

f Fysikaktuellt

NR 2 • JUNI 2017



Kan man väga en tanke? Läs mer sid 22–27

ISSN 0283-9148

DESIREE
– instrument med
unika egenskaper

Sid 6

Jakten på
fjärran
civilisationer

Sid 12

Ultrasnabba
processer i
starka laserfält

Sid 16

Fysikaktuellt ges ut av Svenska Fysikersamfundet som 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: Anne-Sofie Mårtensson, anne-sofie.martensson@hb.se
Sekreterare: Joakim Cederkäll, joakim.cederkall@nuclear.lu.se
Skattmästare: Lage Hedin, lage.hedin@physics.uu.se
Adress: Svenska Fysikersamfundet, Institutionen för fysik och astronomi, Uppsala universitet, Box 516, 751 20 Uppsala
Postgiro: 2683-1
E-post: styrelsen@fysikersamfundet.se
För medlemsfrågor, kontakta Lena Jirberg Jonsson, 08-411 52 80 eller medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Sektioner

Inom Fysikersamfundet finns ett antal sektioner som bland annat ordnar möten och konferenser, se www.fysikersamfundet.se för mer information.

Kosmos

Fysikersamfundet ger ut årsskriften Kosmos. Ny redaktör Sören Holst (holst@fysik.su.se)

Fysikaktuellt

Fysikaktuellt utkommer med fyra nummer per år, och distribueras till samfundets medlemmar samt till alla gymnasieskolor med naturvetenskapligt eller tekniskt program. Redaktionen består av: Margareta Kesselberg, Dan Kiselman, Johan Mauritsson och Elisabeth Rachlew. Ansvarig utgivare är Anne-Sofie Mårtensson. Kontakta redaktionen via: fysikaktuellt@fysikersamfundet.se För insänt, ej beställt material ansvaras ej.

Medlemskap

Svenska Fysikersamfundet har ca 800 individuella medlemmar samt stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner. Årsavgiften är 400 kr, dock 250 kr för pensionärer och forskarstuderande, samt 100 kr för grundutbildningsstudenter. Stödjande medlemskap kostar 4000 kr per år.

Bli medlem genom ansökan på: <http://www.fysikersamfundet.se/formular.html>

Omslagsbild: Kan man väga en tanke? Bilden visar en 3D-utskriften plasthjärna placerad på en gammal våg. Utskriften möjliggjordes med MR-bilder som togs i samband med artiklarna i den här tidningen. Foto: Johan Mauritsson, Emma Simpson och Ingrid Odén

Layout: Göran Durgé
Tryck: Trydells, Laholm 2017

Utgivningdatum 2017

Nr 3, manusstopp 5 sept. Hos läsaren 26 sept.
Nr 4, manusstopp 16 nov. Hos läsaren 15 dec.

Stödjande medlemmar

- Gamdata Instrument AB www.gamdata.net
- Gleerups Utbildning AB www.gleerups.se
- Laser 2000 www.laser2000.se
- Myfab www.myfab.se
- Scanditronix Magnet AB www.scanditronix-magnet.se

Stödjande institutioner

- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för fysik
- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för rymd- och geovetenskap
- Chalmers tekniska högskola – Institutionen för mikroteknologi och nanovetenskap – MC2
- Göteborgs universitet – Institutionen för fysik
- Högskolan i Halmstad – IDE-sektionen
- Institutet för rymdfysik, Kiruna
- Karlstads universitet – Institutionen för ingenjörsvetenskap och fysik
- Kungliga tekniska högskolan – Institutionen för fysik
- Kungliga tekniska högskolan – Institutionen för tillämpad fysik
- Linköpings universitet – Institutionen för fysik, kemi och biologi (IFM)
- Linköpings universitet – Institutionen för naturvetenskap och teknik (ITN)
- Lunds universitet – Fysiska institutionen
- Lunds universitet – Institutionen för astronomi och teoretisk fysik
- Mittuniversitetet – Institutionen för naturvetenskap, teknik och matematik
- Nordita, Nordic Institute of Theoretical Physics
- Stockholms universitet – Fysikum
- Uppsala universitet – Institutionen för fysik och astronomi

Glöm inte att anmäla adressändring till medlemsregistret@fysikersamfundet.se

Innehåll

- 3 SIGNERAT
Anne-Sofie Mårtensson
- 4-5 AKTUELLT/NOTISER
NY KOSMOS-REDAKTÖR
- 6-11 DESIREE
INSTRUMENT MED UNIKA EGENSKAPER
Henrik Cederquist, Henning Schmidt, Henning Zettergren, Dag Hanstorp, Henrik Hartman
- 12-14 FJÄRRAN CIVILISATIONER ÄR VI ENSAMMA?
Erik Zackrisson
- 15 ANNONS
NATUR & KULTUR
- 16-17 AVHANDLINGEN
ULTRASNABBA PROCESSER I STARKA LASERFÄLT
Stefanos Carlström
- 18 INTERVJU
STEFANOS CARLSTRÖM
Margareta Kesselberg
- 19 LAGTÄVLA I FYSIK
INTERNATIONAL PHYSICS' TOURNAMENT (IPT2017)
Andreas Isacson
- 20-21 PORTRÄTT
JENNY JANSSON
Margareta Kesselberg
- 22-27 MAGNETRESONANS
EN FLEXIBEL METOD ATT AVBILDA KROPPENS ORGAN
Karin Markenroth Bloch
- 28-29 ANTIMATERIA
SPEKTROSKOPI PÅ ANTIMATERIA
Svante Jonsell
- 30-31 VARDAGSFYSIK
INDUKTIONSHÄLLAR
Max Kesselberg
- 32-33 WALLENBERGS FYSIKPRIS
UPPGIFTER & FRAMGÅNGAR
Anne-Sofie Mårtensson
- 34 FÖRETAGSBESÖK
Leslie Pendrill
- 35 FYSIKALISKA LEKSAKER
SJÄLVUPPBLÅSANDE BALLONG
P-O Nilsson
- 36 ANNONS
GAMMADATA

Vetenskap i fokus

Inte bara solen lyste, från Gustaf Adolfs torg till Götaplatsen, när tåget med trummor och plakat ringlade sig uppför Avenyn i Göteborg den 22 april. Denna dag genomfördes en världsvid manifestation för vetenskap, March for Science, och det kändes hoppfullt och stort att vara en del av denna framväxande rörelse. Arrangemanget ägde rum i fler än 600 städer, förutom i Göteborg också i bland annat Luleå, Stockholm, Umeå och Uppsala. I manifestationen lyftes fram allt det som vetenskapen ger oss i form av metoder och kunskaper, men också att öppenhet och kritiskt tänkande är essensen i vetenskapligt arbete, och att forskning är en förutsättning för att samhället ska kunna lösa de stora utmaningar vi står inför.

En av kärnfrågorna är hur vi – och samhället som helhet – ska förmås att ta till oss och acceptera nya upptäckter även när de är obekväma och kräver att vi ruckar på vår världsbild, tvingar oss att fundera över vårt sätt att leva. En klassisk fråga som vetenskapssamhället brottats med sedan Galileo suckade över kardinaler som vägrade att titta i hans teleskop. Det är mycket välkommet att de svenska organisationer som deltog i manifestationen nu marscherar vidare och diskuterar hur denna och andra frågor kan följas upp, följ arbetet på marchforscience.se.

Att de vetenskapliga upptäckterna och metoderna görs begripliga och tillgängliga är en förutsättning för att de till fullo ska accepteras av samhället. Inom fysiken finns en lång och fin tradition av detta: Galileo valde att författa på italienska istället för på latin, och vi har många och goda exempel på forskare, inte minst svenska, som skriver populärvetenskapliga böcker inom sina fält. Fysikersamfundets årsbok, Kosmos, hör också till denna tradition, och jag vill här passa på att hylla Leif Karlsson som nu tackar för sig efter sammanlagt 13 (!) års redaktör-



skap för Kosmos. Du, och de författare du engagerat, har gjort en riktig hjälteinsats för att man ska kunna läsa om aktuell och modern fysik på det svenska språket! Varmt tack, Leif!

Även Fysikaktuellt är förstås en del av samma fina tradition, och det är extra roligt att redaktionen med Margareta Kesselberg i spetsen försett oss med ett rekordtjockt nummer så här inför sommarledigheten. Vi bjuds på såväl matnyttig (induktionshållar och grillad LTH-biff) som mer exotisk (anti-materia och jakt på utomjordiskt liv) spis, men vi får också läsa om hur unga skolas in i en vetenskaplig tradition genom arrangemang som International Physicists' Tournament och European Union Science Olympiad.

Trevlig läsning, skön sommar och god tur, oavsett om det är fjällvandring, cykeltur på Ven eller fortsatt 'March for Science' som hägrar!

Anne-Sofie Mårtensson

ANNE-SOFIE MÅRTENSSON
ORDFÖRANDE I FYSIKERSAMFUNDET

Tartu/Tallinn, Estland 20–24 maj 2017

Första europeiska Fysikolympiaden EUPhO 2017

Ungefär 100 deltagare och 40 ledare från 20 länder samlades i Tartu/Tallinn. Två moment, både experimentella och teoretiska uppgifter ingick.

Aleksei Shishkin från Ryssland blev den första europamästaren i fysik för gymnasister. Vid prisutdelningen deltog Estlands president och höll ett uppskattat avslutningstal. Våra svenska deltagare blev utan medalj men var nöjda trots allt. EUPhO hade varit både lärorikt och intressant för dem.

Sverige deltog med två tävlande: Adam Warnerbring, S:t Petri skola och Arvid Lunnemark, Malmö Borgarskola.

Läs mer: www.EUPhO2017.ee



Det svenska laget med ledare under invigningen i Tartu, Estland. Från vänster Max Kesselberg, Adam Warnerbring och Arvid Lunnemark. Till höger europamästare Aleksei Shishkin från Ryssland.

De nya elementen har fått svenska namn

Nu finns svenska namn på de fyra nya grundämnena som IUPAC och IUPAP placerade in i periodiska systemet förra året, se artikel i Fysikaktuellt 2017:1. Det är Kemisamfundets nomenklaturutskott som beslutar om hur benämningen ska se ut, och resultat blev:

- Nihonium (som på engelska)
- Moskovium (med kl!)
- Tenness
- Oganesson (som på engelska)

Rüdiger Voss ny ordförande för EPS

Europeiska fysikersamfundet, EPS, har fått ny ordförande, Rüdiger Voss, med mångårig erfarenhet från CERN, bland annat vid ATLAS-experimentet. Mandatperioden för Voss är 2017-19, och det han angav överst på sin avsiktsförklaring när han valdes var att arbeta för att vetenskapligt europeiskt samarbete och utbyte ska kunna ske utan hinder, nog så aktuellt med tanke på Brexit.

Svenska fysikersamfundet, och därmed våra medlemmar, är anslutna till EPS, men man kan också gå in som individuell medlem i organisationen, se www.eps.org.

JONAS FORSHAMN
LANDSKOORDINATOR
I SVENSKA EUSO

Svenskt EUSO-silver i Köpenhamn

När European Union Science Olympiad (EUSO) arrangerades i Köpenhamn den 7-14 maj i år fick Sverige sin tredje silvermedalj på raken. Stort grattis till Björn Diemer från Erik Dahlbergsgymnasiet i Jönköping, Linus Persson från Söderslättsgymnasiet i Trelleborg och Henrik Vester från Eklidens skola i Nacka som utgjorde silverlaget!

EUSO är en tävling för ungdomar upp till sjutton år där tremannalag får



Årets svenska EUSO-deltagare efter prisutdelningen. Bakre rad från vänster: Henrik Vester, Linus Persson och Björn Diemer. Främre rad från vänster: Andy Fang, Mustafa Al-Assadi och Lucas Johnsson.

lösa experimentella naturvetenskapliga problem, och varje deltagande land får ha med två lag vardera. I år var det hela 24 länder som deltog, och de danska arrangörerna lät bland annat de tävlande få analysera grönländsk glaciäris och bedöma hur bra olika hoppkräfter fungerar som foder i fiskodlingar. Allra bäst klarade sig lag från Ungern, Estland, Kroatien, Tyskland och Tjeckien som fick med sig guldmedaljer hem. Läs mer om olympiaden på <http://euso.eu> och på <http://euso2017.dk>.

Nästa år är det Slovenien som arrangerar olympiaden, och om du är lärare och vill ge dina elever möjlighet att delta i denna så finns information på <http://euso.se>. Den svenska uttagningstävlingen, som är öppen för elever i nian och för gymnasiets förstaårselever, organiseras av Svenska EUSO, en paraplyorganisation där förutom Fysikersamfundet även Biologilärarnas förening, Kemisamfundet och de tre nationella resurscentrumen för de naturvetenskapliga ämnena ingår.

Ett ögonblick, redaktör'n!

Sören Holst, teoretisk fysiker vid Fysikum, Stockholms universitet, har tackat ja till att överta redaktörskapet för Fysikersamfundets årsbok Kosmos.

Berätta för läsarna lite om vem du är!

– Jag är en filosofiintresserad naturromantiker som gärna går i skogen och sjunger i kör. Inom fysiken är det framför allt grundläggande frågor inom relativitetsteori och kvantfysik som intresserar mig. Jag tycker mycket om att undervisa, och brinner för det mesta som har att göra med vetenskaplighet och kunskapsförmedling.

Vad har du för ambition med redaktörskapet?

– När det gäller vetenskapliga texter har jag länge tyckt att det saknas en nivå mellan de populärvetenskapliga och de rent forskningsinriktade. Och det gäller inte minst texter på svenska. Populärvetenskapen lämnar alltför ofta den som faktiskt vill förstå något i sticket – som läsare är man här utlämnad åt författarens påståenden, som det är omöjligt att skaffa sig en egen uppfattning om, eftersom ingenting egentligen förklaras. Akademiska texter, å andra sidan, är ofta så belastade av teknikaliteter och formalism att det bara är de redan invigda som har möjlighet att begripa.

– Men varför skulle det behöva vara så ont om förklarande texter som inte förlorar sig teknikaliteter? Detaljer av det slaget är förvisso nödvändiga för det fåtal som själva forskar inom området. Men sällan nödvändiga för att förmedla förståelse.

– Här ser jag att Kosmos har en nära på öde nisch att fylla ut: Essäer inom fysik av hög pedagogisk och språklig kvalitet, som ger korrekta förklaringar och beskrivningar, utan att för den skull bli onödigt tekniska. Helt enkelt, texter som förmedlar verklig förståelse till den som är nyfiken.



Hur vill du utveckla årsboken? Några funderingar kring vilka som borde vara läsare men inte är det ännu.

– Jag vill bredda läsekretsen. Inte enbart fysiker ska kunna ha behållning av Kosmos, utan alla med ett genuint intresse för naturvetenskap och fysik. Exempel kan vara akademiker inom närliggande fält, intresserade gymnasieelever – eller vem som helst som vill förstå hur saker och ting hänger samman i vår värld!

Du är redaktör för Kosmos 2017 som publiceras redan i december 2017.

Hur kommer vi läsare att märka skillnaden i december?

– Den mest påtagliga skillnaden är väl att Kosmos nu kommer att märkas – eftersom den från och med i år kommer att dimpa ner i brevlådan hos alla medlemmar tillsammans med Fysikaktuellt nr 4. Innehållet kommer dessutom göras tillgängligt via Fysikersamfundets websida.

Jag hoppas även att det blir en viss skillnad i tilltalet – att innehållet blir lite mindre "fysiker-internt" än tidigare.

Du har tidigare varit en del av Fysikaktuells redaktion. Kommer du som Kosmos-redaktör att samarbeta med Fysikaktuellt framöver?

– Ja, ett utbyte av idéer kring författare och innehåll kommer att vara värdefullt för båda parter!

Vill du redan nu avslöja något om Årets Kosmos 2017?

– Jag kan avslöja att det blir ett temnummer, vilket det inte har varit under lång tid. Och att ämnet är på samma gång vardagsmat för fysiker och – understundom – en källa till hätska debatter.

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

DESIREE – ett nytt instrument med unika egenskaper

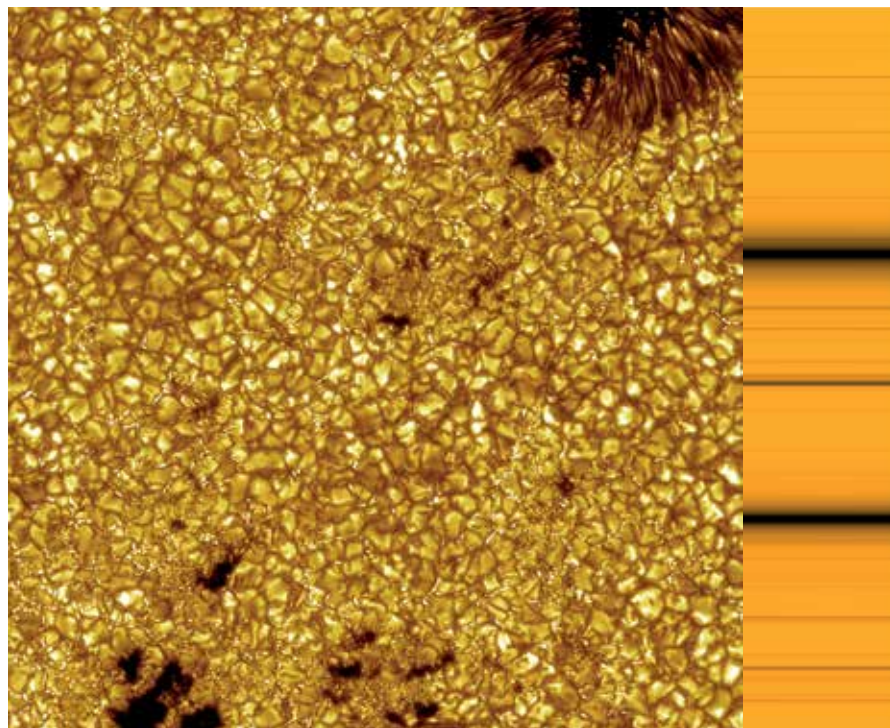
DESIREE (Double ElectroStatic Ion-Ring ExpEriment) är en unik forskningsanläggning som är byggd för att studera hur atomära och molekylära system uppför sig när de lämnas för sig själva under lång tid i vakuum eller växelverkar med ljus eller andra partiklar.

DESIREE består av två elektrostatiska lagringsringar för joner med väldefinierade kinetiska energier i keV-området. Lagringsringarna är kylade till 13 K och i stort sett all restgas, så när som på ett tiotusental H_2 -molekyler per cm^3 , fastnar på väggarna vilket ger ett extremt bra vakuum på ca 10^{-14} mbar. Jonerna kan då cirkulera ostörda i timmar och nå mycket låga interna temperaturer. Vi kan på det sättet skapa en ansamling av joner, ofta hundratusentals, som alla är i det lägsta, eller de få lägsta, kvanttillstånden och som alla har samma hastighet i ringen. Eftersom denna hastighet är hög, 10^5 - 10^6 m/s, kan reaktionsprodukter enkelt detekteras – t.ex. för att mäta olika ämnens fotoabsorptionsegenskaper vid 10-20 K vilket motsvarar temperaturer i det interstellära mediet. DESIREE är också den enda anläggning i världen där man samtidigt kan lagra negativt och positivt laddade joner, låta dem kylas till de lägsta kvanttillstånden och studera resultatet av varje enskild jon-jon reaktion.

