



# LUND UNIVERSITY

## Med ballong till rymden

Pendrill, Ann-Marie

*Published in:*  
Fysikaktuellt

2012

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Pendrill, A.-M. (2012). Med ballong till rymden. *Fysikaktuellt*, 22-22.  
[http://www.fysikersamfundet.se/Fysikaktuellt/2012\\_2.pdf](http://www.fysikersamfundet.se/Fysikaktuellt/2012_2.pdf)

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

# f Fysikaktuellt

NR 2 • MAJ 2012



## Kriminalfysik

sidan 18–22

ISSN 0283-9148

**Venuspassage  
– en historisk  
händelse**

sidan 10–11

**Rymdmolekyler  
undersöks i  
jonkrocker**

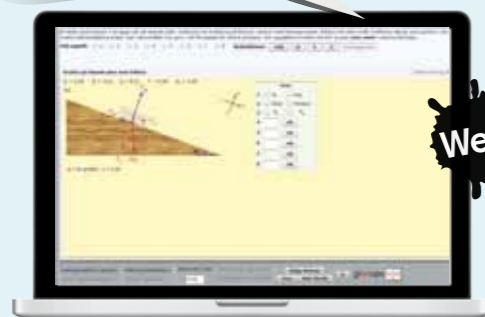
sidan 14–15

**Infrastruktur  
– en hungrig  
gökunge?**

sidan 17

FYSIK GY

Fysikläromedel skapas i vårt Lab! Var med och påverka på [gleerups.se/lab](http://gleerups.se/lab)



Kommer som interaktiv bok

## Kul fysik med tydlig vardagskoppling

**Impuls Fysik** erbjuder ett rikt material genom en kursbok fullspäckad med uppgifter, en generös lärarwebb och en elevwebb som låter eleverna arbeta självständigt.

Impuls Fysik passar dig som:

- ✓ Söker ett nyskrivet material, 100% utformat efter Gy 2011.
- ✓ Vill ha ett inspirerande läromedel som kopplar fysiken till vardagen.
- ✓ Önskar variera undervisningen med många olika slags uppgifter, både i bok och på webb.
- ✓ Vill ha en generös lärarwebb för att planera och nivåanpassa undervisningen.

### Vill du veta mer, kontakta:

Per-Olof Bergmark, läromedelsutvecklare, 040-20 98 07  
per-olof.bergmark@gleerups.se

Gleerups kundservice 040-20 98 10  
info@gleerups.se [www.gleerups.se](http://www.gleerups.se)

**gleerups**  
– i samarbete med dig

## Innehåll

### 4 SAMFUNDSINFORMATION

Information om Svenska Fysikersamfundet.

### 5 FYSIKNYHETER

Majorana-fermioner, blandningsvinklar för neutriner, nya radioteleskop med mera.

### 7 WALLENBERGS FYSIKPRIS

Resultat från finalen.

### 10 VENUSPASSAGE

Dan Kiselman skriver om den historiskt viktiga och mytomspunna venuspassagen.

### 12 LOFAR

Enkla antenner blir ett högteknologiskt teleskop med hjälp av mjukvara.

### 14 AVHANDLINGEN

Henrik Johansson har undersökt interstellära molekyler genom att krocka dem med atomära joner.

### 16 NYBLIVEN DOKTOR

Henrik Johansson berättar om sig själv och sin doktorandtid.

### 16 SEKTIONEN

Presentation av undervisningssektionen.

### 17 INFRASTRUKTUR

Kan satsningarna på forskningsanläggningarna bli dyrköpta?

### 18 KRIMINALFYSIK

Svepelektronmikroskopi och kärnspinnresonans i polisens tjänst. Dessutom hemliga meddelanden.

### 22 BALLONGHOPP

Ballonghopp från rymden inbjuder till fysikdiskussioner.

### 24 TANKEEXPERIMENT

Den gäckande eterns gåta.

### 26 FYSIKERPORTRÄTT

Cecilia Björström Svanström utvecklar förpackningsmaterial.

### 27 FYSIKALISK LEKSAK

Hur kan porslin stå kvar på bordet när man snabbt rycker undan duken?

## Parallella världar

**KNASIGHETER ELLER INTE**, men parallella världar spekulerar vi om i fysiken. Inom kosmologi finns det tankar om multiversa, att vårt egna universum inte skulle vara det enda. Istället är det som en bubbla bland andra bubblor i en tom rymd – som en liten droppe i ett moln av droppar från en sprayflaska. De fysikaliska lagarna kan vara som vi känner dem i vår egen bubbla eller så har de anpassat sig till något helt annat i de olika bubblorna.

Om vi istället går till en atomär nivå råder kvantmekaniken med dess besvärliga mätproblem och mystiska "kollaps av vågfunktionen". Ett radikalt förslag är att det vid mätfallet inte sker en kollaps till ett enda egentillstånd – i stället skulle övriga tillstånd överleva och förverkligas i olika parallella världar genom ständig förgrening ("branching or split universe"). Intressanta spekulationer med liten bäring på experimentell verklighet, så nog av det! Bättre och ruskigare exempel finns faktiskt nära inpå oss. Det handlar inte om skilda universa utan skilda universitetsvärldar.

Vid universitet och högskolor finns två huvuduppgifter, undervisning och forskning. Inte var för sig men i samklang, så att undervisningen har en solid forskningsanknytning och att en samlad utveckling säkras. Riksrevisionsverket (RIR) har nyligen kommit med rapporten "Att styra självständiga universitet" (2012:4; 2012-02-24) som är mycket kritisk på en rad punkter. Tankarna i rapporten är kanske inte nya, många av oss har nog funderat efter samma banor, men RIR uttrycker dem med gott underlag och auktoritet.

I korthet konstaterar RIR att "undervisning och forskning styrs i parallella system med olika logiker. Sammantaget innebär det att det finns tendenser i dagens högskola till ett ökat avstånd mellan de två huvuduppgifterna snarare än ett väl fungerande samspel". Detta skulle bland annat bero på att kopplingen mellan undervisning och forskning inte premieras. Meritering och forskningsfinansiering drivs av krafter som, enligt rapporten, leder till att viss personal nästan uteslutande



undervisar medan andra nästan uteslutande forskar. Detta urholkar naturligtvis grundutbildningen, särskilt inom områden som har en dynamisk utveckling där nytt snabbt blir gammalt. SvD uppmärksammar RIR i en ledare "Svenska lärosäten styrs på fel sätt (2012-4-19).

Vilka är då drivkrafterna? Säkert många men attityder och konkurrens är säkert viktiga. I övervägande fall söker man sig till universitet och högskola för att man i första hand vill vara forskare. Forskning får därmed hög status, men är idag oerhört beroende av externa anslag och konkurrensen om dessa är hård, särskilt inom ett ämne som fysik. Att klara externa medel för den forskning man vill bygga upp är en svår kamp och risken för elak utslagning är stor. Bilden med den bysantinska stegen till framgång och upphöjelse passar bra här, problemet är inte nytt. I detta läge får undervisning mindre plats – all kraft måste man satsa på publicering och citeringar. "Publish or perish" heter det. Att både vara en engagerad undervisare och forskare blir lätt övermäktigt i detta system. Och så här skall det ju inte vara – det är inte universitet i världsklass!

*Karl-Fredrik Berggren*

**KARL-FREDRIK BERGGREN**  
ORDFÖRANDE I SV. FYSIKERSAMFUNDET

# Svenska Fysikersamfundet

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

Ordförande: Karl-Fredrik Berggren,  
Linköpings universitet  
kber@ifm.liu.se

Skattmästare: Lage Hedin, Uppsala universitet  
lage.hedin@fysik.uu.se

Sekreterare: Raimund Feifel, Uppsala universitet  
raimund.feifel@fysik.uu.se

Adress: Svenska Fysikersamfundet  
Institutionen för fysik och astronomi  
Uppsala universitet  
Box 516  
751 20 Uppsala

Postgiro: 2683-1

E-post: kansliet@fysikersamfundet.se

Webb: www.fysikersamfundet.se

## Medlemskap

Svenska Fysikersamfundet har för närvarande cirka 900 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner.

Årsavgiften är f.n. 400 kr för ordinarie medlemmar, 250 kr för pensionärer och doktorander upp till 30 år, respektive 50 kr för grundutbildningsstudenter i fysik.

Stödjande medlemskap, vilket ger kraftigt rabatterat pris på annonser i Fysikaktuellt, kostar 4000 kr per år.

Läs mer och ansök om medlemskap på  
www.fysikersamfundet.se.

## Sektioner

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

## Kosmos

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

## Fysikaktuellt

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

**Omslagsbilden:** Illustration av Mats Minnhagen

**Tryck:** Trydells, Laholm 2012

## Aktuellt

- På morgonen 6 juni passerar planeten Venus framför solskivan. Läs mer på sidorna 11–12 i det här numret av Fysikaktuellt.
- The Thirteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Gravitation, and Relativistic Field Theory: 1–7 juli i Stockholm. [www.icra.it/mg/mg13/](http://www.icra.it/mg/mg13/)
- Odysseus – en europeisk tävling för skolelever (14–18 år). Det är en lagtävling där ett lag på upp till fem elever samt en lärare gör ett projekt som har att göra med rymden och astronomi. Tävligen är öppen från 1 juli 2012 till 15 januari 2013. [www.odysseus-contest.eu](http://www.odysseus-contest.eu)
- 39th European Physical Society Conference on Plasma Physics: 2–6 juli i Stockholm. [epsicpp2012.spp.ee.kth.se](http://epsicpp2012.spp.ee.kth.se)
- Europhoton Conference "Solid State, Fibre, and Waveguide Coherent Light Sources". 26–31 augusti i Stockholm, [www.europhoton.org](http://www.europhoton.org)
- Konferensen Dynamic Days Europe går av stapeln 2–7 september i Göteborg. [www.dynamics-days-europe-2012.org](http://www.dynamics-days-europe-2012.org)
- Fysikdagarna 2012 äger rum i Uppsala i och kring Ångströmlaboratoriet 1–3 oktober. Temat är "Fysiken och människan". [www.fysikersamfundet.se/fysikdagarna.html](http://www.fysikersamfundet.se/fysikdagarna.html)
- Svenska Fysikersamfundet håller årsmöte 2 oktober klockan 17:00 i Uppsala. [www.fysikersamfundet.se](http://www.fysikersamfundet.se)
- Första upplagan av "Astronomins dag och natt" går av stapeln 13 oktober. Då vill Svenska astronomiska sällskapet göra astronomi och universum tillgängligt för folk i hela Sverige. [astronominsdag.se](http://astronominsdag.se)
- Nästa upplaga av Nordiska fysikdagarna kommer att hållas 12–14 juni 2013 i Lund. Arrangemanget är ett samarbete mellan fysikinstitutionerna i Lund och de nordiska fysikersamfundena. [www.fysik.lu.se/npd2013](http://www.fysik.lu.se/npd2013)

