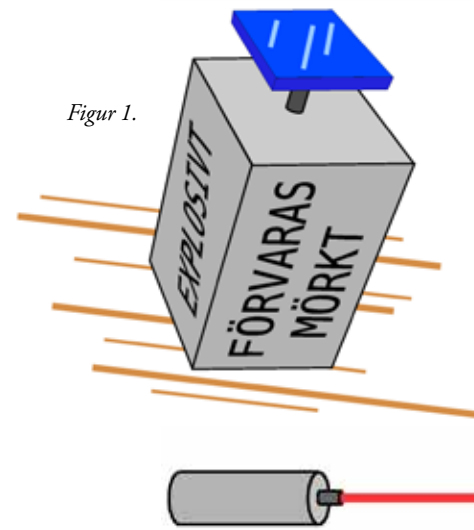
En ljusstråle faller in mot en halvgenomskinlig spegel, som delar upp strålen i två. De två strålarna reflekteras åter samman (med hjälp av två vanliga speglar)

mot en andra halvgenomskinlig spegel. Bakom denna finns ett par ljusdetektorer, *A* och *B*. Man kunde tro att ljuset skulle fördela sig lika i detektorerna, men så är inte fallet – allt ljus kommer att hamna i detektor *A* (förutsatt att de två strålvägarna är exakt lika långa).

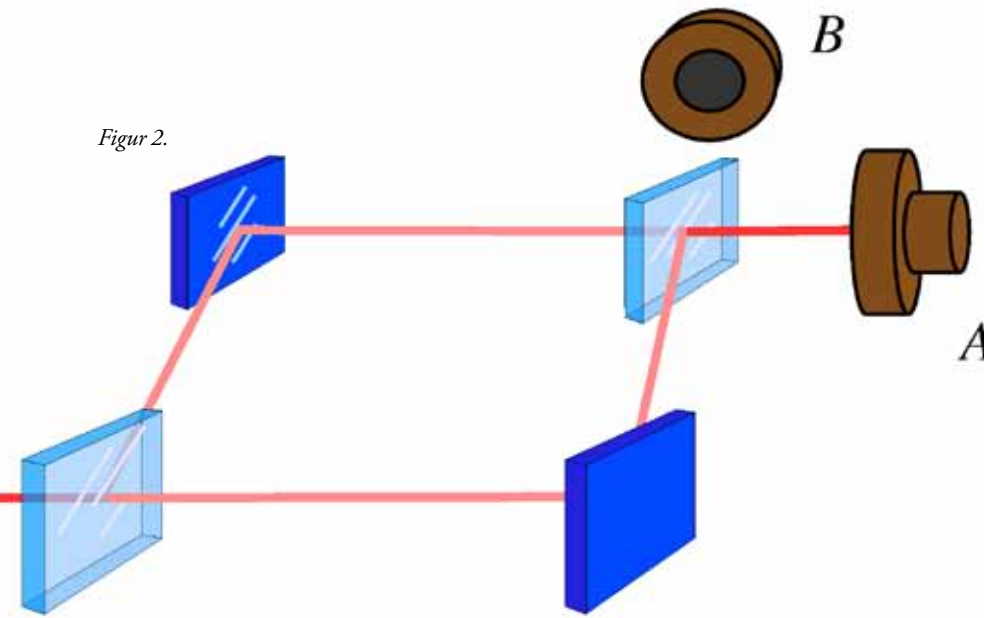
Fenomenet är ett exempel på interferens. För att förstå hur det uppstår måste man känna till att de två strålar som skapas i en halvgenomskinlig spegel – den transmitterade och den reflekterade strålen – är fasförskjutna i förhållande till varandra med en fjärdedels våglängd.

Betrakta nämligen de två tänkbara vägarna – den nedre respektive den övre i figur 2 – som ljuset skulle kunna ta för att nå detektor *B*. Ljus som tar den nedre vägen reflekteras inte i någon av de halvgenomskinliga speglarna, medan ljus som tar den övre vägen reflekteras i båda. Om varje reflektion i de halvgenomskinliga speglarna ger upphov till en förskjutning med en fjärdedels våglängd, innebär det att den sammanlagda förskjutningen mellan de två vägarna blir precis en halv våglängd. Men om en våg läggs ihop med en likadan våg som är förskjuten en halv våglängd, så släcker de två vågorna förstås ut varandra. Därför blir det mörkt i detektor *B*.