DESIREE erbjuder därmed helt nya möjligheter för kvantupplösta studier av atomers och molekylers egenskaper och reaktioner med tillämpningar inom

astrofysiken och en rad andra vetenskaper. Vi joniserar och accelererar atomer, molekyler och kluster till kinetiska energier om 5-100 keV och lagrar dem i form av monoenergetiska jonstrålar i DESIREEs lagringsringar. Där styrs de i bestämda banor med hjälp av statiska elektriska fält. Tack vare det extremt låga restgasttrycket kan jonstrålarna lagras i timmar. Jonerna skapas ofta med höga

interna energier, excitationenergier, i varma plasman i så kallade jonkällor och är oftast fortfarande mycket varma då de injiceras i lagringsringarna. När de lagras under lång tid hinner de dock kylas ned genom att emittera fotoner, ofta många, och når sina lägsta kvanttillstånd medan de fortfarande är lagrade i ringen. Fördelningen på de olika kvanttillstånden ges av den termiska jämvikten med ringarna

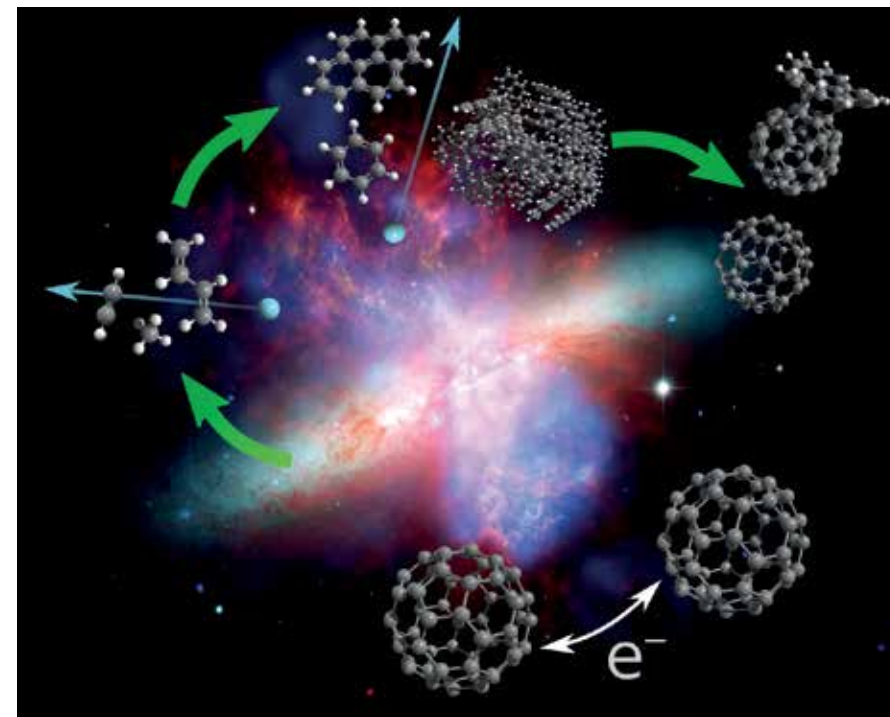


Figur 1: Till vänster ser vi en bild (<http://www.isf.astro.su.se/gallery/images/2010/>) och behandlad av Vasco Henriques av solens fotosfär tagen med Svenska Solteleskopet på La Palma i Spanien (Kanarieöarna). Till höger en del av ett absorptionsspektrum med natriumlinjer (https://www.cfa.harvard.edu/ssp/stars_planets/solarspectrum.html) observation och bildbearbetning: Robert Kurucz). För att tolka sådana spektra för atomer och joner som observeras i solens och i andra stjärnors atmosfärer behöver man göra oberoende mätningar t.ex. av hur olika reaktioner påverkar laddningsbalansen. Mätningar som ömsesidig neutralisation mellan positiva och negativa joner kan med fördel utföras i DESIREE.

vid 13 K, vilket till exempel innebär att 95 % av jonerna i en OH^- -stråle befinner sig i det lägsta rotationstillståndet ($J=0$) och de resterande 5 procenten i det första exciterade tillståndet ($J=1$). Ingen av de hundratusentals OH^- jonerna i en sådan stråle är elektroniskt eller vibrationellt exciterade vid 13 K. Genom att använda en laser som "skalar av" den extra elektronen då OH^- är i $J=1$ tillståndet kan man skapa en ännu "renare" stråle med 99% av jonerna i ($J=0$). Med i stort sett alla joner i samma kvanttillstånd (hur fördelningen på kvanttillstånd ser ut beror på specifika egenskaper hos den jon som lagras) öppnas helt nya möjligheter för olika typer av kvantupplösta studier av reaktioner med atomära och molekylära system – och för spektroskopi med kalla sådana system. Genom att i jon/jon-kollisionsexperiment mäta och kontrollera de inkommande jonernas och kollisionsprodukternas kvanttillstånd ges unika möjligheter att undersöka mekanismer och hastigheter för olika nyckelreaktioner och för jämförelser med teoretiska beräkningar där alla kvanttillstånd är specificerade. Det senare är en enorm fördel då man inte behöver göra en stor mängd beräkningar för olika kvanttillstånd för att jämföra med de experimentella resultaten.

Den typ av data som man kan ta fram vid DESIREE kan till exempel användas för att bättre förstå laddningsutbytet mellan atomära joner och därmed bättre bestämma den kemiska sammansättningen i stjärnatmosfärer, tolka absorptionspektra för kalla interstellära miljöer eller undersöka gas som kastas ut från massiva stjärnor eller supernovor. Experiment vid DESIREE-anläggningen kan också utformas för att undersöka hur komplexa molekyler skapas och bryts ned i rymden och planetatmosfärer och hur laddade kluster av små och större molekyler skapas i jordens atmosfär och påverkar aerosol- och molnbildningen där. Då jonstrålarna lagras i DESIREE med hjälp av enbart elektrostatiska fält, kan experiment med joner av alla slag och med alla laddningar och massor utföras.

I figur 1 visas en bild på solens fotosfär och en del av ett absorptionsspektrum



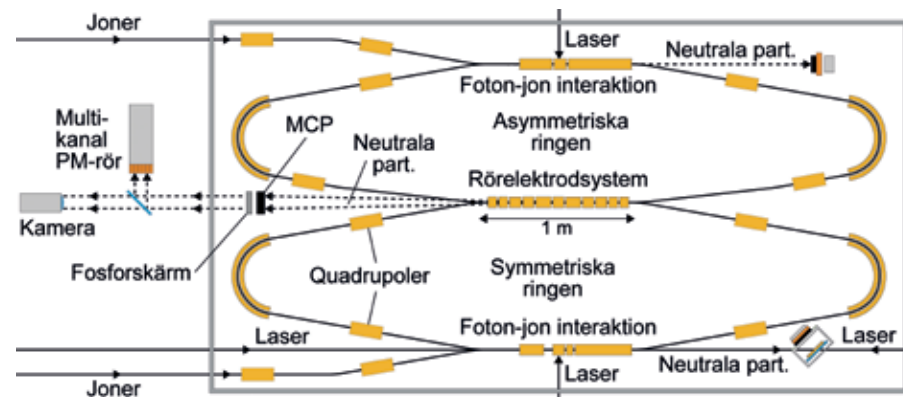
Figur 2: M82-galaxen i bakgrunden. I förgrunden visas illustrationer av olika reaktioner med polycykliska aromatiska kolväten (PAH-molekyler) och fullerener (C_{60}) som möjligen kan förekomma i och runt M82 och i andra astrofysikaliska miljöer.

som visar på förekomsten av natrium. För att översätta den uppmätta styrkan på Na-linjerna i spektret eller styrkan på andra absorptionslinjer för andra ämnen till förekomsten av ämnet måste man också känna till vilka de atomära processer är som skapat de förhållanden som ger upphov till absorptionen. Till exempel så kan laddningsöverföring mellan atomära joner med motsatt laddning påverka stjärnatmosfärens egenskaper och absorptionspektra på ett väsentligt sätt. Sådana processer kan undersökas i detalj i DESIREE.

I figur 2 visar vi en bild av M82-galaxen där de olika färgerna illustrerar emission i olika våglängdsområden – rött för mikrometerområdet där strålningen tros härröra från en klass av aromatiska kolvätemolekyler, PAH-molekyler (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) och kanske också fullerener. Några PAH- och fulleren-strukturer (t.ex. den för C_{60}) visas schematiskt i bilden. Man har nyligen identifierat relativt stora förekomster av

C^+ i det interstellära mediet genom en typ av högkänslig spektroskopi som också är möjlig i DESIREE tack vare dess låga temperatur och de lagrade jonernas höga hastigheter. En fråga som nu är högaktuell är hur och var C_{60} (och C_{70}) – de största molekyler som någonsin observerats i astronomiska sammanhang – bildas. DESIREE-anläggningen lämpar sig väl för undersökning av dessa typer av frågor.

Under den korta tid som DESIREE varit i drift har vi hittills fokuserat på experiment som utnyttjar en av lagringsringarna. Man har då undersökt stabiliteten hos långlivade exciterade kvanttillstånd i atomära negativt laddade joner och studerat nedkylningsprocesser för små varma metall-kluster och OH^- -joner. I det följande presenterar vi hjärtat i DESIREE-anläggningen, de två lagringsringarna, och förklarar kort hur olika typer av experiment kan gå till. Vi kommer därefter att ge några glimtar av resultaten från de första DESIREE-experimenten.



Figur 3: Schematisk bild av DESIREE med de viktigaste jon-optiska elementen och detektorerna. Quadrupolerna, fyra i varje ring och två på vardera jon-injektionssträcka, är elektrostatiska linser som fokuserar jonstrålarna. Nedan ett fotografi som visar jon-optiken i den inre vakuumkanalen. Hela denna kammare med sitt innehåll är kylt till 13 K när ringarna körs. De jonoptiska elementen är belagda med guld.



DESIREE – hur funkar det?

I den övre delen av figur 3, visar vi en starkt förenklad schematisk bild av de två lagringsringarna och nedan i samma figur ett fotografi av ringarna taget från kortsidan när vakuumkanarnas lock har lyfts av. Vardera jonlagringsring har en omkrets på 8,6 meter och är monterad i en gemensam aluminiumkammare som kyls och pumpas med fyra kryogeneratorer till 13 K och 10^{-14} mbar. Denna inre vakuumkanare är innesluten i en värmeskärm av koppar som i sin tur är monterad i en yttre vakuumkanare av stål. Värmeskärmen kyls till 60 K för att minska värmelasten på aluminiumkammaren och den yttre kammaren och skärmen evakueras till 10^{-8} mbar för att begränsa värmeledningen och det mekaniska trycket på innerkammaren. De element – deflektorer och linser – som styr de cirkulerande jonstrålarna är tillverkade

i samma sorts aluminium som kammaren och belagda med ett tunt guldsikt för att undvika att oxidsikt bildas. De jonoptiska elementen är placerade med ledning av teoretiska beräkningar med en precision bättre än 0,1 mm vid rumstemperatur. När ringarna kyls till 13 K krymper de tillsammans med kammaren och de relativa förhållandena mellan storleken på elementen och avstånden mellan dem bevaras. Det tar två veckor att kyla ned anläggningen från rumstemperatur till 13 Kelvin och lika lång tid att värma upp så det är viktigt att alla elektriska anslutningar är korrekt gjorda då man stänger locket. Att det är fallet bevisas av att man kan lagra joner i upp till timmar i båda ringarna.

Joner med bestämd laddning, massa och kinetisk energi (i keV området) injiceras från vänster i den schematiska bilden i figur 3. Typiska omloppstider är

10-100 μ s. Neutrala reaktionsprodukter lämnar ringarna enligt figuren och eftersom de har samma höga hastighet som de lagrade jonerna och bestämda riktningar är de lätta att detektera. Även laddade reaktionsprodukter kan detekteras genom att de följer andra banor än de lagrade jonerna, men de detektorerna visas inte i figuren. I en typ av experiment kan man, som nämnts ovan, mäta absorptionspektra genom att exponera jonerna för laserljus av olika våglängd (laserstrålen vinkelrät mot eller parallellt med den lagrade jonstrålen) och detektera neutrala produkter (t.ex. genom att en negativ jon tappar sin extra elektron eller genom att jonen tappat en mycket löst bunden extra atom, t.ex. He). Metoden kallas aktionspektroskopi och är mycket effektiv och medger studier med extremt små mängder av ett ämne. Eftersom studierna görs med internt mycket kalla joner (13 K)

kan man direkt jämföra med interstellära absorptionspektra som t.ex. de så kallade diffusa interstellära banden. De processer som ger upphov till dessa hundratals molekylära absorptionsband var tills nyligen helt okända trots att de upptäcktes för i runda tal hundra år sedan. Fem av banden har identifierats som absorption i C^+ och man spekulerar nu i om andra kolbaserade molekyler kan förklara ytterligare några av strukturerna.

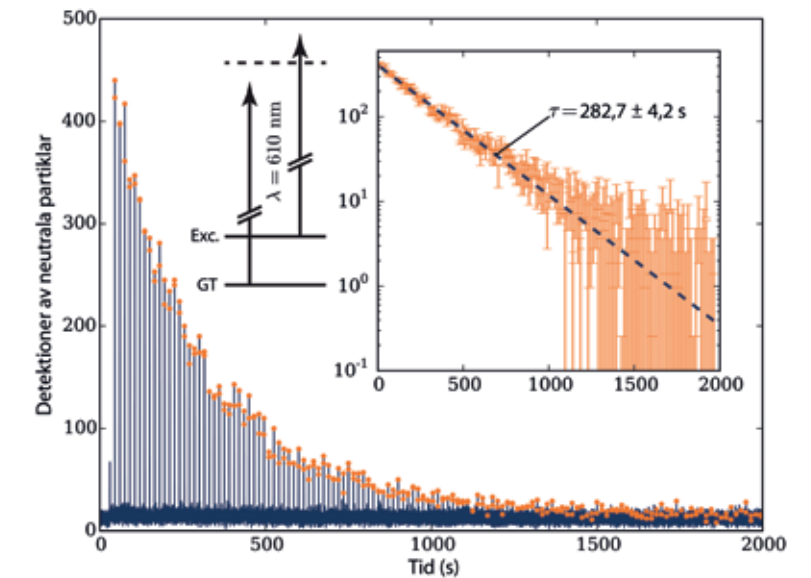
Genom att lagra positiva joner i den ena ringen och negativa i den andra kan vi studera laddningsutbyte och kemiska reaktioner i enskilda kollisioner mellan par av motsatt laddade joner. I de fall man är intresserad av ömsesidig neutralisation av två atomära joner illustreras tekniken väl av den schematiska bilden i figur 3. De båda jonlagen lagras, de enskilda jonerna faller ned till sina lägsta kvanttillstånd och kollisionens energi i deras gemensamma masscentrumsystem regleras i fina steg ned till cirka 10 meV genom att man lägger spänning på rörelektrodsystemet i figur 3. En av jonstrålarna accelereras då på sin väg in i rören medan den andra strålen bromsas upp. Eftersom jonerna lagras med höga hastigheter i laboratoriets referenssystem kommer de två neutrala reaktionsprodukterna att fortsätta i riktning mot en detektor (benämnd MCP i figur 3) med en fosforskärm som omvandlar MCP:ns elektriska signaler till ljussignaler. Positionerna för de två ljuspulserna från fosforskrmen motsvarar positionerna för träffarna av de två neutrala partiklarna på detektorn vilka i sin tur bär information om skillnaden i kinetisk energi i masscentrumsystemet före och efter kollisionen – ju större kinetisk energi som frigjorts desto längre ifrån varandra träffar de neutrala partiklarna detektorn. Med hjälp av denna information och med information om tidsskillnaden mellan träffarna kan man bestämma kvanttillstånden för reaktionsprodukterna.

De första DESIREE-mätningarna

Det första experimentet som utfördes med hjälp av DESIREE-ringarna hade som mål att mäta den spontana sönderfallshastigheten för det enda bundna ex-

citerade tillståndet i den negativt laddade svaveljonen, S^- . Detta är extremt utmanande då motsvarande övergång mellan de två nivåerna (det exciterade tillståndet och grundtillståndet) är förbjuden enligt kvantmekaniska urvalsregler och därför väldigt långsam. Man måste alltså lagra S^- -strålen under mycket lång tid för att kunna mäta detta, vilket lyckades och sönderfallshastigheten befanns vara nära 0,002 per sekund. Tillståndets motsvarande livstid mättes till 503 ± 54 sekunder – ett värde cirka två storleksordningar längre än den tidigare längsta mätta atomära livstiden.

Mätmetoden illustreras i mer detalj i figur 4. Datainsamlingen (av signaler från detektorn längst ned till höger i den schematiska bilden i figur 3) startar vid $t=0$ i figur 4. Efter en kortare tid injiceras jonstrålen och man ser då en mindre puls (partiklar spridda vid injektionen) och en svagt förhöjd basnivå till följd av neutralisation av joner i restgasen. En pulsad laserstråle korsar jonstrålen och under



Figur 4: Antalet detekterade neutrala svavelatomer som funktion av tiden efter injektion av en S^- -stråle i DESIREE. De höga topparna motsvarar korta tidsintervall där jonerna utsätts för laserljus med en sådan våglängd att en foton förmår att slå ut en elektron från S^- i det exciterade tillståndet (Exc.) men inte från S^- i grundtillståndet (GT). Den infällda bilden till höger visar det extra antal neutrala S -atomer som skapas med lasern på som funktion av tiden i sekunder efter injektionen i ett lin/log-diagram.

laserpulserna ser man en kraftigt förhöjd räkneshastighet i detektorn. Denna förhöjning plottas som funktion av tiden i ett lin/log-diagram i den infällda bilden i figur 4. Den direkt mätta livstiden för signalen är då 283 sekunder, vilket är betydligt kortare än den livstid som bara beror på det spontana sönderfallet (503 ± 54 s). Korrektionen beror på att lasern påverkar livstiden och på att jonstrålen själv har en ändlig livstid. Genom att utföra en serie kompletterande mätningar kan man kompensera för dessa effekter vilket ger det slutliga resultatet 503 ± 54 s.

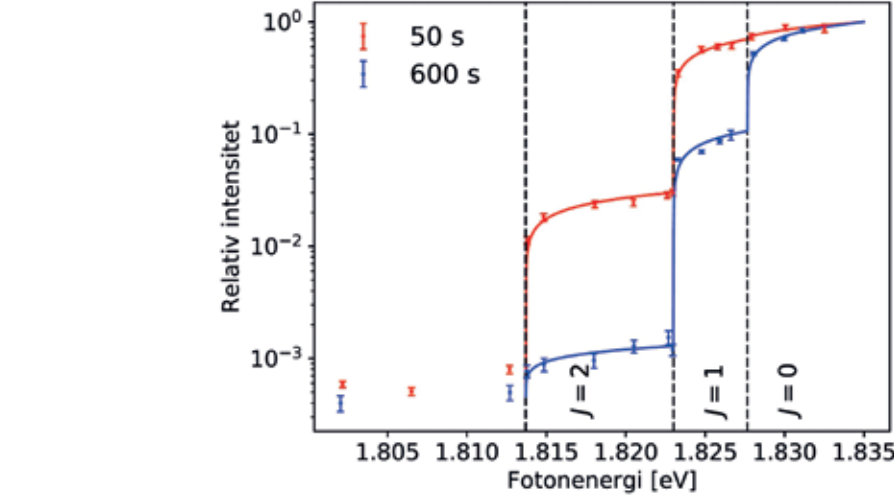
Kylning av OH^- i DESIREE

Jonerna i DESIREE rör sig med höga hastigheter. Trots det kan man minska den interna temperaturen hos en ansamling lagrade joner vilket har demonstrerats för OH^- . I det fallet har vi kunnat visa att jonerna når termisk jämvikt med lagringsringen själv och en temperatur av $13,4 \pm 0,2$ K efter lite mer än tio minuters lagring.

I figur 5 visar vi två mätningar av rotationsfördelningen av OH⁻-joner som lagrats vid den nominella temperaturen 13 K i 50 och 600 sekunder i DESIREE. Experimentet går till så att man injicerar en stråle av OH⁻-joner, väntar i 50 eller 600 s för att sedan öppna en slutare som släpper in laserljus parallellt och sammanfallande med OH⁻-strålen när den passerar den nedre raksträckan i den symmetriska ringen i figur 3. Slutaren är öppen i 5 s och antalet neutrala OH-molekyler som träffar detektorn i sträckans förlängning under den tiden registreras. Detta upprepas för olika laservåglängder. Man ser tydliga steg i signalstyrkan som sammanfaller med kända energier för det lägsta rotationstillståndet ($J=0$, grundtillståndet) och för det första och andra exciterade rotationstillståndet ($J=1$ och $J=2$). Den låga intensitet som mäts under tröskelenergin för $J=2$ orsakas av en mindre ¹⁷O-förening i OH⁻-strålen. Man ser också att signalerna för fotonenergies under $J=0$ tröskeln är väsentligt lägre efter 600 sekunders ostörd lagring än efter bara 50 s lagring. Från populationerna av de olika J -tillstånden kan man extrahera en jon-temperatur som efter 600 s är $14,1 \pm 0,2$ K och som man genom ytterligare mätningar för längre tider har kunnat se sjunka till $13,4 \pm 0,2$ K.