## Stödjande medlemmar

■ ALEGA Skolmateriel AB  
[www.alega.se](http://www.alega.se)

■ Gamdata Instrument AB  
[www.gamdata.net](http://www.gamdata.net)

■ Gleerups Utbildning AB  
[www.gleerups.se](http://www.gleerups.se)

■ Myfab  
[www.myfab.se](http://www.myfab.se)

■ Laser 2000  
[www.laser2000.se](http://www.laser2000.se)

■ VWR International AB  
[www.vwr.com](http://www.vwr.com)

## Stödjande institutioner

■ Chalmers tekniska högskola,  
Institutionen för fundamental fysik

■ Chalmers tekniska högskola,  
Institutionen för teknisk fysik

■ Göteborgs universitet,  
Institutionen för fysik

■ Högskolan i Halmstad, IDE-sektionen

■ Karlstads universitet,  
Avdeleningen för fysik och elektroteknik

■ Kungliga tekniska högskolan,  
Institutionen för fysik

■ Kungliga tekniska högskolan,  
Institutionen för teoretisk fysik

■ Linköpings universitet, Institutionen för  
fysik, kemi och biologi (IFM)

■ Linköpings universitet, Institutionen för  
naturvetenskap och teknik (ITN)

■ Lunds universitet, Fysiska institutionen

■ Mittuniversitetet, Institutionen för  
naturvetenskap, teknik och matematik

■ Stockholms universitet, Fysikum

■ Uppsala universitet, Institutionen för fysik  
och astronomi

## Tvillingteleskop ska mäta jordens rörelser

**Onsala rymdobservatorium har fått närmare 30 miljoner kronor för att bygga två nya radioteleskop som ska mäta jordens rörelser.**



Bild: Onsala rymdobservatorium/Väst kustflyg, antenner: NASA/GSFC/Zubritsky  
Ett bildmontage av hur tvillingteleskopet kan komma att se ut på plats vid Onsala rymdobservatorium.

TVÅ NYA radioteleskop, 12 meter i diameter, ska byggas vid Onsala rymdobservatorium, strax söder om Göteborg. Finansieringen – 29,7 miljoner kronor – kommer från Knut

och Alice Wallenbergs stiftelse. Teleskopen ska ingå i ett världsomspännande nätverk av liknande teleskop. Genom att göra mätningar på galaxer miljardtals ljusår bort kan teleskopen bestämma sina lägen på jorden – och i rymden – ytterst noggrant. Precisionen blir tio gånger bättre än vad som idag är möjligt. Tekniken kallas för geodetisk långbasinterferometri.

Genom att studera hur teleskopens positioner förändrar sig går det att dra slutsatser om jordens rörelser. Mätningarna ska användas av forskare som studerar samspelet mellan jordens inre, jordskorpan, atmosfären, havet och klimatet.

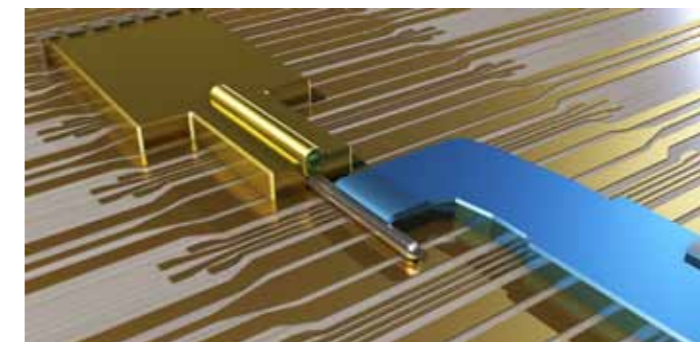
## Spår av Majorana-fermioner i nanoledningar

**Holländska fysiker kan ha hittat Majorana-fermioner – partiklar som är sina egna antipartiklar.**

I SLUTET AV 1930-talet insåg den italienske fysikern Ettore Majorana att kvantfysiken pekade på existensen av en ny typ av partiklar – fermioner som är sina egna antipartiklar. Fermioner är en grupp elementarpartiklar som innefattar bland annat elektroner och protoner.

Inom elementarpartikelfysiken har ingen någonsin hittat några Majorana-fermioner, men de teoretiska fysiker har föreslagit att de kan förekomma i fasta material.

Dessutom kan de vara nyckeln till fungerande kvantdatorer. När två Majorana-fermioner flyttas i förhållande till varandra kommer de nämligen ihåg sin tidigare position. Och den egenskapen skulle kunna



Med en nanoledning täckt av en guldkontakt och delvis täckt av en supraleddande niob-kontakt påvisade de holländska fysikerna Majorana-fermioner.

användas för att koda data på kvantnivå.

För att försöka hitta Majorana-fermioner har fysiker vid det tekniska universitetet i holländska Delft specialdesignat en transistor med en nanoledning kopplad till både en vanlig och en supraledande elektrod. I närvaro av ett magnetfält borde, enligt teorin, Majorana-fermioner uppstå i apparaten och en ström skulle gå att mäta i den supraledande elektroden.

Det var precis vad de holländska fysikerna kunde uppmäta. Så fort de tog bort någon av de enligt teorin nödvändiga ingredienserna för Majorana-fermioner så försvann signalen. Därför drar de slutsatsen att det faktiskt fanns Majorana-fermioner i den specialdesignade transistorn.

Originalartikel: V. Mourik m.fl., Science (2012), DOI: 10.1126/science.1222360



Foto: privat

Fredrik Höök har tilldelats årets Göran Gustafssonpris i fysik.

## Biofysiker får stort fysikpris

**FREDRIK HÖÖK**, professor i biofysik vid Chalmers har i år tilldelats Göran Gustafssonpriset i fysik för sin forskning om cellmembranet på atomnivå. Motiveringen lyder: "för en mycket framgångsrik forskning inom området biofysik. Framförallt gäller det utvecklandet av bioanalytiska experimentella metoder. Målet är att öka förståelsen för hur biomolekylära växelverkningsorganiserar aktiviteterna i levande celler".

Göran Gustafsson-prisen är de största nationella priserna för naturvetenskapliga forskare. Fredrik Höök får nu 4,5 miljoner kronor till nya forskningsprojekt, fördelat på tre år, och ett personligt pris på 250 000 kronor.

## Rättelse

I ARTIKELN OM den fysikhistoriska utställningen i Lund smög sig ett par felaktiga namn in. Det var ingen annan än Lennart Minnhagen som gav bibliotekarien Kristina Holmin idén till utställningen, och hennes morfar hette Bengt Edlén.

# Jakten på den tredje blandningsvinkeln

**Under sin färd genom rumtiden kan de svårfångade neutriner byta skepnad. Nu har forskare vid Daya Bay-experimentet i Kina lyckats bestämma den eftertraktade sista blandningsvinkeln för detta fenomen, kallat neutrino-oscillationer.**

**NEUTRINER ÄR UNIVERSUMS** näst vanligaste partiklar efter fotonerna. De är så svårfångade att det är mycket svårt att skaffa kunskap om dem. Fram till juni 1998 trodde man att neutriner var masslösa, men resultat från mätningar av

## FAKTA OM NEUTRINER

- Neutrino är en elementarpartikel som tillhör familjen leptoner, där även elektronen ingår.
- Neutriner finns i tre olika sorter, så kallade smaker: elektronneutrino, myonneutrino och tauneutrino.
- Neutriner saknar elektrisk laddning och har mycket små massor, vilket gör dem svåra att detektera. De växelverkar endast via den svaga växelverkan.
- Neutriner produceras till exempel i jorden, i atmosfären, i solen, i supernovor och i reaktioner vid accelerators och reaktorer.

atmosfäriska neutriner i Super-Kamiokande-experimentet i Japan visade att de med största sannolikhet är massiva och blandade, vilket betyder att varje neutrinosmak (se faktaruta) är en specifik blandning av tre så kallade masstillstånd. Upptäckten var en av de första att ge belegg för fysik bortom standardmodellen.

Att neutriner är massiva och blandade innebär i sin tur att oscillationer mellan de olika neutrinosmakerna kan förekomma. Fenomenet påminner om svävningarna mellan två närliggande toner inom musiken, men är ett genuint kvantmekaniskt interferensfenomen. I praktiken betyder det att neutriner oscillerar mellan de tre smaktillstånden när de färdas genom rumtiden.

Matematiskt kan man uttrycka det så att de tre smaktillstånden är blandningar av de tre masstillstånden, där varje smaktillstånd är uppbyggt av delar av alla masstillstånd. Denna blandning av neutriner kan generellt parametreras av bland annat tre stycken så kallade blandningsvinklar:  $\theta_{12}$ ,  $\theta_{13}$  och  $\theta_{23}$ . De är mått på den relativa förekomsten av masstillstånden i de olika smaktillstånden. Historiskt kallades  $\theta_{12}$ ,  $\theta_{13}$  och  $\theta_{23}$  solblandningsvinkeln, reaktorblandningsvinkeln och den atmosfäriska blandningsvinkeln, men dessa namn är något missvisande,

som vi kommer att se nedan.

Med hjälp av resultatet från Super-Kamiokande-experimentet, men senare också mätningar på acceleratoneutriner, kan man bestämma ett nästan säkert värde på blandningsvinkeln  $\theta_{23} = 45^\circ$ . Det betyder att masstillstånd 2 och 3 är maximalt blandade. Vidare kan man använda data från sol- och reaktorneutriner för att bestämma ett ganska säkert värde på blandningsvinkeln  $\theta_{12} \approx 34^\circ$  som säger att den är stor, men inte maximal som fallet är för  $\theta_{23}$ . Fram tills alldeles nyligen har det bara funnits en övre gräns på cirka nio grader för den tredje blandningsvinkeln  $\theta_{13}$ . Gränsen var ett resultat från CHOOZ-experimentet i Frankrike i slutet av 1990-talet.

Ett nollskilt värde på  $\theta_{13}$  skulle öppna dörren för att i framtiden kunna göra mätningar som ger information om den existerande materie-antimateriesymmetri i universum. Det har sporrat partikelfysikerna att försöka fastställa värdet på denna blandningsvinkel. I jakten på  $\theta_{13}$  har man bland annat utfört globala anpassningar till alla tillgängliga neutrino-data för att indirekt kunna bestämma blandningsvinklarna. Naturligtvis har man också studerat olika teoretiska modeller, som förutsäger värdena på blandningsvinklarna.