När det gäller de två vägarna som leder till detektor *A* är det annorlunda. Här reflekteras båda strålvägarna precis en gång i var sin halvgenomskinliga spegel. De två strålarna är således förskjutna exakt lika mycket när de passerat spegeln uppe till höger i figuren. Därmed kommer de att förstärka varandra; allt ljus från källan hamnar i detektor *A*.



Figur 1.



Figur 2.

Låt oss nu göra kvantfysik av detta. Vi tänker oss att strålkällans intensitet reduceras så till den grad att den bara sänder ut enstaka fotoner, säg, en i sekunden. Interferensen kommer trots det att kvarstå: varje foton kommer fortfarande att hamna i detektor *A*. Detta är ett i kvantfysiken typiskt exempel på när enstaka partiklar ger upphov till interferens. Fenomenet förutsätter naturligtvis att båda strålvägarna är öppna för passage – den kvantfysiska förklaringen är ju att varje enskild ftons superposition faktiskt färdas båda vägarna. Om en av vägarna blockeras upphör således interferensen och fotonerna hamnar lika ofta i detektor *B* som i detektor *A*. Samma sak inträffar om man försöker fastställa vilken väg en viss foton färdas genom att placera in någon form av fotondetektor i en eller båda strålvägarna. Detta eftersom en sådan mätning oundvikligen leder till att fotonens superposition "kollapsar".

ÅTER TILL PROBLEMET med bomberna: Hur kan man avgöra om en bomb fungerar utan att samtidigt utlösa den?

Vi föreställer oss att man placerar in

den bomb man vill testa i en interferensuppställning som den ovan, närmare bestämt så att dess avtryckarspegel tar rollen som spegeln längst nere till höger i figuren. En foton sänds ut från källan. Vad blir nu experimentets utfall?

Det finns två möjligheter att beakta: antingen fungerar bomben, eller så gör den det inte. Antag först att bomben inte fungerar – att dess avtryckare har rostet igen och fastnat. Då fungerar uppenbarligen dess avtryckare som en helt vanlig spegel. Utfallet blir precis som tidigare: den utsända fotonen hamnar i detektor *A* på grund av interferensen mellan strålvägarna.

Men vad händer om bomben fungerar? En fungerande bomb exploderar så snart en foton reflekteras mot dess spegel. Den kan därmed betraktas som en perfekt fotondetektor: Att bomben sprängs innebär således att fotonen valde den nedre vägen; att den inte sprängs innebär att fotonen tog den övre. Oavsett vad som sker har fotonens superposition förstörts, och någon interferens kan omöjligen uppstå.

En fungerande bomb kommer alltså

att utlösas i hälften av fallen, nämligen i de där den utsända fotonen visar sig ta den nedre vägen. Då har vi den inte kvar, utan får pröva med en ny. Men i hälften av fallen förblir bomben outlöst. I dessa fall färdas fotonen den övre vägen och hamnar lika ofta i detektor *A* som i detektor *B*.

NÄR VI TESTAR en bomb genom att skicka in en foton i uppställningen finns således tre möjliga utfall:

(1) Uppställningen exploderar. Om detta sker vet vi säkert att bomben fungerade, men dessvärre har vi den inte kvar.

(2) Detektor *A* ger utslag. Detta utfall säger ingenting om huruvida bomben fungerar – fotonen kan ju hamna i detektor *A* oavsett om någon interferens har ägt rum.

(3) Detektor *B* ger utslag. Detta kan bara ske om det inte äger rum någon interferens. Men att fotonen inte interfererar betyder att bomben fungerar, för en icke-fungerande bomb leder med nödvändighet till interferens.

Så om detektor *B* ger utslag vet vi med säkerhet att bomben fungerar, trots att

den inte har utlöst!

Kvantfysiken medger alltså ett sätt att finna en bomb som man säkert vet fungerar utan att behöva utlösa den. Detta är kvantmagi. Förklaringen – i den mån det kan kallas så – ligger i att en fungerande bomb utgör en fotondetektor. Som sådan förstör den fotonens superposition – även i de fall bomben inte utlöses. Det faktum att fotonen inte får bomben att explodera bestämmer nämligen dess färdväg till den övre vägen. (Om det i dessa fall hade funnits en fungerande bomb också i den övre strålvägen så hade den garanterat utlöst.)

Metoden innebär uppenbarligen ett visst spill – en hel del av de fungerande bomberna kommer att explodera¹. Men om man, som i exemplet, har en hel uppsättning potentiellt fungerande bomber att tillgå så gör det ju inte något.