Klusterkylningsprocesser i DESIREE

Det är av stort intresse att etablera metoder för att undersöka stabiliteten hos isolerade kluster och för att undersöka hur de kyls och med vilka hastigheter detta sker. Klusterkylningsprocesser är ofta mycket långsamma och därför har det hittills varit mycket svårt att utföra den typen av experiment. I DESIREE (och i de få andra kryogeniskt kyllda lagringsringar och för jonstrålar som finns runt om i världen – förutom i Stockholm endast vid Max Planck-institutet i Heidelberg i Tyskland och vid RIKEN-laboratoriet i Tokyo, Japan) är situationen mycket mer gynnsam. Detta tack vara det låga trycket och de långa lagringstiderna. Intresset för klusterstudier grundar sig till en del på frågeställningar från atmosfärsvetenskaperna. Hur stabila är de kluster

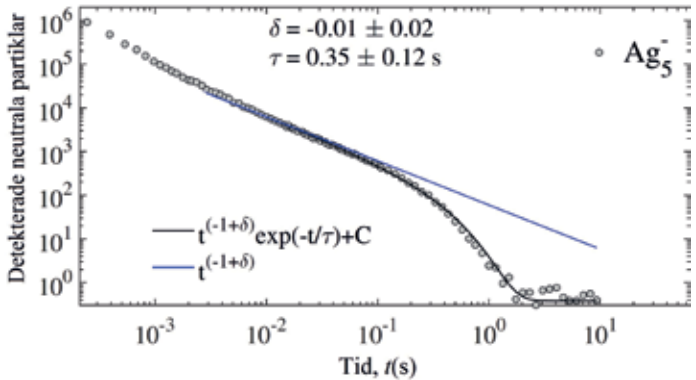


Figur 5: Styrkan av OH-signalen (neutrala molekyler) som funktion av fotonenergin när den lagrade strålen av OH⁻-joner utsätts för laserljus efter 50 eller 600 sekunders lagring. Höjderna av "trappstegen" är på ett enkelt sätt relaterade till fördelningen på OH⁻-jonernas rotationstillstånd. Skillnaden mellan de två kurvorna visar på ett direkt sätt den kylning av molekyljonernas rotationsrörelse som sker under lagringen i DESIREE vid 13 K.

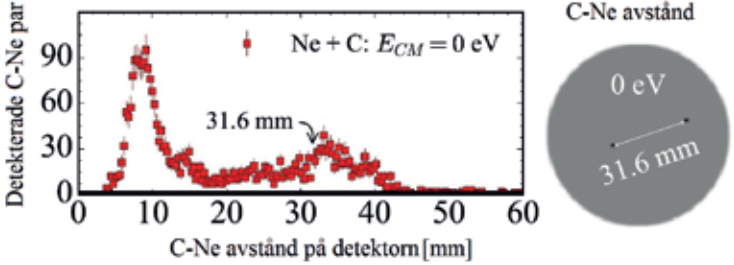
som förekommer i atmosfären och hur går det till när de bildas och bryts sönder? Det är också mycket intressant att förstå hur jon-kluster bidrar till aerosol- och molnbildning och hur det senare i förlängningen påverkar klimatet.

I figur 6 visas ett exempel där Ag₅-kluster lagras i DESIREE. De är varma när de injiceras – typiskt några tusen kelvin och den signal vi registrerar orsakas av neutrala partiklar som med stor sannolikhet skapas genom att varma Ag₅-kluster spontant skickar ut en löst bunden elektron. Det faktum att de kluster som injiceras i ringen har en bred fördelning

av interna energier leder till att signalen inte är exponentiellt avtagande som i exemplet med S⁻-mätningen ovan (som gjordes med alla joner i samma kvanttillstånd) utan istället följer en rät linje i ett log/log-diagram med en signalstyrka som är omvänt proportionellt mot tiden. Signalen uppvisar alltså ett 1/t-beroende som kan förklaras av att en stor mängd kluster med olika excitationenergier och därmed olika sönderfallskonstanter bidrar till signalen. I Ag₅-exemplet ser vi 1/t-beteendet för tider upp till cirka 100 ms varefter signalen avtar mycket snabbare vilket kan förklaras av kylningsprocesser (genom IR-emission) på karakteristiska



Figur 6: Antalet detekterade neutrala partiklar (dominerat av Ag₅-) som funktion av tiden efter injektion av en 10 keV-stråle av Ag₅-kluster (= fem silverjoner i ett kluster) i DESIREE.



Figur 7: Till vänster ser vi en fördelning av avstånd mellan de två neutrala produkterna i en ömsesidig neutralisationsreaktion $Ne^+ + C^- \rightarrow Ne + C$ vid 0 eV. Den nominella kollisionsenergien i masscentrumsystemet är 0 eV, men eftersom jonstrålarna inte är perfekt parallella så har vi i praktiken en 10 meV bred fördelning av kollisionsenergier. Fördelningen av detekterade C-Ne avstånd har ett brett maximum runt 31,6 mm som orsakas av infångning till ett exciterat tillstånd i Ne (3p-tillståndet) med C-atomen i sitt grundtillstånd.

tidsskalor av några hundra millisekunder. Kylningen stabiliserar klustren så att de inte längre kan fragmentera eller emittera elektroner spontant – för att detta nu ska ske (efter kylningen) krävs någon form av yttre påverkan genom absorption av ljus eller genom kollisioner med elektroner eller tyngre partiklar. I DESIREE kan man studera kalla klusters växelverkan med ljus och med tunga partiklar.

Växelverkan mellan positivt och negativt laddade joner

I figur 7 visas ett exempel på resultat från ett testexperiment där Ne⁺ kolliderar med C⁻ med energier i meV-området (i masscentrumsystemet). Jonerna lagras

med energier så att de har nära samma (höga) hastighet i laboratoriesystemet. Kollisionsenergien i masscentrumsystemet finjusteras sedan genom att lägga spänning på rören i det rörelektrodsystem som innesluter de sammanfallande jonstrålarna (se figur 3). Avståndet mellan två sammanhörande träffar på detektorn registreras för varje enskild kollision och fördelningen av sådana avstånd visas till vänster i figur 7. Den breda toppen runt avståndet 31,6 mm visar att C-atomen är i sitt grundtillstånd och Ne i ett specifikt exciterat kvanttillstånd (3p) efter kollisionen.

Utblick

Efter mer än ett decennium av ett både intensivt och krävande design- och konstruktionsarbete är nu DESIREE i drift. Vi är bara i början av den vetenskapligt produktiva perioden som förväntas ge många nya intressanta resultat för reaktioner med atomära och molekylära system och med kluster inkluderande kluster av komplexa molekyler. Man kan också förutse nya resultat inom spektroskopin – speciellt då med internt kylda joner – och resultat som kan belysa hur mer komplexa molekylära system kan skapas med enklare atomära och molekylära byggstenar. Det finns stora möjligheter att kartlägga viktiga fundamentala egenskaper hos negativt laddade atomära och molekylära system som t.ex. elektronaffiniteter (den energi med vilken en extra elektron binds till en atom eller molekyl), absorptionsspektra eller förmågan att binda flera extra elektroner för större molekylära system. Alla dessa studier kräver kalla och i stort sett restgasfria miljöer och DESIREE lämpar sig då utmärkt väl. Förhoppningen är också att resultaten – i form av reaktionshastigheter och spektroskopi – ska komma till användning i modellering av olika typer av astrofysikaliska processer och för processer som sker i planetatmosfärer. Speciella jonkällor för biomolekylära joner kommer inom en snar framtid att anslutas till DESIREE. Detta kommer till exempel att ge möjligheter att undersöka hur sådana molekyler beter sig i vakuum och i olika lösningar och hur de reagerar med varandra vid låga temperaturer. Vi kan då bland annat undersöka hur känsliga biologiskt aktiva molekyler är för den strålning de kan utsättas för då de är isolerade i vakuum och då de omges av lösningsmolekyler.

- HENRIK CEDERQUIST
STOCKHOLMS UNIVERSITET
- HENNING SCHMIDT
STOCKHOLMS UNIVERSITET
- HENNING ZETTERGREN
STOCKHOLMS UNIVERSITET
- DAG HANSTORP
GÖTEBORGS UNIVERSITET
- HENRIK HARTMAN
MALMÖ HÖGSKOLA

FAKTARUTA

DESIREE (Double ElectroStatic Ion Ring Experiment) – är ett nytt instrument med unika egenskaper för nya typer av experiment med kalla joner.

DESIREE anläggningen ger möjlighet att manipulera kvanttillstånden i positivt och negativt laddade joner vilka lagras i var sin ring för studier av växelverkan med fotoner och för studier av jon/jon-kollisioner.

Anläggningen har två kryogeniskt kyllda lagringsringar för keV-jonstrålar. Den körs normalt vid en temperatur av 13 Kelvin. Då är tätheten av restgasen så låg som 10⁴ molekyler per cm³ och domineras helt av H₂. Jonstrålarna kan lagras i timmar och under tiden når jonerna termodynamisk jämvikt med lagringsringarna. Jonerna befinner sig då i kvanttillstånd vars fördelning över de interna excitationsenergierna bestäms av temperaturen (13 K). Detta har visats genom att skapa en OH⁻-jonstråle där 95 % av jonerna

befinner sig i det lägsta vibrationstillståndet utan att rotera – alltså i det lägsta möjliga rotationstillståndet. Genom att manipulera jonerna har andelen "rotationskalla" joner kunnat ökas till 99 %.

DESIREE är en av tre jonlagringsringar i världen som körs vid kryogeniska temperaturer. De andra två är CSR (Cryogenic Storage Ring) i Heidelberg, Tyskland och RICE (RIKEN Cold Electrostatic ring) vid RIKEN-laboratoriet i Tokyo, Japan.

DESIREE är den enda anläggningen som har två ringar med en gemensam sträcka där strålar med positivt och negativt laddade joner sammanfaller för kvantupplösta studier av jon/jon-reaktioner.

DESIREE kommer att drivas av ett konsortium mellan Stockholms universitet, Göteborgs universitet och Malmö högskola.

DESIREE är lokaliserad till Stockholms Universitet, Albanova universitetscenter



Jakten på fjärran civilisationer – är vi ensamma?

Med nya astronomiska observationer har vi under det senaste årtiondet lärt oss att planeter utanför vårt eget solsystem är relativt vanliga. Man kan uppskatta att vårt observerbara universum faktiskt innehåller fler planeter av jordens storlek än det finns sandkorn på en typisk svensk strand. Om det även finns liv någonstans därute är däremot mera oklart. Alla sökningar efter liv i rymden – såväl primitivt som avancerat – har hittills kammat noll, men nu testar astronomer nya grepp i sökandet efter våra kosmiska grannar.

De senaste åren har astronomer hittat ca 3000 s.k. exoplaneter (planeter utanför vårt eget solsystem), där åtminstone en del verkar någorlunda jordlika vad gäller storlek, massa och trolig ytemperatur. Under 2016 upptäcktes att även vår närmaste grannstjärna Proxima Centauri har en sådan planet i omloppsbana. Det mesta vi idag vet om exoplaneter kommer från mätningar i en begränsad del av vår hemgalax Vintergatan, men om vi antar att det vi hittills lärt oss gäller generellt, så kan man uppskatta att det i vår galax bör finnas mer än $\sim 10^8$ jordstora stenplaneter med möjlighet till flytande vatten (vilket brukar anses vara grundförutsättningen för liv, åtminstone liv av det slag vi känner till från jorden). Går man till ännu

större skalor kan man uppskatta att det i hela vårt observerbara universum bör finnas omkring $\sim 10^{18}$ sådana planeter. Med så många möjliga groplatser för liv verkar det inte helt orimligt att det någonstans därute kan ha utvecklats andra livsformer, kanske till och med intelligent liv. Men sannolikheten för att liv ska uppstå på varje enskild planet är okänd, och är den bara tillräckligt liten så kan vi förstås ändå vara helt ensamma i universum. Det enda sättet att få veta hur det faktiskt ligger till med eventuella grannar i rymden är att aktivt försöka leta efter dem.

Hur söker man efter liv i rymden?

Det är nu relativt svårt att leta efter liv i rymden. Primitivt, mikroskopiskt liv kan vi än så länge bara söka efter i vårt eget solsystem, och hittills har det inte framkommit några övertygande bevis för att liv skulle finnas någon annanstans än på jorden. Med kommande jätteteleskop kommer vi att kunna söka efter spektrala signaturer från fotosyntes i atmosfärer kring jordlika planeter i andra solsystem, men det ligger fortfarande några år framåt i tiden. En teknologiskt avancerad civilisation skulle däremot redan idag kunna siktas med våra teleskop. Faktum är att en sådan upptäckt skulle ha kunnat komma redan för flera decennier sedan – sökandet efter radiosignaler från fjärran civilisationer startade på sextioalet och har fortsatt in i våra dagar. På 1990-talet började man alltmer systematiskt också att leta efter signaler i form av korta laserpulser från andra stjärnor. Hittills har den kosmiska signalspaningen inte riktigt lett någonstans. En närmast kuslig signaltystnad verkar istället råda i rymden. Betyder detta att Vintergatan till största del är ödslig och steril? Kanske, men inte nödvändigtvis. Mycket av det som görs inom forskningsfältet SETI (Searching for Extraterrestrial Intelligence) utgår från att utomjordiska livsformer aktivt försöker ta kontakt med oss och skickar lättidentifierade signaler i vår riktning. Räckvidden för vår signalspaning är också mycket begränsad – de flesta har fokuserat på stjärnor inom några få hundra ljusårs avstånd från oss, en volym som bara innefattar $\sim 10^5$ av Vintergatans $\sim 10^{11}$

stjärnor. Om utomjordingarna inte vet att vi är här, inte sänder tydliga signaler i de våglängdsområden vi övervakar eller helt enkelt inte är intresserade av att kommunicera med en civilisation så primitiv som vår, så framstår inte utsikterna för denna typ av SETI som särskilt lysande. Men kanske finns det andra metoder att ta till, som inte baseras på att utomjordingarna aktivt söker kontakt med oss? Jorden är ingen överdrivet gammal planet – tvärt om verkar den typiska jordlika planeten ha funnits ett par miljarder år längre än jorden. Det finns därför ingen direkt anledning att tro att vi skulle ligga först i den teknologiska utvecklingen. En civilisation som ligger miljontals, eller kanske till och med miljardtals år före oss i teknologisk utveckling skulle kunna besitta oerhört avancerad teknologi. Allt fler SETI-projekt riktar därför in sig på att försöka upptäcka den teknologiska aktiviteten, snarare än signaler, från de intelligenta livsformer som eventuellt kan finnas därute.

Artificiella molekyler i planet-atmosfärer

En helig graal inom forskningen kring exoplaneter är upptäcka molekyler som syre, metan, koldioxid och vatten i atmosfären kring en jordlik planet, eftersom detta skulle kunna tyda på förekomsten av en biosfär. Mätningar av sådana mo-

lektyler är redan möjliga i gashöljet kring större planeter (av Jupiters storlek), men är oerhört svåra för planeter av jordens storlek. Nu utvecklas nya instrument och teleskop som kommer att göra detta möjligt. Det största är European Extremely Large Telescope, ett 39-metersteleskop som ska stå färdigt 2024, där Sverige är med i konstruktionen av den spektrograf som sannolikt har bäst chans att studera atmosfären kring jordstora planeter. Skulle man med samma sorts mätdata som används för att studera planetatmosfärer också kunna upptäcka teknologiskt avancerat liv? Ja, kanske, på ett indirekt sätt – genom upptäckten av molekyler som inte skapas i någon större grad genom kemiska reaktioner som förekommer naturligt. Vår förståelse om vad som kan uppstå naturligt och inte är fortfarande bristfällig, men om man utgår från jorden så verkar det som höga halter av freoner (klorfluorkarboner) skulle kunna vara en möjlig signatur för industriell verksamhet. Molekyler som CF_4 (koltetrafluorid) kan snart kunna ligga inom räckhåll för våra mätningar av planet-atmosfärer. Man kan förstås fråga sig varför en civilisation mer avancerad än vår skulle låta sin atmosfär fyllas av höga halter av artificiella växthusgaser, när till och med vi själva upplever sådana ämnen som en miljöfara? Men om sådana ämnen är av ondo eller inte beror mest på vad man



försöker uppnå. Om en planet har för låg temperatur för ens syften skulle man kunna tänka sig ämnen av detta slag som ett led i det man kallar terraforming – att med hjälp av en framkallad växthuseffekt höja temperaturen till mer gynnsamma förhållanden för liv. Koltetrafluorid har exempelvis föreslagits som ett första steg mot att göra vår frusna grannplanet Mars mer beboelig.

Fjärran solpaneler

I en berömd artikel i tidskriften Science 1960 föreslog den teoretiske fysikern Freeman Dyson att en avancerad civilisation med stora energibehov skulle kunna ta material från planeter och bygga ett mer eller mindre helomslutande skal kring en stjärna för att ta till vara på solenergin. Även om Dyson var en aning otydlig kring hur strukturen skulle utformas tänker man sig normalt inte detta som en solid sfär, utan snarare som en tät svärm av satelliter där var och en fungerar som en gigantisk solpanel. Beräkningar har visat att en gles svärm av detta slag skulle kunna konstrueras på mindre än hundra år – fullt jämförbart med den tid det tog att bygga pyramiderna. Skulle vi klara av att upptäcka sådana Dyson-sfärer kring andra stjärnor? Jodå – förutsatt att de är tillräckligt helomslutande och absorberar en tillräckligt stor del av strålningsenergin från stjärnan. Stjärnan bör då framstå som ovanligt ljussvag jämfört med andra stjärnor av samma typ. Samtidigt behöver de absorberande satelliterna göra sig av med den uppfångade energin för att inte hettas upp. Man tänker sig vanligtvis att de avger energin som värmestrålning – sannolikt med den mesta strålningen i det infraröda våglängdsintervallet. Man letar alltså efter en stjärna som är ovanligt ljussvag i synligt ljus och ovanligt ljusstark i infrarött. Sökningar efter denna typ av Dyson-sfärer har förekommit i flera omgångar, och även om flera intressanta, mycket ovanliga himlaobjekt har fastnat i astronomernas vaskpannor under åren så har inte några starka kandidater till verkliga Dyson-sfärer ännu upptäckts.