**JAKTEN PÅ  $\theta_{13}$**  har främst tagits upp av tre neutrinoexperiment: Double Chooz-experimentet i Frankrike, Daya Bay-experimentet i Kina och RENO-experimentet i Sydkorea. Alla tre är reaktorneutrinoexperiment, där man undersöker antielektronneutriner från kärnkraftverk för att direkt bestämma värdet på  $\theta_{13}$ . Speciellt består Daya Bay-experimentet av sex reaktorer och sex antineutrindetektorer placerade på avstånd om 0,5–1,5 kilometer ifrån reaktorerna.

Det bör dock noteras att två experiment, T2K-experimentet i Japan och MINOS-experimentet i USA, under början av 2011 kom med resultat som pekade på att hypotesen att  $\theta_{13}$  är lika med noll inte är sann. I november 2011 kom äntligen Double Chooz-experimentet med sitt första resultat: värdet på den tredje blandningsvinkeln är troligtvis strax under nio grader. Dock var osäkerheten stor – det gick inte att utesluta att resultatet var en statistisk fluktuation. I mars 2012 presenterade Daya Bay-experimentet så sitt första resultat i en artikel. Med god statistisk säkerhet kunde de konstatera att  $\sin^2(2\theta_{13}) = 0,092 \pm 0,017$ , vilket ger  $\theta_{13} \approx 8,8^\circ$ . Daya Bay-experimentet har således vunnit jakten på den tredje blandningsvinkeln!

En månad efter Daya Bay-experimentet kom också RENO-experimentet med sitt första resultat,  $\theta_{13} \approx 9,4^\circ$ , som är något större än värdet från Daya Bay-experimentet. Det finns nu tre oberoende resultat från de tre experimenten Daya Bay, Double Chooz och RENO, som alla tyder på att värdet på den tredje blandningsvinkeln är runt nio grader.

Sammanfattningsvis kan man säga att mätningen av  $\theta_{23}$  vid Super-Kamiokande-experimentet ledde till en av de första indikationerna på fysik bortom standardmodellen, mätningen av  $\theta_{12}$  till den första precisionsmätningen inom neutrinfysiken och jakten på värdet på den tredje och sista blandningsvinkeln  $\theta_{13}$  till inledningen av slutet på mätningarna av blandningsvinklarna för neutriner, men början på fortsättningen av mätningarna av neutrinerens resterande blandningsparametrar.

TOMMY OHLSSON, KTH

## Sveriges bästa fysikelev – en naturintresserad smålänning

**Finalen i Wallenbergs fysikpris är nu avgjord. Efter två tävlingsdagar i Umeå stod det klart att Johan Runeson från Växjö Katedralskola tog hem segern.**



**PÅ FRITIDEN GILLAR** han bäst att vara ute i naturen med kompisarna i fältbiologerna. I skolan är de andra naturämnena – kemi, fysik och matematik – favoritämnen. Faktum är att Johan Runeson, som går sista året på naturvetenskapsprogrammet på Växjö Katedralskola, är lika intresserad av alla tre ämnena. I höstas gick han till final i mattetävlingen och strax ska han vara med i kemiolympiadens svenska final.

Däremellan har det varit Sverigefinal i Wallenbergs fysikpris. Efter två dagar med både laborativa och teoretiska tävlingsuppgifter stod Johan Runeson klar som segrare.

– Det var roligt. Jag hade inte förväntat mig det, jag var glad bara över att komma till finalen, säger han.

Speciellt tyckte han att de laborativa uppgifterna var kul. Till exempel skulle man bestämma hur mycket av lägesenergin som gick förlorad i form av värme när en kula rullade nerför en ramp. De tävlande blev placerade i varsitt rum med en stor byggställning där de kunde experimentera med att släppa kulan från olika höjder.

– Labbarna var väldigt speciella. Det hjälpte inte att bara kunna teorin utan man fick vara lite klurig också.

## RESULTATLISTA

1. **Johan Runeson**, Katedralskolan, Växjö
  2. **Mårten Wiman**, Danderyds Gymnasium, Danderyd
  3. **Carl Smed**, Forsmarks skola, Östhammar
  4. **Johan Lindqvist**, Uddevalla gymnasieskola, Uddevalla
  5. **Simon Johansson**, Uddevalla gymnasieskola, Uddevalla
  6. **Freddy Abrahamsson**, Uddevalla gymnasieskola
  7. **Oscar Blomkvist**, Värmdö gymnasium, Värmdö
- Viktor Djurberg**, Katedralskolan, Linköping  
**Henrik Gingsjö**, Aranäsgymnasiet, Kungsbacka  
**Måns Magnusson**, Katedralskolan, Lund  
**Andreas Sundström**, Hvitfeldtska gymnasiet, Göteborg

I sommar ska Johan Runeson representera Sverige vid den internationella fysikolympiaden i Tartu i Estland tillsammans med fyra av de andra finalisterna i Wallenbergs fysikpris. Deras mål är att slå Norge. För att lyckas har de redan nu börjat förbereda sig genom en korrespondenskurs. Sedan blir det både ett experimentellt och ett teoretiskt träningsläger innan avfärden till olympiaden i Estland.

– Jag antar att tävlingen kommer att vara svår, men det ska det vara, säger Johan Runeson. Han ser också fram emot att lära känna fysiker från hela världen och att få åka på utflykter i Estland – ett land som han inte besökt tidigare.

I höst blir det sedan vidare studier i form av teknisk fysik i Lund.

– Jag vill helst plugga hela livet, säger Johan Runeson som har siktet inställt på att bli forskare vid ett universitet.

INGELA ROOS

Till fysikolympiaden i Estland i juli åker Johan Runeson, Carl Smed, Simon Johansson, Viktor Djurberg och Andreas Sundström tillsammans med lagledarna Max Kesselberg och Bo Söderberg.

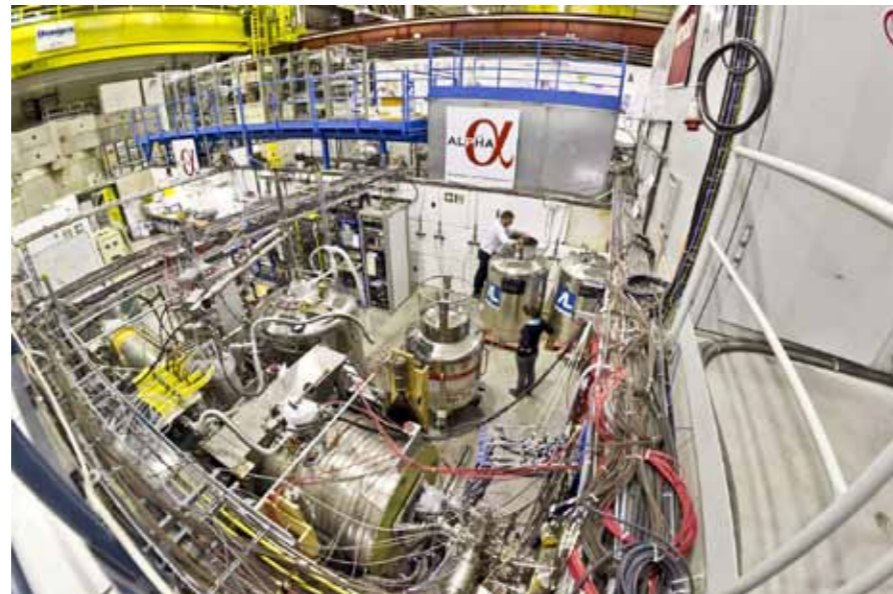
# Spektroskopi på antiatomer

Efter många års arbete lyckades ALPHA-experimentet nyligen göra den första mätningen på det inre av en antiatom. Hittills ser den ut som vanligt väte.

**SPEKTROSKOPI HAR LÄNGE** varit ett av fysikens viktigaste verktyg för att förstå materiens egenskaper. Tidigare i år lyckades vi i ALPHA-samarbetet på CERN göra en första studie av spektroskopi på antimateria. Syftet med att studera antiatomer är att söka efter någon liten asymmetri mellan materia och antimateria. Att atomer och antiatomer ska ha precis samma energinivåer, och därför precis samma spektra, är en konsekvens av det så kallade CPT-teoremet. Detta teorem innebär att naturen är symmetrisk under en kombination av tre operationer: partikel-antipartikel utbyte, paritet (spegling i 3 dimensioner) och tidsinversion. Nu kan möjligheten till brott mot CPT-teoremet te sig ganska exotiskt eftersom det är just ett teorem som kan härledas från ganska grundläggande antaganden som Lorentzinvarians och lokalitet. Men å andra sidan finns det fortfarande mycket vi inte förstår, till exempel varför vårt universum är helt materiedominerat, och i grunden är fysik en empirisk vetenskap där den slutgiltiga domen faller av experiment.

Antiväte, den första rutan i det antiperiodiska systemet, består av antipartikel-versionerna av de partiklar som ingår i vanligt väte, det vill säga en antiproton som kärna och en antielektron, mer känd som positron, som cirklar runt om den. Positroner kan vi ganska lätt få från radioaktiva sönderfall, som källa använder vi natrium-22. Positronerna fångas upp och lagras som ett laddat plasma med en temperatur på några tiotals kelvin i en så kallad Penningfälla, ett arrangemang av elektriska och magnetiska fält (se figur).

Antiprotoner är värre – det är därför



Vy över ALPHA-experimentet på CERN.

Foto: CERN

experimenten utförs på CERN. Till skillnad från det mesta som görs på CERN handlar det här om att bromsa partiklarna tillräckligt mycket. Antiprotonerna skapas först då protoner med en energi kring 25 GeV krockar med ett fixt mål. De skapade antiprotonerna med lägst energi, under 4 GeV, fångas upp av en ring kallad Antiproton Decelerator (AD). Här bromsas de ytterligare ner till 5,3 MeV, innan de levereras till de olika experimenten.

Detta är dock fortfarande för mycket energi för ALPHA. Nästa steg är enkelt och pålitligt, men ineffektivt: antiprotonerna får passera genom en tunn folie, vilket bromsar några av antiprotonerna till under 5 keV. Detta är lågt nog för att de ska kunna fångas av elektriska fält i ALPHAs fälla, men till priset av att 99,9 procent av antiprotonerna förloras.

