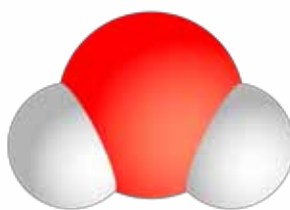


Tema: vatten

sidan 8–11



ISSN 0283-9148

**Med plast blir
solcellen billig
och böjlig**

sidan 20–21

**Brownsk motor
styr ultrakalla
atomer**

sidan 14–15

**Nya ämnes-
planer införs
i höst**

sidan 17–19



Nytt nummer av Sans ute! Tema: New age och pseudovetenskap

Alkemi – det önskade arvegodset • Ulf Ellervik

Den magiska kvantvärlden • Sören Holst

Parapsykologins dilemman • Peter Illi

Vetenskapen och det övernaturliga • Jesper Jerkert

Lustmord på pseudovetenskapen • Olle Häggström

Trolleri för tvivlare • John Houdi

Mycket vidskepelse i USA och Europa • intervju med Nobelpristagaren Venkatraman Ramakrishnan

Mediebluff – avslöjade medier fortsätter som inget hänt • Peter Illi

Även ateister kan förundras • Björn Ulvaeus

Recension: Bland schamaner och charlataner • P C Jersild

Den inre klimatfrågan • Niklas Ekdal

Erbjudande! Prenumerera på Sans för endast 295 kr/4 nummer. Ordinarie pris 365 kr.
Anmäl via www.prens-service.se Ange kod: 221-221228

Innehåll

4 SAMFUNDSINFORMATION

Information om Svenska Fysikersamfundet.

5 FYSIKNYHETER

Värmande mörk materia, radioaktiva utsläpp, kvantinterferens och en helt unik atomkärna.

8 TEMA VATTEN:

VARFÖR ISEN ÄR HAL

Skridskoåkningens hemligheter blottläggs.

9 TEMA VATTEN:

SMÅ, SMÅ VATTENDROPPAR

Molnbildning är en viktig pusselbit i klimatmodellering.

10 TEMA VATTEN:

VATTNETS STRUKTUR

Lars Pettersson och Anders Nilsson beskriver sin syn på vatten.

12 WALLENBERGS FYSIKPRIS

Finalen är avgjord och en smått överraskad vinnare är korad.

14 AVHANDLINGEN

Henning Hagman och Martin Zelan styr atomer med hjälp av en browns motor.

16 NYBLIVNA DOKTORER

Intervju med Henning Hagman och Martin Zelan.

17 NYA ÄMNESPLANER I FYSIK

Anne-Sofie Mårtensson beskriver vad GY2011 innebär.

18 LÄRARDISKUSSION

Fysiklärare på Pauli gymnasium i Malmö diskuterar GY2011.

20 SOLCELLER AV PLAST

Ellen Moons vill utveckla flexibla och billiga solceller.

22 TANKEEXPERIMENT

EPR-paradoxen och den besynnerliga verkligheten.

24 KALL FUSION?

Peter Ekström analyserar den italienska energikatalysatorn.

26 FYSIKERPORTRÄTT

Jan Eric Larsson letar fel med intelligent mjukvara.

27 FYSIKALISK LEKSAK

Därför samlas tebladen i mitten av koppen.

SIGNERAT

Fysik för den allmänbildade?

VAD BEHÖVER MAN kunna i fysik för att som medborgare ta ställning i vissa samhällsfrågor? Är det viktigt att veta skillnaden mellan fusion och fission? Frågar man ett slumpmässigt urval av personer är det sannolikt inte så många som omedelbart kopplar de två orden till energifrågor, och ännu färre som vet vad skillnaden är. Man kanske då fortsätter med att fråga vad skillnaden är mellan motion och proposition i riksdagen. Återigen är nog många som tvekar om svaret, och ändå är det i viss mening mer fundamentala begrepp än fusion och fission när det gäller politiska avgöranden om energi.

Fysiker må förfasa sig över okunskap om kärnenergi och politiker kan reagera över bristande kännedom om politiska beslutsprocesser. Låt oss därför ta något som är ämnesmässigt mer neutralt, och som berör alla människor – vår hälsa. Hur många i befolkningen kan skilja mellan virus, bakterier och baciller. Själva orden är naturligtvis välbekanta, men vad innebär de? Gäller det till exempel tre olika kategorier, eller är baciller en form av bakterie, eller kanske en form av virus? Förmodligen skulle många av Fysikaktuelltts läsare sväva på målet (svar finns på nästa sida). Likväl kan de ta emot ett medicinskt budskap från sin läkare.

INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN arrangerade i april 2011 ett seminarium kring frågan vad som menas med teknisk allmänbildning. På samma sätt kan vi fråga oss vad som hör till allmänbildning i fysik. Det ligger nära till hands att tänka på fakta och lagar av skilda slag. Men det finns en övergripande nivå, som fysik delar med andra "exakta" vetenskaper; att mäta och kvantifiera, att diskutera mätningars noggrannhet, och att uttrycka resultat i diagram och tabeller.

Skolans nya läroplaner ligger större vikt vid resonemang och argumentation. Inom fysiken tänker man då ofta på diskussioner kring energi och miljö. De blir vanligen kvalitativa, och kan kräva fackkunskaper som eleverna inte har. Det finns också andra frågeställningar som

kan leda till livliga diskussioner, till exempel om mätningar och deras osäkerhet.

För att nå en djup förtrogenhet med detta sätt att resonera måste man tillämpa det på många konkreta fall. Ett utmärkt exempel inom skolkursernas ram är idrottens regelverk och mätningar. Vilka faktorer tar man mer eller mindre grovt hänsyn till, och vad lämnas obeaktat trots att det inte är oväsentligt? Är det den bästa som vinner? Är rekord satta vid olika tillfällen jämförbara?

Denna typ av kunskap är av så generell natur att den kan överföras till många vardagliga situationer inom de mest skilda områden, och ger därför i djupaste mening en allmänbildning. Det kan vara en långt viktigare och mer bestående kunskap än att till exempel kunna skilja mellan fusion och fission eller att komma ihåg enheten för kraft. Men det brukar inte vara de generella kunskaperna man testat när man vill avgöra om elever "kan fysik". Min erfarenhet är att detta gäller även på högskolenivå. Tentamensuppgifterna i fysik brukar ha ett, och endast ett, rätt svar.



GÖRAN GRIMVALL
STYRELSELEDAMOT
SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

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 kfbcr@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 2010 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 Fysikersamfundets medlemmar och gymnasieskolor med naturvetenskaplig utbildning 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: Skvalpande vatten mot vit bakgrund. Foto: Dmitry Fisher/Shutterstock.

Tryck: Trydells, Laholm 2011

Aktuellt

- Fysikersamfundets gravitationssektion håller möte i Linköping 19–21 maj till minne av Brian Edgar
www.mai.liu.se/TM/GRS2011/
- Mikroteknologins betydelse för morgondagens innovationer. Seminarium anordnat av IVA Väst 25 maj klockan 17–19:30 i Göteborg. www.iva.se
- Capturing the Sun. Symposium på Kungliga Vetenskapsakademien 30–31 maj. Japanska och svenska forskare diskuterar forskningsläget inom solenergi. www.kva.se
- Topological Quantum Computation. Symposium på Nordita i Stockholm 4–5 juni.
<http://agenda.albanova.se/conferenceDisplay.py?confId=2901>
- International Science Day med många spännande föredrag i Åbo, Finland 5 juni. www.isd2011.fi
- Stephen Hawking, Brian Greene och Andrei Linde kommer att ge populära föreläsningar för allmänheten i Universitetsaulan, Uppsala universitet 2 juli. Föreläsningarna sker i samband med strängteorikonferensen ”Strings 2011” i Uppsala 27/6–2/7. strings2011.se
- Fysik i Kungsan med tema ”Fysikens mångfald”. Utställning, film, föredrag och tävling. Lördag 10 september klockan 11–17 i Kungsträdgården i Stockholm. Gratis och öppet för alla.
- Fysikersamfundets utbildningssektion anordnar tillsammans med Centrumbildningen SMEER konferensen ”Nordiska perspektiv på fysikdidaktik – läge och potential” vid Karlstads universitet 29–30 september.
www.kau.se/avdelningen-for-fysik-och-elektroteknik
- Svenska Fysikersamfundets årsmöte hålls i Uppsala 21 oktober.
www.fysikersamfundet.se

Svar till frågor i ”Signerat” på sidan 3: I Riksdagen är proposition regeringens förslag, och motion ett förslag väckt av enskild ledamot eller partiledning. Virus är en typ av smittsamt material som kan infektera alla levande organismer, t ex bakterier, växter och djur. En bakterie är en encellig mikroorganism utan cellkärna, vissa men inte alla är sjukdomsalstrande. En bacill är en sjukdomsalstrande mikroorganism, speciellt en stavformig bakterie.

Stödjande medlemmar

- | | |
|--|--|
| ■ ALEGA Skolmateriel AB
www.alega.se | ■ Myfab
www.myfab.se |
| ■ BFi OPTILAS
www.bfiophtilas.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 |

Mörk materia kan värma planeter

Ibland möts två mycket heta forskningsområden på ett oväntat sätt. I en ny forskningsartikel möts den ”mörka materien” och frågan om var i universum det kan finnas utomjordiskt liv.

UNIVERSUMS MÖRKA materia tycks bestämma var den vanliga baryoniska materien samlas till galaxer och galaxhopar. Den borde kanske egentligen kallas den transparenta materien eftersom den vare sig absorberar eller emitterar ljus. Det karakteristiska med mörk materia är att



Obelyst superjord, eventuellt uppvärmd av mörk materia.

den knappast växelverkar med baryonisk materia på annat sätt än gravitationellt. Ofta tros den dessutom vara sin egen antipartikel vilket gör att den annihilerar vid kollision med sina likar.

Vad har detta med liv i universum att göra? Det är kanske en något antropocentrisk ståndpunkt men det anses allmänt att de bästa förutsättningarna för att liv ska uppstå kräver vatten – universums bästa lösningsmedel – i flytande form. Därför söker man gärna efter livbärande planeter på sådant avstånd från en stjärna att temperaturen tillåter flytande vatten.

Men det kanske finns andra värmekällor? Här kommer den mörka materien in i bilden med en rapport från Fermilab av Dan Hooper och Jason Steffen. Om man tänker

sig en himlakropp i ett område där den mörka materien är särskilt vanlig och dess kinetiska energi låg skulle planeten gravitationellt kunna samla på sig så mycket mörk materia i centrum att annihilationerna värmden upp den lagom mycket. Ingen närbelägen stjärna skulle vara nödvändig och energin skulle räcka många gånger längre än någon stjärnas livscykel. De möjliga platser Hooper och Steffen föreslår är ”superjor- dar” i de allra innersta delarna av Vintergatans centrum och i elliptiska dvärggalaxer. Med sin nästan outtömliga energikälla skulle de i alla fall kunna bli de sista platser i universum där liv skulle kunna fortleva – långt efter att den sista stjärnan slocknat.

**BENGT EDVARDSSON
UPPSALA UNIVERSITET**

Originalartikel:
FERMILAB-PUB-11-149-A
Allmänt tillgänglig via:
<http://arxiv.org/abs/1103.5086>

Kvantinterferens med jättemolekyler

FORSKARE I WIEN har satt nytt rekord vad gäller att direkt påvisa stora molekylers vågegenskaper. De har lyckats åstadkomma interferens med några olika sorters organiska molekyler. Den största består av en kolboll försedd med tio utåt spretande kol- och fluorarmar. Totalt har den 430 atomer vilket är fler än hos vissa proteinmolekyler, exempelvis insulin.

En av svårigheterna med att påvisa interferenseffekter med stora molekyler är förstås deras ytterst korta de Broglie-våglängd. Man behöver ett mycket fint gitter. I det aktuella fallet användes ett optiskt gitter: en stå-

ende ljusvåg, åstadkommen med en laser. När man låter molekylerna falla in i vinkelrät genom den stående ljusvågen utsätts deras kvantmekaniska partikelvågor för olika fasskift beroende på om de passerar en nod eller en buk. Det är detta fasskift som ger upphov till interferensen en liten bit bakom laserstrålen.

I det här fallet var molekylernas de Broglie-våglängd omkring 1 pikometer och våglängden hos laserljuset 532 nm. Molekylen var i storleksordningen 5 nm. Avståndet mellan ”springorna” i det optiska gittret – alltså noderna i den stående vågen – var således omkring

två storleksordningar större än molekylerna själva. Den uppkomna interferensen tyder på att varje enskild molekyls vågfunktion måste vara ”utspridd” i motsvarande grad vid passagen genom den stående ljusvågen.

Än märks tydligen ingen gräns för hur stora objekt kan vara och ändå omfattas av kvantfysikens verklighetsbeskrivning. Men det är i alla fall en liten bit kvar innan vi kan göra interferensförsök med katter.

SÖREN HOLST, SU

Originalartikel: Gerlich et al. Quantum interference of large organic molecules. Nat. Commun. 2:263 doi: 10.1038/ncomms1263 (2011)



Det havererade Fukushima-kraftverket. Satellitbild från 16 mars.

Förhöjd radioaktivitet i Stockholm efter Fukushima

KÄRNFYSIKGRUPPEN vid Fysikum i Stockholm analyserar kontinuerligt förekomsten av radioaktiva isotoper i luften kring fysikinstitutionens tak. Under tisdagen den 22 mars uppmättes förhöjd radioaktivitet som en följd av den dramatiska utvecklingen vid kärnkraftverket i Fukushima dagarna efter jordbävningen och tsunamin den 11 mars. Det var bland annat de radioaktiva isotoperna jod-131 och cesium-137 som registrerades.

Värdena fortsatte att stiga under de sista dagarna i mars och de högsta värdena uppmättes omkring den 1 april. Då var den uppmätta aktiviteten omkring 2 mBq per kubikmeter luft (motsvarande cirka 2000 jodatomer per kubikmeter luft).

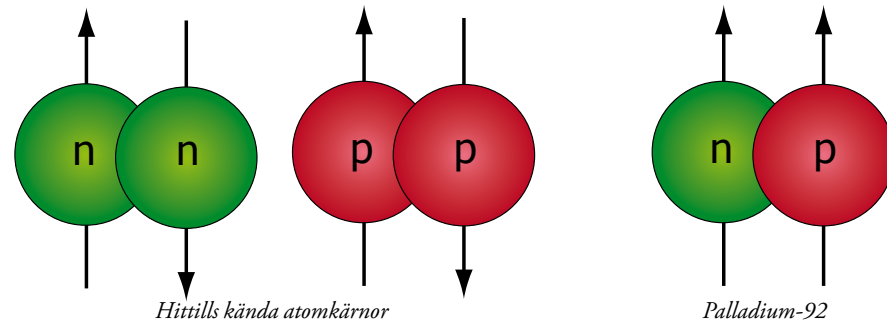
Den externa dos (deponerad energi per massenhet) som gammastrålningen från en aktivitet på 2 mBq per kubikmeter luft av exempelvis isotopen jod-131 ger en människa, är miljontals gånger mindre än dosen från naturligt förekommande radioaktivitet.