Från den klassiska fysiken – liksom från våra vardagliga erfarenheter – är vi vana vid att om något inte sker, så är det oväsentligt huruvida det hade kunnat ske. Andra händelser utfaller på samma sätt ändå. Kontrafaktiska förhållanden spelar med andra ord inte någon roll i klassisk fysik. Men det gör de i kvantfysiken. Blotta möjligheten för bomben att explodera påverkar utfallet av experimentet.

Vad Elitzurs och Vaidmans tankeexperiment med bomberna visar är att även det som inte sker – men som hade kunnat ske – faktiskt spelar roll.

SÖREN HOLST
STOCKHOLMS UNIVERSITET

¹Om man upprepar försöket med de bomber för vilka detektor *A* gett utslag (och som man därför inte fått reda på om de fungerar eller ej) kan man med denna metod sortera ut en tredjedel av alla fungerande bomber i outlöst skick. Man kan visa att man med hjälp av en mer komplicerad interferensuppställning (innehållandes oändligt många ideala speglar) faktiskt kan göra spillet godtyckligt litet.



Slukad av ett svart hål

DET HÄR UTSPELADE sig någon gång på 90-talet. Jag och mina kollegor vid Linköpings universitet jobbade med elektroniska näsor, ett område som var ganska hett då. Idén var att använda dem för processkontroll, till exempel att på lukten avgöra kvalitén på färdig pappersmassa och pappersprodukter.

Jag var därför inbjuden att hålla ett föredrag på Ekmandagarna som anordnas av Svenska cellulos- och pappersingenjörsföreningen. Det måste nog ha varit på Grand Hotell i Stockholm, eller ute i Saltsjöbaden. Lokalen var ett så kallat "ball room", alltså platt, och arrangörerna hade byggt upp ett ungefär 1,5

meter högt podium för föreläsarna. Där uppe stod jag, tillsammans med en overheadprojektor. Rummet var som brukligt nedsläckt i övrigt, och overhead-lampans bländande sken gjorde att omgivningarna i mina ögon blev ännu mörkare.

Jag hade för vana att gå fram och peka på duken på väggen när jag höll föredrag, snarare än på själva oh-filmen. Vad jag inte upptäckte var att podiet slutade en eller två meter från duken. När jag skulle peka föll jag handlöst ner från podiet.

Publiken drog efter andan och det blev tyst i salen. Jag blev så förvånad att det tog någon tiondels sekund innan jag reagerade. Men jag hade inte gjort mig illa

utan kravlade mig upp på scenen igen och sa något lustigt som framkallade skrattsalvor innan jag fortsatte med föredraget.

Tyvärr har jag helt glömt vad jag sa för lustighet, men fadäsen gav visst upphov till en skröna. För några år sedan fick jag nämligen höra av en bekant: "Kommer du ihåg när du föll av podiet vid Ekmandagarna i Stockholm och sa, efter att ha kravlat dig upp igen, 'herr ordförande jag har just demonstrerat vad ett svart hål är och behöver därför ett par extra minuter'"

Jag hoppas verkligen att det är sant!

INGEMAR LUNDSTRÖM
LINKÖPINGS UNIVERSITET

Den mystiska huj-propellern

Bild 1

Du har nog sett huj-propellern här till höger. Genom att dra en pinne över groparna kan man genom ett knep få propellern att snurra åt ena eller andra hållet. Men hur går det till?

MAN KAN LÄTT tillverka en huj-propeller på några minuter. Skär med kniv ut ett antal hack i till exempel i en blyertspenna som på bild 1 här till höger. Propellern tillverkar du genom att klippa ut en rektangel i papper. Gör ett jämt, runt hål i mitten, förslagsvis med en kulspeppenna. Sätt fast propellern med en nål i pennans ena ända. Jag hade en penna med suddgummi på, vilket gjorde det lätt att sticka in nålen. Det är viktigt att hålet är mycket större än nålens diameter. Maskinen är klar!

När du drar med en pinne över groparna rör sig propellern oregelbundet fram och åter. Men säger du "huj" börjar propellern att snurra medurs och säger du "huj-huj" snurrar den moturs! Hemligheten ligger i att du under dragningen pressar ett finger snett mot pennan. Om du trycker till exempel snett underifrån på höger sida som på bild 1 snurrar propellern medurs. Den korrekta förklaringen till fenomenet är svår att hitta i litteraturen. Oftast saknas en förklaring eller så är den felaktig.