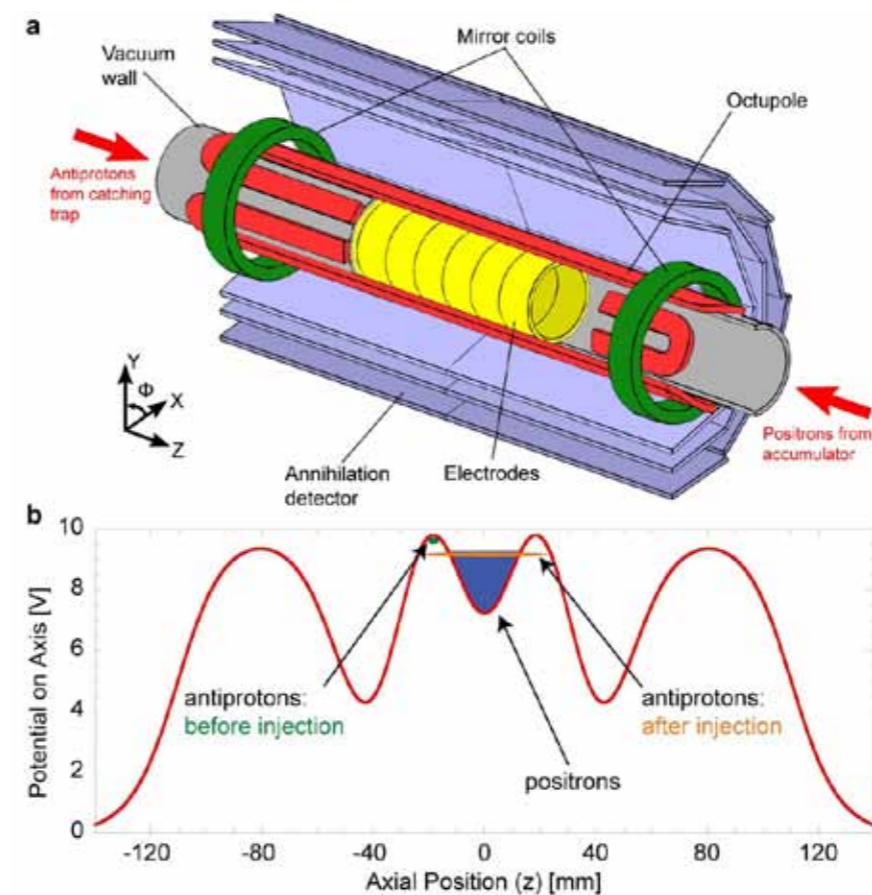
I ALPHAs fälla kyls antiprotonerna ytterligare, först genom växelverkan med kalla elektroner, och sen genom förångningskylning. Till slut har vi nått temperaturer så låga som 9 kelvin, ungefär 13 storleksordningar under ursprungsenergin.

Under alla dessa steg förloras den stora majoriteten av antiprotonerna. För

att förbättra situationen har CERN beslutat att bygga ett till steg mellan AD och experimenten. Denna lilla ring, som kallas ELENA, kommer att kunna bromsa antiprotonerna ytterligare, ner till 100 keV, innan de levereras till experimenten. På så vis kommer experimenten få omkring tio till hundra gånger fler antiprotoner att arbeta med, tillsammans med andra förbättringar. ELENA ska börja byggas 2013, och beräknas vara klart till 2016, till glädje för alla experiment vid världens enda ring som kan leverera anti protoner med låg energi.

Just nu finns det fyra experiment på CERN som arbetar med antiväte. Dessa är förutom ALPHA också ATRAP som fokuserar på laserspektroskopi med metoder som liknar ALPHA, ASACUSA som vill skapa en lågenergi-stråle av antiväte för att undersöka dess hyperfstruktur och AEGIS som också vill skapa en stråle av antiväte, men med syftet att undersöka hur antiväte faller i jordens gravitationsfält.

Det senare är något som faktiskt inte har kunnat kontrolleras i experiment, även om allmänna relativitetsteorin säger att gravitationen verkar likadant obe-



roende av vad en massa består av. Man skulle kunna tänka sig att testa gravitationen med antiprotoner istället, men eftersom dessa är elektriskt laddade så har det visat sig vara svårt eftersom gravitationen döljs bakom effekter från omgivande elektriska fält. Ytterligare ett experiment, GBAR, också med syfte att studera antimaterians gravitation befinner sig i startgroparna.

**DE ALLRA FÖRSTA** atomerna av antiväte skapades 1995, men resulterade i bara ett fåtal antiväte-atomer som färdades med nära ljusets hastighet och därför var omöjliga att göra några experiment på. År 2002 lyckades ATHENA experimentet (en föregångare till ALPHA) producera tusentals antiväte-atomer under mer kontrollerade förhållanden. Även i detta experiment var dock energierna för höga för att göra spektroskopi, och dessutom var antiatomerna i högt exciterade tillstånd, inte i grundtillståndet som man helst vill studera.

Vad som krävs är att antiatomerna

kan hållas kvar länge nog för att de först ska hinna nå sitt grundtillstånd och att man sen ska ha tid nog för att göra experiment på dem. Tricket är att skapa en fälla som utnyttjar antiatomernas magnetiska egenskaper för att fånga dem i en magnetisk "grop". Magnetiska krafter är dock svaga, för att antiatomerna inte ska ramla ut ur fällan måste de ha en rörelseenergi som är mindre än 0,5 kelvin. Att skapa dem så kalla är inte lätt, de laddade partiklarna som antiatomerna skapas av ser elektriska potentialer med flera volts storlek, vilket ger dem många gånger högre rörelseenergi.

**DE TOG FLERA** år att utveckla metoder för att kyla och försiktigt manipulera antiprotoner och positroner på ett sånt sätt att det antiväte som skapas var tillräckligt kallt för att fångas. I november 2010 kunde ALPHA rapportera att vi lyckats. Men av de tusentals antiatomer vi skapar är det fortfarande bara några få som fångas, faktiskt i snitt mindre än en per försök, och vid tiden bara 38 stycken to-

Övre bilden: En skiss av ALPHAs inre. Apparaten består av (utifrån och in) tre lager av detektorer för att rekonstruera var en antiproton har annihilrats, spolar som ger ett inhomogent magnetfält som kan fånga antiatomer och cylindriska elektroder som håller fast de laddade partiklarna längs fällans axel.

Nedre bilden: den elektriska potential som skapas av elektroderna. Positronplasmata lagras i mitten. Antiprotoner (negativt laddade) lagras vid maxima hos potentialen, och måste sen försiktigt puttas in till positronerna genom att manipulera de elektriska fälten.

Bild: CERN

talt. Det kan synas svårt att göra något med så få. Lite ljusare såg det ut när vi ett halvår senare konstaterade att även om de var få så kunde vi hålla kvar dem riktigt länge, åtminstone tusen sekunder. Det är många gånger längre tid än vad som krävs för att antiatomerna ska nå sitt grundtillstånd, och dessutom lång tid att experimentera på dem.

Nu har vi så gjort ett enkelt experiment där vi för första gången kan undersöka antiatomers inre struktur. Vi använder mikrovågor för att få antiatomerna att hoppa från ett tillstånd som fångas i magnetfällan till ett tillstånd som inte hålls kvar (genom att ändra spinnriktningen). För att lyckas måste mikrovågorna ha en energi som exakt matchar övergången.

Vi konstaterar att om mikrovågorna har just den energi som stämmer med vanligt väte så blir inga antiatomer kvar i fällan. Om vi däremot förskjuter energin något, eller inte sänder in några mikrovågor alls, blir antiatomerna kvar i fällan tills vi stänger av den. Det vi tittar efter är alltså annihilation av enstaka antiatomer efter att fällan varit på en viss tid. Det kan vi göra även med väldigt få antiatomer.

Ännu så länge håller CPT-teoremet alltså, och inget annat vore att vänta med den grova precision som vi hittills haft. Nu bygger ALPHA på en helt ny apparat som ska öka möjligheten att fånga många antiväte-atomer och dessutom ha ingångar för att göra laserspektroskopi. *Stay tuned!*

SVANTE JONSELL  
STOCKHOLMS UNIVERSITET

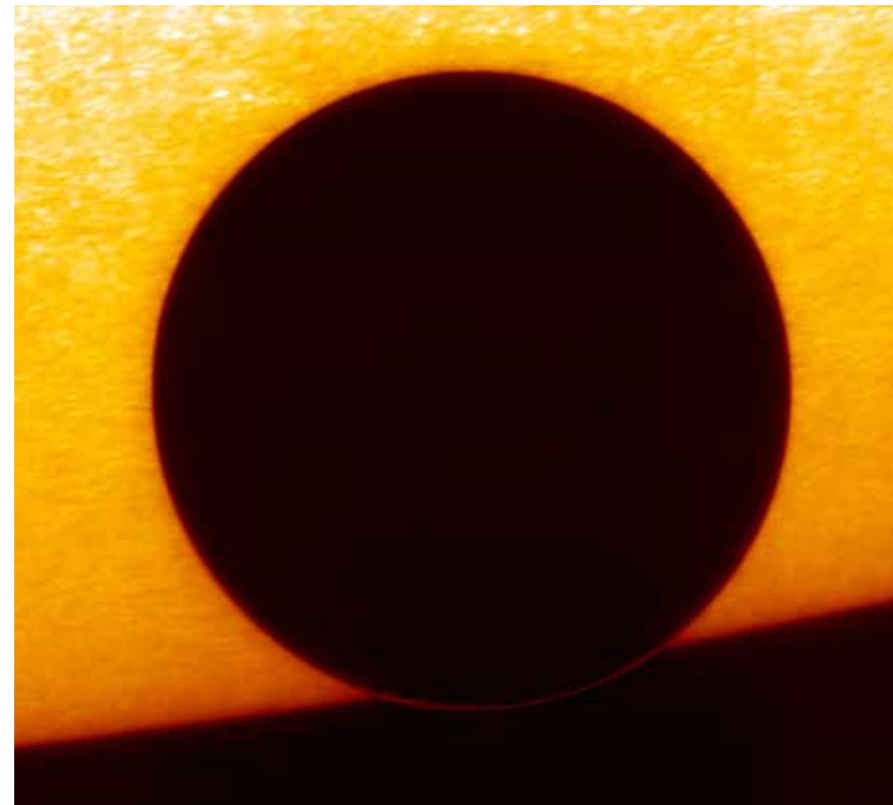
# Mytomspunnen händelse när Venus passerar solen

På morgonen den 6 juni kan man med rätt utrustning se en liten svart prick som under några timmar vandrar över den lysande solskivan. Pricken är planeten Venus. Jämfört med andra himmelsfenomen ser detta kanske inte särskilt dramatiskt eller spektakulärt ut. Det är venuspassagernas sällsynthet och historiska betydelse som gjort dem till de kanske mest mytomspunna av alla astronomiska händelser.

**VENUS RÖR SIG SOM** bekant i en bana innanför jordens. Med ungefär 19 månaders mellanrum kör planeten om jorden på insidan, men eftersom jordens och Venus banplan lutar lite mot varandra blir det inte en venuspassage varje gång detta sker. I vår tid inträffar passagera i par med åtta års mellanrum och över hundra år mellan varje par, se tabell.