**SÖREN HOLST
STOCKHOLMS UNIVERSITET**

Mer information finns på:
www.nuc.physto.se
www.stralsakerhetsmyndigheten.se/Allmanhet

Unik struktur upptäckt i atomkärna

Efter många års arbete har ett forskarlag lyckats kartlägga strukturen hos atomkärnan palladium-92. Till skillnad från alla hittills kända atomkärnor domineras den av ihopparade neutroner och protoner.



I alla hittills kända atomkärnor bildar neutroner normalt endast par med neutroner och protoner endast par med neutroner. Enligt Pauliprincipen måste partiklarna i de lika paren ha olikriktade spinn. I palladium-92 har nu en forskargrupp funnit evidens för att neutroner bildar par med protoner. I sådana parkonstellationer kan partiklarna ha likriktat spinn.

DEN STARKA växelverkan – en av de fyra kända naturkrafterna – är en förutsättning för att atomkärnor överhuvudtaget kan hålla samman. Utan den skulle protonerna med sin positiva laddning slitas isär av den elektromagnetiska kraften.

Den starka växelverkan beskrivs övergripande av kvantkromodynamiken, men i detalj är dess egenskaper ännu inte kända. Ett sätt att lära sig mer om den starka växelverkan är att studera atomkärnors struktur.

Det är precis vad Bo Cederwall vid KTH och hans forskargrupp sysslar med. Mest givande är att studera av mycket exotiska, kortlivade atomkärnor. De är ofta extrema på något sätt, till exempel i förhållandet mellan antalet neutroner och protoner, vilket gör det möjligt att testa teoretiska modeller på ett avgörande sätt. I ett tiotal år har forskargruppen försökt kartlägga den inre strukturen hos palladium-92, en atomkärna med lika antal protoner och neutroner.

– Det är en ytterst neutronfattig kärna som ligger mycket nära den absoluta stabilitetsgränsen. Vi har varit ute efter den ganska länge eftersom den borde kunna verifiera teorin om att neutroner och protoner kan bilda starkt korrelerade par i atomkärnor med lika antal protoner och neutroner, förklarar Bo Cederwall som är professor i experimentell kärnfysik.

I hittills kända atomkärnor bildar neutroner normalt endast par med neutroner och protoner endast med protoner. Det ger atomkärnorna egenskaper som liknar suprafluiditet och supraledning i vätskor och fasta ämnen. Med neutron-

proton-par skulle atomkärnorna få helt andra egenskaper. Exempelvis förutsäger teorin att energinivåerna i atomkärnan palladium-92 skulle få ett karakteristiskt, regelbundet spektrum.

MEN ATT KOMMA åt att mäta energinivåerna hos palladium-92 var ordentligt komplicerat. Första steget är att skapa den ytterst sällsynta och kortlivade atomkärnan. Det gjorde Bo Cederwalls forskningsgrupp genom att i den franska jonacceleratorn Grand Accélérateur National d'Ions Lourds accelerera argonjoner mot en isotop-ren nickelfolie så att de två kärnorna smälter samman till palladium-94.

Palladium-94 är vid sin tillblivelse i ett högt exciterat och extremt kortlivat tillstånd. Den sönderfaller snabbt. Några gånger på miljonen råkar den – genom att sända ut två neutroner – sönderfalla till just palladium-92. Den nybildade palladium-92-kärnan är också högt exciterad. Den de-exiterar ("kyls ned") successivt till lägre och lägre energitillstånd, för att slutligen nå grundtillståndet. Vid varje hopp till ett lägre energitillstånd sänder den ut en gammafoton med motsvarande energi. Genom att noggrant mäta gammastrålningens energi kan forskarna alltså bestämma atomkärnans energinivåer.

Den experimentella svårigheten låg främst i att identifiera de sällsynta fall

då kärnan palladium-92 faktiskt hade skapats. Forskarna använde en indirekt teknik och mätte med mycket känsliga detektorer även de neutroner och laddade partiklar som skickades ut samtidigt som gammastrålningen. Eftersom palladium-94 sönderfaller till palladium-92 genom att sända ut två neutroner visste forskarna alltså att gammastrålningen kom från palladium-92 just vid de tillfällena då de hade fångat två neutroner.

Och mätningarna tycktes verifiera teorins förutsägelser om starkt kopplade neutron-proton-par.

– Vi är inte hundra procent säkra på att vi har hittat en kärna vars struktur domineras av starkt korrelerade neutron-proton-par, men vi har starka evidens. Nästa steg blir att mäta livstiderna och se om de också stämmer överens med modellen, säger Bo Cederwall.

Deras upptäckt bidrar till förståelsen av den starka växelverkan, och rimligtvis även till förståelsen av hur grundämnen skapas i en viss typ av stjärnprocess, den så kallade rp-processen. Enligt rådande astrofysikaliska modeller är nämligen palladium-92 ett av de grundämnen som borde bildas i rp-processens slutskede.

INGELA ROOS

Läs mer: Nature 469, 68 (2011)

Matematik 5000

– ditt trygga val till Gy2011

Välj ett läromedel som gör det lätt att variera undervisningen samtidigt som det engagerar och roar eleverna – och befäster viktiga kunskaper!

Matematik 5000 är ett helt nytt läromedel som är anpassat till ämnesplanen Gy2011. Det täcker alla program på gymnasieskolan och finns nu även för introduktionsprogrammen och Komvux. Matematik 5000 ger, liksom sin föregångare Matematik 4000, eleverna mycket goda förutsättningar att utveckla sina förmågor genom en stor variation av arbetssätt, frågeställningar och uppgiftstyper.

Under vårterminen utkommer fyra läroböcker:

- Kurs 1a Röd för de serviceinriktade yrkesprogrammen
- Kurs 1a Gul för de tekniskt inriktade yrkesprogrammen
- Kurs 1b Grön för SA, EK, ES och HU
- Kurs 1c Blå för NA och TE

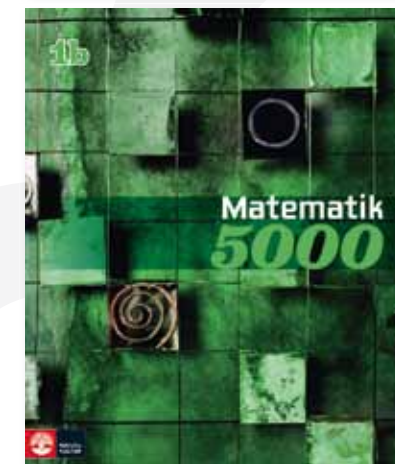
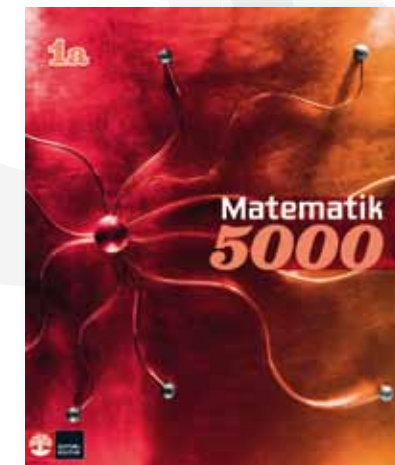
I höst utkommer dessa böcker även som interaktiva e-böcker med inläsningar.

Lärarmaterial och basböcker

Lärarmaterial i pdf-form till ovanstående böcker utkommer under hösten.

Under hösten kommer också en röd och en gul basbok för yrkesprogrammen med fokus på den grundläggande matematiken i kurs 1a. Den röda basboken passar även för elever på introduktionsprogrammen.

Övriga läroböcker utkommer i den takt som kurserna introduceras. Se smakprov och läs mer på www.nok.se/matematik5000.



Författare: Lena Alfredsson, Kajsa Bråting, Patrik Erixon, Hans Heikne

Tunt vattenlager gör isen hal

Tack vare friktionen har vi lätt att ta oss fram i världen. Skorna mot golvet, däckets mot vägen: det brukar bli friktionskoefficienter runt 0,1–0,3. Det räcker för att vi bekvämt ska kunna manipulera vår rörelsemängd. Annat är det på isen. Friktionskoefficienten för en skridskoskena mot is är nästan hundra gånger mindre. Varför? undrar vi förstås.



FRIKTION MÖTER VI konceptuellt först som den mystiska extraterm som mekaniklertorn lägger till för att få Newton att stämma med verkligheten. Om man vill förstå vad kraften kommer ifrån måste man gå ner ända till atomnivå. Där är det som vanligt den elektriska kraften som styr, den som håller ihop atomerna i makroskopiska objekt. Det är förstås också den som i slutändan bestämmer vad som händer när två objekt glider mot varandra; några få atomer möts direkt under kraftig växelverkan, deras grannar påverkas också starkt men de flesta är långt borta från direkta möten och påverkas bara av en ljummen medeleffekt. Inte bara materialen bestämmer utan även ytornas form och finhet. Förstår man det på atomnivå kan man göra ytor som glider lätt, eller (nästan) inte alls. Där finns många viktiga tillämpningar, och detta är ett stort forskningsfält.

Men något lika halt som is är det svårt att konstruera.

Det som gör det extra lätt att glida över is är att de yttersta vattenmolekylerna är mycket löst bundna. De beter sig ungefär som i flytande vatten. Det som glider över en isyta möter alltså vattenmolekyler som lätt ändrar position, växelverkan blir inte alls lika våldsam som i andra material där atomerna vill behålla sina positioner. De yttersta lagren fungerar som nanosmjörjmedel. Så långt är man överens. Men vi frågar förstås: Varför är det så just i is?

HÄR FINNS DET många uppfattningar. Åtminstone tre är värda att ta på allvar. Den första presenterades av John Joly 1886. Enligt den smälter de yttersta lagren av isen när man trycker på den. Uppfattningen är tilltalande för en fysiker av

många skäl. Dels för att vattens märkliga egenskaper kommer i fokus och dels för att man får använda in-trikat termodynamik.

Tvärtemot nästan alla andra system minskar vattnets densitet i övergången från vätska till fast fas. Detta innebär att man kan få isen att smälta igen när man försöker öka densiteten genom yttre tryck.

Den andra fysikprincipen handlar om skillnaden mellan tryck och kraft. Även om konståkaren inte väger så mycket så gör skenans minimala yta mot isen trycket fullständigt enormt. Under detta väldiga tryck smälter det yttersta islagret och isen blir hal.

Det blir en vacker förklaring som hänger ihop kvalitativt. Man känner sig nöjd när man får använda sina principiella insikter. Problemet uppstår först när man försöker vara kvantitativ. John Joly beräknade att skridskotrycket sänker smältpunkten till ungefär -3,6 grader. Men. Flygskären blir ju fina också när det är mycket kallare än så.

Den andra uppfattningen kommer från 1939 och härstammar från Bowden och Hughes: isen smälter av friktionsvärmen. Friktionen är inte stor men tillräckligt stor för att smälta de yttersta lagren. I jämförelse med ursprungsförklaringen känns den lite tråkigt trivial, men Bowden och Hughes underbyggde med systematiska experiment.

Senare kunde geofysikern Samuel Colbeck konstatera att temperaturen på en skridskoskena faktiskt ökade under åkning, helt i samklang med friktionsvärmeteorin. Eftersom trycksmältning är en endoterm process skulle temperaturen ha sjunkit om det funnits någon fog för

trycksmältningsteorin. Saken tycktes vara klar. Fast inte verkar det som det behövs mycket fart för att man ska halka.

IDÉN ATT ISENS yttersta lager alltid är vätskelikt kommer först från Michael Faraday. Om det skulle vara så, behövs inte alls de andra båda förklaringarna. Med moderna metoder som NMR och röntgenspridning har man under senare tid försökt karaktärisera isytan och den nutida uppfattningen är att åtminstone det första molekyllagret, och kanske också det andra, beter sig ungefär som en vätska.

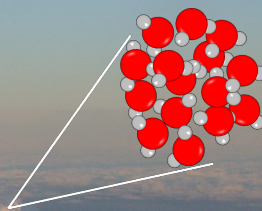
Här visar det sig att vatten inte är så speciellt. Man har sedan hittat många olika typer av material som har ett tunt vätskeskikt på ytan fast temperaturen är långt under smältpunkten. Detta är viktiga upptäckter eftersom materials egenskaper beror mycket på vad som händer på ytan. Det är typiskt att nyfikenhetsforskning, här motiverad av att man vill förstå hur man åker skridskor, leder till upptäckter som är viktiga i helt andra sammanhang, som här inom materialforskning.

Det finns alltid ett tunt vätskelager, trycksmältning spelar roll, och friktions-smältning också. För skridskoåkningen har alla tre effekterna betydelse i olika utsträckning, beroende bland annat på hur kallt det är. Konståkare vet att isen är hård i vissa ishallar och mjuk i andra, att piruetterna går lättare i vissa, och att hoppen är lättare i andra. Verkligheten undandrar sig enkla förklaringar.

Skidans glid mot snön är ännu mer komplicerat att reda ut. Lyckad vallning var som bekant enda anledningen till att det gick bättre för Norge än för Sverige i vinterns skid-VM. Får man tro friktionsforskarna hängde det på de yttersta 10-15 nanometrarna av beläggningen.

JAN-ERIK RUBENSSON
UPPSALA UNIVERSITET

Läs mer: Robert Rosenbergs artikel i Physics Today, December 2005, sid 50, rekommenderas för vidareläsning.



Mikroskopiska vattendroppars egenskaper – en pusselbit i klimatfrågan

Moln med en schematisk teckning över hur molndropparna skulle kunna ha sett ut i sin allra tidigaste barndom.

Studier av mikroskopiska vattendroppar, så kallade vattenkluster, kan ge oss en bättre förståelse för hur moln bildas och upplöses. Denna process är en viktig del i klimatforskningen.

MOLN HAR STOR inverkan på klimatet eftersom de kan fungera som både en spegel som skickar tillbaka strålning från solen ut i rymden och som en filt som håller kvar värmen som jordens yta avger. De bildas och upplöses i en ständigt pågående process. Moln består av små vattendroppar, molndroppar, som när de växer sig stora nog dras ned till jordytan i form av nederbörd. Taktiken med vilken de minsta dropparna bildas och evaporerar har stor betydelse för jordens förråd av molndroppar och är en viktig parameter i klimatforskningen.

I IPCC:s (Intergovernmental Panel on Climate Change) fjärde rapport från 2007 listas de antropogena faktorerna som bidrar mest till klimatförändringen. Mänsklighetens aktiviteter från industrialismens genombrott fram till dag har medfört en höjning av jordytans medeltemperatur på cirka 0,8°C, motsvarande en beräknad ändring av strålningsbalansen i övre atmosfären på 1,6 watt per kvadratmeter. Osäkerheten i beräkningen är ± 0,8 watt per kvadratmeter och största bidraget till osäkerheten i beräkningen härrör från de indirekta effekterna av aerosoler, det vill säga molnens effekt på klimatet.