”Omöjlig” fysik

Nu kan man tycka att den teknologi

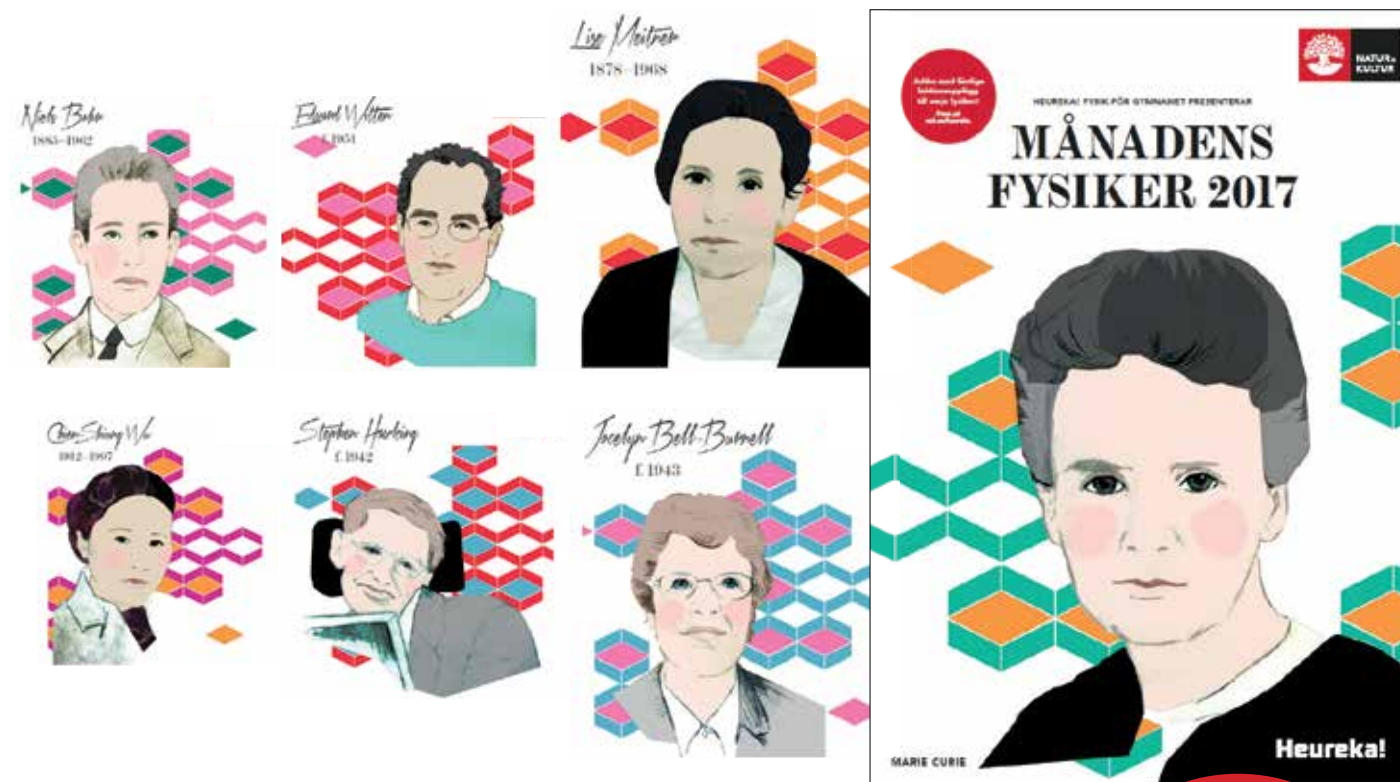
som nämnts ovan egentligen bara är ganska milda extrapoleringar av saker som mänskligheten redan uppfunnit (freoner och solceller). Har vi verkligen förutsättningar att föreställa oss teknologin hos en civilisation som ligger miljontals eller kanske miljardtals år före oss i utvecklingen? Kan vi förstå motiven hos en sådan civilisation och skulle vi ens uppfatta deras teknologi som teknologi? En möjlighet att komma runt problemet är att ta science fiction-författaren Arthur C Clarkes s.k. tredje lag ”Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic” på fullaste allvar, och leta efter något som helt enkelt inte borde kunna existera. Om vi antar att utomjordingarnas hypotetiska superteknologi – vad den än är för något och vad den än har för syfte – får observerbara konsekvenser i den omgivande rymden, så skulle man helt enkelt kunna söka efter fenomen som avviker kraftigt från sådana man förväntar sig, utifrån nuvarande kunskap om astrofysik. Rent praktiskt kan man gå tillväga genom att man ta en astronomisk datakatalog, ställa upp en lista med effekter som absolut inte borde finnas i katalogen – och sedan leta efter just dessa effekter. Problemet är naturligtvis att skilja aktiviteten från en annan civilisation från naturliga processer som vi ännu inte känner till. Astronomins historia innehåller flera exempel på hur ny astrofysik gestaltat sig i tidigare okända fenomen. Det mest klassiska exemplet är upptäckten av pulsarer – starka radiofyrar som många gånger per sekund avger regelbundna pulser. Under några veckor efter upptäckten 1967 övervägde man faktiskt möjligheten att man upptäckt signaler från en annan civilisation och diskuterade olika strategier för hur man borde hantera fyndet. Snart hittades dock en fysikalisk förklaring i form av extremt kompakta, roterande objekt – neutronstjärnor, och upptäckten ledde slutligen fram till ett Nobelpris i fysik 1974. Lärdomen är att fenomen som idag ter sig ”omöjliga” definitivt inte behöver vara kopplade till utomjordingar. Tvärt om bör grundantagandet vara att det inte är det – och bevisbördan för att det är en annan civilisation som ligger bakom måste alltså vara extremt hög.

Ett svenskt SETI-projekt

SETI-fältet har under lång tid dominerats av amerikanska forskare, men sedan ett par år tillbaka är även svenska astronomer aktiva inom fältet. Vi letar efter Dyson-sfärer, både i vår Vintergata och i andra galaxer, samt även efter tecken på ”omöjlig fysik”. Några tecken på utomjordiskt liv har vi inte hittat, men projektet levererar ändå intressanta resultat. Söker man efter interstellära meddelanden är de astronomiska data man samlar in svåra att omsätta i ny kunskap förrän man faktiskt uppsnappar en signal. Utifrån en kompakt kosmisk tystnad är det svårt att ens sätta en säker övre gräns på vilka signaler som skickas mellan stjärnorna – tvivlet kring om man spanat mot en given stjärna vid rätt tillfälle eller tillräckligt länge är svår att skaka av sig. Sökandet efter teknologiska signaturer från andra civilisationer fångar däremot upp stjärnor och galaxer som sticker ut från mängden och beter sig på oväntade sätt. Genom uppföljningsobservationer kan vi lära oss mer om astrofysiken bakom deras extrema beteende, även om det i slutändan inte skulle ha något med utomjordiskt liv att göra. Visst kan man tycka att det är spekulativ forskning, mer besläktad med science fiction än vetenskap. Samtidigt skulle upptäckten av en annan civilisation i världsrymden förmodligen ses som en av mänsklighetens största upptäckter någonsin. Nu har vi dessutom förutsättningar som tidigare generationer av astronomer bara kunde drömma om. Liksom många andra forskningsfält har astronomin tagit steget in i Big Data-eran, och offentliga databaser med mätningar från världens bästa teleskop innehåller redan mätningar för några miljarder himlaobjekt. Teleskopdata bara fortsätter att välla in och inom det närmaste decenniet kommer siffran att närma sig hundra miljarder. Bevis för utomjordiskt liv kan redan finnas i arkiven, och om vi nu ändå har dessa data, är det då inte värt att åtminstone ta en titt?

ERIK ZACKRISSON
UPPSALA UNIVERSITET

HEUREKA! FYSIK FÖR GYMNASIET PRESENTERAR MÅNADENS FYSIKER 2017



Lär känna en fysiker i år!

Vi arbetar med deras teorier och läser om dem i läromedel som Heureka! Fysik för gymnasiet. Nu har vi på Natur & Kultur tagit fram en vägggalmanacka med porträtt av 12 framstående fysiker. Här får vi djupdyka i deras livsgärning och historia och lära känna dem bättre. **Marie Curie, Stephen Hawking, Albert Einstein** och **Niels Bohr** är några av de som har fått en månad var att förgylla.

Vill du ha en vägggalmanacka, helt gratis?
Beställ på nok.se/heureka.

Lärare? Jobba med färdiga lektionsupplägg och fakta-texter till varje fysiker!

Heureka!

Studium och kontroll av ultrasnabba processer som sker i starka laserfält

Min avhandling behandlar olika sätt att förstå och kontrollera ultrasnabba fenomen. Med detta menas processer som äger rum under loppet av en cykel av synligt ljus (ungefär en

femtosekund, en miljondels miljarddels sekund), eller under ännu kortare tidsintervall; detta är tidsskalor som vida understiger vår vardagliga fattningsförmåga. En elektron bunden till en atomkärna rör sig med en hastighet som är några hund-

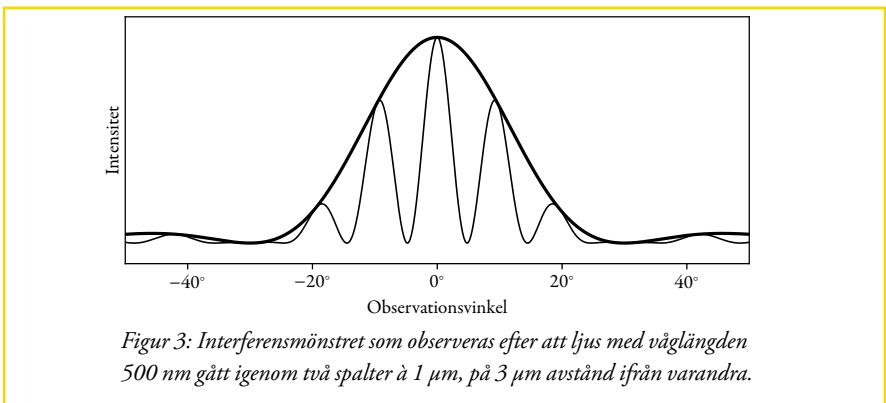
radelar av ljusets, vilket innebär en omloppsbana med en periodtid som mäts i attosekunder – en attosekund är en miljarddels miljarddels sekund. Likaså sker processer som excitation och jonisation på dessa tidsskalor, vilka är alltför korta för konventionell elektronik att följa. Istället använder man sig av en stroboskopisk teknik, där en ultrakort ljuspuls används på samma sätt som en fotografisk blix för att ”frysa” förloppet.

I avhandlingen studeras bland annat den process som ligger till grund för de ultrakorta ljuspulserna, så kallad *hög övertonsgenerering* (se figur 1), som i sig är ett ypperligt exempel på en ultrasnabb process och dels användningen av dessa ultrakorta ljuspulser för att på djupet tränga in i den fysikaliska teori som beskriver mikrokosmos, kvantmekaniken. Hög övertonsgenerering sker när ljuset från en stark laser fokuseras i till exempel en gas som joniseras. Den fria elektronen blir accelererad av ljuset och kan, om den stöter på den jon den lämnade, återinfångas och utstråla högenergetiskt ljus i form av korta ljuspulser. När det drivande laser-

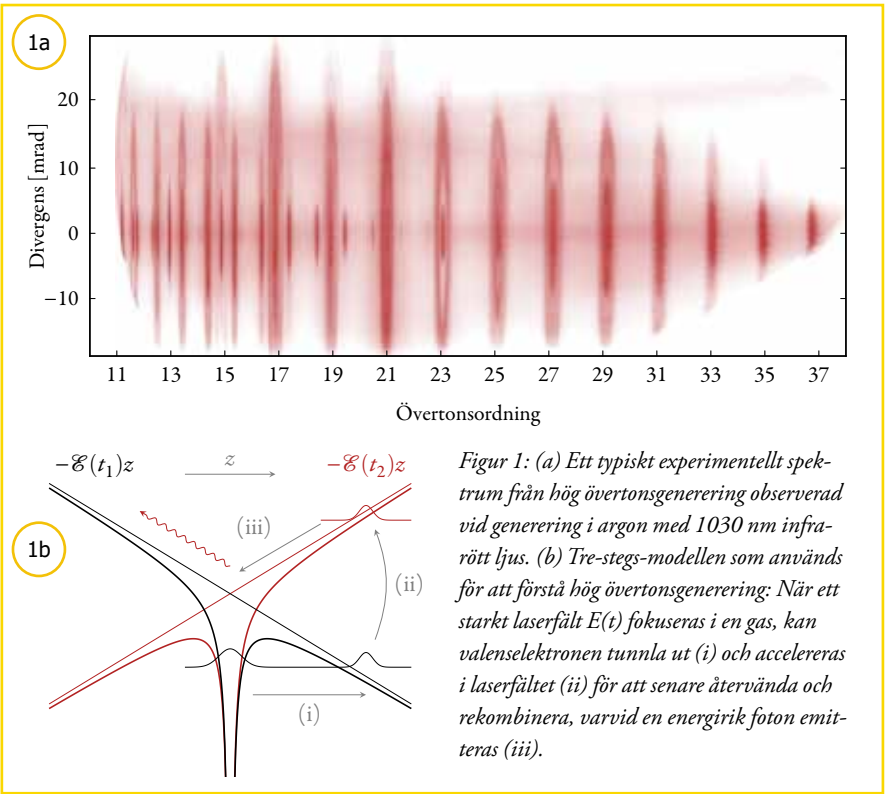
ljuset är så starkt som krävs för att hög övertonsgenerering skall vara möjlig, rör man sig samtidigt i det gränsland som existerar mellan den mer exotiska fysik som kvantmekaniken utgör och den klassiska fysiken som vi känner den från Newtons och Maxwells teorier. Till vilken grad låter sig den stundom absurda värld som mikrokosmos utgör förstås utifrån den intuition vi har från vår vardag? Detta har varit ett av målen med min avhandling.

Ett på sin tid banbrytande experiment för förståelsen av ljusets vågnatur var *Youngs dubbelspalt*, i vilket ljuset färdas genom två smala spalter för att mötas på andra sidan (se figur 2). Vad Young observerade var ett distinkt *interferensmönster* (se figur 3), där ljuset ömsom förstärktes ömsom släcktes ut. Liknande fenomen kan observeras i närheten av vågbrytare vid kusten och detta togs till intäkt för att ljusets vågnatur skulle anses vara bevisad och den tidigare rådande bilden av ljuset som partiklar vederlagd.

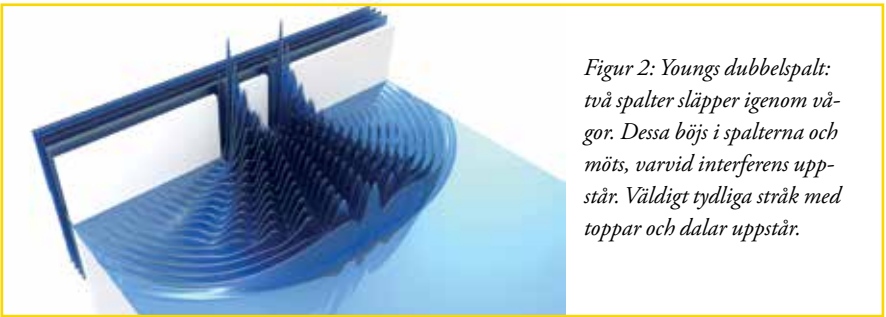
Under början av nittonhundratalet upptäcktes den mikroskopiska materiens vågnatur. I enlighet med denna, tar inte en mikroskopisk partikel *en* utan *flera* vägar för att nå sitt mål. Med så kallade interferometrisk tekniker är det möjligt att mäta den ”hastighet” med vilken partikeln rör sig längs de olika vägarna. En bild som kan hjälpa förståelsen för partiklarnas möjlighet att gå flera vägar samtidigt står att finna i musiken; det ljud som når åhöraren utgörs i ett givet ögonblick inte av endast en frekvens. I *polyfonisk musik* sammanvävs flera parallella stämmor till en välklingande harmoni. Detta är närmast att likna vid flera partiklar som går olika vägar och skiljer sig inte från vår intuitiva förståelse. Däremot avger varje enskilt instrument självt en mängd frekvenser samtidigt; dessa kallas övertoner och deras beskaffenhet avgör instrumentets unika klangfärg. På liknande sätt som vårt känsliga öra med lätthet kan skilja olika instrument åt, kan de känsliga mätningar avhandlingen baseras på, avgöra karaktären hos de olika vägar partiklarna tagit genom att studera deras ”klangfärg”. I min avhandling specifikt har jag studerat de olika vägar elek-



Figur 3: Interferensmönstret som observeras efter att ljus med våglängden 500 nm gått igenom två spalter à 1 µm, på 3 µm avstånd ifrån varandra.



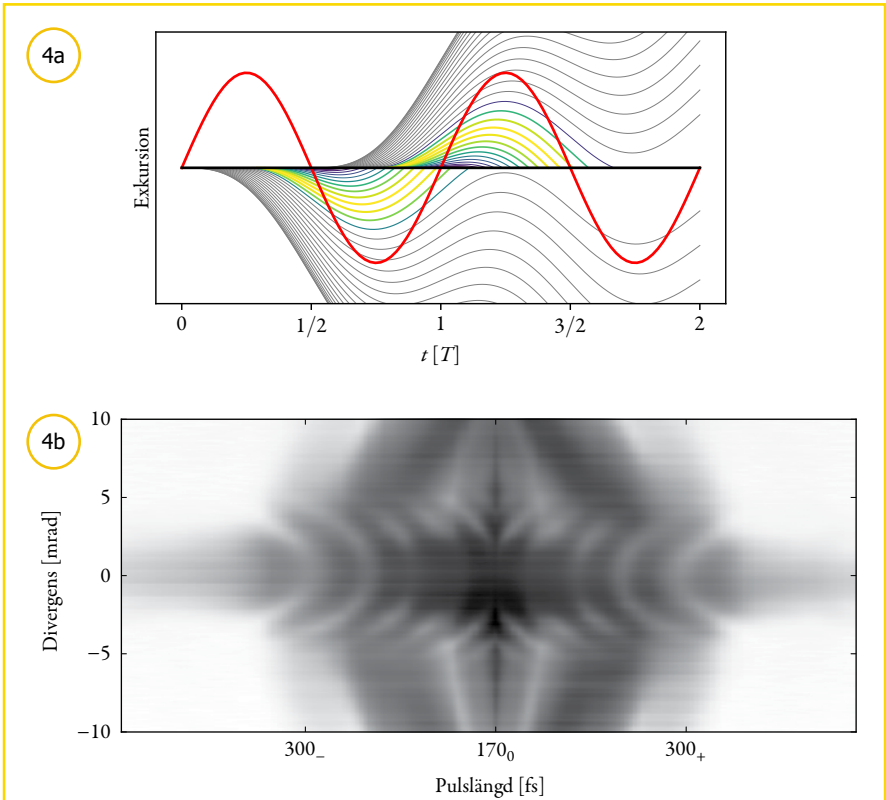
Figur 1: (a) Ett typiskt experimentellt spektrum från hög övertonsgenerering observerad vid generering i argon med 1030 nm infrarött ljus. (b) Tre-steps-modellen som används för att förstå hög övertonsgenerering: När ett starkt laserfält $E(t)$ fokuseras i en gas, kan valenselektronen tunnla ut (i) och accelereras i laserfältet (ii) för att senare återvända och rekombinera, varvid en energirik foton emitteras (iii).



Figur 2: Youngs dubbelspalt: två spalter släpper igenom vågor. Dessa böjs i spalterna och möts, varvid interferens uppstår. Väldigt tydliga stråk med toppar och dalar uppstår.

Stefanos Carlström

- Titel: Sub-Cycle Control Of StrongField Processes On The Attosecond Timescale
- 978-91-7753-116-6 (tryck), 978-91-7753-117-3 (PDF)
- Länk: [https://lucris.lub.lu.se/ws/files/18894775/thesis_lu.pdf]
- Framlagd: 2017-01-26
- Opponent: Professor Dr. Eric Cormier, Université de Bordeaux
- Handledare: Professor Johan Mauritsson, Lunds Universitet



Figur 4: Kvantvägsinterferens observerad i hög övertonsgenerering. (a) I rött visas det elektriska fältet som driver hög övertonsgenerering. De andra linjerna är möjliga elektronbanor, beroende på när elektronen lämnar atomen; de gråa återvänder aldrig medan de färgade återvänder med olika kinetisk energi – de med samma energi har samma färg. (b) Kvantvägsinterferens observerad i hög övertonsgenerering. De banor som har samma färg i (a) kan antingen gå en kortare eller längre väg, varvid interferens mellan desamma kan uppstå. När pulslängden varierar (och därigenom pulsens intensitet, som är proportionerlig mot kvadraten av amplituden för den röda linjen i (a)), varierar även våglängden.

tronerna tar i hög övertonsgenerering under steg (ii) i figur 1b ovan; det visar sig att flera olika banor leder tillbaka till atomen, varav åtminstone två kommer ha samma slutliga rörelseenergi, fastän de gått olika lång sträcka. Detta är möj-

ligt att observera som interferens i det ut-sända ljuset (se figur 4).

STEFANOS CARLSTRÖM
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Genom bildning kan man förstå livet och få en rik källa att ösa ur

Stefanos Carlström kommer från en akademisk familj där bildning och kunskap hyllas och anses viktig oavsett inriktning. Bildningen har ett egenvärde. Något som på olika sett har präglat hans val i livet. Lärandet är viktigt och känns som ett personligt äventyr för honom, oavsett vilket område han tar sig an.

– Jag är uppvuxen i ett humanistiskt hem, berättar Stefanos. Kanske var det den något föraktfulla samhällssynen på humaniora som gjorde mitt naturvetenskapliga val lättare, reflekterar han. Jag hade också stimulerande naturvetenskapliga lärare på gymnasiet och det blev inte svårt att välja naturvetenskaplig utbildning efter gymnasiet. Jag sökte mig till elektroteknikutbildningen i Lund.

Varför just elektroteknik?

– Jag ville egentligen lära mig göra kretskort från början, svarar Stefanos något generat. Efter de tre basåren vid elektro fanns det en fotonikinriktning som passade mig och min nyfikenhet perfekt. Det känns spännande att upptäcka kunskaper, även om det inte är nyupptäckta sådana.

Vad gör du när du inte finns på plats på universitetet?

– Jag sjunger i kör, berättar Stefanos. Redan som sexåring började jag att sjunga i kyrkokören hemma i Malmö. Körsjüngandet fortsatte och idag är musiken och sjungandet en stor del av min fritid.