Den engelske astronomen Edmund Halley föreslog 1716 att man genom observationer av en venuspassage från olika platser på jordklotet skulle kunna bestämma avståndet till Venus i absoluta mått och med 0,2 procents noggrannhet. Eftersom Keplers tredje lag ger de relativa avstånden mellan alla planetbanor skulle man därmed få hela solsystemet uppmätt. Därför säger man att målet är att bestämma den astronomiska enheten, det vill säga medelavståndet solen-jorden, trots att det är avståndet mellan jorden och Venus i observationsögonblicket som mäts. Avståndsmätningar är det mest fundamentala och samtidigt svåraste astronomiska problemet, då som nu.

Halley visste att han själv inte skulle leva till de nästkommande passagera, år 1761 och 1769, men uppfordrade kraft-



Venuspassagen den 8 juni 2004 avbildad med det svenska solteleskopet SST på La Palma. Mellan tredje och fjärde kontakt ser man Venus atmosfär som en lysande ring utanför solranden. (Ringens är något förstärkt på bilden som för övrigt är färglagd.) Foto: Dan Kiselman/Kungl. Vetenskapsakademien

fullt kommande generationer att inte försumma dem.

Varför skulle en venuspassage vara ett så enastående gynnsamt tillfälle? Framför allt eftersom Venus är den närmaste planeten som passerar på sitt minsta avstånd från oss. Då ger förstås de relativa mätfehlen i vinkelmätningarna minsta möjliga genomslag i det absoluta resultatet.

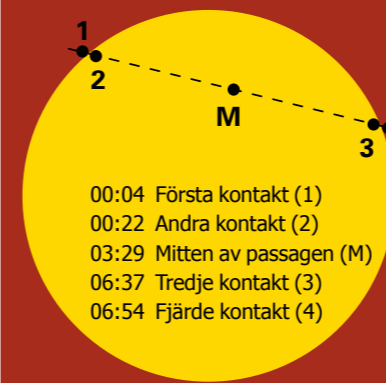
Dessutom ansåg Halley att observationerna skulle vara enkla att utföra. Han visade att det i princip räcker för varje observatör att veta sin position på jorden och sedan mäta tiden som Venus är helt inne på solskivan. (Tiden mellan andra och tredje kontakt, se figur.) Då behövs inga avancerade instrument för vinkelmätningar utan endast tidtagningar.

Ur skillnaden mellan av olika observatörer uppmätta tidsrymder för passagen kan man räkna ut Venus parallax gende-

mot solskivan. Baslinjen på jorden utgörs av avståndet mellan observatörerna. Med vinkeln och baslinjen kända har man så triangulerat fram avståndet till Venus i valfri jordisk måtenhet. Enkelt!

**HALLEYS VÄDJA HÖRSAMMADES** och ledde till det första stora globala vetenskapliga projektet. Expeditioner utgick till världens alla hörn inför passagera 1761 och 1769. Venusobservatörerna utstod alla handa umbäranden när de räknade ut för krig, sjukdomar, politiska förvecklingar, kollegiala gräl, tekniska problem och inte minst retsamma moln som kunde omintetgöra år av förberedelser genom att skymma solen under de kritiska minuterna. Alltsammans kan sammanfattas i den märkliga historien om den franske astronomen Le Gentils öden. Läs om honom i lämpligt uppslagsverk!

VENUSPASSAGER		
År	datum	Kommentar
1637	7 december	Förutsagd av Kepler, men ingen lyckades observera den
1639	4 december	Första belagda observationerna görs i England av den unga begåvningen Jeremiah Horrocks och hans vän William Crabtree med familj.
1761	6 juni	Lomonosov tolkar en lysande kontur runt Venus som dess atmosfär.
1769	3–4 juni	Cooks första resa
1874	9 december	Fotografiet gör observationerna pålitligare.
1882	6 december	Många expeditioner, men ivern har falnat något.
2004	8 juni	Astronomer kan nu observera mera avspänt.
2012	6 juni	Missa den inte!
2117	11 december	Nästa chans att se en venuspassage (för den som lever). Dock ej synlig från Sverige.



Venuspassagen 6 juni 2012. Tiderna är angivna i svensk sommartid för mellersta Sverige. Kontakterna ligger inom en minut för hela landet. Förutom i allra nordligaste Sverige går solen upp någon gång under pågående passage. Skissen har norr uppåt. Nordriktningen på himlen lutar lite åt vänster jämfört med vertikalen under passagen.

En del observatörer lyckades naturligtvis se passagen. Men i praktiken var det inte så lätt att samla ihop observationerna och beräkningarna var inte så enkla som i det ideala fallet. Det fanns trots allt ingen central samordning för kampanjerna. Men framförallt visade det sig mycket svårt för observatören att bestämma de exakta tidpunkterna för kontakten mellan Venus och solskivan. En mörk brygga – den ökända "svarta droppen" – sågs uppträda mellan Venus silhett och solranden. Fenomenet beskrevs på varierande sätt av olika observatörer och ansågs mystiskt. Nuförtiden förstår vi det som en självklar effekt av att två oskarpa mörka bilder närmar sig varandra, se figuren ovan till höger.

Inför 1874 var man optimistisk. Astronomin hade gjort stora framsteg med den fotografiska tekniken som det senaste

tillskottet. Trots allt kom förväntningarna på skam även nu. Avståndsbestämningen blev till slut inte så mycket pålitligare än vad data från 1769 gav.

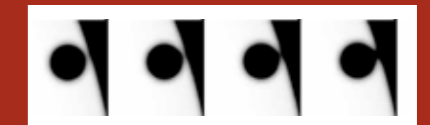
**KANSKE ÄR DET SÅ** att de historiska venuspassagernas största betydelse inte var avståndresultaten utan att de fungerade som pådrivare av teknologisk utveckling och vetenskapens organiserande. Dessutom hade de sociala och kulturella effekter. Exempelvis sändes kapten Cook ut på sin första upptäcktsresa för att observera venuspassagen 1769. Detta fick världshistoriska konsekvenser.

I vårt sekel har astronomin utveckling helt förtagit venuspassagernas betydelse. Avstånd inom solsystemet mäts numera med radar.

Men planetpassager är trots det i allra högsta grad frontlinjeforskning. Då rör det

## HUR OBSERVERAR MAN VENUSPASSAGEN?

- Det är farligt att se mot solen med oskyddade ögon. För ändamålet tillverkade solfilter eller mörkaste sortens svetsglas är godkända. Experimentera inte med egna uppfinningar eftersom tillsynsmyndighetens erfarande filter kan vara helt genomskinliga i infrarött ljus.
- Erfarenheterna från 2004 visar att de flesta utan problem kan se Venus utan hjälp av kikare utom när den är nära solranden.
- Annars är det effektivt att med en liten kikare (alla sorter duger) stadigt fastsatt projicera en solbild på ett papper. Se till att skugga projektionsskärmen. Titta aldrig genom kikaren!
- Den som är händig kan också bygga en liten hållkamera.
- Viktigast är att öva i god tid före 6 juni.



Svarta droppen simulerad av Mats Löflabl.

sig om exoplaneter. Planeter kring främmande stjärnor kan upptäckas genom när de passerar framför sin stjärna och minskar deras ljus något lite. Både mark- och rymdbaserade observatorier är just nu i färd med att katalogisera mängder med exoplaneter på detta sätt. Studiet av passagera ger också möjlighet att lära sig något om dessa planeter. Mest spännande är förstås möjligheten att analysera exoplaneternas atmosfärer genom att stjärnljusets spektrum förändras när en liten del av det silas genom planetatmosfären.

Halley pressar inte längre på för att vi ska observera venuspassagen. Ändå ska vi inte försumma att försöka se detta märkliga fenomen. Det är troligen den sista chans vi får.

DAN KISELMAN  
KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIENS  
INSTITUT FÖR SOLFYSIK

# LOFAR ser universum på ett helt nytt sätt

Radioteleskopet LOFAR är störst i världen och först i sitt slag. Med mängder av enkla antenner och en oerhört kraftfull dator skapar det bilder av rymden på ett helt nytt sätt.

**LOFAR, SOM BESTÅR** av över 7 000 antenner, utspridda över fem länder i norra Europa, är världens hittills största exempel på ett nytt slags instrument: mjukvaruteleskopet. Där vanliga teleskop för synligt ljus använder speglar och linser för att skapa bilder, gör LOFAR nästan allt i datorn.

Tekniken, som nu prövas i stor skala, har framtiden för sig. LOFAR bereder vägen för nästa generationens radioteleskop, Square Kilometre Array (SKA), som ska byggas i Sydafrika eller Australien.

I Sverige har LOFAR en station med 192 antenner på ett fotbollsplanstort fält i närheten av Onsala rymdobservatorium, strax söder om Göteborg. Runt om i norra Europa finns 47 andra stationer, de flesta i Nederländerna.

LOFAR är känsligt för de längsta radiovågorna som kan tränga in genom jordens atmosfär, med våglängd mellan 1,5 och 15 meter. Ett spegelteleskop för sådan strålning skulle behöva vara opraktiskt stort. Men som tur är kan man använda den anrika tekniken interferometri – samt den moderna datorkraften – för att komma runt problemet.

**VARJE ENSKILD LOFAR-ANTENN** känner av radiovågorna som träffar den från hela himlen. Med hjälp av antennens elektroniska detektor genereras en ström av data. I dessa strömmar finns faktiskt tillräcklig information för att skapa en detaljerad bild åt vilket håll som helst över hela himlen, om man bara lyckas kombinera signalerna från alla antennerna på rätt sätt.

Själva antennerna är mycket enkla. De pyramidliknande lågfrekvensanten-



Bild: Onsala rymdobservatorium/Leif Helldner

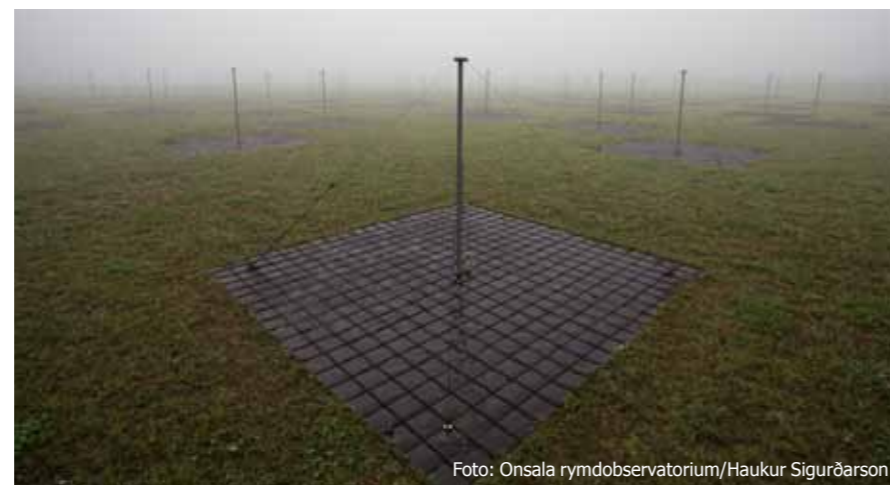


Foto: Onsala rymdobservatorium/Haukur Sigurðarson



Bild: J. McKean och M. Wise, ASTRON

*Ovan: LOFAR-stationen vid Onsala rymdobservatorium. Till vänster syns lågfrekvensantennerna, placerade i ett så oregelbundet mönster som möjligt för att få en jämn upplösning. De svarta plattorna till höger rymmer högfrekvensantennerna.*

*Nere till vänster: Närbild av de pyramidformade lågfrekvensantennerna. Nere till höger: Galaxen Cygnus A avbildad i 240 MHz med LOFAR. Jetstrålarna sträcker sig från galaxens supertunga svarta hål ända ut till 200 000 ljusår ut från galaxens mitt, långt bortom galaxens stjärnor.*

nerna är har ett tre gånger tre meter armeringsjärn nedtill, samt en enkel förstärkare upptill. Metalltrådar fångar radiovågorna och signalerna går vidare genom samma typ av kablar som används för satellit-tv. Kablarna huseras i ett vanligt avloppsrör av plast.