Droppbildning i moln kan ske via

olika vägar. Vattenmolekyler kan fastna och bygga på små befintliga partiklar i luften så som sotpartiklar eller havssalt. Vattnet kan också tillsammans med andra molekyler som ammoniak och olika svavelföreningar klumpa ihop sig och sedan växa till genom att fler och fler vattenmolekyler kondenserar på den lilla kärnan. Den uppmätta taktiken med vilken de allra minsta vattendropparna skapas kan dock inte förklaras endast med dessa två processer.

På grund av vattenmolekyleras stora dipolmoment attraheras och fastnar vattenmolekyler väldigt effektivt på joner i luften, något som varit känt ända sedan de första experimenten med joniserande strålning i Wilsonkammaren (även känd som dimkammare) i början av 1900-talet. Joner skapas i luften via kosmisk joniserande strålning (mest i den övre delen av atmosfären) och nära marken till exempel från radioaktivt sönderfall. Trots att andelen laddade partiklar är relativt låg så kan de spela en betydande roll i molnbildningen på grund av den effektiva klusterbildningen.

FÖR ATT LÄRA oss mer om det allra tidigaste stadiet av droppformation har vi gjort ett antal olika experiment på vattenkluster. Våra kluster bildas genom att vattenmolekyler kondenserar på laddade partiklar som skapas genom en elektrisk urladdning i vanlig luft. De är initialt varma men gör spontant av sig med energi genom att molekyler kokar bort från klustren.

Efter att klustren dragits in i vakuum mäter vi detta tapp av molekyler, sönderfallet, på en klusterstorlek i taget. Genom att kombinera teori för sönderfallsprocesser och energifördelningen av kluster har vi kommit fram till värmekapaciteten hos vattenklustren. Vi fann att den för de allra minsta klustren stämmer bra överens med is medan för en mellanstorlek på cirka 20 molekyler upp till ett par hundra så ligger den mellan värdet för is och flytande vatten. Detta är något förvånande då vi beräknar temperaturen av klustren till cirka -100°C.

Vi har även blandat i ammoniak i vattenklustren och mätt stabiliteten som funktion av konfigurationen. Ammoniak är ett vanligt förekommande ämne i atmosfären och har länge antagits spela en roll i den tidiga droppbildningen. Vi fann bland annat att de kluster som innehåller ett par ammoniakmolekyler är stabilare och sönderfaller i mindre grad än rena vattenkluster, vilket stödjer teorin att ammoniak kan vara ett viktigt tillskott i den tidiga molnbildningsprocessen.

ERIKA SUNDÉN OCH KLAUS HANSEN
GÖTEBORGS UNIVERSITET

Läs mer:
Sundén et al., "Heat capacities of freely evaporating charged water clusters", J. Chem. Phys., 130, 224308 (2009).
Sundén et al., "Stabilities of protonated mixed water and ammonia clusters", in manuscript.

Vattnets omtvistade struktur

Vatten är det vanligaste ämnet på jorden men också det som har flest ovanliga egenskaper. Nya experiment pekar på vatten som mer komplext än man hittills tänkt.

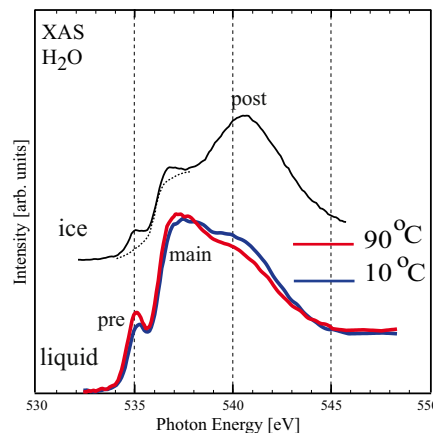
ATT SJÖAR SÄLLAN bottenfryser beror på att vatten har högst densitet vid 4°C. Andra ovanliga egenskaper är att kompressibiliteten och värmekapacitiveteten har ett minimum vid 46°C respektive 35°C. I typiska vätskor brukar dessa termodynamiska storheter annars minska monotont med minskande temperatur.

Dessa tre termodynamiska storheter tar alla sina värden via fluktuationer i densitet och/eller entropi i vätskan. Det märkliga med vatten är att fluktuationerna ökar när vätskan kyls under en viss temperatur. Och när vatten kyls under fryspunkten blir uppträdandet extremt.

Extrapolation av de termodynamiska storheterna pekar på divergens vid cirka -45°C. Men det är en temperatur som ligger i det så kallade ingenmanslandet som hittills inte kunnat undersökas experimentellt då vattnet kristalliserar till is.

Det har öppnat för många teorier som söker förklara vattnets beteende i det underkyllda området. Men trots att vattnets anomala egenskaper gör sig påmindas också vid rumstemperatur, har dessa teorier inte tänkts kunna beskriva vatten också vid normalt tryck och temperatur. Underkylt och rumstempererat vatten har setts som olika discipliner, men våra nya resultat från olika röntgenspektroskopier visar på en kontinuerlig övergång och att samma teori kan beskriva båda.

I DET FÖLJANDE kommer vi att fokusera på hypotesen om en kritisk punkt associerad med en fasövergång mellan två former av vatten, hög- och lågdensitetsvattnet, i det djupt underkyllda området och vid högt tryck. Denna hypotes om en andra kritisk punkt (den första är den mellan vätska och gas) verkar ha störst stöd, också av

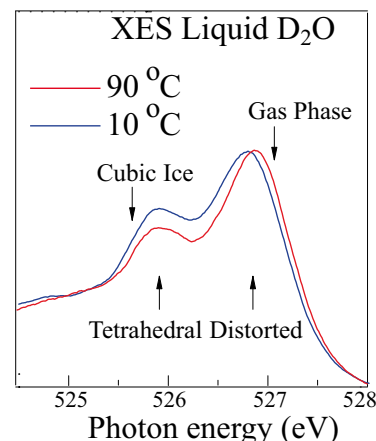


Figur 1. Röntgenabsorptionsspektra av vatten som is och vätska vid 10 och 90°C. Is domineras av en stark post-edge medan vätskan domineras av skarp pre-edge och stark main-edge som ökar när vätskan värms. Prickade linjen i ispektrum indikerar förväntat spektrum om strukturella defekter kunde elimineras helt.

våra egna resultat. Även om egenskaperna blir extrema i det underkyllda området så är det viktigt att komma ihåg att de underliggande mekanismerna också påverkar vatten vid vanliga temperaturer där biologiska och de flesta kemiska processer med vatten inblandat äger rum.

Här ska vi beskriva nya experiment med röntgenspektroskopi och röntgenspridning som ger en annan och mer komplex bild av vatten än läroböckernas i huvudsak tetraedriska vätebundna. Vi tolkar våra resultat som en balans mellan att minimera energin (genom att maximera antalet tetraedriska vätebindningar som i is) eller maximera entropin (genom att bryta upp bindningarna). Båda kan inte uppfyllas samtidigt vilket skapar fluktuationer i vätskan som ökar vid lägre temperatur då bindningarna blir mer betydelsefulla.

I is donerar varje molekyl två vätebindningar och accepterar två – alltså totalt fyra vätebindningar – vilket ger en öppen tetraedrisk struktur. I den gängse bilden av vatten söker molekylerna behålla så mycket som möjligt av isstrukturen, som ju ger lägst energi, men med ordning som ökar med ökande temperatur.



Figur 2. Röntgenemissionsspektra för kallt och hett tungt vatten normerade så att topphöjden för den oordnade toppen sammanfaller. Positionen i gasfas respektive is indikeras med pilar.

Specifikt, om vätskan i huvudsak är tetraedriskt koordinerad som is men med större distorsioner och oordning, borde mätning av dess elektronstruktur ge ett spektrum likt is, men breddat och utan skarpa strukturer.

NÄR VI FÖR första gången kunde mäta röntgenabsorptionsspektrum från vatten blev resultatet oväntat. Den starka signalen från vätebindningarna i tetraedrisk is (post-edge) var kraftigt försvagad, se figur 1. Istället fann vi en skarp topp (pre-edge) och ny dominerande signal (main-edge) som båda ökade i intensitet när vätskan värmdes och vätebindningar bröts upp. Baserat på detta och modellexperiment på ytan av is – där molekylerna koordinerar asymmetriskt med en intakt och en bruten vätebindning – drog vi den kontroversiella slutsatsen att molekylerna i vätskan delade upp sig i två klasser: en majoritet med bara två starka intakta vätebindningar medan bara en minoritet är tetraedriskt bunden.

Vi har också gjort röntgenemissionsspektroskopi på vatten där vi i figur 2 visar spektrum för tungt vatten. Den tyngre isotopen minimerar dynamiska effekter på spektrum. Här får vi den tydligaste experimentella spektroskopiska signalen på att molekylerna i vätskan delar upp sig i

två klasser: tetraedrisk minoritet respektive oordnad majoritet med brutna eller försvagade vätebindningar.

Den högsta ockuperade orbitalen i vattenmolekylen är icke-bindande och ger en stark och skarp topp i röntgenemissionsspektroskopi på vatten i gasfas. I tetraedriskt koordinerad is är den toppen skiftad ner i energi. Vätskan uppvisar i stället två skarpa toppar mellan gasfas och is, den ena (tetraedrisk) ligger nära den i is och den andra nära gasfastoppen (oordnad struktur), se figur 2.

Med ökande temperatur i vätskan tappar den tetraedriska toppen intensitet medan den oordnade ökar. Intressant nog förblir topparna skarpa vid alla temperaturer, det vill säga de breddas inte som man skulle ha förväntat sig av den traditionella bilden. I stället rör sig den oordnade toppen med ökande temperatur mot högre emissionsenergi (mot gasfastoppen) medan den tetraedriska ligger fix.

En enkel tolkning är en balans mellan entalpi (lägst energi) och entropi (högst oordning) där tetraedriska strukturer minimerar entalpin men där det krävs att det strikta vätebindningssystemet bryts upp för att de kvantiserade nivåerna i vibrationerna mellan molekylerna ska komma ner i energi och bli tillgängliga för att maximera entropibidraget. Enklare uttryckt: den tetraedriska tar upp energi genom att brytas upp och övergår till oordnad, medan den oordnade blir termiskt exciterad och expanderar och blir mer lik gasfas.

NÄSTA FRÅGA ATT besvara är hur de två olika typerna av lokal struktur fördelar sig i vätskan. Tetraedriskt bundna molekyler ger en öppen struktur med låg densitet. I den oordnade strukturen, med brutna vätebindningar, kan molekylerna i stället packas tätare och densiteten blir högre. Om de två klasserna då föredrar att koordinera inom varje klass kan det detekteras som en densitetskontrast via lågvinkelröntgenspridning och den genomsnittliga storleken på tetraedriska regioner uppskattas.

Tillsammans med resultaten från spektroskopierna ledde detta till en bild

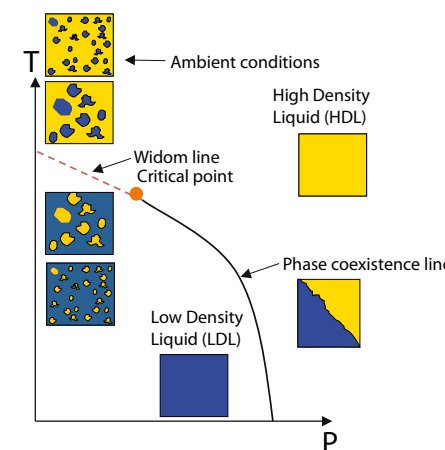
av vatten som dominerat av oordnade molekyler men med fluktuationer av små regioner av tetraedriskt bundna molekyler, i genomsnitt cirka en nanometer stora.

Även denna tolkning är kontroversiell och kritiker har hävdade att den observerade förhöjningen av röntgenspridningssignalen kunde förklaras med helt normala termiska fluktuationer som i vilken enkel vätska som helst. Detta motsades dock av mätningar på underkylt vatten där förhöjningen blir mycket större. Eftersom signalen kan relateras till den isothermiska kompressibiliteten, som ser ut att divergera när vatten underkyls, var det ett väntat resultat. Det understryker bilden av att normala termiska (entropiska) fluktuationer dominerar vid temperaturer över 46°C medan strukturella fluktuationer, där vätebindningarna och entalpin har större betydelse, tar över och gör så att kompressibiliteten ökar vid lägre temperaturer.

Genom stora molekylodynamiksimuleringar har vi kunnat simulera och analysera röntgenspridningsexperimentet vidare. I simuleringen kan vi gå till lägre temperaturer än vad som är möjligt experimentellt. Vi finner då att förhöjningen av röntgenspridningssignalen vid normalt tryck stiger kraftigt till ett maximum vid -43°C för att sedan avta.

Det betyder att vi kan koppla den experimentella signalen till existensen av en så kallad Widomlinje i det djupt underkyllda området (se figur 3). Koexistenslinjen separerar rena faser medan Widomlinjen ger en suddigare distinktion med dominans av respektive fas på respektive sida – i vårt fall hög- och lågdensitetsvattnet – med avtagande effekt med ökande avstånd från den kritiska punkten. På Widomlinjen är fluktuationerna maximala med lika statistisk vikt för hög- och lågdensitetsvätska vilket resulterar i extremvärden i de termodynamiska responsfunktionerna. Bilden av vatten som vi utvecklat via de beskrivna experimenten och simuleringarna illustreras i figur 3 där enbart fasdiagrammet för vätskan i det relevanta området visas.

BILDEN AV VANLIGT vatten som dominerat av oordnade högdensitetsområden med



Figur 3. Fasdiagram med separation av lågdensitets- och högdensitetsvätska vid låg temperatur och högt tryck. Koexistenslinjen slutar i en kritisk punkt bortom vilken Widomlinjen separerar enfasområdet i två med dominerande egenskaper från respektive fas. Vid rumstemperatur dominerar vatten av högdensitetsstruktur.

tillfälliga försök att bilda tetraedriska lågdensitetsstrukturer som minimerar entalpin, vilka blir mer framgångsrika och överlever längre vid lägre temperaturer, är mycket annorlunda än den gängse tetraedriska bilden och också annorlunda än de olika blandmodeller som har föreslagits tidigare. Våra resultat har fått mycket stor uppmärksamhet och har också skapat mycket debatt. Om denna bild är den slutgiltiga eller om den behöver förfinas kommer framtiden att utvisa. Vi kan dock konstatera att balansen mellan entropi/högdensitet, som dominerar vid högre temperaturer, och entalpi/lågdensitet, när vätebindningarna börjar bli mer effektiva vid lägre temperaturer, är i enlighet med alla nu existerande experimentella data och ger en mycket enkel intuitiv förståelse av vattnets anomala egenskaper.