– Jag är sedan tio år tillbaka med i Lunds Studentsångare. Vi övar i snitt tre timmar per vecka men under konsertperioder så blir det betydligt intensivare. Vi gör ofta framträdanden och varje år 1:a maj syns vi i TV, då vi sjunger in våren på trappan från Lunds universitet, jag sjunger i andra-bas stämman.

Hinner du med annat än musiken på fritiden?

– Jag planerar att tillsammans med min familj renovera en gammal prästgård i Blekinge som vi köpt billigt. Jag ser fram mot att lära mig mer om byggnadsvård och hur man sköter gamla byggnader, berättar Stefanos. Min mamma som är arkeolog får gräva i trädgården och sköta den, även om det hittills varit min lott, konstaterar han.

Kunskaper om olika kulturer fascinerar. Han kan prata grekiska hjälpligt säger han och utifrån hans intresse för historia och språk är det intressant.

– Dessutom har jag ett visst intresse för prylar, avslöjar han. Min mamma har ett prylintresse som ”loppishandlare” och det har gjort mig intresserad, men mer intresserad utifrån design och funktion, säger Stefanos. Genomtänkta konstruktioner är riktigt intressanta. Under 40-talet och 50-talet verkar det funnits många bra funktionslösningar har jag upptäckt.

Varför kan du grekiska?

– Min pappa har grekisk bakgrund och jag fick därför börja med grekiskan redan som femåring. Då tyckte jag inte det var roligt, med extra läxor som de andra inte hade och undervisning kvällstid. Men, jag hade en fantastisk lärare, som jag fortfarande har kontakt med.



Stefanos Carlström, 29 år

Född: Göteborg, men uppvuxen i Malmö

Familj: Mamma

Bor: Lägenhet i Malmö

Utbildning: Naturvetenskaplig inriktning med musikprofil i Malmö (2004).

Civ.ing i elektroteknik vid LTH (2012)

Doktor i atomfysik (2017)

Fritidsintressen: Musik, sångare i Lunds Studentsångare sedan 10 år, prästgård att rusta upp, språkvetenskap

Nuvarande jobb: forskning och undervisning vid LTH

Framtidsplaner: Flexibla, är öppen för både postdoc eller forskning inom företag

Vilka språk talar du idag?

– Jag kan ta mig fram på grekiska när det behövs. Jag har många kontakter med Tyskland och försöker ständigt utveckla mina kunskaper i tyska språket. Svenska är mitt modersmål och generellt tycker jag om att lära mig mer om språkvetenskap. Arbetsspråket är ju engelska.

– Jag hade nog blivit språkvetare om jag inte fastnat för fysiken, tror Stefanos.

Kunskapsresan genom livet är själva syftet med tillvaron tycker Stefanos.

– Det är ständigt spännande djupdykningar och överraskande upptäckter man gör summerar Stefanos som håller vetenskapen högt.

FA önskar lycka till oavsett vilken kunskapsresa det blir!

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Fysikcentrum i Göteborg årets arrangör av International Physicists' Tournament (IPT2017)

Den 8:e april anlände drygt 100 universitetsstudenter från 15 länder till Chalmers för att under en vecka delta i den nionde upplagan av IPT.

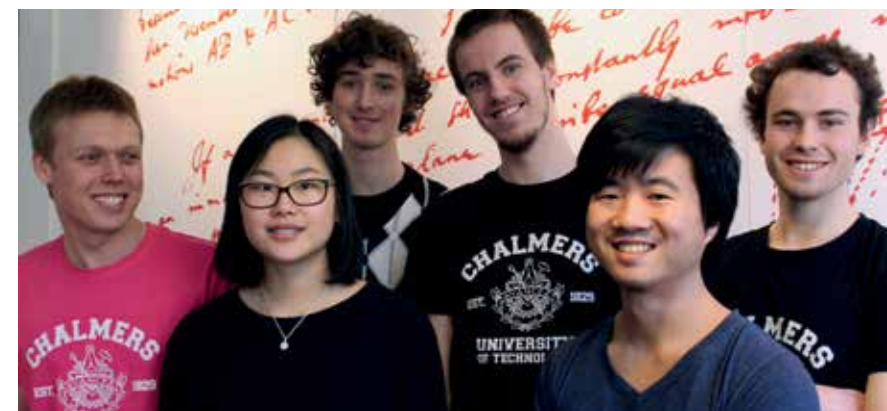
Tävlingen, som sker i lag om sex studenter upp till och med masternivå, drivs primärt av universitetsstudenter och doktorander. Efter att ha arbetat självständigt med en uppsättning av 17 problem i över 6 månader utgör IPT höjdpunkten på ett tidskrävande men lärorikt arbete för deltagarna.

Årets final mellan Ukraina, Sverige och Frankrike var den jämnaste hittills i tävlingens historia. Till sist stod studenterna från Kharkiv som segrare med 33,67 poäng, tätt följda av det lokala Chalmerslaget på 33,35 poäng och Ecole Polytechnique med 32,84 poäng. Laget från KTH, som vann den svenska tävlingen i december 2016, slutade på åttonde plats av de totalt 18 lagen.

Tävlingsformatet, som ärvts från IYPT, går ut på att angripa och hitta lösningar till 17 problem som publiceras i augusti året innan. De till synes allmogliga frågeställningarna är ofta förvånansvärt komplexa. De som är vana vid det svenska sommarvärdet kan säkerligen relatera till problem nummer 9 som handlade om att analysera droppformation och siktöversämring vid bilkörning på vått underlag. Problemen kräver därför att studenterna arbetar med dem såväl teoretiskt som experimentellt under relativt lång tid vid hemmauniversitetet. Under själva tävlingen möts sedan tre lag åt gången där de turas om att presentera, opponera och moderera. En jury betygsätter sedan lagens insatser.

Ett gott resultat kräver därför att man inte bara förstått problemen, utan att man också kan redogöra för dem på ett koncist sätt och föra en vetenskaplig diskussion.

Under veckan i Göteborg fanns det givetvis tid för annat än tävlan. Labbesök



Silvermedaljörerna från Chalmers (från vänster till höger): Henrik Gingsjö, Sanna Jarl, Martin Selin, Åke Andersson, Thana Sriviriyakul, och Carl-Joar Karlsson. Laget från KTH/SU, som kom på åttonde plats, bestod av Thomas Agrenius Gustafsson, Adam Danieli, Ebba Ahlgren Cederlöf, Jonas Nylund, Maxime Lavaud (SU) och Toomas Liiv.

på Chalmers, utflykter till RISE i Borås (fd SP), Onsala Rymdobservatorium och Universeum fanns på programmet. För många av lagen, särskilt de långväga, var veckan en upplevelse som bjöd på många nya intryck och kontakter.

Tävlingen har vuxit stadigt under de senaste åren, från 9 lag 2014 då Sverige deltog första gången, till 18 lag i år, från Nord- och Sydamerika, Asien och Europa. I flera länder anordnas dessutom relativt stora nationella uttagningar med upp till nio deltagande universitet i exempelvis Frankrike och Ryssland. Även i Sverige hölls för första gången i höstas en nationell tävling mellan KTH och Chalmers.

På det pedagogiska planet omfamnar många lärare formatet, eftersom det ger utrymme för studenterna att gå igenom hela den process som normalt förknippas med forskning, d v s från konkretisering av problemformuleringen, design och konstruktion av mätupställning, mätning, modellering och analys, till offentlig presentation och försvar. Till skillnad från traditionell fysikundervisning är problemen inte ”tillrättlagda” för att kunna lösas snabbt eller med befintlig utrustning. Snarare övas och testas de för-

mågor som krävs för att attackera verkliga problem och deltagarna bjuds möjligheten att tillämpa sina fysikkunskaper. Att de blir djupt engagerade i ”sina problem” märks under tävlingsveckan där lösningarna ofta diskuteras även efter tävlingsmomenten. Detta återspeglas också i det uppskattade minisymposiet med fria presentationer. Där får lagen presentera problem som de löst men inte fått tillfälle att redovisa under tävlingen.

Vilket land som står värd för IPT 2018 är ännu inte fastställt, och arbetet med att välja ut de 17 problemen pågår i skrivande stund. Vad som däremot står klart är att en nationell svensk tävling kommer att äga rum igen. Denna gång hoppas vi på deltagande lag från fler svenska universitet och högskolor. För vinnarlaget blir det en resa till den internationella tävlingen i april 2018.

Information om International Physicists' Tournament hittar du på <http://itpnet.info> och för 2017 års tävling, med problem och resultat, se <http://2017.itpnet.info> (eller maila: sweden@itpnet.info).

ANDREAS ISACSSON,
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



Foto: Mia Halleröd Palmgren

Alla skall ha en chans!

Jenny Jansson NO-lärare från Ludvika blev av KVA utnämnd till "Årets fysiklärare 2016". Något som vände upp och ned på vardagstillvaron och uppmärksamheten ökade. Jenny vill som förstelärare i NO sprida sina kunskaper och erfarenheter till kollegor och gärna vara en inspirationskälla. Det tydliga engagemanget gör att även mindre studieintresserade ger henne chansen att berätta mer om fysik.

Hur gör du egentligen?

– En genuin dialog med eleverna är nyckeln till att nå dem och ta dem vidare, svarar Jenny. Du måste ha koll på deras värld, lyssna och knyta an till deras erfarenheter på ett bra sätt.

Jenny använder fysikämnet som ett verktyg för att sprida glädje utöver fysik-kunskaper och få eleverna intresserade av all naturvetenskap genom att se hur allt hänger ihop. Hon lyckas genom sin undervisning göra fysiken intressant och mänsklig. Budskapet är tydligt, alla skall vara med på tåget och det skall vara roligt.

– Det bästa betyg jag kan få som lärare är när jag hör kommentarer "Shit, naturvetenskap är jävligt roligt", berättar Jenny.

– Jag vill att alla elever skall känna stolthet och glädje över sina kunskaper inom naturvetenskap. Men många som kommer till skolan har redan tappat nyfikenheten och glädjen som finns i naturvetenskapen, konstaterar Jenny. De eleverna får man jobba hårdare med för att motivera dem att lära mer.

Jenny berättar att hon själv var strulig under en period på högstadiet och

hon höll inte på att klara behörigheten till gymnasiet. Betygen var för dåliga och Jenny kom inte in direkt på gymnasiet utan fick ta ett sabbatsår.

Min berättelse ger omotiverade elever hopp, berättar Jenny.

– Det finns en bra framtid där ute, om de bara vill.

Vad var det som gjorde att du hittade tillbaka till skolan igen?

– Jag gick upp till lokaltidningen i Ludvika och frågade om de behövde någon ungdomsreporter, berättar Jenny.

– De ville gärna ha en yngre person och under den här perioden gjorde jag massor av olika ungdomsreportage, en gång i veckan för tidningen. Det var bra för mitt engagemang att läsa och lära igen. Skoltröttheten vände!

Vilka egenskaper tycker du är de avgörande för dig som lärare?

– Jag älskar att föreläsa och prata, svarar Jenny direkt. Men efter noggrannare fundering ser hon sin ambition av att alltid hålla en röd tråd för eleverna och att de kan avbryta och fråga i alla lägen utan att den röda tråden tappas, som kanske ännu viktigare.

– Jag brinner för att undervisa och går det inte på det ena sättet försöker jag på det andra sättet, konstaterar Jenny.

Hur började ditt naturvetenskapliga intresse?

– Jag var tidigt ute med min far i skog och mark. Han gillade naturen och det påverkade mig positivt, men den viktigaste påverkan hade nog Janne Svensson, min mellanstadie lärare som var mycket bra, berättar Jenny. Han fick mig att se saker i naturen.

När bestämde du dig att bli lärare i fysik?

– Åh, det var en krokig väg dit, berättar Jenny. Från början ville jag bli marinbiolog och reste till Göteborg för studier. Under den här perioden träffade jag min blivande man från Ludvika, som absolut inte ville flytta. Jag bytte inriktning i studierna och blev skogsbiolog i stället.

Väl hemma i Ludvika blev jag lä-

rarvikarie i NO. Efter ett antal år som vikarie fanns det möjlighet till en kompletterande behörighetsutbildning vid Högskolan i Dalarna. Jag var ämnesbehörig i biologi, kemi, teknik och fysik.

Hur lång utbildning var det?

– Jag gick ett par år, på en speciell ämneslärarutbildningen för redan ämnesbehöriga och verksamma, men obehöriga lärare. Utbildningen innehöll mest praktik parallellt med metodik- och pedagogutbildning.

Tycker du eleverna har förändrats under de nästan femton år du varit lärare?

– Ja, jag tycker att eleverna har en större förståelse för fysik nu än tidigare när de kommer till högstadiet, vilket gör att man kan undervisa på en högre nivå, konstaterar Jenny.

– Det har däremot blivit sämre med fokus på skolarbetet och de är ofta mer splittrade nu. I och med att många är uppkopplade mer eller mindre hela dygnet så är det sociala klimatet utanför skolan av stor betydelse för deras skolarbete.

– Jag försöker skapa naturliga kontakter mellan olika elevgrupper, även från olika länder, berättar Jenny. Vi har lärarnätverk som är otroligt värdefulla för oss lärare. Dessutom skapar vi gränsöverskridande projekt som eleverna entusiastiskt tar sig an.

– Jag försöker att ständigt utveckla

mina kunskaper inom ämnesområdet och inom metodiken. Det brukar vara lärarträffar i Holland vid ESAs huvudkontor och det bildas nätverk med olika intresseinriktningar.

– Vi är generösa med att delge varandra våra erfarenheter och det är något som jag verkligen kan rekommendera, berättar Jenny.

Har du något projekt på gång nu i skolan?

– Jag planerar tillsammans med forskare och lärare från andra länder att delta i ett projekt inom rymdfotografering, berättar Jenny. (info kommer att komma på rymdstyrelsens hemsida framöver).

Hur vill du utveckla lärarrollen?

– Jag vill att rollen skall bli bredare och finnas mer naturligt i samhället där man verkar.

Kan du ge något exempel?

– Jag har till exempel en dag i veckan på skolan en "NO Science Club", där man kan komma och diskutera naturvetenskap, kolla experiment och förhoppningsvis bli mer nyfiken.

Vilka är det som kommer till klubben?

– Det är ungefär 10-35 ungdomar mellan 7-9 år som brukar delta, berättar Jenny.

Hur ställer sig kommunen till detta?

– Vi i skolan jobbar bra ihop med kommunpolitikerna. De ger oss allt stöd vi behöver och utan förståelsen från politikerna skulle det vara ett sämre läge för många projekt som vi driver.

Dessutom satsar kommunen egna pengar på detta – det är inga projekt-pengar som tar slut utan det är en medveten långsiktig strategi av dem. Jenny berättar att hon i Ludvika kommun har möjlighet att lägga 10 procent av förstelärartjänsten på eget val. Jag har valt "NO Science Club" som en del i min tjänst.

– Jag är mycket nöjd och känner att jag når många ungdomar i tidig ålder.

Tycker du att lärarfortbildningen är tillräcklig idag?

– Nja, den kan vara bättre, tycker Jenny. Att ständigt uppdatera ämneskunskaperna kräver mycket tid och det måste skapas utrymme för det. Idag finns det mycket lite tid till att värna ämneskunskaperna. Lärare utan ämneskunskaper har svårare att stimulera och utveckla eleverna positivt, avslutar Jenny innan vi kopplar ner vårt intressanta och mycket givande skypesamtal.

Alla kommuner bör skapa förutsättningar för att underlätta för engagerade lärare att verka!

MARGARETA KESSELBERG
FYSIKAKTUELLT

Jenny Jansson, 42 år
Född och uppvuxen i Ludvika
Bor på hästgård utanför Ludvika
Familj: Man och två tonårsbarn, 14 och 16 år
Utbildning: Grön biolog, – Göteborg och Grimsö (1994-1999)
Lärarexamen: Högskolan i Dalarna (2004)
Ämnesbehörig i biologi, kemi, teknik och fysik
Fritidsintressen: Skog, allt i naturen, ridning, jakt och astronomi
Tidigare arbeten: Ungdomsjournalist
Nuvarande arbete: Lärare på Kyrkskolan som ligger i Ludvika kommun i Dalarna (1999-)



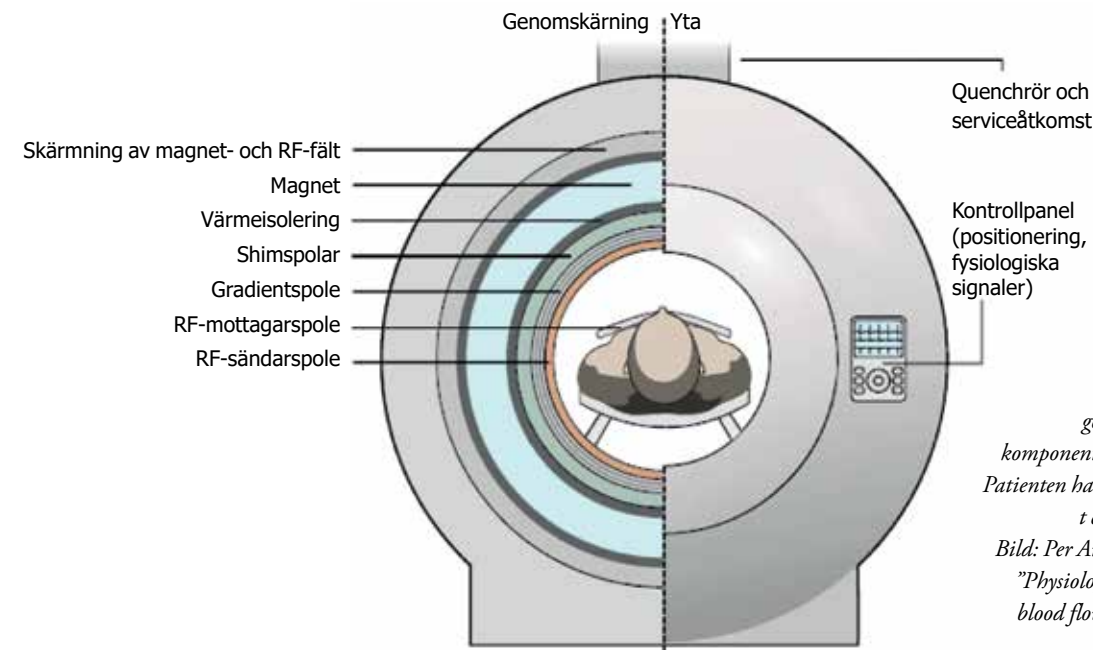
Magnetresonans (MR) – en flexibel metod att avbilda kroppens organ

De flesta sjukhus och flera privata vårdgivare har idag MR-kameror. De större sjukhusen har ett antal för olika specialiteter, till exempel radiologi, kardiologi, fysiologi och onkologi. Unikt för MR är att det går att se skillnad på de olika vävnaderna i kroppen, och genom att variera bildtagningen kan bilderna få en tydlig kontrast mellan exempelvis en hjärtmuskel och blod, grå och vit hjärnsubstans eller till och med syresatt och syrefattigt blod (läs exempel på detta i nästa artikel). I den här artikeln beskriver vi fysiken bakom en bild tagen med en MR-kamera.