Antennerna för de högre frekvenserna består av aluminiumplåt. De hålls

på plats av specialtillverkade frigolitblock som skyddas från vädret av ett svart plastskynke. Högfrekvensantennerna inuti frigolitblocken är snäppet smartare än sina lågfrekvens-kolleger på stationen. Kretskort på varje antenn gör att den på elektronisk väg kan riktas grovt på himlen.

Tidigare generationer av radioteleskop har använt olika tekniska lösningar

för att kombinera signaler från olika antenner – eller 'korrelera' dem, som radioastronomer kallar det. Men dessa teleskop har alltid kunnat riktas åt ett visst håll, mot den för astronomen aktuellt intressanta himlakropp, en galax till exempel.

**LOFAR ÄR FÖRST** med att kunna rikta blicken helt i datorn. Teleskopet har inga

rörliga delar och pekas istället mot sitt mål på himlen först efter att observationerna har gjorts. I LOFAR:s superdator har alltid kunnat riktas åt ett visst håll, mot den för astronomen aktuellt intressanta himlakropp, en galax till exempel. Dessutom kan teleskopet riktas åt

flera håll samtidigt. Upp till 244 olika observationer åt olika håll på himlen kan plockas ur samma dataström.

LOFAR tar inga direkta bilder av himlen. Istället räknar teleskopet fram det interferensmönster som uppstår när man kombinerar radiosignalerna som antennerna fångat. Sedan räknar man fram en riktig bild från interferensmönstret.

Tekniken gör att det är avståndet mellan antennerna som avgör teleskopets synskärpa. Ju större avstånd desto skarpare bild. Med LOFAR:s tusentals antenner spridda över norra Europa får radioastronomer möjlighet att skapa skarpare bilder än någonsin förut av hur himlen ser ut för ögon känsliga för radiovågor.

Ett teleskops känslighet, hur pass ljussvaga källor det förmår att se, bestäms av dess insamlingsarea. LOFAR har just nu en större insamlingsarea än något annat teleskop, vilket gör att man kan kalla det världens största teleskop.

**VAD BLIR DET FÖR** vetenskap av LOFAR:s nya långvågiga ögon på kosmos? Astronomer hoppas kunna få en första blick in i tiden några hundra miljoner år efter big bang då de första stjärnorna tändes. LOFAR borde kunna vara först att se radiovågor från vätagas, utsträckta av universums expansion från vilovåglängden vid 21 centimeter ut till flera meter. Hur vätesignalen är fördelad över himlen ska kunna berätta om hur universums omvandling från mörkt och gasfyllt till dagens kosmos av stjärnor och galaxer.

LOFAR har en mängd andra projekt som rör svarta hål, pulsarer, unga galaxer, planeter, och magnetfält i kosmos. Det kan vara de som ger teleskopet dess största upptäckter. Men som vanligt när forskare tillämpar helt ny teknik kan vi vänta oss det oväntade.

**ROBERT CUMMING**  
ON SALA RYMDOBSERVATORIUM



# Interstellära molekyler undersöks i jonkollisioner

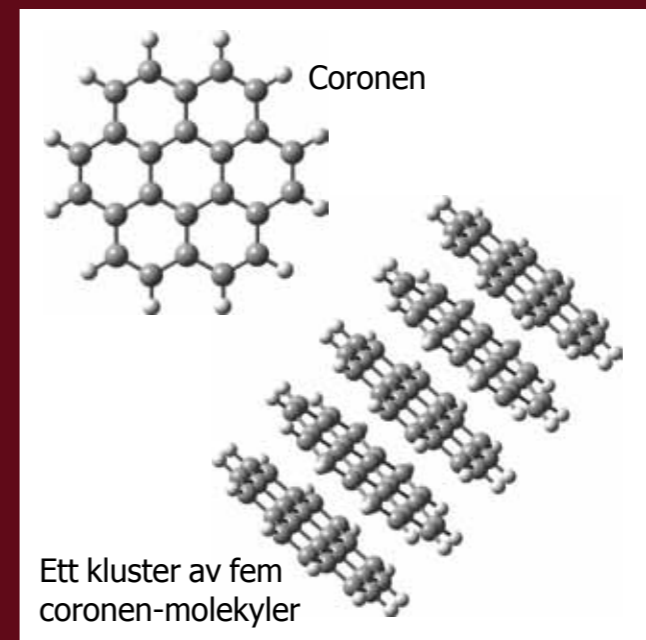
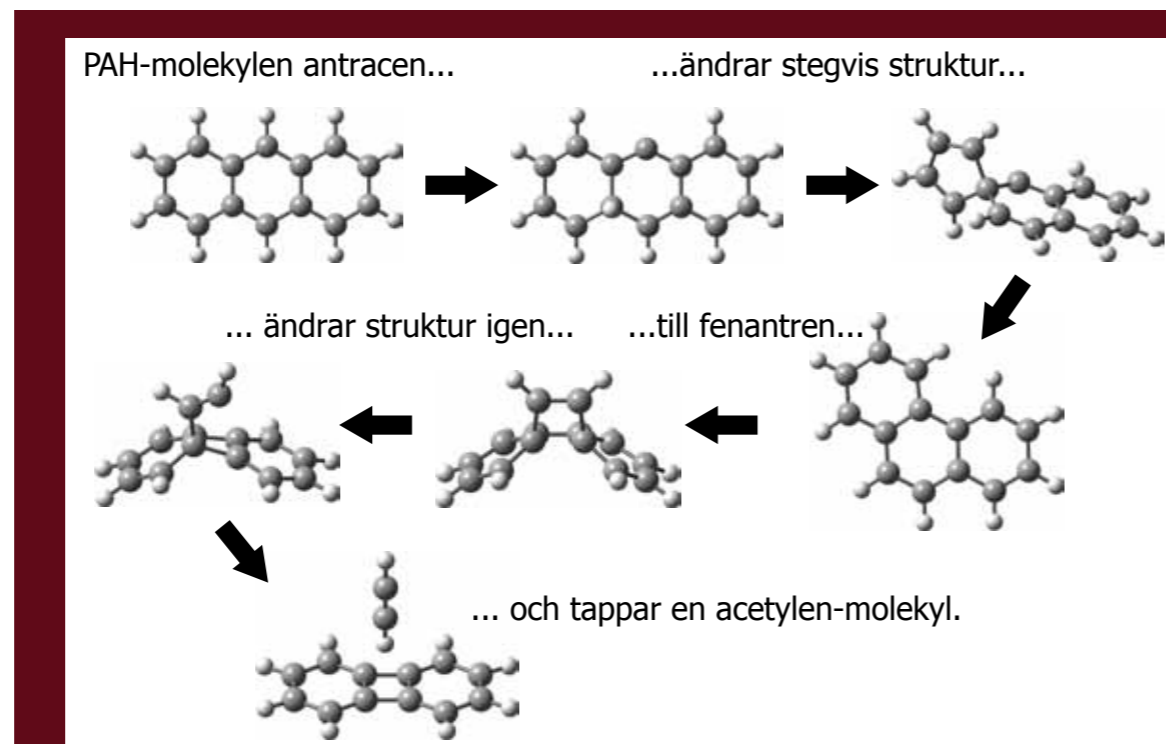
**Polycykliska aromatiska kolväten tros vara vanligt förekommande molekyler i rymden. Genom att kollidera dem med joner av atomer kan man få ny insikt i hur de beter sig.**

**POLYCYKLISKA AROMATISKA** kolväten, ofta förkortat som PAH efter engelskans "polycyclic aromatic hydrocarbons", är molekyler som består av endast kol och väte. De är vanligtvis tvådimensionella och sammansatta av kol i till exempel hexagonala strukturer. Det är de yttersta kolutomerna i molekylerna som binder vätet. Med andra ord kan de ses som små flagor av grafen med väteatomer i periferin.

Många forskare anser att PAH-molekyler är orsaken till den vitt spridda infraröda strålningen i rymden. Den kan observeras bland annat i regioner med stjärnbildning, i gasmoln och i planetariska nebulosor. Det har uppskattats att så mycket som tio procent av allt kosmiskt kol kan vara bundet i PAH-molekyler. När kalla PAH-molekyler kommer nära varandra kan de klumpa ihop sig i svagt bundna ansamlingar, så kallade "kluster". Det finns forskare som menar att kluster av PAH-molekyler är en bas för att bygga upp större stoftpartiklar, vilka anses vara viktiga komponenter i interstellär kemi.

En mycket vanlig experimentell metod är att studera PAH-molekylerna i laboratorium med hjälp av en laser, det vill säga med ljus. I min avhandling används istället atomära joner – något som vår forskargrupp är bland de första att tillämpa på PAH-molekyler. Samverkan mellan förhållandevis snabba atomära joner och PAH-molekyler är något som inte är medräknat i de flesta modeller som beskriver interstellär kemi. Detta trots att sådana joner förekommer i exempelvis solvindar. Hur stor betydelse de faktiskt kan ha är en av de aspekter som vi vill försöka lyfta fram med våra experiment.

I experimenten kolliderar vi de atomära jonerna i hastigheter av ungefär tusen kilometer per sekund med ett



"mål", som antingen består av enskilda PAH-molekyler, eller av kluster uppbyggda av endast en sorts PAH-molekyl. När en jon kommer tillräckligt nära målet kan den ta bort en eller flera elektroner från det, och därmed skapa en laddad molekyl eller ett laddat kluster. Beroende på hur mycket energi som överförs i kollisionerna kan de laddade produkterna även gå sönder, vilket kallas för att de "fragmenterar". Det är dessa laddade produkter, intakta eller fragmenterade, som studeras i våra experiment. Detta sker genom att vi mäter deras massa med en masspektrometer.