LARS GM PETERSSON & ANDERS NILSSON
STOCKHOLMS UNIVERSITET

Läs mer:

Wernet, P. et al., The structure of the first coordination shell in liquid water, *Science* 304 (5673), 995 (2004).

Huang, C. et al., The Inhomogeneous Structure of Water at Ambient Conditions, *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)* 106, 15214 (2009).

Överraskad segrare i fysiktävlingen

I slutet av mars avgjordes finalen i Wallenbergs fysikpris under två intensiva dagar i Umeå. En smått förvånad segrare ser nu fram emot fysikolympiaden i Bangkok.

– **JAG VAR HELT** enkelt inte med på att jag hade så bra chanser att vinna, säger Filip Strömbäck från Linköping som segrade i årets upplaga av Wallenbergs fysikpris.

Redan förra året deltog han i tävlingen, men utan att gå vidare. I år var han glad bara över att få åka till finalen i Umeå. På vägen dit bläddrade han igenom formelsamlingen, i övrigt tyckte han att den nyss avslutade Fysik B-kursen gjort honom väl förberedd.

Väl på plats i Umeå utsattes Filip Strömbäck och de 14 andra finalisterna för laborativa såväl som teoretiska prövningar – uppgifterna var huvudsakligen konstruerade av Sune Petersson och Patrik Norqvist vid Umeå universitet.

– Labbarna var helt annorlunda mot de vi gjort i skolan. Man fick en hög med grejer och en uppgift att lösa, utan någon som helst vägledning. Det var både svårt och roligt, säger Filip Strömbäck.

Uppgifterna gick exempelvis ut på att bestämma brytningsindex för en okänd vätska med hjälp av en handlaser, eller att



Foto: Kerstin Ahlström

Segraren Filip Strömbäck är djupt koncentrerad under finaltävlingen i Wallenbergs fysikpris.

bestämma massan hos en kloss vars tyngd är större än vad den tillgängliga dynamometern klarar av att mäta.

Nästa dag var det dags för den teoretiska delen. Juryn tog sedan itu med rättningen medan finalisterna åkte till Umevatoriet och roade sig med att bland annat spela virtuell "atombiljard" där kloten rör sig enligt kvantmekanikens lagar.

– Det var verkligen roligt i Umeå, både själva tävlingen och det sociala, säger Filip Strömbäck.

Han har alltid gillat fysik, och fysikläraren Andrew Browns roliga lektioner har gjort sitt därtill. Men Filip Strömbäck erkänner att han nog är mer inne på programmering. Det har varit hans stora intresse ända sedan 8-årsåldern. Mest fascinerar han av grafik och bildbehandling.

– Det är roligt men samtidigt sjukt komplext.

Han vet redan att han

vill läsa vidare på tekniska högskolan i Linköping. Valet står mellan datateknik och teknisk fysik.

I UMEÅ FICK finalisterna tåla sig ända till middagen innan de fick reda på resultaten. Då avslöjades det vilka fem som får representera Sverige i den internationella fysikolympiaden i Bangkok i juli.

– Först blev jag förvånad över att jag skulle få åka med till Thailand, sen blev jag ännu mer förvånad över att jag vann, säger Filip Strömbäck.

Han ser fram emot att åka till fysikolympiaden fast han har hört att motståndet ska vara mycket hårt.

– Men vem vet, att komma dit utan några förväntningar kanske är ett vinnande koncept den gången också, säger han.

INGELA ROOS

Till fysikolympiaden i Bangkok åker Filip Strömbäck, Felix Roth, Daniel Nilsson, Pernilla Helmer och Dag Strömberg Fahlin tillsammans med lagledarna Max Kesselberg och Bo Söderberg.

FYSIK 1
impuls

nyhet!

Impuls

– fysik med tydlig vardagskoppling

Med Gleeurups nya fysikserie *Impuls fysik* får dina elever ett komplett läromedelspaket, helt utformat efter Gy2011. En kursbok fullspäckad med uppgifter, en generös lärarwebb och en elevwebb 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!

Vill du läsa mer, titta på smakprov eller diskutera Impuls med kollegor och utvecklare? Besök vårt lab på gleerups.se/labfysik.

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

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

gleerups 
– i samarbete med dig

FRAENKEL
GOTTFRIDSSON
JONASSON

gleerups 

RESULTATLISTA

1. **Filip Strömbäck**, Berzeliuskolan, Linköping
2. **Felix Roth**, Tyska Skolan, Stockholm
3. **Daniel Nilsson**, Katedralskolan, Lund
4. **Marcus Aronsson**, Östrabogymnasiet, Uddevalla
5. **Pernilla Helmer**, Katedralskolan, Lund
6. **Dag Fahlin Strömberg**, Kattegattgymnasiet, Halmstad
7. **Niklas Ek**, Tyska Skolan, Stockholm
7. **Hjalmar Ekberg Skog**, Södra Latin, Stockholm
7. **Eleonor Kollberg**, Kistas Gymnasium, Göteborg
7. **Hanna Lilja**, Danderyds Gymnasium, Danderyd
7. **Fredrik Löfgren**, Soltorgsgymnasiet, Borlänge
7. **Erik Orlander**, Hvitfeldtska gymnasiet, Göteborg
7. **Moritz Roth**, Tyska Skolan, Stockholm
7. **Frida Ulander**, Berzeliuskolan, Linköping
7. **Samuel Zackrisson**, Åva Gymnasium, Täby

Ultrakalla atomer styrda av en brownsk motor

Flera viktiga processer i naturen tros bygga på så kallade browniska motorer. Dessa drivs med hjälp av slumpmässiga fluktuationer från omgivningen. Vi har konstruerat en artificiell brownsk motor som kan kontrollera ultrakalla atomers rörelser i realtid och guida dem längs förutbestämda banor. Förhoppningen är att tekniken i framtiden ska kunna driva nanoroboter.

SÅ KALLAD BROWNSK rörelse studerades första gången 1827 av den brittiske botanikern Robert Brown som upptäckte märkliga slumpmässiga rörelser hos pollenfrön i vatten. Knappt ett århundrade senare gav Albert Einstein en matematisk beskrivning av fenomenet där han kopplade partiklarnas slumpmässiga spridning, så kallade diffusion, till omgivningens temperatur.

Diffusionen uppstår av att partiklarna får upprepade "knuffar" i slumpmässig riktning av omgivningen, där både antalet och storleken på knuffarna ökar med temperaturen. För små system, som till exempel mikrobiologiska system eller i framtidens nanoroboter, blir lätt den browniska rörelsen dominerande och systemets dynamik blir svår att kontrollera.

En fascinerande tanke är att, i stället för att se den browniska rörelsen som ett störande brus, dra nytta av den tillförda energin och omvandla den till en användbar form. Vid en första anblick skulle ett sådant system bryta mot termodynamikens andra lag samt Curies symmetriprincip (som säger att vi inte kan ha asymmetriska effekter i ett symmetriskt system). Men för ett system som inte är i termisk jämvikt med omgivningen, samt är asymmetrisk i tid eller rum, så är detta faktiskt möjligt.

Ett sätt att förstå detta fenomen är att studera browniska partiklar i en blinkande sågtandpotential, som illustreras i figur 1. Antag att partiklarna initialt är fångade nära ett minimum (en "brunn"). Efter en tid stängs den optiska potentialen av och med hjälp av de slumpmässiga

knuffarna sprider partiklarna sig i rummet. Därefter slås potentialen på igen, och partiklarna kommer åter fångas av potentialen.

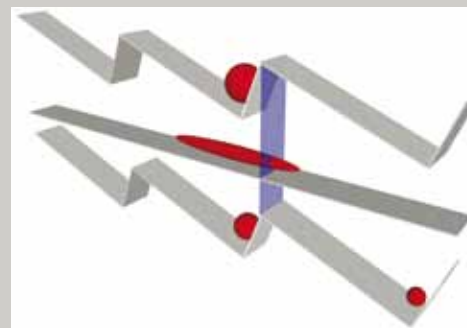
På grund av spridningen återfångas partiklarna inte nödvändigtvis i samma brunn som de befanns sig i initialt, och asymmetrin hos potentialen kommer att favorisera en förflyttning i en riktningen framför den andra. Om denna sekvens upprepas kan en riktad diffusion uppkomma, där omgivningens slumpmässiga rörelser blir till en riktad kollektiv rörelse hos partiklarna.

Intresset har på senare tid ökat för detta system och andra liknande så kallade browniska motorer, framförallt genom stora framsteg inom mikrobiologin där det visat sig att viktiga processer kan modelleras på liknande sätt. Exempelvis tros proteintransporter inom celler och förflyttning av olika virus bygga på dessa principer.

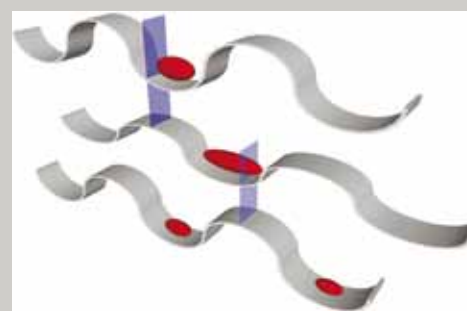
Förutom ett stort intresse för att förstå och modellera dessa naturliga processer, finns förhoppningar om att browniska motorer ska vara en framtida metod för att driva och kontrollera nanoteknik, så som nanoroboter. Det finns även ett egenintresse att förstå dessa browniska system och riktade transportsystem ur ett statistisk fysik-perspektiv.

VÅR ARTIFICIELLA browniska motor är konstruerad av ultrakalla laserkylda atomer i periodiska optiska potentialer. Att kyla en samling atomer betyder i vårt fall att sänka hastigheten med vilken den slumpmässiga rörelsen sker. Det sker genom att rikta lasrar mot atomerna från flera

Figur 1. En samling browniska partiklar fångade i en asymmetrisk potential. Om potentialen temporärt stängs av, kommer partiklarna att sprida ut sig i rummet. När potentialen åter slås på blir partiklarna återfångade i fler än en potentialbrunn. Asymmetrin favoriserar återfångning i brunnar till höger framför de till vänster.



Figur 2. I denna kraftigt förenklade modell är atomerna initialt fångade i den långlivade potentialen, där de har gått om tid att samlas kring brunnens mitt. Då atomerna byter potential får de, på grund av det fasskiftet, en ökad energi vilken inte hinna kylas bort i den kortlivade potentialen. Då atomerna återvänder till den långlivade potentialen kommer därför molnet delas, och atomernas medelposition förskjutas.



håll och välja lasrarnas frekvens så att varje atom alltid ser den laserstråle som är motriktad dess rörelse tydligast (lasern dopplerskiftas närmare resonans). Ljustrycket från lasern kommer då att bromsa atomens rörelse och bilda en effektiv friktionskraft.

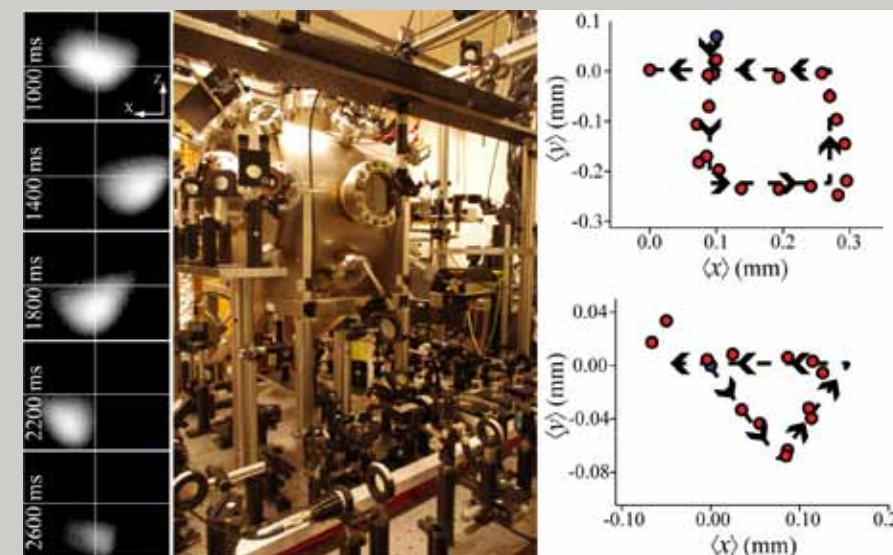
Med standardtekniker för laserkyllning kan temperaturer endast några få miljondels grader över den absoluta nollpunkten nås. Förutom för studier inom statistisk fysik, används även kalla atomer för bland annat precisionsmätningar och realisering av kontrollerbara kvantsystem.

Periodiska optiska potentialer kan skapas genom att låta flera korsade laserstrålar interagera med atomerna. I vårt experiment använde vi två periodiska potentialer som båda har en tredimensionell struktur, samt har en inbyggd friktion genom laserkyllningsmekanismerna och inbyggd bruskälla genom den slumpmässiga ljusspridningen. Vilken av de två potentialerna atomerna interagerar med beror på dess kvanttillstånd.

Ljusspridningen skapar även en väg mellan de två optiska potentialerna. Övergångssannolikheterna mellan potentialerna kommer dock att favorisera det ena potentialen och atomerna kommer därför spendera största delen av tiden i denna "långlivade" potential.

För att skapa en brownsk motor med vår uppställning måste både symmetrin och den termiska jämvikten brytas, och för att styra motorn i realtid måste även asymmetrin kontrolleras i realtid. De två optiska potentialerna är båda individuellt symmetriska, vilket medför att asymmetrin måste skapas av en kombination av dem över tid. Detta sker genom att flytta dem relativt varandra och därigenom skapa en relativ fas mellan dem. Detta fasskift, i kombination med de oliklängda tiderna atomerna spenderar i varje potential, skapar tillsammans den nödvändiga asymmetrin.

Den relativa fasen mellan potentialerna bryter även den termiska jämvikten då ett potentialbyte generellt tillför energi



Figur 3. Till vänster visas valda bilder på ett atommoln som i realtid styrs fram och tillbaka. I mitten syns delar av experiment-uppställningen. Till höger visas den uppmätta bana för atomer som givits en förutbestämd kvadratisk samt triangulär bana.

till systemet. I likhet med den blinkande sågtandpotentialen, kommer detta system inducera en kollektiv förflyttning av partiklarnas medelposition över tid, som illustreras i figur 2.

REALTIDSKONTROLLEN AV vår browniska motor förverkligades med hjälp av optiskt aktiva kristaller. I dessa kan laserljusets fas kontrolleras genom en elektrisk spänning. Spänning kan ändras i realtid och således kan även potentialernas relativa fas ändras. Genom att samla upp en del av det spridda ljuset med en videokamera

kan atomernas positions detekteras i realtid utan att störa experiment. I figur 3 visas en bildsekvens på ett atommoln som styrs fram och tillbaka.