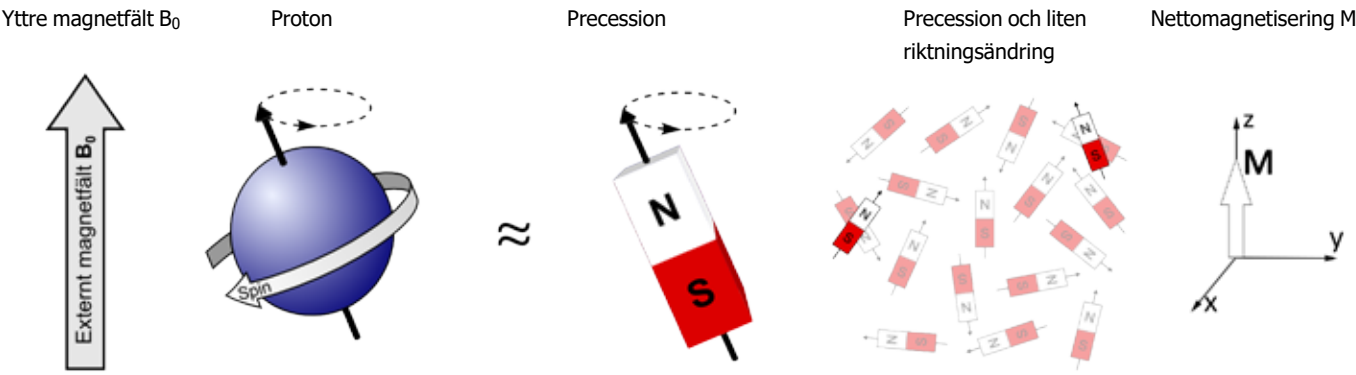
Kanske har du en knäskada, ont i ryggen eller något annat problem? Läkaren kan då remittera dig till en MR-undersökning. Före undersökningen får du byta om till sjukhuskläder, och en sjuksköterska frågar dig om du har metall inopererad i kroppen, eftersom den kan flytta sig i ett starkt magnetfält. Antagligen får du passera en metalldetektor när du går in i undersökningsrummet. Du placeras på en bänk, en antenn placeras över den kroppsdel som skall undersökas, och du

får öronproppar eller hörselkåpor innan britsen förs in i MR-kameran. Du ligger helt stilla i tunneln medan apparaten för oväsen. Undersökningen tar mellan 20 och 60 minuter, beroende på vilka medicinska frågor läkaren behöver ha besvarade. Vanligast är undersökningar av hjärnan, ryggraden och leder som knän och axlar, men antalet avancerade undersökningar av till exempel hjärta, buk, prostata och bröst ökar snabbt och därmed behoven av fler MR-kameror och

nya metoder. Utöver klinisk diagnostik som är huvuduppgiften för MR, görs det också mycket forskning omkring nya tekniker för datainsamling och bildrekonstruktion, utveckling av nya hårdvarukomponenter, och naturligtvis även klinisk forskning rörande utvärdering och validering av nya metoder. Det finns MR-system som uteslutande används för forskning, till exempel den nationella 7T-anläggningen i Lund. En stor del av forskningen utförs i nära samarbete mellan sjukhusfysiker, ingen-



Figur 1. En MR-kamera i genomskäring, med de olika komponenterna schematiskt utmärkta. Patienten har en sändarspole över torson, t ex för en hjärtundersökning. Bild: Per Arvidsson, doktorsavhandling "Physiological aspects on intracardiac blood flow", Lunds universitet 2017.



Figur 2. Protonen har en magnetiseringsvektor, men när ingen yttre magnetisering finns blir summan av alla protoners vektorer noll. När det yttre magnetfältet läggs på precesserar protonernas kring B0-fältet. Genom växelverkan med fältet byggs en liten magnetisering upp. Skillnaden i antal spinn som är med- och motriktade fältet är ca 1/10⁶. Bild: Per Arvidsson, doktorsavhandling, "Physiological aspects on intracardiac blood flow", Lunds universitet 2017.

jörer, matematiker och sjukvårdspersonal, vilket gör arbetet spännande och vägen mellan klinik och forskning kort.

Hur skapas en MR-bild?

I motsats till röntgen, där en bild skapas genom att kroppen bestrålas och mängden strålning som passerar kroppen detekteras, så kommer MR-signalen ifrån kroppens egna vävnader. Vanliga MR-bilder använder signalen från protoner i vatten. För att skapa och registrera denna signal krävs ett antal olika element i MR-kameran, schematiskt visade i figur 1. Mycket förenklat kan processen att ta en bild beskrivas såhär: Ett starkt magnetfält påverkar atomkärnor i kroppen. För att generera signal sänds en radio-frekvens-signal som ändrar orienteringen av protoner i vatten och beroende på vävnad tar det olika lång tid för dem att svänga tillbaka till jämviktsläget. För att se var i kroppen signalen kommer ifrån behövs en variation i magnetfältet. Tillsammans med matematisk bildrekonstruktion i datorer gör detta att vi kan avbilda till exempel en genomskäring i ett knä. Nedan beskrivs de olika stegen i lite mer detalj.

Magnetfält

Atomkärnor och deras beståndsdelar har en kvantfysikalisk egenskap som kallas spinn. Spinnet kan ha hel- eller halvtalsvärden, och kan vara positivt, negativt

eller noll. Spinnet påverkar materialets magnetiska egenskaper. Protoner har spinn 1/2, och förenklat kan man säga att spinnet definierar en magnetisk vektor **m** för protonen (figur 2). Utan ett yttre magnetfält har alla protonernas vektorer slumpmässiga riktningar vilket gör att summan av alla magnetvektorer i materialet, den makroskopiska magnetiseringsvektorn **M**, är noll.

Då materialet placeras i ett externt magnetfält med fältstyrkan B₀ kommer alla protonernas magnetiseringsvektorer att börja precessera runt magnetfältets riktning (figur 2). Precessionsfrekvensen bestäms av protonens gyromagnetiska



Johan skall undersökas i 7T-MR-kameran, och artikelförfattarna Mikael och Karin ser till att han ligger bekvämt.

kvot, $\gamma_{\text{proton}} = 42,6 \text{ MHz/T}$, och magnetfältets styrka:

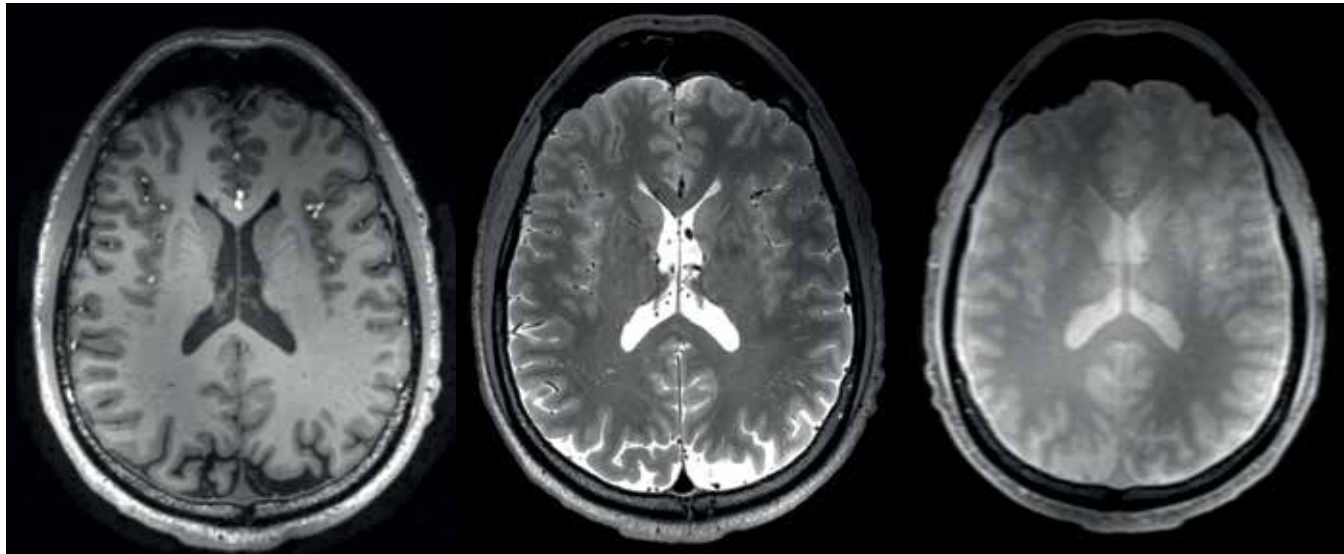
$$f_{\text{resonans}} = \gamma_{\text{proton}} \cdot B_0$$

Detta är den resonansfrekvens som R:et i namnet magnetisk resonans-teknik syftar på. Resonansfrekvensen styr, som vi ska se, många delar av MR-tekniken. För en 3T-MRI-kamera är resonansfrekvensen alltså 128 MHz.

Magnetfältet delar också protonens energinivå i två via Zeeman-effekten. Tillståndet då spinnet är parallellt med det yttre magnetfältet har lägst energi. Detta betyder inte att protonerna linjerar upp sig som magnetnålar utmed fältlinjerna som i klassisk fysik, men genom växelverkan med fältet kommer ett litet populationsöverskott att byggas upp till ett jämviktsstillstånd där $M > 0$. **M** kommer att vara riktad i samma riktning som B₀, men vara mycket mindre. **M**-vektorns storlek är ett mått på hur många vattenmolekyler som finns i föremålet som placerats i magnetfältet. Storleken på **M** påverkas också av parametrar som inte bestäms av materialet, t.ex. ökar $|M|$ linjärt med B₀ och minskar med temperaturen.

RF: sändare och mottagare

När kroppen ligger i magnetfältet har vi en fysikalisk effekt, den makroskopiska magnetiseringen **M**, som representerar



mängden vattenmolekyler i kroppen. Så länge systemet är i jämviktsläge har vi dock ingen möjlighet att mäta M . Lösningen för att kunna ta en bild är att störa systemet genom att sända en kort puls av ett svagt elektromagnetiskt fält (RF-fält, i MR-sammanhang betecknat B_1) vars frekvens är identisk med resonansfrekvensen, d.v.s. i resonans med vattenprotonerna. B_1 -fältet är ortogonalt mot B_0 , och trots att det endast är av storleksordningen μT kommer precessionen runt B_1 att resultera i att M vinklas bort från sin ursprungliga riktning, ner mot xy-planet. M kommer då att precessera runt z-axeln med resonansfrekvensen. Hur stor vinkeln mot z-axeln blir beror på RF-pulsens styrka och längd. Vi kan dela upp M i två komponenter, en statisk utmed med z (M_z) och en som roterar i xy-planet (M_{xy}), en rotation som vi kan beskriva med en fas och en amplitud. Då ett tidsvarierande magnetfält inducerar ström i en ledare kan vi detektera M_{xy} med en lokal mottagarspole som läggs på den kroppsdel som skall undersökas. M_{xy} , och därmed signalen, blir maximal om vi använder en puls som ger en vridning på 90° , så hela M roterar i xy-planet.

Gradienter

M_{xy} är den globala signalen från hela kroppen, så för att få en bild måste vi kunna se var signalen kommer ifrån. Detta görs genom att introducera kontrollerade, kortvariga linjära variationer

av B_0 , så kallade gradienter. Dessa gradienter kan appliceras i x, y eller z-riktningen, och genom att kombinera de tre gradienterna kan man lägga gradienten i valfri riktning vilket gör att bildplanens orientering är helt fritt valbar.

Om vi lägger en gradient längs x-axeln med styrka $G(x)=20 \text{ mT/m}$ så kommer resonansfrekvensen i objektet att variera från $\gamma \cdot (B_0 - 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2)$ vid -20 cm till $\gamma \cdot (B_0 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2)$ vid $+20 \text{ cm}$. Detta kan vi utnyttja till lokalisering på ett flertal olika sätt, som spelas ut sekventiellt.

Skivselektion: För att excitera en skiva i objektet lägger man på gradienten ortogonalt mot bildplanet man önskar. Sedan anpassar man gradientens styrka till den önskade tjockleken på skivan i förhållande till RF-pulsens bandbredd (det frekvensband som pulsen innehåller och därmed kan excitera).

Lokalisering i bildplanet – frekvenskodning: För att få lokalisering i den ena riktningen lägger man en gradient i denna riktning samtidigt som man läser ut signalen. Då frekvensen nu varierar i x-led på känt sätt, kan vi återskapa var signalen kommer ifrån.

Lokalisering i bildplanet – faskodning: När vi lägger på en gradient i en riktning kommer spinnen i den riktningen att precessera med olika frekvenser, och de kommer att få olika fas, på samma sätt som olika snabba löpare på en löparbana hinner olika långt på samma tid. När vi

Figur 3. Till vänster: en T_1 -viktad bild på hjärnan. I mitten: samma skiva, men nu T_2 -viktad. Till höger: samma skiva, här viktad efter antalet vattenprotoner. Bilder från den nationella 7T-anläggningen, Lund University Bioimaging Center.

slår av gradienten behåller de denna fas. För att få tillräcklig information utprepar vi denna process för flera olika värden på faskodningsgradienten. Detta är en anledning till att MR-bilder tar relativt lång tid att samla in, då varje steg tar 5-100 ms, beroende på pulssekvens.

Man kan även ersätta skivselektionen med faskodning även i denna dimension, men då ökar tiden ytterligare. En stor del av dagens forskning går ut på att snabba på bildtagningen på olika sätt.

Bildkontrast

Var kommer kontrasten i bilden ifrån? Skillnaden i vatteninnehåll i olika vävnader är inte tillräckligt stor för att ge den kontrast som behövs, och istället utnyttjar vi skillnader i magnetiska egenskaper.

När vi exciterat systemet roterar M_{xy} i xy-planet, vilket ger signalen. Dock kommer små variationer i B_0 -fältet att göra att spinnen kommer i ofas, vilket dämpar signalen. Dämpningen kan beskrivas av en exponentialfunktion med en tidskonstant. Variationerna i magnetfältet har olika källor. Dels påverkas spinnen av varandras lokala magnetfält, vilka varierar slumpartat både i rum och i tid då mole-

kylerna roterar. Tidskonstanten för denna dämpning, T_2 , är en egenskap hos materialet. T_2 beror bland annat på materialets hårdhet, vatteninnehåll, temperaturen och fältstyrkan, och i kroppen ligger den mellan under en millisekund för ben och några hundra millisekunder för cerebrospinalvätska. Överlagrat dämpningen ligger ytterligare signalförluster som beror på yttre fältförändringar, t.ex. närvaro av järn i kroppen. Denna tidskonstant betecknas T_2^* , och utnyttjas vid fMRI, en teknik för att lokalisera hjärnaktivitet som beskrivs närmare i följande artikel. Det finns pulssekvenser som inte är känsliga för T_2^* , utan bara för T_2 .

Parallellt med att M_{xy} -signalen sönderfaller sker en återuppbyggnad av jämviktssignalen M , precis som M byggdes upp då kroppen först utsattes för det externa magnetfältet. Denna tidskonstant, T_1 , är generellt längre än T_2 , ofta 0,2-1 sekunder, även här beroende på fältstyrka, temperatur och vävnadens sammansättning.

Både T_1 , T_2 , och T_2^* kan kvantifieras med speciella pulssekvenser, och skillnader i dessa kan i vissa fall detektera sjukdomar.

Även om vi inte mäter dessa relaxationstider direkt vägs de in i signalen, och vi kan påverka viktningen genom att anpassar tiden mellan RF-puls och signalutläsning och tiden vi väntar innan vi upprepar RF-pulsen.

Förutom dessa kan andra kontraster skapas genom användande av flera RF-pulser. Dessutom kan funktionell kontrast skapas genom olika kombinationer av RF-pulser och gradienter. På dessa sätt kan man koda in t.ex. hastighet, diffusion, eller susceptibilitet i signalen. I figur 3 visas exempel på olika kontraster.

Det finns många resurser på internet för att kan läsa mer om MR-fysik. Jag kan till exempel rekommendera <http://mriquestions.com>.

KARIN MARKENROTH BLOCH
PHD, FORSKARE VID
DEN NATIONELLA
7T-ANLÄGGNINGEN,
LUNDS UNIVERSITET.

Magnetfält

Hjärtat i MR-kameran är en stark magnet. Kliniska MR-system har magnetfältstyrkan 1,5 Tesla (T) eller 3,0 T, vilket kan jämföras med jordens magnetfält som är av storleksordningen $0,00005 \text{ T}$ ($50 \mu\text{T}$). För att skapa ett så starkt magnetfält används en stor spole med lindningar av supraleddande material, oftast NbTi. Diametern på spolen är ca 1 meter, och tunneln man ser i MR-kameran är mitten av spolen. Magnetfältet är riktat utmed spolens längdaxel. Man har ett tillräckligt homogent fält för MR i en sfär med diameter 40-50 cm mitt i spolen. För att korrigera för variationer som introduceras av patienten lägger man på små korrigeringar magnetfält, s.k. shimfält. För att lindningarna i spolen skall vara supraledande måste den kyla med flytande helium, och för att kyla heliumet används flytande kväve. Hela spolen är alltså innesluten i en "termos". Om något inträffar som gör att temperaturen stiger över 4 K förångas heliumet och sedan kvävet explosionsartat, en s.k. quench. Som säkerhet finns därför alltid på toppen av magneten ett rör som leder dessa gaser ut ur rummet om en quench skulle inträffa. MR-kameror har avskärmningar runt spolen, som begränsar magnetfältet i rummet. Rummet skärmas också för radiostörningar från omgivningen.

MR-Säkerhet

MR-tekniken innebär ingen radioaktiv strålning till patient eller personal. Patienten utsätts för RF-strålning som kan värma upp kroppen lokalt. Det finns begränsningar på hur mycket uppvärmning en sekvens får ge, och detta övervakas kontinuerligt. Om man har något på eller i kroppen som kan fungera som en ledare kan detta medföra risk för inducerade strömmar och brännskador. Det starka magnetfältet har i sig inte påvisats ha någon långtidseffekt, vare sig på människor eller djur. Den största säkerhetsrisken vid MR är att personen som kommer in i kamerarummet har metall inopererad i kroppen, eller att någon har metall i fickor eller på kroppen. Magnetfältet är så starkt att en penna eller nyckel i en ficka blir en projektil. På MR-avdelningen finns personal med särskilt ansvar för säkerhet, och alla personer som skall undersökas kontrolleras så de inte har metall på kroppen (smycken, piercingar, nycklar) eller inopererat (pacemakers, hörselimplantat, stentar...). Många nyare implantat är MR-säkra eller kan undersökas efter speciella åtgärder, till och med pacemakers. Detta måste alltid dock utredas innan undersökningen för att undvika fara för patienten. Implantatet kan också ge så stora bildstörningar att undersökningen blir meningslös.

Vad är det som låter?

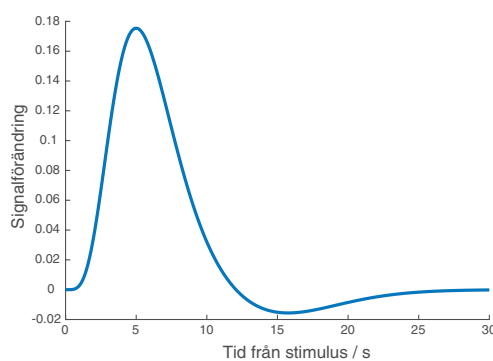
Detta är den absolut vanligaste frågan efter en MR-undersökning! Ström genom en ledare resulterar i en kraft riktad bort från den. För att generera gradientpulser måste strömmen genom gradientspolarna ändras flera tusen gånger i sekunden vilket ändrar kraftens storlek och riktning. På detta sätt kommer gradientspolarna att vibrera som högtalarmembran, vilket skapar de kraftiga ljuden. Gradientspolarna är ingjutna i epoxy för att minska vibrationer, och det finns även system där de är i vakuum. Forskare har till och med designat pulssekvenser som får gradienterna att spela musik – cellokonserter låter riktigt bra spelade på MR-kamera!

Kan man fånga en tanke? Eller i alla fall väga den?

Vad händer i hjärnan när vi tänker på olika saker? Går det att läsa tankar? Hjärnan är hela tiden aktiv när vi klurar på spännande fysikproblem, när vi lär oss nya saker, när vi funderar på vad vi ska laga till middag eller när vi räknar ut hur dags vi måste gå från kontoret för att hinna hämta på dagis. Till och med när vi sover arbetar hjärnan vidare med att sortera intryck och hålla igång kroppens funktioner. Hjärnan tar hela tiden in information från omvärlden via våra sinnen, behandlar informationen och bestämmer sig för vad som ska göras i väldigt komplicerade system. Men går det att se hur hjärnan arbetar? För att svara på dessa frågor låter vi en hungrig Johan Maurtsson, professor i atomfysik vid Lunds universitet och vice ordförande för Svenska Fysiker-samfundet, lägga sig i Sveriges starkaste magnetkamera.