**HUR EN JON** interagerar med ett mål beror delvis på vad det är för typ av jon. Om en jon med få laddningar, som dubbelladdat helium ( $\text{He}^{2+}$ ), används måste jonen komma mycket nära målet för att kunna ta bort elektroner från det. Jonen kommer då att passera mer eller mindre rakt igenom målets elektronmoln. Denna direkta växelverkan överför kinetisk energi

från jonen till målet via målets elektroner. Målet börjar då att vibrera mer – det blir varmare. Dessa interna vibrationer kan vara så pass kraftiga att målet går sönder.

En PAH-molekyl som jag studerat på detta sätt är antracen (se bild). Den består av fjorton kolutomer och tio väteatomer ( $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$ ). Det krävs förhållandevis lite extra intern vibrationsenergi för att antracen ska gå sönder genom att tappa en acetylen-molekyl ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ). Denna fragmenteringsprocess har jag även studerat med hjälp av teoretiska beräkningar. De visar att omfattande interna strukturella förändringar kan ske innan  $\text{C}_2\text{H}_2$ -molekylen bryter sig loss, och att dessa förändringar faktiskt kan underlätta fragmenteringsprocessen.

Om målet ändras från att bestå av enskilda antracen-molekyler, till att istället utgöra kluster av antracen-molekyler, visar våra experiment på att större kluster – de som består av många antracen-molekyler – har en hög sannolikhet att kraftigt minska i storlek efter kollisionen

med  $\text{He}^{2+}$ . Detta sker genom att de tappar intakta antracen-molekyler en efter en, vilket kallas för att klustren "evaporerar".

I min avhandling använder jag mig av en förhållandevis enkel numerisk modell för att beskriva evaporationsprocessen. Modellen bygger på kopplade differentialekvationer som löses för att få fram hur klustren minskar i storlek som funktion av tiden. Som ett exempel visar modellen att det räcker med att en  $\text{He}^{2+}$ -jon i våra experiment passerar genom endast en antracen-molekyl i ett kluster bestående av 24 antracen-molekyler för att klustret helt och hållet ska upplösas i enskilda antracen-molekyler. En viktig anledning till att klustren evaporeras så enkelt är att de kyls förhållandevis lite vid varje evaporationssteg.

**OM JONPULSEN ÄNDRAS** till att bestå av xenon med tjugo positiva laddningar ( $\text{Xe}^{20+}$ ) förändras sättet på vilken den interagerar med målet.  $\text{Xe}^{20+}$  är en mycket ovanlig jon i rymden, men den är ypper-

lig för att studera fundamentala processer som kan vara relevanta även i astrofysikaliska sammanhang. Man kan nämligen visa att  $\text{Xe}^{20+}$  kan ta bort elektroner från målet på jämförelsevis stora avstånd, utan att passera nämnvärt genom dess elektronmoln. På så vis kommer målet inte att värmas upp i själva kollisionen.

Trots detta observerar vi i våra experiment stor fragmentering av antracen oavsett om målet består av enstaka molekyler eller av kluster. Detta beror på att  $\text{Xe}^{20+}$  förhållandevis lätt kan ta bort flera elektroner från målet. Efteråt måste målet ändra struktur för att kompensera bortfallet av elektroner. Beräkningar som jag har gjort visar att den överskottsenergi som kvarstår efter den strukturella förändringen kan vara tillräcklig för att molekylen ska gå sönder. Detta underlättas dessutom av att den energi som krävs för att ha sönder molekylen minskar när laddningstalet ökar.

På liknande sätt är det lättare att ha sönder kluster av PAH-molekyler med

en  $\text{Xe}^{20+}$ -jon. I detta fall har vi använt oss av den något större PAH-molekylen coronen ( $\text{C}_{24}\text{H}_{12}$ , se bild) för att illustrera vad som sker. Små kluster av coronen har nämligen förhållandevis enkla strukturer som underlättar våra beräkningar. De visar att ju fler molekyler ett coronen-kluster består av, desto lättare är det att ta bort flera elektroner från klustret som helhet. Men om det svagt bundna klustret får många laddningar på sig klarar det inte längre av att hålla sig intakt. Coulomb-kraften som verkar mellan laddningarna strävar nämligen efter att bryta isär klustret. Resultatet av detta är också något som vi observerar i vårt experiment – de stora klustren har en mycket stor benägenhet att förstöras.

Sammanfattningsvis visar min avhandling att varma PAH-molekyler kan genomgå stora strukturella förändringar och att dessa kan ha stor påverkan på hur molekylerna går sönder. Experimenten visar på att kommunikationen mellan molekylerna i ett PAH-kluster är mycket god. Det vill säga termisk energi och elektriska laddningar fördelas snabbt ut på hela klustret. Experimenten visar också att med joner, oavsett om de har hög eller låg laddning, är det förhållandevis enkelt att förstöra PAH-kluster. Hur stor betydelse som detta har för interstellär kemi är något som bör undersökas närmare.

HENRIK JOHANSSON

Henrik Johansson har doktorerat i fysik vid Stockholms universitet. Han försvarade sin avhandling 2 december 2011 med Thomas Schlathöller från Rijksuniversiteit Groningen som opponent.

#### Läs mer:

Henrik Johanssons avhandling "Ionization and Fragmentation of Complex Molecules and Clusters: Biomolecules and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons" finns att ladda ner på <http://su.diva-portal.org>.

En intervju med Henrik Johansson finns på nästa uppslag.

# Har bytt ut rymden mot jorden

## Hur var det att doktorera?

– Det var väldigt utmanande. Det är så mycket man måste sätta sig in i, lära sig och göra. Det var lite läskigt när man började och inte hade någon aning om hur det skulle sluta. Men det var också väldigt stimulerande och utvecklande för bland annat den analytiska förmågan. Det är sällan man får privilegiet att grotta ner sig så i ett ämne.

## Varför bestämde du dig att doktorera?

– Jag ville bli forskare redan när jag var liten, så idén har legat och puttrat i huvudet länge. Jag gjorde praktik på NASA efter jag var färdig med rymdteknikutbildningen och då fick jag verkligen smak för forskning.

## Vad var det roligaste med att doktorera?

– När alla pusselbitarna som man sysslade med under flera år började falla på plats. Det var också roligt, men samtidigt krävande, med friheten att själv få lägga upp hur arbetet skulle genomföras.

## Vad har varit mindre kul?

– Just osissheten att man inte riktigt vet hur det ska sluta. Och det är ganska påfrestande att se hur tiden man har till sitt förfogande blir mindre och mindre, medan berget av saker att göra bara växer. Men det är nyttigt att lära sig hantera det.

## Vad är du speciellt stolt över?

– Att jag lyckades få ihop en avhandling som faktiskt hade en sammanhängande historia, utan några större lösa trådar, på utsatt tid.

## Du disputerade före jul. Vad gör du nu?

– Jag har påbörjat en fast tjänst vid Sveriges geologiska undersökning där jag jobbar med flygburna geofysiska mätningar. Ett flygplan flyger runt över Sverige och mäter gammastrålning, magnetfält med mera. Insamlad mätdata använder vi för att bland annat kartlägga berggrunden.

Det är en bra tjänst som kombinerar många olika faktorer i mitt liv. Jag tycker att geologi är intressant och får hålla på



**Henrik Johansson**

**Ålder:** 32 år  
**Bakgrund:** Uppvuxen i Kisa i Östergötland, pluggade rymdteknik i Luleå innan doktorandstudierna i Stockholm  
**Intressen:** Läsa, resa, programmera och träna  
**Familj:** Sambo  
**Forskning:** Interstellära molekyler

med både fysik och praktisk teknik. Dessutom har jag ett förflutet som pilot, och gillar att komma in lite mer i flygvärlden.

INGELA ROOS

## SEKTIONEN

I det här numret presenterar vi Fysikersamfundets undervisningssektion.

### UNDERVISNINGSEKTIONEN

■ Undervisningssektionen ska vara en samlingsplats för alla som undervisar i fysik eller har intresse för fysikdidaktik, och arbeta för att fysikundervisningen och den fysikdidaktiska forskningen utvecklas. Vi har under de senaste åren varit djupt engagerade för att få till förbättringar, och inte bara förändringar, av fysikämnet när skolväsendet stöpts om.

■ Många av sektionens medlemmar är gymnasielärare, men vi har nu försökt bredda vårt engagemang och vill få med fysiklärare från förskola till högskola. Minst en gång per år har vi möte, antingen som ett sektionsmöte i samband med Fysikdagarna eller som en egen konferens.

■ Vi ska också stimulera intresset för fysik och fysikutbildning hos barn och ungdomar, och som ett led i detta arbete

arrangerar vi det svenska deltagandet i Fysikolympiaden, och uttagningstävlingen inför denna, Wallenbergs fysikpris. Vi är också med som samarbetspartner i två ungdomstävlingar till: International Young Physicists' Tournament och European Union Science Olympiad. Arbetet med tävlingarna ger positiva effekter utanför själva tävlandet eftersom uppgifter och metoder som utvecklas där sedan kan användas i den ordinarie undervisningen.

■ Lektorsgruppen är en speciell grupp inom sektionen. Den arbetar med att få fram fler lektorstjänster inom gymnasieskolan, och att dessa ska innehålla arbetsuppgifter som innebär utvecklingsarbete och samarbete med högskolorna.

■ Sektionen har satt upp ett antal konkreta mål för mandatperioden. Ett av

desser är att få myndigheter och övriga att ersätta begreppet "NO" (naturorientering) med "naturvetenskap" för att poängtera vikten av att arbeta med naturvetenskapliga metoder inom de naturvetenskapliga ämnena. Tyvärr lär vi nog inte nå ända fram under denna period, men kanske under nästa...

■ I oktober är det dags att välja ny styrelse för sektionen. Valberedarna Fredrik Olsson (fredrik.olsson@uddevalla.se) och Sven Hörback (sven.horbeck@gmail.com) blir glada om du hör av dig och säger att du vill vara med och arbeta i undervisningssektionen!

Anne-Sofie Mårtensson, ordförande i undervisningssektionen

# Forskningsinfrastruktur – en växande gökunge?

**Sverige har gjort stora satsningar på avancerade forskningsanläggningar de senaste åren. Men bland forskare finns en oro för att anläggningarna på sikt slukar så stora resurser att projektstöden blir lidande.**

DE SENASTE ÅREN har regeringen delat ut stora pengapåsar till forskningen, främst genom Vetenskapsrådet (VR). Projektstöden – alltså pengar som forskare kan söka för att bedriva forskningsprojekt – har ökat. Men framför allt har satsningarna på avancerade forskningsanläggningar, så kallad infrastruktur, blivit större.