Utöver dessa resultat har vi även för första gången lyckats mäta verkningsgraden hos en artificiell brownsk motor, och även om vårt maximalt uppnådda resultat är under 0,3 procent så är det en viktig milstolpe då det gör det enklare för oss – och andra – att karaktärisera och jämföra browniska system.

HENNING HAGMAN OCH MARTIN ZELAN

Henning Hagman och Martin Zelan har doktorerat i atomfysik vid Umeå universitet med Anders Kastberg och Claude Dion som handledare.

Henning Hagman försvarade sin avhandling 21 januari 2011 med Daniel Comparat från Laboratoire Aimé Cotton i Frankrike som opponent. Hans avhandling finns att ladda ned på <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-38648>.

Martin Zelan försvarade sin avhandling 25 februari 2011 med Síle Nic Chormaic från University College Cork i Irland som opponent. Hans avhandling finns att ladda ned på <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-39541>.

Personliga intervjuer med Henning Hagman och Martin Zelan finns på nästa uppslag.

Fysikkompisarna går olika vägar

Ni har jobbat mycket ihop under doktorandtiden. Valde ni det själva?
Henning Hagman: Vi pluggade teknisk fysik tillsammans och visste att vi jobbade bra ihop. Men ytterst var det handledaren som satte oss att jobba ihop.

Hur har det varit att jobba så nära tillsammans?
Martin Zelan: Det har varit väldigt lyckat. Det har varit bra att ha en god vän att jobba med. Det är tråkigt, fast nog ganska nyttigt, att våra vägar skiljs åt nu.

Vad gör ni nu då?
HH: Jag har bytt område och gör postdok inom icke-linjär mikroskopi på Chalmers. Det är kul att prova på något nytt, med en tydlig applikation inom biologin.
MZ: Jag är postdok i Nobelpristagaren William Phillips grupp vid Joint Quantum Institute, där jag undersöker möjligheten att använda ultrakalla atomer i framtidens kvantdatorer.

Hur var det att doktorera?
HH: Det var bra, det kan jag rekommendera. Det var mycket lärorikt och utvecklande under hela perioden – både jobbigt och roligt.
MZ: I sin helhet har det varit mycket lyckat – väldigt givande, och värt besväret. Man fick fortsätta att utvecklas istället för att hamna i ett smalt fack i industrin.

Vilken var den största utmaningen?
HH: Att få allting att fungera samtidigt i experimentet.
MZ: Att ha tålamod, både med forskningen och allt runt omkring. Våra experiment var väldigt komplicerade och det kunde gå långa perioder utan att saker fungerade. Det gällde att ha tålamod till att det snart skulle fungera, speciellt med tanke på att doktorandtjänsten är tidsbegränsad.

Vad är ni speciellt stolta över?
HH: Att vi fick realtidsstyrningen av atommoln att funka. Det var väldigt tekniskt svårt att få till.
MZ: Helheten, att vi lyckades med de mål vi satt upp.

Vad har ni för framtidsdrömmar?
HH: Mina planer efter postdok är inte så klara än. Men jag vill fortsätta jobba med utvecklande, spännande saker som ger något. Just nu är jag inne på spåret att stanna inom den akademiska världen. Jag satsar på det tills vidare, sen får jag utvärdera igen.
MZ: På sikt vill jag tillbaka till familj och vänner i Sverige, om det då blir inom akademien eller industrin återstår att se. Men

Henning Hagman

Ålder: 30 år
Bakgrund: Uppväxt i Ljusdal i Hälsingland, har läst teknisk fysik och doktorerat i Umeå.

Bor: Göteborg

Familj: Sambo, föräldrar och syskon

Intressen: Friluftsliv, träna och åka längdskidor. "Fast längdåkning kommer nog att stryka på foten här i Göteborg."



Martin Zelan

Ålder: 29 år
Bakgrund: Uppväxt utanför Örnsköldsvik, har läst teknisk fysik och doktorerat i Umeå.

Bor: Gaithersburg, USA

Familj: Sambo i USA samt föräldrar och syster i Sverige

Intressen: Resor och nya upplevelser. Spelar gärna golf i mån av tid.



Forskning: Se föregående uppslag

Sagt om Henning och Martin

"De är två killar som egentligen är varandra mycket olika. Och de har olika åsikter om det mesta. Men sedan de började plugga fysik så har de arbetat tillsammans och det har funkade fantastiskt bra. Det har en fantastisk respekt för varandra, är generösa mot varandra, och i mina ögon är det ett ganska unikt kompisförhållande."

Anders Kastberg, handledare

innan det hoppas jag få ut så mycket som möjligt av tiden i USA, både privat och professionellt.

INGELA ROOS

Gymnasieutbildningen förnyas i höst

I höst får gymnasieskolan nya ämnesplaner, GY 2011. Här följer några reflektioner efter en genomläsning.

ETT NYTT BETYGSYSTEM, där A är högsta betyg och E den lägsta godkända nivån, är en tydlig markör av att gymnasieutbildningen förnyas i höst. Fysikämnets omfattning bibehålls på naturvetenskapsprogrammet, och precis som idag blir det två obligatoriska fysikkurser på den naturvetenskapliga inriktningen. En stor förändring är att det är den första kursen, kallad Fysik 1, som blir den större kursen om 150 poäng.

Innehållet i Fysik 1 skiljer sig en hel del från dagens A-kurs. Till exempel kommer kursen att innehålla moment som "orientering om hur fysikaliska modeller och mätmetoder används för att göra prognoser för klimat och väder". Eftersom naturkunskapsämnet försvinner från N- och T-programmen har ett stort block med energi och energiresurser flyttats därifrån och in i Fysik 1. I detta block har till exempel begreppet entropi lagts till, men också kärnfysik och lite ellära, i princip den enda rena ellära innan det blir dags att koppla in magnetiska fält i Fysik 2. Huruvida elektriska kretsar förväntas ingå är en öppen fråga, som till exempel läroboksförfattare och konstruktörer av nationella prov måste ta ställning till.

Rörelsemängd och impuls tas upp redan i den grundläggande mekaniken, och där ska också göras en "orientering om Einsteins beskrivning av rörelse vid höga hastigheter". Däremot har all den stråloptik som nu finns i Fysik A plockats bort från gymnasiet. Hur reella och virtuella bilder uppstår förväntas framöver avklaras i grundskolan.

FYSIKENS KARAKTÄR, metoder och arbetsätt ses som en del av kursernas centrala innehåll i den nya ämnesplanen. Att göra "avgränsning och studier av problem med hjälp av fysikaliska resonemang och matematisk modellering innefattande linjära ekvationer, potens- och exponentialekva-

tioner, funktioner och grafer samt trigonometri och vektorer" ska klaras av redan i den inledande kursen. Och matematikämnet har anpassats efter detta så att grundläggande vektorberäkningar tagits in i den första matematikkursen på N- och T-programmen. I Fysik 2 tillkommer bland annat användandet av icke-linjära funktioner och derivator.

De skärpta kraven på att matematiska verktyg ska användas i fysikundervisningen kan kanske ses som en reaktion på de nedslående svenska resultaten i TIMSS Advanced 2008 (internationell studie av gymnasieelevers kunskaper i matematik och fysik). "Avmatematiseringen av andra ämnen" lyftes där fram som en av orsakerna till att de svenska elevernas prestationer sjunkit drastiskt jämfört med tidigare.

I DEN ANDRA fysikkursen ägnas ett stort block åt vågfysik. Med utgångspunkt i harmonisk svängning går vägen via magnetiska fält kring strömförande ledare fram till materiens vågegenskaper. Att ämnesinnehållet ska vara dagsaktuellt framgår av att "metoder för att upptäcka och undersöka exoplaneter", och "villkor för liv på andra planeter" tagits med i blocket om universums utveckling. Mekanikinslaget fördjupas bland annat genom "Simulering av tvådimensionell rörelse med hjälp av enkla numeriska metoder".

Fysikämnets karaktär ges också en ny vinkling i den andra kursen där "Fysikens relation till och gränser mot etiska, filosofiska och religiösa frågor" tas med som centralt innehåll.

KUNSKAPSKRAVEN FÖR de nya betygsstegen ger en fingervisning om vilka förmågor som Skolverket sätter främst. För att få högsta betyg, A, räcker beträffande laborativ förmåga att "eleven planerar och genomför efter samråd med handledare experiment och observationer på ett tillfredsställande sätt.". Kraven för A-betyget vässas betydligt när det gäller att kunna använda fysikkunskaperna för att ta ställning i samhällsfrågor: "Eleven diskuterar

utförligt och nyanserat komplexa frågor som rör fysikens betydelse för individ och samhälle. I diskussionerna för eleven fram välgrundade och nyanserade argument och redogör utförligt och nyanserat för konsekvenser av flera tänkbara ställningstaganden."

Motsvarande formuleringar finns också för de andra naturvetenskapliga ämnena. Man kan nog förvänta sig en devalvering av de valda adjektivens betydelse för att det överhuvudtaget ska vara möjligt att ge högsta betyg i naturvetenskapliga ämnen.

TILL SKILLNAD FRÅN i dagens gymnasieskola finns det i GY 2011 en tredje fysikkurs med specificerat innehåll. Denna kurs kommer dock inte att erbjudas på alla gymnasier, utan enbart på de som väljer att profilera sin fysiksida, och det blir intressant att framöver följa hur många det blir. Det finns inte lika mycket utrymme för eleverna att fritt välja kurser i GY 2011 som i dagens gymnasium, och man kan förvänta sig att matematik- och språkkurser kommer bli de mest attraktiva valen eftersom dessa kurser kan ge extra poäng vid ansökan till högskolestudier.

Kursinnehållet i Fysik 3 präglas av att många moment inleds med "Fördjupad behandling av" eftersom en stor del av kursen ägnas åt att göra grundligare studier av områden som behandlats översiktligt i de tidigare kurserna. Men det finns också moment som är helt nya, och hit hör "fasta materials optiska och elektriska egenskaper som konsekvens av elektronernas energistruktur". Eleverna ska också göra ett "undersökande mindre projekt där datorbaserad numerisk simulering används för att fördjupa och tillämpa valfritt område på en problemställning med anknytning till fysik."

ANNE-SOFIE MÅRTENSSON, ORDFÖRANDE I UNDERVISNINGSEKSIONEN

Läs mer: På Skolverkets hemsida finns utförlig information om GY 2011 och alla nya ämnesplaner, www.skolverket.se



Bengt Johansson, Josef Erlandsson, Carmen Latif, Peter Ohlsson, Per Andersson, Anita Lindberg, Sven Törnberg är fysiklärare på Pauli gymnasium.

Förväntansfulla och lite tveksamma

I min jakt på sanningen om vad fysiklärarna på gymnasiet egentligen tycker om de nya ämnesplanerna, bjuder jag in mig själv till en ämneskonferens i fysik på Pauli gymnasium i Malmö.

GY2011 STÅR DET på dagordningen och det känns löftesrikt. Platsen är Pauli gymnasium mitt i Malmö, ett gymnasium som nu har naturvetarprogrammet och som till hösten kommer att ha både naturvetar- och teknikprogrammet. Sju fysiklärare finns det på skolan och trots eftermiddagens sena timme så är de diskussionsvilliga. De nya ämnesplanerna engagerar och berör lärarna. Det är deras framtida arbetsdagar som påverkas.

Förändringarna inom fysikämnet blir ganska omfattande med de nya ämnesplanerna. Den första fysikkursen, fysik 1, blir den största med sina 150 poäng, följd av fysik 2 och fysik 3 med vardera 100 poäng. En del av det som låg i Fysik B finns från och med hösten att hitta i Fysik 1. Kursen är indelad i större temaområden, med namn som "energi och energiresurser" och "strålning inom medicin och teknik". I de nya ämnesplanerna finns också helt nya moment, som inte tagits upp på gymnasiet tidigare.

Per Andersson är ämnesansvarig i fysik på Pauliskolan och han inleder med att tala om ett behov av fortbildning.

– Att kunna mycket fysik betyder inte

automatiskt att man kan mycket om till exempel klimat och väderprognoser som ingår i Fysik 1.

Per får medhåll av de andra fysiklärarna och Josef Erlandsson fyller i:

– Vissa saker var väldigt länge sedan jag läste, till exempel miljöaspekten var inte något som fick stort utrymme när jag läste fysik. Vi behöver bra, konkret fortbildning inom flera områden.

De nya ämnesplanerna innehåller flera nya moment – moment som några av fysiklärarna inte stött på i sin utbildning.

– När jag gick på universitetet, säger Sven Törnberg, så var den moderna fysiken fortfarande ifrågasatt...

Sven ler och vi förstår att han kan mycket om den nya fysiken, men han tillstår att det är ett problem med teori som man inte lärt sig eller inte läst på länge, för det tar tid att lära sig och att repetera och det är svårt att hitta den tiden.

Att få tiden att räcka till verkar vara ett stort problem för lärarna. Det tar redan mycket tid att försöka hänga med, både i den populärvetenskap som intresserar eleverna och det i media som berör fysik. Små saker, som att Renata Chlumska ska

åka upp i rymden och stora tråkiga saker som kärnkraftsolyckan i Japan. Varifrån ska tiden för fortbildning tas? Vem kommer att ansvara för att det faktiskt blir bra och relevant fortbildning på rätt nivå? Frågan engagerar länge.

– Det är rimligt att Skolverket anordnar och bekostar fortbildning. Det är Skolverket som fattat beslut om nya ämnesplaner och det är de som vet hur implementeringen bör se ut. Vi ska inte behöva snickra ihop en massa utbildningar och läsa onödigt mycket, eller fel stoff, när Skolverket vet vad vi behöver. Dessutom borde inte kommunerna behöva bekosta fortbildningen, tycker Carmen Latif.

TALET OM SKOLVERKET väcker nya tankar. Flera tycker att betygsriterierna är alldeles för vaga som de ser ut nu.

– Formuleringar som "kännedom om" och "orienting om", hur ska de egentligen tolkas? Det kan vi inte veta innan Skolverkets kommentarmateriel kommer, så vi får hoppas att de kommer snabbt, säger Per Andersson.

De nya betygsstegen, med kriterier bara för betygen a, c och e, där mellanliggande betygssteg, b och d ska vara mitt emellan delade fysiklärarna i två läger. Hälften tyckte att det är vad vi saknat, riktiga betygssteg som ersätter G+ och

"Vi ska inte behöva snickra ihop en massa utbildningar och läsa onödigt mycket, eller fel stoff, när Skolverket vet vad vi behöver."

VG+, och hälften tyckte att de inte kan sätta betyg utan betygsriterier för alla betygssteg.

Det faktum att böckerna inte är klara från förlagen än bekymrar Bengt Johansson.

– Hur kommer böckerna att se ut? Hur ska vi hinna välja den bästa eller ens titta lite i alla? Vet förlagen och författarna mer om ämnesplanerna än vi? Hur kan de annars veta vad som ska med i böckerna? Även om läromedel inte alls styr undervisningen, så är det viktigt att böckerna innehåller relevanta och för kursen korrekta begrepp. Det är mycket trevligare att undervisa med en riktigt bra lärobok, om det inte kommer sådana så klarar jag mig hellre utan, med mitt eget materiel, i väntan på något gott, säger han.