Johan tjuvkikar lite på kollegor-nas lunchlådor i lunchrummet och föreställer sig smaken av spaghetti och köttfärssås, piroger och grekisk sallad. Det vattnas i munnen. Dock råkar Johan ta fel matlåda i kylskåpet och istället för den som innehåller en god entrecote från helgen tar han den som kanske en gång innehöll en bit lasagne men som nu är 10 minuter i solljus ifrån att få maskar att kravla runt bland de olika nyanserna av mögel som numera huserar där. Mungiporna vänds neråt i en min av avsmak. Vad har hänt i Johans hjärna? Vilka tankar gör att Johan blir glad och hungrig av att föreställa sig att äta något och vilka gör att han känner sig äcklad? För att testa detta visar vi bilder för en hungrig Johan på väldigt god eller väldigt äcklig mat och ber honom att föreställa sig att äta det som visas på bilden. Eftersom hjärnan hela tiden är aktiv behöver vi så lika villkor som möjligt för att titta på den skillnaden vi är intresserade av. Vår hjärna innehåller ungefär 100 miljarder hjärnceller som sitter ihop i nätverk där varje enskild cell är kopplad till mellan 100 och 10 000 andra celler. Allt för att vi människor ska kunna hålla oss vid liv genom att hjärnan styr resten av kroppen och så att

vi kan interagera med omvärlden. Men hur gör hjärnan det egentligen? Forskare som är intresserade av hur hjärnan arbetar och tänker behöver kunna mäta hjärnans aktivitet. Om vi vill göra mer än bara filosofera och mäta reaktionstider måste vi komma åt vad som händer inuti hjärnan. Då har vi två vägar att gå. Den första går ut på att mäta hjärnans elektriska aktivitet med elektroder på huvudet. Detta har fördelen att vi kan mäta snabba elektriska förändringar som har att göra med att joner flödar när hjärnceller skickar ut information. Nackdelen är att vi inte kan vara säkra på var någonstans aktiviteten



Figur 1: En modell över hur den mätbara signalen i MR-kameran förändras i ett aktivt område i hjärnan efter att ett stimulus, t.ex. en bild eller ett ljud, presenterats för en deltagare.

kommer ifrån eftersom vi bara mäter på den övre halvan av huvudet. Den andra metoden bygger på att vi istället för att mäta den elektriska aktiviteten direkt kan mäta vilka delar av hjärnan som behöver mer syre. Allt vi behöver är ett jättestarkt magnetfält, några spolar och datorer, och givetvis ett klokt utformat experiment. Allt grundar sig på en idé som är mer än 140 år gammal.

Den italienska hjärnforskaren Angelo Mosso utvecklade på 1880-talet en maskin för att mäta skillnaden mellan en vilande och en aktiv hjärna. Maskinen var en, med den tidens mått mätt, mycket känslig våg. Tanken var att om musklerna behöver mer blod när de utför arbete kanske hjärnan också behöver det? Grundtanken med Mossos våg är sund. Alla delar av kroppen behöver syre och näring för att kunna arbeta, oavsett om det är levern, musklerna eller hjärnan. När våra celler använder energi och syre måste det fyllas på med ny. Detta är särskilt sant i hjärnan som till skillnad från musklerna inte kan lagra någon energi. Färska näring/syre kommer med blodet i varje hjärtslag, men för att hushålla på resurserna är inte alla blodkärl i kroppen öppna lika mycket hela tiden.

Signalmolekyler släpps ut som svar på att cellerna har behov av mer näring och syre och får blodkärlen att utvidgas vilket ökar genomströmningen av blod. Om många blodkärl vidgas borde alltså hjärnan bli tyngre. Tyvärr kunde Mosso inte bygga en tillräckligt bra våg. Det tog ungefär 130 år innan David T Field lyckades ta idén vidare och bygga en otroligt känslig våg som skulle kunna känna av de små förändringarna i hjärnans vikt när hjärnan börja tänka intensivt jämfört med när hjärnan vilar. De lyckades se skillnader på några tusendelars Newton mellan vila och när hjärnan stimulerades av ljud och bilder. Idag använder vi oss av en annan teknik men som ändå är baserad på att mäta hur blodgenomströmningen i hjärnan ändras när vi tänker, funktionell magnetresonanstomografi (fMRI). Det är här magneten kommer in i bilden.

I vårt blod finns järn bundet i stora molekyler som transporterar syre. Sedan 1930-talet är det känt att syrerikt blod repelleras av magnetiska fält medan syrefattigt blod attraheras. I magnetresonanstomografi (MRI) mäter vi hur väteatomkärnors magnetisering återhämtar sig till ett vilotillstånd parallellt med ett starkt magnetfält efter att vi puttats på kärnorna med ett magnetiskt fält i atomkärnans resonansfrekvens. Eftersom blodet innehåller molekyler som får olika magnetiska egenskaper om de har bundit till syre eller inte blir skillnaden i signal mellan ett område med mycket syresatt blod och ett område som inte har så mycket blod eller syre i blodet stor. Signalens sönderfall till följd av den kemiska miljön, alltså de magnetiska egenskaper som andra atomer bidrar med, kallas T2*-sönderfall. Från det att Johan får se en bild på mat tar det ungefär 5 sekunder innan han har området som arbetat fyllt med syrerikt blod och ytterligare 10-15 sekunder innan området är i vila igen. Det är här de stora nackdelarna med fMRI ligger. Osäkerheten i blodflödessvaret gör att tekniken inte är så bra på att mäta när något händer men bra på att mäta var någonstans något händer. I ett vanligt fMRI-experiment kan vi ta en bild ungefär varannan sekund och vi får tillräckligt



Figur 2: Områden i Johans hjärna som är mer aktiva när han föreställer sig att äta äcklig än god mat. Områdena som aktiveras är kända för att vara aktiva när människor tittar på saker och koppla samman bilder med känslor. Dessutom aktiveras områden som har att göra med att inhibera beteende. Antagligen försöker hjärnan säga till Johan att det är en dålig idé att äta det äckliga?



Figur 3: Områden i Johans hjärna som är mer aktiva när han föreställer sig att äta god än äcklig mat. Områden i främre delen av hjärnan (upp på bilden) har mycket att göra med logiska resonemang, problemlösning och att föreställa sig saker. Aktiveringen lite längre in i hjärnan finns i områden som har med hjärnans belöningssystem att göra. Kanske får Johan en liten kick av att föreställa sig att äta den goda maten?

med information för att se hela det hemodynamiska svaret, alltså från det att blodkärlen öppnar sig, blodet flödar in och de stänger till igen. Genom att veta när vi presenterade bilder på äcklig respektive god mat och jämföra svaret vi förväntar oss från ett aktivt hjärnområde med den förändring i signal som vi mäter kan vi måla upp en karta över vilka områden som sannolikt var mer aktiva när Johan tittar på äcklig än god mat.

Kartorna över aktiva hjärnområden kan vi sedan jämföra med vad vi vet om deras funktion. På så sätt kan vi bygga vidare med mer kunskap om vilka områden i hjärnan som är aktiva när hjärnan arbetar på olika sätt och till slut få en karta över var olika sorters information bearbe-

tas i hjärnan. I figur 2 och 3 visas kartorna som visar hur väl signalen vi mäter med kameran överensstämmer med modellen över hur signalen borde förändras när Johan tittar på bilderna. Gulare innebär att det överensstämmer till högre grad.

I funktionell magnetresonanstomografi möts atomfysik, kemi, elektronik, medicin och psykologi. Det finns så otroligt många vägar in i förståelsen för hur och varför fMRI fungerar och hur resultaten ska tolkas att det knyter samman vetenskapspersoner med många olika bakgrunder som får jobba tillsammans.

MIKAEL NOVÉN
DOKTORAND I NEUROLINGVISTIK
VID LUNDS UNIVERSITET

Spektroskopi på antimateria

För många är CERN idag liktydigt med LHC (Large Hadron Collider) – prestigeprojektet där Higgs-bosonen upptäcktes, och som nu fortsätter flytta gränserna för vår kunskap om naturen. På CERN finns dock ytterligare ett antal unika anläggningar, däribland AD (Antiproton Decelerator), med dess nya tillägg ELENA (Extra Low ENergy Antiprotons). LHC:s unika egenskap är att pressa partiklarnas rörelseenergi till högre värden än någonsin tidigare. AD/ELENA går dock i motsatt riktning, här bromsas antiprotoner till så låga energier som möjligt. Experimenten vid anläggningen vill nämligen fånga in antiprotoner, blanda dem med positroner, och på så vis skapa antiväte-atomer. Inte nog med det, antivätet ska sen i sin tur fångas, för att kunna studeras t.ex. genom laser- och mikrovågsspektroskopi.

Syftet med AD är att skapa förutsättningar för hög-precisionsstudier av materie-antimaterie symmetrier. Så vitt vi vet uppför sig antimaterien precis som vanlig materia, förutom att den har motsatt laddning och magnetiskt moment. Så måste det vara enligt det s.k. CPT-teoremet, som är ett av de mest fundamentala resultaten i modern kvantfältteori. Det innebär att minsta lilla skillnad mellan vätes och antivätes spektrum skulle innebära ett brott mot denna symmetri. Det kan tyckas osannolikt att någon skillnad skulle finnas, men å andra sidan ser vi ju dagligen en tydlig asymmetri mellan materia och antimateria: Hela vår värld är

uppbyggd av den vanliga materien – inte antimateria.

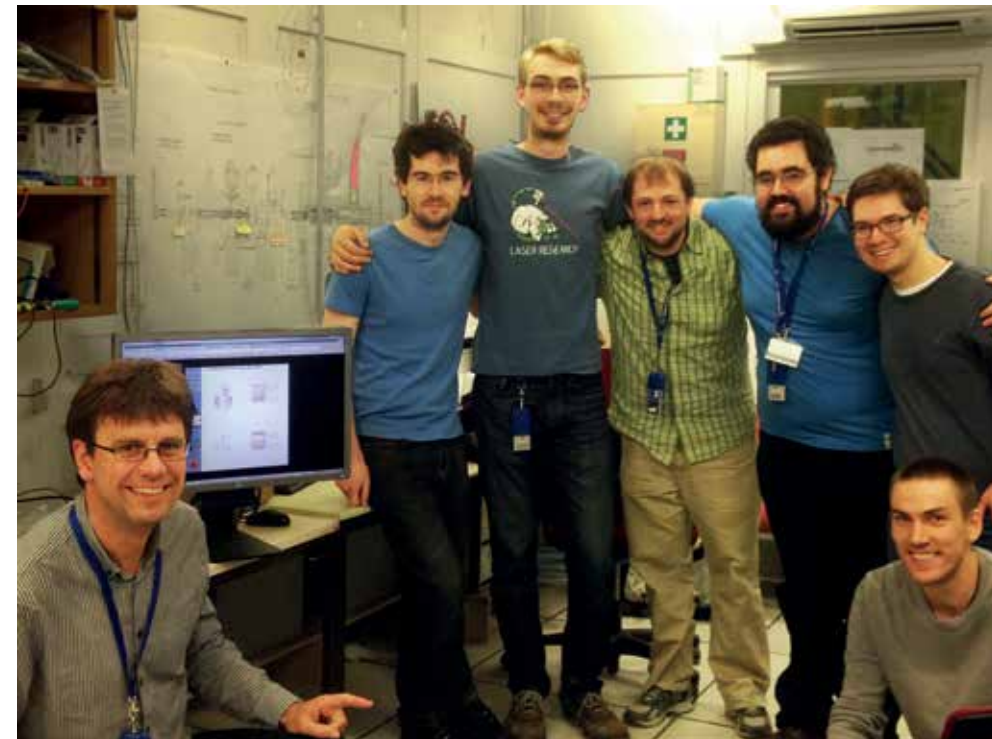
Vanligt väte kan studeras med extrem noggrannhet. Våglängden för en av dess spektrallinjer (1s-2s linjen) har uppmätts med 14 siffrors precision. En mätning av samma linje i antiväte är därför en bra kandidat för precisa jämförelser mellan materia och antimateria. Tankarna på att göra detta experiment föddes på 1990-talet, då AD planerades. Det har också varit det långsiktiga målet för ALPHA-experimentet, sedan det påbörjades 2006. Andra experiment vid AD studerar också

mikrovågsspektroskopi och hur jordens gravitation påverkar antiväte, samt olika egenskaper hos antiprotoner.

Antiprotonerna har energin 3-4 GeV ($\sim 6 \cdot 10^{-10}$ J) då de fångas upp av AD. Denna energi måste reduceras med 14 storleksordningar för att nå 0,5 Kelvin ($\sim 7 \cdot 10^{-24}$ J) – djupet på den magnetiska atomfälla som vi i ALPHA använder. Antiprotonerna levereras till oss från AD med en energi på 5,3 MeV (då vi ansluter till ELENA så kommer vi att få antiprotoner på 100 keV), resten av kylningen måste vi ordna själva. Så länge vi arbetar med laddade partiklar (antiprotoner



Många skärmar att hålla reda på i ALPHAs kontrollrum. Andrea Capra vid spakarna.



Glada miner efter ett långt nattskift. Nattens arbete kröntes med den första fångade antiväte-atomen (på datorskärmen) i den uppgraderade ALPHA-2 apparaten (2014).

och positroner) är det relativt enkelt att fånga och manipulera dem med hjälp av elektriska fält. På så vis kommer vi ner till ungefär 1 eV, men sen tar det stopp eftersom de elektriska fälten från de laddade molnen är av storleksordningen Volt. Fortfarande återstår 5 storleksordningar. Denna svårighet illustreras av den tid, 8 år, det tog från 2002 då de första antiväteatomerna i eV-området skapades av ALPHAs föregångare ATHENA till 2010 då ALPHA lyckades fånga ett fåtal antiväte i atomfällan. Antalet var dock mycket litet, över en serie försök något 100-tal, men i snitt bara ungefär en vartannat försök.

Efter ytterligare flera års arbete med att förfina tekniker och apparater, har vi nu nått upp till i snitt 14 antiväte per försökscykel, eller drygt 2 antiatomer per minut. Alltså en stor förbättring, men fortfarande inte särskilt mycket. Antimaterien annihileras dessutom så fort den kommer i kontakt med vanlig materia. (I en känd äventyrsbok fantiserar Dan Brown om en explosion från 0,25 g antimateria. Notera att med vår takt skulle det ta 10^{17} år, eller 10000000 gånger universums ålder att framställa så många antiatomer.) Ändå har vi lyckats göra flera

olika mätningar på antiväte, men ännu i somras återstod laserspektroskopi – vårt huvudmål.

Hur är det då möjligt att göra spektroskopi med bara något 10-tal antiatomer åt gången? Med vanliga atomer skulle det inte gå. Tricket bygger på just den egenskap som gör antiatomer svåra att framställa – att den förstörs i kontakt med materia. Tack vare den skur av partiklar som skapas då antiprotonerna annihileras i våra detektorer kan vi detektera enskilda antiatomer med kring 50% effektivitet. Vi konstruerar därför experimenten på ett sånt sätt att signalen är om vi har antiatomer kvar i fällan eller inte.

Proceduren är att låta lasern lysa på antiatomerna efter att de har fångats i atomfällan. Om då våglängden matchar spektrallinjen kommer fotoner att fångas upp av antiatomerna, och en del av dem kommer då att sparkas ut ur fällan. Då vi efter en viss tid stänger av fällan räknar vi hur många antiatomer som finns kvar. Sen jämför vi mellan olika våglängder eller då laserljuset är blockerat. Signalen är alltså att *färre* antiatomer finns kvar i fällan då lasern hade "rätt" våglängd.

Allt detta är gått och väl i teorin. Praktiken är en annan historia. Experi-

mentet består av en rad olika, var för sig komplexa, delar: positron ackumulator, antiprotonfälla, olika kylningssteg, blandning av partiklarna, magnetfält för att fånga antiatomer, detektorer, och inte minst det senaste tillägget: ett lasersystem som måste bygga upp tillräckligt med ljus för att driva övergången. Det räcker inte att delarna fungerar var för sig, allt måste fungera tillsammans i ett trångt utrymme, och dessutom *samtidigt*.

Det blev därför en spännande höst, med en kamp mot almanackan för att hinna samla tillräckligt med data innan AD stängde för sitt vinteruppehåll i början av december. Veckorna före jul kunde vi dock konstatera att våra data tydligt visade att vi exciterat 1S-2S övergången i antiväte. Till sist har vi alltså uppnått det som varit den största milstolpen i 20 års tid. Men mycket finns ännu kvar att göra. Närmast ska linjeprofilen mätas upp, så vi kan få mer exakta jämförelser med väte.

SVANTE JONSELL
STOCKHOLMS UNIVERSITET

En strålande spis?

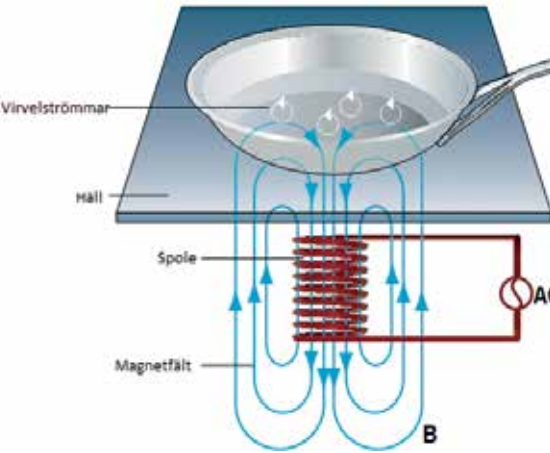
Induktionshäll

Michael Faraday upptäckte runt 1830 att ett varierande magnetfält i närheten av en metalltråd gav upphov till en ström, s.k. elektrisk induktion. Denna har gett oss stor tillgång på elektricitet, utan vilken vårt moderna samhälle skulle se helt anorlunda ut: en tillvaro med levande eler gasljus, eller batterier, som dessutom skulle vara svåra att ladda upp.

När ett elektriskt ledande material, till exempel en metall, utsätts för varierande magnetiska fält uppkommer så kallade virvelströmmar. Léon Foucault lär runt 1855 ha insett att dessa inducerade strömmar orsakade en värmeutveckling.

Metoden används exempelvis i smältugnar på gjuterier, i handhållna induktionsvärmare för att lossa fastrostade skruvar, och på senare år i induktionshällar.

Figur 1: Spole med växlande magnetfält, vilket inducerar virvelströmmar i stekpannans botten. Teckningen nedladdad från Dux College, Parramatta, Australien.



I en sådan häll skapar en växelström genom en spole, placerad under hällen, ett varierande vertikalt magnetfält (figur 1). Magnetfältet inducerar virvelströmmar i kokkärlens botten, vilka i sin tur skapar värme.

Möjligheter och svårigheter

För att energiöverföringen ska bli effektiv ska metallen i kärlet ha hög resistivitet. Den är låg för kokkärl av aluminium ($2,65 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$) eller koppar ($1,67 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$), medan den är hög för kärl av järn ($9,7 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$), gjutjärn ($100 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$) och vissa rostfria stål. För de senare omvandlas därmed lite ström till mycket värme.

Induktionshällar arbetar med frekvenser på några 10-tal kHz. Emellertid skulle material som koppar eller aluminium kräva ännu högre frekvenser för att deras låga resistivitet ska ge tillräcklig värme.

Även spolen blir varm när den värms upp av strömmen i kopparledningen (jouleeffekt), och vid höga frekvenser tenderar strömmen dessutom att röra sig nära ytan (skinneffekt) och därmed minskar den effektiva tvärsnittsarean. Genom att använda koppartråd med många små, från varandra isolerade kardeler (Litztråd), kan uppvärmningen vid höga frekvenser minskas. Vid alltför höga frekvensen blir spolen dock för varm, vilket kräver fläktar och stora kylflänsar. Induktionshällar kan då inte göras tillräckligt kompakta. Nyligen kom emellertid Panasonic med en häll som har frekvensen 120 kHz och som därmed klarar icke-magnetiska metallkärl.



Figur 2: Under hällen finns spolen, en fläkt, kylfläns samt elektronik. De två vita kablarna leder strömmen till spolen.

Koppar- och aluminiumkärl kan visserligen användas om de placeras på en induktionsplatta av rostfritt stål, vilken då fungerar som en konventionell värmeplatta. Även om plattan och kokkärlens botten är plana, finns alltid små luftfickor emellan, vilket försämrar värmeöverföringen. Plattan måste därför vara mycket varm, vilket riskerar förstöra hällens elektronik. Korta tider eller låg effekt rekommenderas.