Vid dragningen rör sig pennan upp och ned och trycker därvid periodiskt mot fingret som du trycker mot pennan. Detta ger upphov till en fasförskjuten reaktionskraft på pennan enligt bild 2a. Den horisontella komponenten F_y av denna tryckkraft åstadkommer en periodisk rörelse s_y i sidled hos pennan, som tillsammans med upp-ner-rörelsen $s_z - s_o$ kombineras till en ellipsformad bana s enligt bild 2b.

Observera att om du trycker horison-

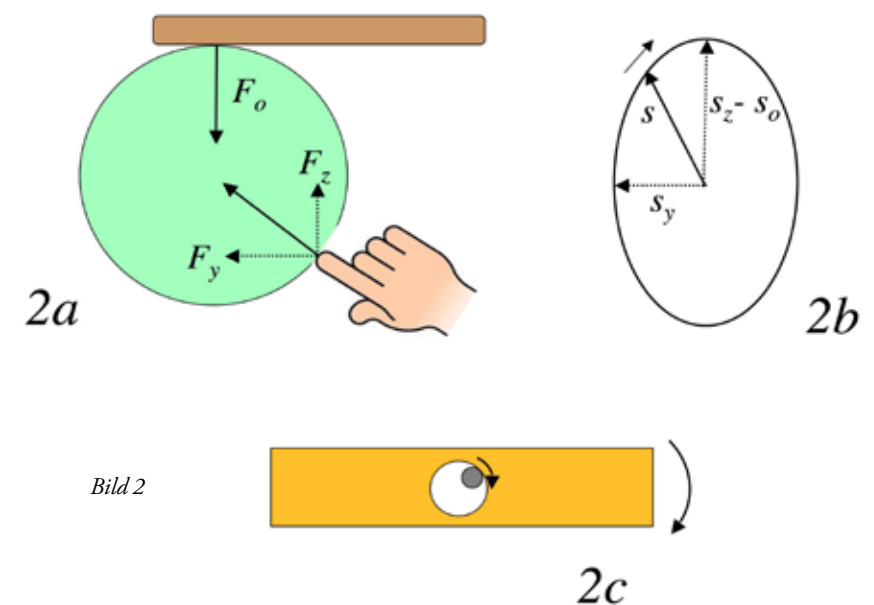
tellt eller vertikalt uteblir effekten. Vill du ha en matematisk härledning av rörelsen kan du studera teorin för "Lissajous figurer" inom optiken. Figur 2c visar hur nålens ellipsrörelse får propellern att rotera på grund av friktionen mellan nålen och propellern.

Om man analyserar bild 2a kan man få fram åt vilket håll propellern roterar. Betrakta propellern bakifrån, det vill säga från pennans sida. Man finner att om man trycker på pennan snett nerifrån på höger sida som på bild 1 så kommer propellern att snurra medurs. Samma sak händer om man trycker snett uppifrån på vänster sida. Om man däremot trycker på pennan med tummen snett uppifrån på

höger sida, eller snett underifrån på vänster sida, kommer propellern att snurra moturs.

Nu kan du använda huj-propellern för att som ett orakel svara på frågor! Till exempel kan medurs betyda *ja* och moturs betyda *nej*.

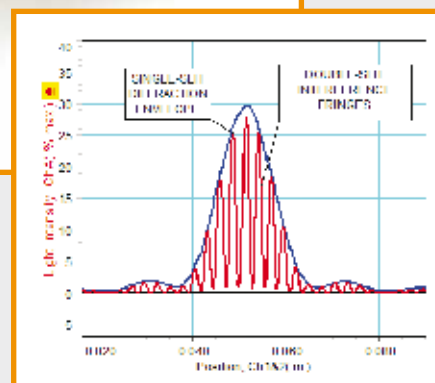
PER-OLOF NILSSON
CHALMERS



SENSOR BASED DIFFRACTION SYSTEM



PASCO erbjuder ett väldigt elegant sätt att ta upp diffraktions- och interferenskurvor med en rad olika spalter. Man kan exempelvis studera hur intensitetskurvorna för interferensmönstret förändras om man använder upp till fem spalter.



Gamdata Instrument AB
Box 2034, 750 02 Uppsala
Telefon: 018-56 68 00. Fax: 018-56 68 88
info@gamdatainstrument.se
www.gamdatainstrument.se