Avsaknaden av nytt laborationsmateriel kom också upp som ett problem. När nu kurserna har nya moment så behövs det annat material och nya bra laborationer, det blir dyrt för skolan. Nytt labmateriel och nya läroböcker samtidigt.

ÄR DET DÅ BARA jobbigt och negativt och dyrt och svårt? frågar jag försiktigt när eftermiddagen börjar lida mot tidig kväll. Jag möts av ett rungande nej.

– Absolut inte, säger Per Andersson. Det är jätteroligt med nytt och det ska bli roligt att få prova i höst. Fysik 1 är sig ganska lik till en början, men snabbt kommer det nya moment till.

Peter Ohlsson ser fram emot temaindelningen av kursen och den större samhällsinriktningen:

– De frågorna kommer att få större plats i kursen och kommer kräva ett helt annat upplägg. Det ska bli roligt att se hur eleverna reagerar på det, ibland säger

de att fysik bara är en massa räkna, det är det inte idag heller, men det bli ännu mindre en massa räkna med de nya ämnesplanerna.

Anita Lindberg tycker att det känns som ett försök att knyta ihop mindre kunskaper till en större överblick, och även att få mer samhällsmedborgarskap.

– Hoppas att det får fler elever att gilla fysik, om det känns nödvändigt och nära så är det lättare att tycka om, för fler, avslutar Anita Lindberg diskussionen med.

Engagerade och entusiastiska, de vill gärna prova något nytt och de nya ämnesplanerna verkar spännande, men med en viss tvekan vad gäller resurstilldelning i tid och pengar, så får jag nog sammanfatta medelfysiklärarens inställning till GY2011.

JENNY LINDE
GYMNASIELÄRARE I FYSIK

Läs mer om de nya ämnesplanerna på föregående uppslag.

Optics and Components
Instrumentation
Lasers
Filters
Light sources
Laser safety

LASER 2000
The Future of Photonics

Your European Source for Optical Technologies
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

Plast gör solcellen flexibel och mjuk

Solen är en otroligt rik energikälla, men dagens solceller av kisel är både spröda och dyra. Genom att byta ut kisel mot plast siktar vi på att utveckla både billiga och böjliga solceller.

EN TREDJEDEL AV all energi som används i Sverige är i form av el. År 2009 hamnade elmätaren på 15 MWh per invånare, vilket är mer än till exempel i USA. Det finns faktiskt bara fem länder i världen som konsumerar mer el per invånare än Sverige.

Nästan hälften av den el som Sverige producerar kommer från vattenkraft och den andra hälften från kärnkraft. Globalt ser det helt annorlunda ut, eftersom elen står för en endast sjundedel av all energi som används i världen och 70 procent av elproduktionen är från fossila bränslen.

Prognoser visar att elen blir en allt viktigare energibärare i framtiden. Enligt Scenario 2050, som KVA:s energiutskott har utvecklat, kommer elproduktionen globalt att öka och den kommer att utgöra en allt större del av den globala energitillförseln, till en fjärdedel år 2050. En viktig fråga är dock vilka energikällor vi kommer att använda för att producera denna el.

FÖR ATT MÖTA det ökande behovet av el och samtidigt att ta hänsyn till energikällornas hållbarhet och klimatpåverkan, behöver kapaciteten hos förnybara energikällor byggas ut. Solenergi är en av dem.

Solceller ger ström genom att omvandla ljus direkt till elektrisk energi. En enkel beräkning visar att det räcker att täcka ungefär fem procent av Saharas yta med tio procent effektiva solceller för att täcka hela världens energibehov – om den producerade elen bara gick att laga.

Dagens solceller är gjorda av kisel, vilket tillverkas i form av stora kristaller eller multikristallina block som skärs upp

i tunna skivor. Tillverkningsprocessen är tidskrävande, vilket gör att kiselsolceller blir relativt dyra. Trots att investeringen i solpanelerna är den enda kostnaden i processen att producera el, gör detta att solet blir relativt sett dyr i förhållande till el från andra källor.

Dessutom är de tunna kiselskivorna spröda. Vill man integrera solceller med kurviga ytor eller flexibla produkter, så krävs det därför en helt annan teknologi och andra material. Till exempel kan lättta, tunna och flexibla solceller integreras med textilen i jackor och väskor och på detta vis förse de mobila instrument som vi bär med oss med ström, eller ladda dess batterier under resans gång.

EN AV DE ALTERNATIVA solcellsteknologierna som utvecklas nu är solceller gjorda av material vilkas grundammansättning är kolväten, så kallade organiska solceller. Man använder idag framgångsrikt såväl små molekyler som polymerer för att framställa ett tunt skikt på ett substrat.

Nästan alltid består det aktiva skiktet i organiska solcellerna av en blandning med två komponenter, där en av komponenterna (donor) absorberar ljuset och överför en elektron till den andra komponenten (acceptor). Runt om i världens laboratorier undersöks nu nya materialkombinationer för att hitta bättre sammansättningar och bättre processer för att göra effektiva, lätta, och hållbara organiska solceller som kan massproduceras utan höga kostnader.

Om tunn plastfolie används som ett av många möjliga substrat kan dessutom hela solcellen vara flexibel. I Sverige finns

flera forskargrupper, bland annat vid Linköpings universitet, Chalmers tekniska högskola i Göteborg och Karlstads universitet, som bidrar till utvecklingen av framför allt polymersolceller.

PÅ KARLSTADS UNIVERSITET har jag och min forskningsgrupp under de senaste tio åren undersökt tunna skikt av elektriskt halvledande polymerer och molekyler, för tillämpning i polymera solceller. Dessa tunna skikt tillverkas genom att en lösning av polymeren och molekylerna sprids ut på ett fast underlag som snurrar fort runt sin axel (så kallad spin-coating), så att lösningsmedlet avdunstar.

Det bildas en komplicerad struktur med domäner i skiktet på grund av att polymeren och molekylerna fasseparerar. Fasseparation sker för att vissa molekyler, särskilt långa polymerkedjor, inte spontant blandas, ungefär som olja och vatten i en sås som skär sig.

Strukturen som bildas i skiktet har en stor betydelse för solcellernas prestanda eftersom den centrala laddningsöverföringsprocessen mellan molekylerna sker vid gränssnittet. I forskningsgruppen arbetar vi med frågor om hur man kan få kontroll över denna fasseparation så att molekylernas fördelning i skiktet – den så kallade morfologin – kan varieras på ett förutsägbart sätt, som dessutom är fördelaktigt för solcellens elektriska prestanda. De senaste åren har vi bland annat sett att val av lösningsmedel och substratets ytenergi spelar en viktig roll för morfologin i skiktet.

Ovan nämnda polymera blandningar kombineras också med nanopartiklar och

blir kärnan för det som kallas organisk-organiska hybridsolceller. Genom att välja en viss storlek på nanopartiklarna eller variera storleken kan olika egenskaper, till exempel partiklarnas absorptionsspektrum, finjusteras. Dessa storlekseffekter kan sedan kombineras med struktureffekterna i polymerskiktet. Strukturen och sammansättningen i skiktet undersöks med hjälp av moderna mikroskopi- och spektroskopimetoder, som atomkraftmikroskopi och röntgenabsorptionsspektroskopi.

ELLEN MOONS
KARLSTADS UNIVERSITET



Foto: Andreas Reichenberg

GÖRAN GUSTAFSSONPRISTAGARE

ELLEN MOONS, docent i materialfysik vid Karlstads universitet, har i år tilldelats Göran Gustafssonpriset "för sina avgörande forskningsinsatser om grundläggande egenskaper för organiska och hybrid-baserade solceller". Göran Gustafssonprisen är de största nationella priserna för naturvetenskaplig forskning och anses vara de mest eftertraktade och prestigefyllda priserna bland yngre svenska forskare. Var och en av de fem pristagarna får 4,5 miljoner kronor i forskningsanslag, fördelat på tre år, samt ett personligt pris på 100 000 kronor.

Spännande program på Nordiska Fysikdagarna

FINLANDS FYSIKERFÖRENING stod 29–31 mars som arrangör för Nordiska Fysikdagarna, som därmed anordnades för andra gången. Temat var "Sharing methods, exchanging ideas" och platsen Helsingfors. Scandic Marina Congress Center rymde bekvämt plenarföreläsningar, parallella sessioner, en stor mängd posters, sektionmöten, konferensmiddag och en hotelldel. Allt inbäddat i en fin yttre miljö. Som deltagare var det en förmån att få ta del av detta paket.

Det fylliga programmet (som tills vidare finns på www.physics.helsinki.fi/fp2011/) var fyllt med highlights som bland annat Alain Aspect *Quantum correlations: from photons to atoms*, Laszlo Barabasi *Statistical Mechanics of Complex Networks: From the topology of the WWW to the robustness of the cell* och Ewine van Dishoek *Molecular processes between the stars*. Kari Enqvists middagstal var en liten pärla. Är det så att den kreativa miljön vid våra universitet blir alltmer trängd av kampen om anslag och citeringar, rapportering och sammanträden? Kari Engqvist efterlyste vikten av att kunna göra ingenting.

Cirka 500 personer deltog i fysikmötet i Helsingfors, den stora merparten var från Finland. Finlands Fysikerförening har runt 950 medlemmar, vilket innebär ett mycket högt deltagande – nästan man ur huse! Synd bara att inte fler från övriga Norden passade på att ta del av ett mycket spännande och brett program.

Nästa Nordiska Fysikdagarna ska hållas i Lund 2013. Låt dessa bli ett tillfälle för de olika nationella sektionerna att ordna gemensamma sektionmöten. Vi måste också arbeta för att få ett brett nordiskt deltagande.

KARL-FREDRIK BERGGREN
ORDFÖRANDE I SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

Sommartips: Ett brytningsfenomen

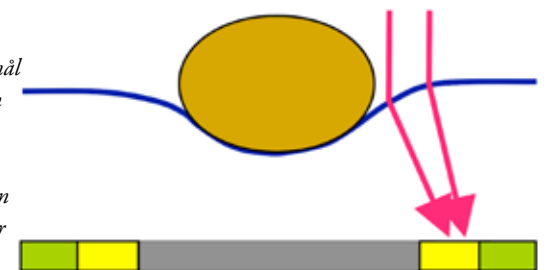


Flytande föremål ger upphov till märkliga skuggor på botten.

NÄR ETT LITET föremål flyter på en vattenyta kan det vid grunt vatten bli en intressant skugga på botten. Det är inte bara själva föremålet som påverkar skuggans form utan också att ytspänningen får vattenytan att bukta ner. Skuggan omges av ett smalt ljus band. Skissen visar principen för hur detta uppkommer, genom att vattenytan bryter ljuset som ena halvan av en konvex lins – här för enkelhets skull med vertikalt solljus. Eftersom ljuset i verkligheten infaller snett hamnar skuggan inte rakt under föremålet på ytan. Det är intressant att vid några decimeters vattendjup försöka lista ut föremålets form genom att bara betrakta skuggbilden.

GÖRAN GRIMVALL

Schematisk illustration av hur ett litet flytande föremål får vattenytan att bukta ner, och fungera ungefär som en lins som bryter solljuset.



EPR-paradoxen och den överkliga verkligheten

Albert Einstein kunde inte acceptera kvantfysikens besynnerliga bild av verkligheten. Han vägrade tro att fysikens grundläggande processer skulle vara slumpmässiga eller att naturens minsta enheter skulle vara behäftade med inneboende osäkerhet.

I EN BERÖMD artikel från år 1935 ifrågasätter Albert Einstein, tillsammans med Boris Podolsky och Nathan Rosen, kvantfysikens anspråk på att utgöra en grundläggande verklighetsbeskrivning. Redan artikelns titel skvallrar om författarnas tvivel: *Can quantum-mechanical description of reality be considered complete?* Här formuleras det som skulle komma att bli 1900-talets mest omskrivna och kontroversiella tankeexperiment: EPR-paradoxen, uppkallad efter författarnas initialer.

Resonemanget kretsar kring Heisenbergs osäkerhetsrelation: den ömsesidiga obestämtheten i en partikels läge och rörelsemängd. Bara en av dessa storheter kan, enligt kvantfysiken, ha ett entydigt och välbestämt värde åt gången; ju mer välbestämd den ena storheten är, desto osäkrare är den andra. Men hur ska detta påstående egentligen uppfattas? Ligger osäkerheten i partikelns faktiska egenskaper, eller handlar det snarare om att vår kunskap om partikeln är begränsad?

För att finna svaret föreställer sig artikelförfattarna två partiklar, 1 och 2, på stort avstånd från varandra. Partiklarnas positioner x_1 och x_2 är helt okända, liksom deras rörelsemängder, p_1 respektive p_2 . Man vet således varken var partiklarna befinner sig eller hur de rör sig. Dock känner man till något om kombinationen av deras egenskaper. För det första vet man vilket avståndet är mellan dem: skillnaden mellan deras positioner, $x_1 - x_2$, är välbestämd. För det andra känner man till partiklarnas sammanlagda rörelsemängd, $p_1 + p_2$.

Denna vetenskap är helt i linje med Hei-

senbergs relation. Den förbjuder nämligen bara samtidig kännedom om läget och rörelsemängden hos varje enskild partikel. Men skillnaden $x_1 - x_2$ kan vara välbestämd och känd på samma gång som summan $p_1 + p_2$.

Säg nu att partikel 2 befinner sig mycket långt bort, att det i själva verket endast är partikel 1 som man har tillgång till och kan utföra mätningar på. Är det då ändå möjligt att få reda på något om partikel 2?

Ja. Eftersom avståndet mellan partiklarna är känt, så behöver man bara ta reda på var partikel 1 är för att också få veta var partikel 2 är. En mätning av läget x_1 för partikel 1 avslöjar läget x_2 för partikel 2.

På motsvarande sätt kan man få reda på rörelsemängden hos partikel 2: Man mäter den första partikelns rörelsemängd p_1 , och utnyttjar sedan kunskapen om partiklarnas sammanlagda rörelsemängd.

Dock kan man inte på detta sätt få reda på rörelsemängden för partikel 2 om man redan har gjort en lägesmätning på partikel 1. En lägesbestämning påverkar ju, enligt Heisenbergs relation, värdet på rörelsemängden på ett oförutsägbart sätt. I och med lägesmätningen går man därför miste om informationen om partiklarnas sammanlagda rörelsemängd. Av samma skäl kan man inte använda informationen om avståndet mellan partiklarna efter det att rörelsemängden p_1 har fastställts.