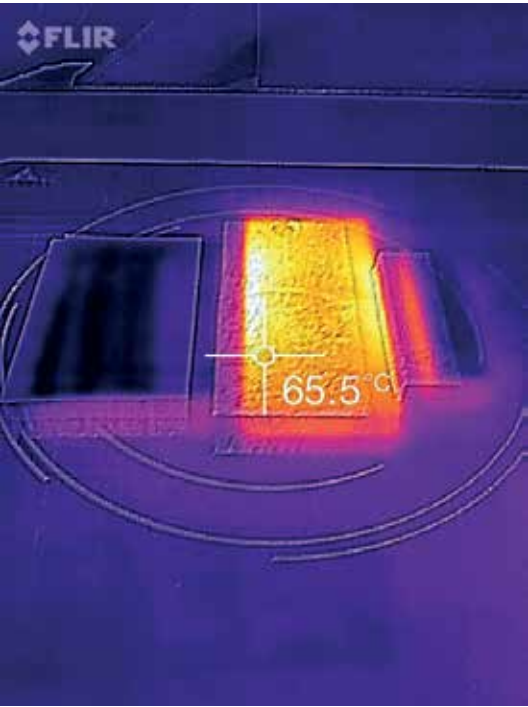
Istället integreras plattan i botten av kokkärlen. Eftersom plattan är (ferro) magnetisk, värms den också upp på grund av den magnetiska hysteresen. I sådana material samverkar atomernas magnetiska moment inom små områden (weisska domäner, tusendels millimeter stora) och när dessa ommagnetiseras av det växlande fältet från spolen alstras värme. Hysteresen ökar proportionellt mot frekvensen, medan virvelströmmarna ökar som kvadraten på frekvensen.

Genom att välja lagom hög frekvens utnyttjas hysteresen och energiåtgången blir lägre än annars.



Figur 3, vänster: Al-plåt och Ni-plåt på hällen. Ni uppvärmdes mycket mer än Al. Plåtarna låg först intill varandra, men Ni-plåten repellerades och flyttade sig uppåt på fotot.

Figur 4, höger: Med hjälp av en värmekamera jämfördes 10 mm tjocka bitar av från vänster aluminium, järn och nickel. I vanligt ljus syntes ingen skillnad, men värmekameran visar på skillnaderna.



Man måste också ta hänsyn till skinn-effekten. Vid frekvenser upp mot 20 kHz bildas värme djupt in i kärlet, men för högre frekvenser hamnar virvelströmmarna allt närmare ytan.

Ämne	Resistivitet ($10^{-8} \Omega\text{m}$)
Al	2,65
Cu	1,67
Fe	9,7
Ni	6,84
Stål	16

Verkligheten

För att kunna testa några olika material köpte jag en enkel induktionshäll. Frekvensen uppmätte jag till 26 kHz vid effekten 500 W och 21 kHz vid 2 500 W och fläkten brusade mer vid högre effekter. En 1 mm järnplåt blev snabbt varm, medan hällen slog av med en 0,7 mm aluminiumplåt. Hällen har tydligen en sensor som känner av hur mycket ferro-magnetisk metall som finns ovanpå.

För att testa det placerade jag en 0,3 mm Ni-plåt på hällen, då nickel är ferro-magnetiskt. Plåten blev varm, men stöttes bort av det motriktade magnetfältet från virvelströmmarna (Lenz lag) och den var dessutom såpass lätt att den gled åt sidan.

Jag kunde inte motstå frestelsen att prova med Al-folie och mycket riktigt både lyfter den och far iväg innan hällen hinner slå ifrån. Slutligen lade jag Al-plåten bredvid Ni-plåten (figur 3). Då slog inte hällen av, och som väntat uppvärmdes nickel mycket mer än aluminium. Aluminium har hälften så hög resistivitet som nickel, som dessutom värms upp av hysteresen.

För att kunna se skillnad på järn, nickel och aluminium placerade jag tre cirka 10 mm tjocka bitar på hällen (figur 4). Järnet uppvärmdes snabbt och i viss mån nickel. Järn har bara cirka 50 procent högre resistivitet och det tyder på att hysteresen spelar större roll i järnet, dvs. att hystereskurvan för nickel har mindre area än för järn. För att inte skada hällen, avbröt jag innan temperaturen stigit alltför mycket.

Bra att veta

Induktionshällar är mer energieffektiva än konventionella spisar. Verkningsgraden för en induktionshäll är cirka 85 procent, för en glaskeramikhäll cirka 75 procent och för en gasspis cirka 40 procent enligt US DOE (Department of Energy).

Induktionsmatlagning ger mindre spillvärme i köket, vilket är en fördel i

storkök och under varma dagar.

Uppvärmningen går fort, men värmen försvinner också så fort kokkärlen tas bort. Efter längre tid värms dock hällen upp av själva kokkärl, men risken att bränna sig är klart mindre. Barns naturliga nyfikenhet får därför mindre konsekvenser.

Hällar är också lättare att rengöra, eftersom hällen själv inte blir särskilt het. Genom att lägga ett papper på hällen, slipper man eventuellt spill och stänk från stekpannor. Nackdelen är förstås att kokzonerna inte syns.

Enligt Strålskyddsinstitutet ligger de magnetiska fälten från alla de testade hällarna under referensvärdena både för nätfrekvensen 50 Hz och för driftsfrekvenserna 20 – 48 kHz, även för kortare avstånd än standardavståndet 30 cm. Testet gjordes 2003. Råd och rön gjorde ett test 2012 och fann också att fälten var svaga.

Råd och rön fann också att en häll sprack vid torrkokningstestet och tydligen reagerade temperatursensorn för sent.

MAX KESSELBERG
FYSIKUM
STOCKHOLMS UNIVERSITET



Till vänster: Alla finalister och VIP-tjejer samlade utanför fysikhuset i Göteborg för årets Fysikvecka. Foto: Christian Karlsson.

lan, Strängnäs), Ebba Blomdahl (Södra Latins gymnasium. Stockholm), Stella Carlsson (Celsiusskolan, Uppsala), Malin Fuhrman (Elof Lindälvs gymnasium, Kungsbäcka), Hanna Huhta (Europaskolan, Strängnäs) och Johanna Lidholm (Polhemskolan, Lund) var mycket nöjda med veckan och rejält sugna på att komma tillbaka som finalister nästa år!

Experimentell deltävling

Under fysikveckan körs också en delfinal med tre experimentella uppgifter. I år gällde det att kunna bestämma strömstyrkan i en ledare med en kompass som enda mätutrustning, att bestämma resistansen hos ett blyertsstreck, och att förutsäga hur många varv ett rep behöver lindas runt en trädgren för att en vuxen människa ska kunna svinga sig i det.

De poäng som finalisterna fick med sig från denna deltävling lades sedan samman med poängen de fick i den nordisk-baltiska olympiaden, och summan bestämde placeringen i Wallenbergs fysikpris. Årets totalsegrare blev David Wärn från Danderyds gymnasium.

Fem vidare till fysikolympiaden i Yogyakarta

Årets internationella fysikolympiad, IPhO, hålls i Yogyakarta på Java i Indonesien i juli. Det svenska laget kommer att bestå av Lucas Unnerfelt, Adam Warnerbring, Lukas Finnveden, David Hambræus och Axel Lokrantz. Men det finns fler olympiaddeltagare bland årets finalister i Wallenbergs fysikpris: David Wärn, Björn Magnusson och Arvid Lunnemark åker till matematikolympiaden i Rio de Janeiro, och Hannes Nilsson åker till biologiolympiaden i Coventry. Vi håller tummarna för dem allesammans!

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON
FYSIKERSAMFUNDET



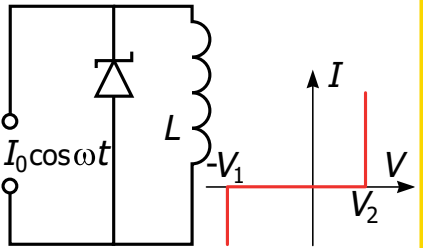
På fotot syns en drake som ligger under vatten. NBPhO-deltagarna fick i uppgift att ta reda på hur mycket man kan vinkla kameran uppåt respektive nedåt, och ändå se en spegelbild av draken i vattenytan.

Till höger: En av två experimentella uppgifter under 15th Nordic-Baltic Physics Olympiad (NBPhO) i maj i år. Björn Magnusson från Katedralskolan i Lund undersöker hur stor virtuell massa ett klot får när det rör sig i vatten.



Uppgift från NBPhO: Zenerdiod

En zenerdiod har anslutits till en växelströmskälla så som visas i figuren. Strömmen är sinusformad med $I = I_0 \cos \omega t$ med konstant amplitud. Spolens induktans L är sådan att $\omega L I_0 > V_1, V_2$, där V_1 och V_2 är genombrotts-spänningar (zenerspänningar) ($V_2 > V_1$). Zenerdiodes ström-spänningkaraktäristik visas i figuren. Antag att det gått mycket lång tid sedan att strömkällan kopplades in.



Bestäm medelvärdet $\langle I \rangle$ för strömmen genom spolen, och bestäm amplituden för strömförändringen ΔI genom spolen.

Resultatlista, Wallenbergs fysikpris 2017

1 David Wärn	Danderyds gymnasium Danderyd
2 Lucas Unnerfelt	Hvitfeldtska gymnasiet Göteborg
3 Adam Warnerbring	S:t Petri skola Malmö
4 Björn Magnusson	Katedralskolan Lund
5 Arvid Lunnemark	Malmö Borgarskola Malmö
6 Lukas Finnveden	Södra Latins gymnasium Stockholm
7 David Hambræus	Lugnetgymnasiet Falun
8 Axel Lokrantz	Polhemskolan Lund
9 Arvid Steen	Polhemskolan Lund
10 Oliver Lindström	Minervaskolan Umeå
11 Ola Carlsson	Gymnasieskolan Spyken Lund
11 Edvin Jakobsson	Minervaskolan Umeå
11 Gustav Lidberg	Lugnetgymnasiet Falun
11 Arvid Linder	Nyköpings Enskilda Gymnasium Nyköping
11 Hannes Nilsson	Gymnasieskolan Spyken Lund
11 Axel Svenningsson	Katedralskolan Lund
11 Johan Zanichelli	S:t Petri skola Malmö

Åtta medaljer till Wallenbergs-finalisterna i Tallinn

För andra året i rad har den nordisk-baltiska fysikolympiaden i Tallinn fungerat som finaltävling för finalisterna i Wallenbergs fysikpris. Resultatet är mycket glädjande, åtta av 24 medaljer gick till svenskar, och för David Wärn (Danderyds gymnasium), Lucas Unnerfelt (Hvitfeldtska gymnasiet i Göteborg) och Adam Warnerbring (S:t Petri skola i Malmö) blev det silvermedalj, och plats 6, 8 respektive 9.

Årets fysikolympiad i Tallinn bjöd på tio mycket krävande uppgifter fördelade på två tävlingsdagar, åtta teoretiska och två experimentella. Det gällde bland annat att kunna analysera en kometbana som korsar jordbanan, att förstå hur en metallslina rör sig när ett yttre magnetfält minskar i styrka, och att experimentellt kunna bestämma hur stor massa en kropp släpar med sig när den rör sig i vatten. Johan Runeson, en av de svenska ledarna under olympiaden, bidrog med en uppgift där de tävlande skulle bestämma hur lufttrycket varierar i en roterande rymdstation. Några av uppgifterna presenteras närmare på nästa sida.

Olympiaden samlade 64 deltagare, ungefär lika många från vardera Estland, Finland, Lettland och Sverige. Som helhet var olympiaden mycket lyckad och välorganiserad, och pricken över i:et sattes när de svenska deltagarna sprang hem de fyra första platserna i den orienteringstävling med ”matteuttryckskontroller”

som arrangerades. Allra snabbast över mållinjen var Arvid Linder från Nyköpings enskilda gymnasium.

Träningsvecka i Göteborg

En av nycklarna till de goda svenska resultaten är den ”Fysikvecka” som arrangeras för finalisterna av Fysikcentrum i Göteborg. Där bjuds deltagarna på en intensivkurs i fysik med bl a föreläsningar om mekanik, elektromagnetism, vågrörelselära, termodynamik och ellära, och de får också träna på experimentell problemlösning och göra studiebesök, bland annat på Råö.

För tredje året i rad inbjöds sex av de flickor från årskurs två som deltog i kvalificeringstävlingen att vara med på fysikveckan, ”VIP-tjejeerna”. Förhoppningen är att vi på detta sätt kan få fler flickor att delta i tävlingen, och på sikt också få fler flickor att välja att studera fysik efter gymnasiet. Årets VIP-tjejer, Moa Bergman (Europasko-

Svenska fysikersamfundet på företagsbesök!

I syfte att skapa bättre kontakter med fysiker inom industrin har Fysikersamfundets styrelse tillsatt en arbetsgrupp som ska arbeta med frågan. En del av gruppens verksamhet har bestått i att göra företagsbesök, och premiärbesöken har gjorts i Göteborgsområdet där Biolin Scientific och Volvo Group Trucks Technology, Advanced Technology & Research tagit emot oss.

Varje besök inleddes med att vi kort berättade om samfundet med en särskild betoning på fysik i näringsliv och samhälle, behovet av stöd till vår ungdomsverksamhet och behovet av att vi ska få en bättre balans i samfundets verksamhet mellan fysik inom akademien, skolan, näringslivet och samhället i övrigt. Aletta Csapo, som deltagit i både Fysikolympiaden och i Lise Meitner-dagarna, var med på presentationerna och framhöll särskilt samfundets aktiviteter för ungdomar, och de satsningar som då görs för att nå tjejer. Till Lise Meitner-dagarna, där aktuell fysik tas upp, inbjuds två gymnasister per skola, en kille och en tjej, och här hade det varit välkommet att få till en långsiktig finansiering. 8 000 kr täcker deltagande för två elever, gärna från en gymnasieskola på orten där företaget finns. Motsvarande dagar för kemi, Berzelius-dagarna, finansieras genom att kemiföretag går in och sponsrar deltagaravgiften.

Deborah Rupert från Biolin Scientific tyckte tjejsatsningen var spännande:

– Jag tror på att dela erfarenheter mellan flickor intresserade av fysik och kvinnor med karriärer inom fysikområden, både inom akademien och inom industrin. Det kan vara en bra resurs för att stödja den framtida generationen av vetenskapliga ledare.

Volvo Group Trucks Technology, Advanced Technology & Research utvecklar teknik för framtidens transportlösningar. Avdelningen, som har sina lokaler i Jo-



Tord Eriksson på Biolin Scientific visar företagets verksamhet som är inriktad mot avancerade instrument och sensorer. På bordet bakom mellan Tord Eriksson och Aletta Csapo ligger små piezoelektriska element som utgör sensorernas hjärta. Interferensen som uppstår när ljus bryts i speciella tunnfilmsbeläggningar gör att elementen glänser vackert regnbågsfärgade. Samtidigt kan varje sensor detektera en massaförändring på några delar av en miljard när resonansfrekvensen skiftas. Tillämpningsområdena är många!



Ylva Olofsson och Samuel Holt vid Volvo Group Trucks Technology, Advanced Technology & Research, Chalmers Teknikpark på Campus Johanneberg i Göteborg, visar Aletta Csapo provningslabbet där man testat en alldeles ny elmotor.

hanneberg Science Park, fokuserar på teknik för förbränningsmotorer och elektrifierad framdrivning för främst lastbilar och bussar. I labbet finns möjligheter att testa och utvärdera nya koncept för förbränningsmotorer, avgasrening, batterier och elektriska drivsystem med mera. Under studiebesöket visade Djordje Purkovic ett exempel på vad man gör just nu, hur en en-cylindrig dieselmotor används för att utvärdera en ny design av en "vågad" motorkolv, som kanske kan spara några procent av bränsleförbrukning samt minska utsläppen av sot.

När Ylva Olofsson förevisade kontrollrummet till fordonsbatterilabbet, där man testat egenskaper och prestanda hos litiumjonbatterier, visade det sig att testutrustningarna försetts med bilder av kända fysiker som Ångström och Maxwell!

Företagen har goda erfarenheter av att erbjuda examensarbeten och samarbeta med doktorander, och tycker att dessa verksamheter ger bra förutsättningar för rekrytering av fysiker. Kan man uppnå mer genom att även komma i kontakt med fysikintresserade ungdomar? Mentorsprogram och fler studiebesök på företag av gymnasie- och högstadieskolor skulle i så fall kunna vara en väg att gå.

Under besöken diskuterades också vad det är för kompetenser hos fysiker som är attraktiva för företagen. God problemlösningsförmåga, vana vid experimenterande, teoretiska kunskaper och att behärska "pragmatisk statistik" var det som framhölls. En annan fråga som diskuterades var hur man kan skala upp dessa besök till något större och uthålligt för fysiker i näringsliv och samhälle.

Stort tack till Aletta Csapo och företagen för er medverkan, vi ser fram emot att kunna samverka med er även framöver!

LESLIE PENDRILL,
LEDAMOT I SVENSKA
FYSIKERSAMFUNDET
STYRELSE OCH MEDLEM
I ARBETSGRUPPEN FÖR
INDUSTRIKONTAKTER

Självpuppblåsande ballong

Kamifusen är en mer än hundra år gammal japansk leksak i form av en ballong. Den är uppbyggd av ett halvgenomsiktigt specialpapper och har ett litet hål, se bild 1. När man spelar med bollen hålls den automatiskt uppblåst, vilket är förvånande. När man slår på ballongen strömmar luft ut ur hålet för att sedan dras in i ballongen igen, så att den utvidgas. På bild 2 har jag med en mycket enkel modell illustrerat vad som händer. Diagrammet visar kvalitativt hur trycket varierar med tiden inne i ballongen. Tryckskillnaden relativt atmosfärstrycket p_0 och varaktigheten t är omvänt proportionella mot varandra:

$$(p_h - p_0)t_h = (p_0 - p_l)t_l$$

Produkten av trycket p och varaktigheten t är ett mått på den energi som transporteras. Det två rektanglarna på bild 2 har således samma yta. Den mängd luft som transporteras genom hålet beror på flödets fart och varaktighet. Bernoullis princip säger att farten är proportionell mot kvadratroten ur tryckdifferensen. Förhållandet mellan farterna vid högt och lågt tryck är därför inte så stort som förhållandet mellan tryckskillnaderna. Jag har i modellen antagit att $t_l = 4t_h$. Därför har det utgående flödet dubbla farten, men varar endast $1/4$ så länge, jämfört med det ingående flödet. Mängden luft M som strömmar in i ballongen blir då större än mängden som strömmar ut:

$$M_{in} = v_{in} t_{in} = (v_{ut}/2)(4 t_{ut}) = 2 v_{ut} t_{ut} = 2 M_{ut}$$

och kamifusen expanderar. Effekten är liten vid varje slag men ackumuleras vid upprepade slag så att bollen alltid håller sig uppblåst. Du kan köpa en kamifusen på nätet eller använda en lämplig papperspåse som du hittar hemma i köket.

Jag tackar prof. Stellan Östlund, Fysik, Göteborgs universitet, som tipsade mig om en nyutkommen artikel om kamifusen: Phys. Today **70**,1, 78 (2017).

PER-OLOF NILSSON
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



Bild 1

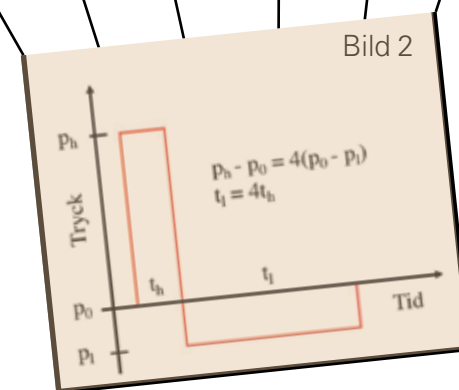


Bild 2

Framtidens Laborativa Läromedel

Utbilda
morgondagens
ingenjörer och
forskare med ...



FLIR | The World's Sixth Sense™

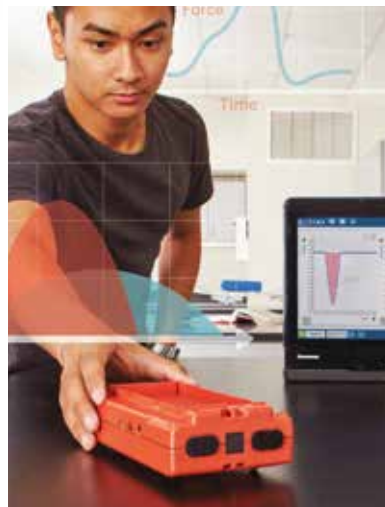


PASCO

www.gamdata.net



... Framtidens
Laborativa
Läromedel



Gamdata Education
exklusiv representant för
Frederiksen Scientific



Corporate Headquarters
Sweden
+46 18 56 68 00
Gamdata Instrument AB
Box 2034
750 02 UPPSALA

www.gamdata.se
info@gamdata.se

Sweden
+46 18 56 68 00
Finland
+358 40 773 1100
Norway
+47 330 96 330

Webshop
www.gamdata.net