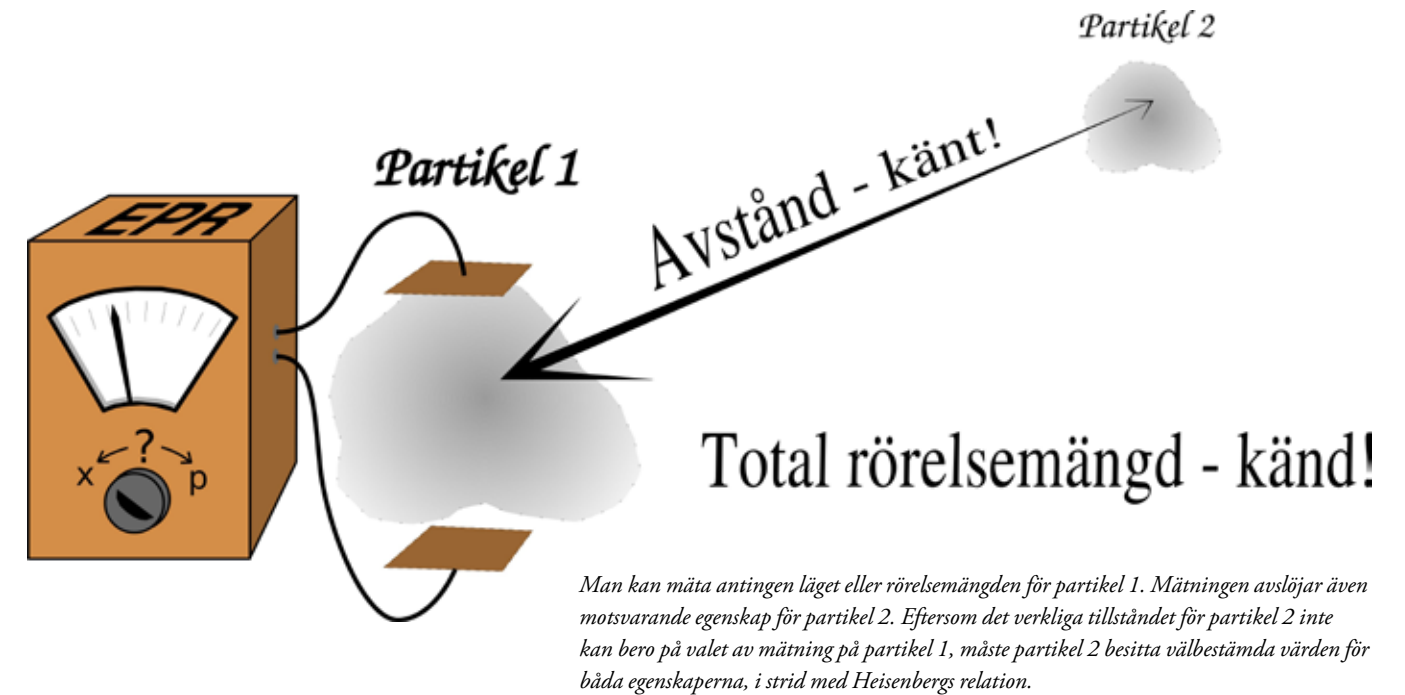
NÄR MAN HAR förberett sina två partiklar i EPR:s korrelerade tillstånd står man alltså inför ett val: att mäta antingen läget, x_1 , eller rörelsemängden, p_1 , för partikel 1.

Väljer man lägesmätningen får man även reda på x_2 ; väljer man att mäta rörelsemängden får man även reda på p_2 . Man kan dock aldrig få reda på både läget eller rörelsemängden för partikel 2. Så långt är allt i linje med Heisenbergs relation.

Men Einstein och hans medförfattare noterar nu att vilken mätning man väljer att utföra på partikel 1 knappast kan påverka de faktiska egenskaperna hos den avlägsna belägna partikel 2. Eftersom man kan välja om man vill ha reda på x_2 eller p_2 (beroende på om man mäter x_1 eller p_1) måste partikel 2 vara beredd att uppfylla båda egenskapernas värden. Med andra ord, partikel 2 måste i själva verket ha både ett entydigt läge och en entydig rörelsemängd. Partikeln själv måste "känna till" värdet på dessa båda egenskaper, även om det kanske är omöjligt för oss att fastställa dem samtidigt.

Slutsatsen tycks oundviklig: Heisenbergs relation säger på sin höjd något om vad vi kan få reda på; den handlar inte om naturens egentliga beskaffenhet. Kvantfysiken utgör därmed, i bästa fall, en ofullständig beskrivning av verkligheten. Författarna medger att argumentet inte bevisar att någon mer fullständig beskrivning är möjlig, med de uttrycker sin fasta övertygelse om att så är fallet: Det borde gå att formulera en mer grundläggande teori, fri från kvantfysikens mystiska osäkerheter.

RESONEMANGET VILAR förstås på vissa antaganden. Den mest uppenbara förutsättningen är vad man brukar kalla lokalitet: antagandet att det som sker på



en plats i universum inte omedelbart kan påverka det som sker någon annanstans. Utan detta antagande faller argumentet. Då skulle man kunna hävda att partikel 2 faktiskt ändrar sina egenskaper i det ögonblick man utför mätningen på partikel 1: om man väljer att mäta x_1 påverkas inte bara p_1 utan också p_2 ; om man väljer att mäta p_1 påverkas inte bara x_1 utan också x_2 . Heisenbergs relation tillämpad på partikel 2 skulle därmed fortfarande kunna handla om denna partikels verkliga egenskaper, och inte enbart om vår möjlighet att nå kunskap om dessa.

Antagandet om lokalitet är inte bara intuitivt. Det har också kraftfullt stöd i den speciella relativitetsteorin, som utesluter påverkan mellan rumsligt avlägsna händelser.

Ett annat viktigt antagande i resonemanget är realism. Detta är, något förenklat, uppfattningen att fysikaliska storheter och deras värden existerar oberoende av våra mätningar. Bollen har en hastighet, partikeln en laddning och pinnen en längd även om ingen någonsin mäter upp värdet på dessa egenskaper.

Var någonstans i tankeexperimentet kommer antagandet om realism in? Jo, det är bara med ett realistiskt synsätt som man kan hävda att partikel 2 verkligen

besitter båda egenskaperna – läge och rörelsemängd – på samma gång. I praktiken är det ju bara en av dessa som faktiskt fastställs.

Einstein, Podolsky och Rosen gör i sitt resonemang ytterligare några antaganden. Som att tillståndet hos partiklarna, innan man har mätt något, inte beror på vilken mätning man kommer att göra. Eller att den som gör mätningen faktiskt är fri att göra vilken mätning som helst, att detta val kan betraktas som oberoende av partiklarnas tillstånd.

Samtliga EPR:s antaganden är högst naturliga. De handlar bara om sådant som vi alla tar för givet.

TANKEEXPERIMENTET TVINGAR oss alltså till slutsatsen att en världsbild präglad av realism, lokalitet och kausalitet är oförenlig med att kvantfysiken skulle utgöra en fullständig teori. Kvantfysiken beskriver, under dessa antaganden, i bästa fall vår maximala kunskap om verkligheten, men inte verkligheten själv.

Bara några månader efter EPR:s angrepp på kvantfysiken publicerade Niels Bohr sitt svar. Han försvarar teorin och menar att den är det närmaste en fullständig verklighetsbeskrivning som vi någonsin kan komma. Han underkänner förfat-

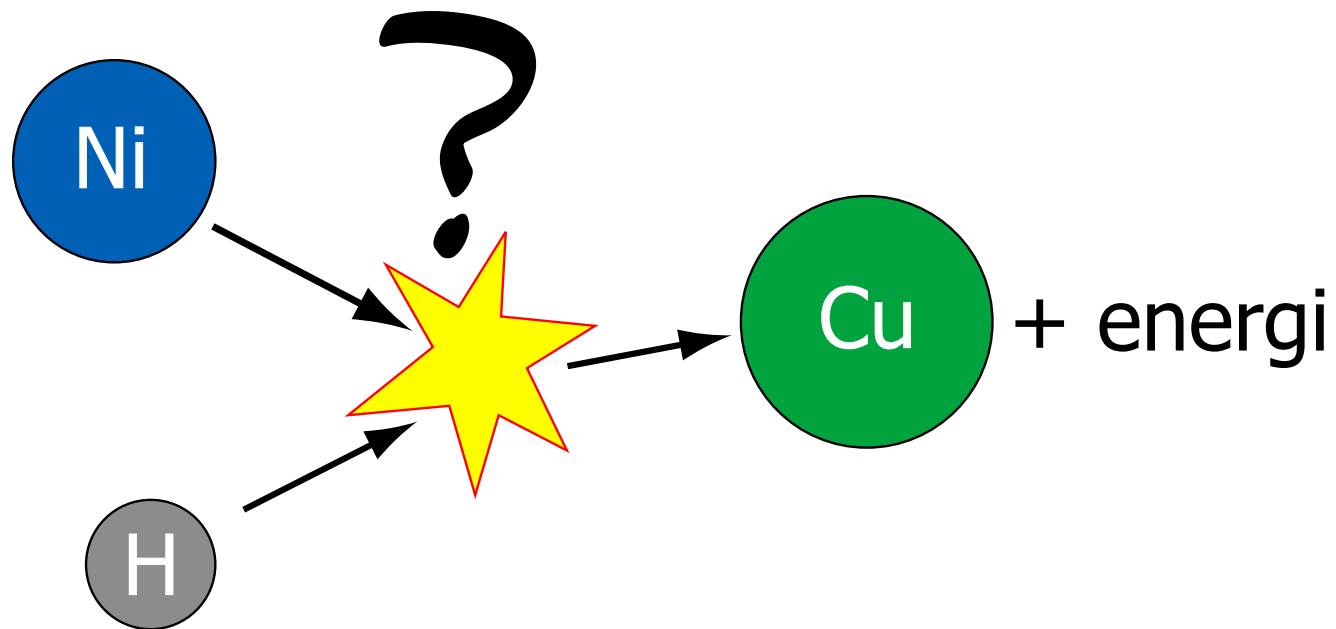
tarnas realistiska anspråk, som han anser ligga bortom vad man kan förvänta sig av en fysikalisk teori.

Detta skulle kunna ha varit sagans slut. Tankeexperimentet skulle ha kunnat sluta i en filosofisk återvändsgränd, en diskussion där ord stod mot ord. Å ena sidan övertygelsen att en acceptabel fysikalisk teori måste uppfylla kraven på lokalitet, realism och kausalitet. Å andra sidan Bohrs hållning att dessa krav är för starka, att vi inte kan förvänta oss att i fysiken finna svar på frågor om hur världen egentligen är beskaffad.

Med tiden skulle dock EPR:s tankeexperiment ge upphov till ett helt forskningsfält – fast knappast med den inriktning och de följder som författarna själva hade önskat. Idag vet vi, tack vare verkliga experiment som bygger på deras resonemang, att minst ett av antagandena i det är felaktigt. Problemet ligger således inte i kvantfysiken. Det är verkligheten själv som inte lever upp till EPR:s krav.

Vår värld är antingen icke-lokal, icke-realistisk eller icke-kausal. Det är bara att välja.

SÖREN HOLST
STOCKHOLMS UNIVERSITET



Kall fusion åter i hetluften

De senaste månaderna har rapporteringen om den italienska "energikatalysatorn" varit diger. Den hemliga apparaten levererar en nettoeffekt på över tio kilowatt. Uppfinnaren Andrea Rossi hävdar att den bygger på fusion mellan nickel och väte.

BEGREPPET KALL FUSION kom till 1989 när kemisterna och Martin Fleischmann och Stanley Pons vid en stort upplagd presskonferens vid universitetet i Utah beskrev en apparat som skulle ge i princip oändligt mycket billig energi. De elektrolyserade tungt vatten med en palladiumelektrod. Idén var att deuteriet skulle samlas i palladiet och gittret skulle trycka ihop deuteriumkärnorna så de kunde fusionera (slås ihop). Slutprodukten helium är mycket starkare bunden än deuterium, så reaktionen skulle frigöra mycket energi. Fleischmann och Pons lyckades emellertid aldrig visa upp en fungerande apparat, så forskningen stoppades och de två kemisterna lämnade Utah tämligen tilltufsade.

Kall fusion liknar de reaktioner man har i normal fusion (tokamak eller laser), men de ingående partiklarna har en kinetisk energi motsvarande rumstemperatur i stället för det normala hundratals keV (vilket motsvarar miljontals grader). Problemet med att fysikaliskt förstå kall fusion är att alla atomkärnor har en positiv laddning som skapar en barriär som måste övervinnas eller tunnlas igenom för att kärnor skall kunna slås ihop. För att ha tillräcklig sannolikhet för tunnling genom barriären krävs alltså en energi på hundratals keV. För att förklara kall fusion måste man hitta en väg runt detta problem.

Det amerikanska energidepartementet (DOE) gjorde en mycket omfattande undersökning av kall fusion, och kom fram till att inget tydde på att processen fungerade. DOE ger sedan dess inga anslag till forskning om kall fusion. Detta gäller i många länder, inklusive Vetenskapsrådet i Sverige även om de inte har en klart uttalad policy. Se länk 1 för mer om detta första försök med kall fusion.

Trots misslyckandet med det första försöket fortsatte forskningen på begränsad nivå på flera ställen. Speciellt i Japan har man satsat en hel del på kall fusion eller "low-energy nuclear reactions" som

man föredrar att kalla det eftersom begreppet kall fusion har tveksamt rykte.

Det finns flera exempel på energiuppfinningar som använts för att locka investerare. Det mest kända är nog Randell Mills Blacklight Power, se länk 2. Mills uppfinningar bygger på en helt ny fysik han utarbetat i en bok på över tusen sidor: *The Grand Unified Theory of Classical Quantum Mechanics*. Där försöker han visa att den traditionella kvantmekaniken är helt fel.

Ett resultat av den nya teorin är att det traditionella grundtillståndet i väte inte är det lägsta tillståndet. Det finns alltså ett lägre tillstånd man kan nå genom att använda speciella katalysatorer. Väte i detta nya grundtillstånd kallas hydrino, och man kan utvinna mycket energi genom att göra hydrinos. Blacklight Power har fram till 2009 fått in 60 miljoner dollar i riskkapital utan att ha kunnat visa upp en fungerande hydrino-apparat! De flesta fysiker i dag anser att Mills idéer är nonsens.

Det förekommer fortfarande ganska mycket forskning om kall fusion eller lågenergetiska nukleära reaktioner. Forskningen sker typiskt i små forskargrupper utan offentlig direkt finansiering. Man anordnar även regelbundna konferenser,

publicerar artiklar i speciella tidskrifter och det finns många böcker i ämnet. Så, trots magra användbara resultat kan man inte säga att den kalla fusionen är död.

I MITTEN AV JANUARI i år inbjöd den italienske ingenjören Andrea Rossi till en demonstration av en uppfinning han kallar energikatalysator eller E-Cat. Detta är en kompakt anordning som, om man kan lita på demonstrationen, utvecklar en nettoeffekt på över tio kilowatt.

Den 29 mars 2011 gjordes en demonstration med en mindre E-Cat. Vid detta tillfälle deltog två svenska fysiker, Hanno Essén och Sven Kullander, som oberoende observatörer.

E-Cat innehåller en liten reaktionskammare med nickelpulver och en hemlig katalysator. Apparaten startas genom att man släpper in vätska vid ganska högt tryck. Reaktionskammaren värms sedan upp med en ström i ett motstånd. Denna ström måste flyta även när apparaten är igång och producerar energi. Vätet räcker emellertid mycket länge.

Rossi säger att apparaten bygger på fusion mellan väte och nickel. Att det energimässigt är rimligt är helt klart eftersom infångning av en proton i nickel frigör drygt 8 MeV, vilket är den typiska bindningsenergin per nukleon omkring masstal 60.

Det finns dock ett antal kärnfysikaliska problem med Rossis förklaring, de sista två eftersom mätningar visar att ingen gammastrålning kommer ut från apparaten, varken under drift eller när den plockas isär efteråt:

- Hur tar sig protonen igenom den repulsiva coulombbarriären?
- Hur blir blandkärnan (en kopparisotop) av med sin excitationsenergi utan att sända ut gammastrålning?
- Flera av de kopparisotoper som bör bildas är radioaktiva och borde sända ut gammastrålning och annihilationstrålning (511 keV från positronannihilation).

Det kan tänkas att det finns andra förklaringsmodeller, men den hävdade effekten kan endast förklaras av kärnreaktioner, så det är svårt att bortförklara

alla kärnfysikaliska problem. Detta var för övrigt ett viktigt argument även mot Fleischmann och Pons kalla fusion: att överkomma barriären och avsaknad av detekterbar strålning.

Oavsett om vi kärnfysikaliskt kan förklara vad som sker eller inte så är den grundläggande frågan: producerar E-Cat energi? Problemet här är att Rossi av patentskäl inte vill visa upp hur apparaten är konstruerad. Den utvecklade effekten beräknas som skillnaden mellan effekt ut (värmning och förångning av kylvatten) och effekt in (elektrisk effekt). Vad gäller effektbalansen finns det ett par problem:

- Kan man lita på att instrumenten som visar ström och spänning in i E-Cat verkligen visar korrekta värden så att in-effekten är mindre än 400 W?
- Man mäter flödet av kylvatten in, men man mäter inte mängden vattenånga ut. Om inte allt vatten kommer ut ur apparaten som vattenånga blir beräkningen av effektutveckling fullständigt felaktig eftersom huvudparten av energin är ångbildningsvärme.

Esséns och Kullanders granskning av E-Cat tillförde egentligen inte något nytt: man måste fortfarande lita på att Rossi inte fifflat med mätinstrumenten eller kylvattnet. Däremot har Kullander initierat en mycket intressant analys av det nickelpulver som används i E-Cat.

Kullander har låtit kolleger vid Uppsala universitet isotopanalysera två prover av "bränslet": ett oanvänt prov och ett som har körts i ett par månader i E-Cat. Det visar sig att det oanvända provet endast innehåller rent nickel. Det använda provet innehåller förutom nickel även koppar (tio procent) och järn (elva procent).

Isotopförhållandena för koppar är desamma som i naturligt koppar, vilket om koppar producerats genom fusion skulle vara en osannolikt slump. Även isotopsammansättningen för nickel i det använda provet är enligt analysen samma som den naturliga. Detta är minst sagt märkligt eftersom transmutation borde öka (genom pro-

"Det finns dock ett antal kärnfysikaliska problem med Rossis förklaring"

duktion) eller minska halten av de olika isotoperna. Nickel-59, som inte förekommer naturligt, borde till exempel produceras och därmed kunna detekteras. Påvisandet av järn i det använda provet är ännu märkligare: det finns ingen reaktion med positivt Q-värde, det vill säga positiv utvecklad energi, som leder från nickel till järn. Möjligen är järn då den hemliga katalysatorn. Om man letat efter andra ämnen framgår inte av den mycket summariska redovisningen av isotopanalysen.

OM E-CAT FUNGERAR skulle den helt förändra världens energiförsörjning. Rossi påstår att han skall leverera en anläggning på en megawatt till ett grekiskt företag i oktober 2011. Trovärdighetsproblemet här är att företaget delvis ägs av Rossi och tycks vara en front som bara består av en hemsida.

Det finns alldeles för mycket tveksamheter med E-Cat för att man skall kunna tro att det är något mer än en bluff, troligen i slutändan avsett för att få in riskkapital. Detta är en numera ganska vanlig ploy, inte bara inom energisektorn utan ämnen inom exempelvis IT och nano.

E-Cat har beskrivits i flera artiklar i Ny Teknik (länk 3). Dessa har genererat en mycket livlig diskussion i tidningens forum. Se länk 4 och 5 för mer information om E-Cat.

PETER EKSTRÖM
AVD. FÖR KÄRNFYSIK, LUNDS UNIVERSITET
NATIONELLT RESURSCENTRUM FÖR FYSIK

Länkar

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Cold_fusion
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Blacklight_Power
3. http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3144772.ece
4. <http://fragelada.fysik.org/index.asp?id=17662>
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Catalyzer

Finner snabbt rätt fel

I Fysikaktuelltts porträttserie möter vi idag mjukvaruföretagaren Jan Eric Larsson. Han är vinprovaren som vill förbättra världen med artificiell intelligens.

TISDAGEN 23 SEPTEMBER 2003 får kärnreaktor 3 i Oskarshamn ett ventillfel och nödstoppar. Svenska Kraftnät ser i sitt kontrollrum i Stockholm att de förlorat sin största elproducent. Så långt är allt lugnt. Elnätet är designat att klara av även det största tänkbara felet, och man har femton minuter på sig att koppla om och starta upp reservkraft.

Men det hinner bara gå fem minuter innan ett ytterligare ett fel inträffar. I en kopplingsstation i Horred på västkusten havererar en fränskiljare med en gigantisk kortslutning som följd. Det genererar följdfel på andra kopplingsstationer och larmen fullkomligt regnar in hos Svenska Kraftnät. Tio-femton larm ner i listan finns Horred, men att det var själva rotfelet insåg operatörerna först efter fyra timmar. Då hade södra Sverige redan haft strömavbrott i ett antal timmar, man hade försökt starta upp Ringhals 3 och 4 (vilket var lönlöst – de är inkopplade via Horred) samt skickat ut helikoptrar att leta efter brott på stora kraftledningar.

– Vi har testkört all data från den dagen i vårt diagnosystem. Det pekade ut att felet fanns i Horred redan första minuten. Då hade man sluppit alla panikåtgärder, säger Jan Eric Larsson. Han är grundare av mjukvaruföretaget Goalart som idag har Svenska Kraftnät som kund.

JAN ERIC LARSSON är den tekniske fysikern som började forska inom reglerteknik och artificiell intelligens. Under sina år som forskare har han utvecklat en teori som beskriver flöden av massa, energier och information. Den är grundbulten i spinn-off-företaget Goalart som Jan Eric Larsson startade år 2000.

Där arbetar han med felsökning och diagnosystem som ska förbättra allt från flygplatser till sjukvård, detta med hjälp av ett mjukvaruprogram som läser in ett larm och direkt räknar ut var rotfelen sit-

ter. På kort tid löser man därmed komplicerade felsituationer.

– Algoritmerna täcker in alla kombinationer av fel som kan inträffa och är samtidigt väldigt snabba att beräkna. Systemet gör den typ av resonemang som annars människor sysslar med, förklarar Jan Eric Larsson.

Just detta signifierar begreppet artificiell intelligens. Det handlar om teknik som är utvecklad att vara förmänskligad, det vill säga hög teknik med mänskliga förmågor, men utan den så kallade mänskliga faktor som ibland gör att fel kan uppstå. Ett mjukvaruprogram som räknar, tänker och söker som en mänsklig ”felfri” hjärna, och i ytterst snabb takt rapporterar resultaten.

Innebär detta då att man på sikt ska kunna teknologisera hela samhällen? Att utesluta människor i arbete som kräver intelligens utan felsteg?

– Nej, hävdar Jan Eric Larsson, jag är övertygad om att människor fortfarande och alltid kommer att vara det viktigaste redskapet även i tekniska sammanhang. Meningens med Goalarts diagnosystem och felsökningar är att när diagnosen är ställd och resultaten rapporterats ska genast människor sändas ut, med sin intelligens och sina förmågor, för att lösa problemen. Rapporterna visar även exakt vad mänsklig hand ska utföra för att ställa det till rätta.

I FÖRETAGET ÄR Jan Eric Larsson den administrativa, utvecklande, informerande, men också säljande parten. Dessutom vd.

– Jag är väl lite alltiallo, säger han, och tycker att det är inspirerande att göra just lite av varje på Goalart.

Att sysslorna varierar dag för dag är skönt, även om det naturligtvis finns saker som han gör snarare för att han måste än för att det är kul.

– Men på det hela taget är det myck-



Jan Eric Larsson

Arbete: vd för företaget Goalart samt på deltid professor i informationsteknologi vid Lunds tekniska högskola
Född: 1959 i Södertälje
Familj: hustrun Anu Uus
På fritiden: spelar bridge, läser science fiction och provar vin

et givande att vara på ett litet företag, tycker Jan Eric Larsson. Den utåtriktade kontakten med kunder, arbetet med information och att se att vi faktiskt lyckas med våra produkter och får en växande kundkrets, är drivkrafter som gör arbetet roligt.

Men är det här då något man behöver ha en bakgrund inom fysik för?

– Som fysiker har du en väldigt allmän och bra teknisk bakgrund. Fysiken är bred och öppnar många dörrar, säger Jan Eric Larsson.

Just nu tror han att energisektorn är ett viktigt område att lägga resurser på.

– Det måste bli säkrare och mer ekonomiska system. Dessutom kan man göra en stor insats för miljön genom att effektivisera dessa omistliga tekniska system som bygger upp vårt samhälle.

Jan Eric Larsson hoppas att hans diagnosystem på sikt är så etablerat att de flesta tekniska områden övergått till det. Han är övertygad om att han om tio år är kvar som vd för Goalart och att företagets produkter då är mer utspridda och anlitade.

HANNA FAGERBERG
INGELA ROOS

Einsteins tekopp

En av kvantfysikens fäder, Erwin Schrödinger, kunde inte förklara för sin fru varför tebladen samlas i mitten av en kopp med te när man rör runt med en sked. Därför frågade hon Albert Einstein, som funderade på problemet och 1926 publicerade en förklaring på fenomenet. Einsteins diskussion är ganska summarisk och jag tycker det kan vara värt att analysera förloppet lite noggrannare.



Bild 1

GÖR GÄRNA FÖRSÖKET hemma. Om du använder te från en tepåse bör du först ta bort de blad som flyter omkring på olika höjd så att du endast har blad kvar på botten. När du har rört runt med skeden i cirklar en stund ser du att tebladen samlar sig i mitten, se bild 1. Du observerar också att vattenytan ställer in sig i en parabelform, vilket i sig självt är ett intressant fenomen (”Newtons hink”), se bild 2. På grund av detta är trycket inne i vätskan

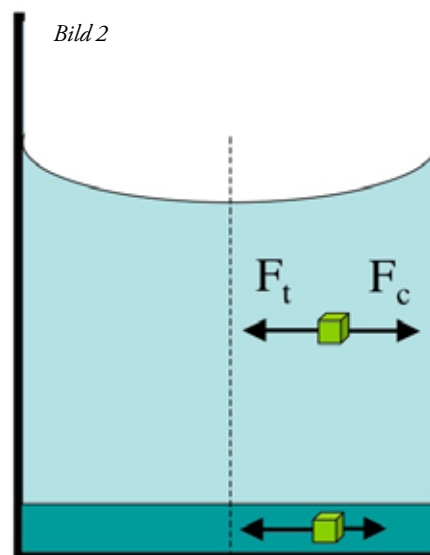


Bild 2

på ett visst djup större vid koppens kant än i mitten. Det uppstår alltså en tryckgradient riktad in mot koppens centrum. Denna effekt ger upphov till en kraft F_t på en liten vattenvolym, se bild 2. Följer vi med i rotationen (roterande koordinatsystem) finner vi också en centrifugalkraft F_c som är riktad ut från centrum. Mina uppskattningar visar att vi kan försumma corioliskraften. De två krafterna balanserar varandra, $F_t = F_c$, och vattenvolmen beskriver en cirkel, det vill säga hela vattenvolymen roterar som en stel kropp. Jämvikten kan mer explicit skrivas som

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{v^2}{r}$$

där ρ är densiteten, p trycket, v hastigheten och r avståndet till centrum.

Nere på koppens botten, där tebladen ligger, blir förhållandena något annorlunda. Vattnets kontakt med botten ger upphov till en friktionskraft. Vattnet roterar därför där lite långsammare i ett tunt skikt (Ekman-lager) vars tjocklek jag i vårt fall uppskattar till ungefär en millimeter. Centrifugalkraften F_c blir således mindre i lagret. Samma tryckgradient F_t som högre upp kvarstår dock eftersom

den endast beror på den parabelformade ytan. Vi får en obalans $F_t > F_c$ varför vattnet med tebladen dras in mot centrum. Där stiger vattnet upp mot ytan medan tebladen stannar kvar på botten på grund av sin tyngd.

ENKLA ”KÖKSEXPERIMENT” av denna typ är inte bara lärorika och roliga utan har i många fall också lett till viktiga teknologiska landvinningar. I vårt fall har fenomenet utnyttjats till utveckling av en ny teknik för att separera blodceller från blodplasma, till förståelse av atmosfäriska trycksystem och till en process för att ta bort sediment vid öltillverkning. Så välkommen till Fysikaliska leksaker på Chalmers (Vera Sandbergs allé 8 i Göteborg) om du vill inspireras till idéer om innovationer!

PER-OLOF NILSSON
CHALMERS

Läs mer:

Einsteins förklaring till tebladsfenomenet finns i Die Naturwissenschaften, Vol. 14, 1926. Engelsk översättning finns på <http://people.ualgary.ca/~kmuldrew/river.html>

LASRAR

Gamdata Instrument erbjuder kontinuerliga (CW) och pulshade (ns, ps eller fs) lasrar med våglängder från UV till IR.

Våra leverantörer är:

- *Coherent*
- *Quantel*
- *Opotek*
- *Sacher Lasertechnik*



INSTRUMENT

Vi erbjuder instrument för mätning av laserparametrar såsom:

- *Effekt*
- *Pulsenergi*
- *Stråprofil*
- *Våglängd*
- *Pulslängd*

SIGNALBEHANDLING

Vi erbjuder en rad olika instrument för signalbehandling, test och mätteknik från ledande leverantörer:

- *Ametek - Signal Recovery*
- *Femto*
- *Berkeley Nucleonics Corporation (BNC)*



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