Synkrotronlusanläggningen Max IV är under konstruktion i Lund. Om allt går planenligt ska spallationskällan ESS byggas precis bredvid. Sverige har numera också ett strålrör vid tyska synkrotronen Petra III, delaktighet i röntgenfrielektronlasern XFEL och i kärnfysikanläggningen FAIR, för att nämna några åtagande som ligger fysikämnet nära. Men även inom till exempel samhällsvetenskap och medicin har det gjorts stora satsningar.

Sedan 2006 har Vetenskapsrådets stöd till infrastruktur mer än fördubblats, och infrastrukturen tar nu en allt större del av den totala kakan, se diagram.

– Det är inte direkt en intern prioritering inom VR. I förra forskningspropositionen fanns örönmärkta pengar för infrastruktur. Det är den höjningen man ser, säger Juni Palmgren som är huvudsekreterare för Vetenskapsrådets råd för infrastruktur.

Karl-Fredrik Berggren, professor i teoretisk fysik i Linköping tillika ordförande i Svenska Fysikersamfundet, är emellertid orolig att Sverige hoppar på alltför många tåg vad gäller infrastruktur.

– Man drar på sig stora fasta kostnader i form av ordentliga driftskostnader, och senare ofta kostnader för uppgraderingar och avveckling. Många forskare är

oroliga för att vi nu får en överambitiös forskningsinfrastruktur som på sikt kostar oss för mycket pengar, säger Karl-Fredrik Berggren.

Och farhågan är då att det blir mindre pengar över för projektstöd.

– Vi lyssnar på forskarnas oro. Men att stödet till forskningsinfrastrukturen har ökat betyder inte att projektstöden ska minska. Vi måste ha både och, säger Juni Palmgren.

Men då gäller det alltså att även kommande regeringar är villiga att avsätta pengar till forskningens infrastruktur. Vetenskapsrådet lämnar in underlag till forskningspropositionerna, men Juni Palmgren medger att infrastrukturen är långsiktigare än de fyra åren mellan propositionerna.

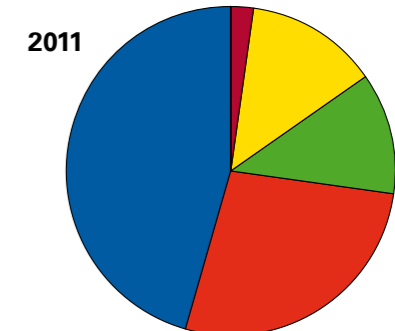
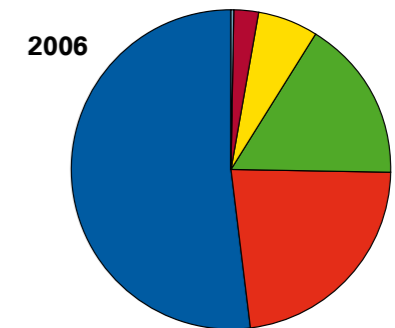
– Nu när vi satsat på dessa stora anläggningar måste vi också tillgodose att de svenska forskarna kan utnyttja dem i sina projekt. Vi får hoppas att både forskningsprojekt och forskningsinfrastruktur får ökade anslag i den nya proppen, precis som i den förra, säger hon.

Än så länge har regeringen endast aviserat stöd till Max IV, ESS och nya nationella anläggningen SciLifeLab inför forskningspropositionen 2012.

**JUNI PALMGREN POÄNGTERAR** att riktigt goda verktyg är en förutsättning för att man ska kunna bedriva riktigt god forskning.

– Vi satsar på relevant infrastruktur, på verktyg som forskarna behöver. Men det är klart att vissa områden känner sig förfördelade. Den här regeringen placerar till exempel life science tydligt i Mälardalen. Life science i andra delar av Sverige tycker kanske inte att det är så kul, trots att det innebär en nivåhöjning för hela landet.

I "Vetenskapsrådets guide till infrastrukturen 2012" (som finns att ladda ner på [www.vr.se](http://www.vr.se)) uppskattar VR att bidrag



■ Projektstöd  
 ■ Forskningens verktyg och infrastruktur  
 ■ Anställningar och stipendier  
 ■ Miljöer, samverkan och forskarskolor  
 ■ Internationell samverkan  
 ■ Annat stöd

Vetenskapsrådets utdelade stöd fördelat på olika stödformer. Underlagen till diagrammen är hämtade i Vetenskapsrådets årsrapporter.

till drift och investeringar i forskningsinfrastruktur behöver vara 300 miljoner kronor högre per år 2016 jämfört med dagens nivå. Finns det några medel att möta dessa ökade kostnader?

– Endast delvis, kalkylen bygger på visst tillskott i budgeten. Det beror ju på hur regeringen ser på de nya, högprioriterade infrastrukturbehov som vi listat i infrastrukturguiden. Det är ju inte alltid säkert att det blir som man önskar sig, säger Juni Palmgren.

INGELA ROOS

## Vad tycker du?

Mejla din åsikt om de svenska satsningarna på forskningsinfrastruktur till Fysikaktuelltts redaktör på [ingela.roos@k12.se](mailto:ingela.roos@k12.se), så sammanställer vi kommentarerna i nästa nummer.

## Elektronmikroskop avslöjar skjutningar

Det tjänar inget till att förneka att du nyss avfyrat ett skjutvapen. Partiklar på din hud avslöjar dig efter en analys med svepelektronmikroskop.

AVFYRADE SKJUTVAPEN lämnar efter sig ett specifikt spår i form av mikrometerstora, klotrunda partiklar huvudsakligen bestående av bly, barium och antimon. Har du flertalet sådana partiklar på din hand har du avfyrat, varit mycket nära en avfyring, eller hanterat ett skjutvapen inom de senaste tre timmarna.

– Man hittar inte sådana partiklar någon annanstans än kring avfyrade vapen, säger Kent Nord vid Statens kriminaltekniska laboratorium, SKL.

Partiklarna kallas för tändsatspartiklar och härstammar från patronens tändhatt. När vapnets slagstift slår till tändhaten, tänder tändsatsen krutladdningen i patronen. I den processen bildas alltså dessa karakteristiska partiklar som lägger sig som ett avslöjande, osynligt pulver på personer i vapnets direkta närhet.

– Hittar vi många tändsatspartiklar på en hand så vet vi att personen hanterat skjutvapen inom de senaste tre timmarna, säger Kent Nord.

### SVEPELEKTRONMIKROSKOP

■ Elektronmikroskop avbildar föremål med hjälp av en stråle av elektroner. Elektroner, som även kan betraktas som vågor, har mycket kort våglängd vilket ger en hög upplösning.

■ I svepelektronmikroskopet fokuseras elektronerna till en ytterst fin konisk stråle som får svepa över provytan. Samtidigt mäter en elektrondetektor antalet elektroner som sprids från varje punkt på provytan.

■ De ytor som är vinklade mot detektorn sprider i större utsträckning elektronerna mot detektorn. Därför framträder de som ljusare än de partier som vetter åt andra hållet, vilket ger en topografisk kontrast ungefär som om provet var belyst med en vanlig lampa. Tolkningen av bilderna blir därför enkel.



En fastbränd glaspartikel på glödtråden vittnar om att lampan var tänd då den krossades. Bilden är tagen med ett svepelektronmikroskop.

Bild: SKL

Går det mer än tre timmar hinner tändsatspartiklarna försvinna. Därför gäller det för polisen att snabbt fånga misstänkta skyttar och tejpa av dem, alltså trycka tejpbitar mot deras hud. Tejpen skickas sedan till SKL för att analyseras med ett inom fysikvärlden välkänt verktyg – ett svepelektronmikroskop.

Genom svepelektronmikroskopet kan personalen på SKL urskilja tändsatspartiklar ner till cirka en tusendels millimeter. Elektronernas korta våglängd gör att detaljupplösningen blir mycket högre än i vanliga ljusmikroskop. Elektronbestrålningen gör även att provet sänder ut röntgenstrålning med specifika energier som svarar mot övergångarna mellan olika energinivåer i atomernas elektronskal. Genom att mäta röntgenfotonernas energi går det därför att avgöra vilka grundämnen ett prov innehåller. Visar det sig huvudsakligen vara bly, barium och antimon, och partiklarna dessutom är klotrunda till formen så är det ingen tvekan om att den avtejpade personen varit i närheten av skjutvapen.

PÅ SKL FINNS det två svepelektronmikroskop. Det ena används i princip dygnet runt, sju dagar i veckan, för att leta efter tändsatspartiklar. Det andra används så gott som dagligen för övriga undersökningar. Ofta handlar det om okända material som polisens tekniker hittat till

exempel på en brottsplats.

– Det kan vara vad som helst – metaller, glas eller färg. Vi kan tala om vilka grundämnen som ingår i materialet och halten av varje grundämne. Vi kan till exempel avgöra om ett guld håller sin utlovade guldhalt eller om det är förfalskat. Men oftast gör vi jämförande undersökningar för att koppla ihop en misstänkt med en brottsplats, berättar Kent Nord.

Även i brandutredningar kan svepelektronmikroskop vara behjälpliga. Utredarna misstänker kanske att branden orsakats av en för kraftig glödlampa, till exempel en 60 watts-lampa i en armatur avsedd för 40 watt. Lyckas teknikerna hitta glödtråden så kan personalen på SKL med hjälp av svepelektronmikroskopet mäta glödtrådens tjocklek och därmed avgöra hur kraftig glödlampan var.

Det kan också vara intressant att avgöra om en lampa i vissa lägen varit släckt eller tänd vid ett tillbudstillfälle – till exempel vid en bilolycka eller ett överfall i en lägenhet där någon kommer in och blir överrumplad.

– När en lampa är tänd är glödtråden varm. Krossas då glaset så bränns glaspartiklar fast i den varma glödtråden. Genom att titta på glödtråden i elektronmikroskop kan vi därför avgöra om lampan varit släckt eller tänd, förklarar Kent Nord.

INGELA ROOS

## NMR identifierar okända droger

De senaste åren har utbudet av droger ökat kraftigt och polisen beslagtar ofta nya, okända substanser. Statens kriminaltekniska laboratorium tar hjälp av kärnsppinnresonans, NMR, för att identifiera dem.

ALLT SOM OFTAST beslagtar polisen okända substanser. Om substansen påminner om en narkotikaklassad förening, eller om den börjar dyka upp igen och igen, sätter Statens kriminaltekniska laboratorium, SKL, igång att utreda det okända ämnets kemiska struktur.

För att ett ämne ska kunna klassas som narkotika eller som hälsofarlig vara måste nämligen dess molekylstruktur vara känd.

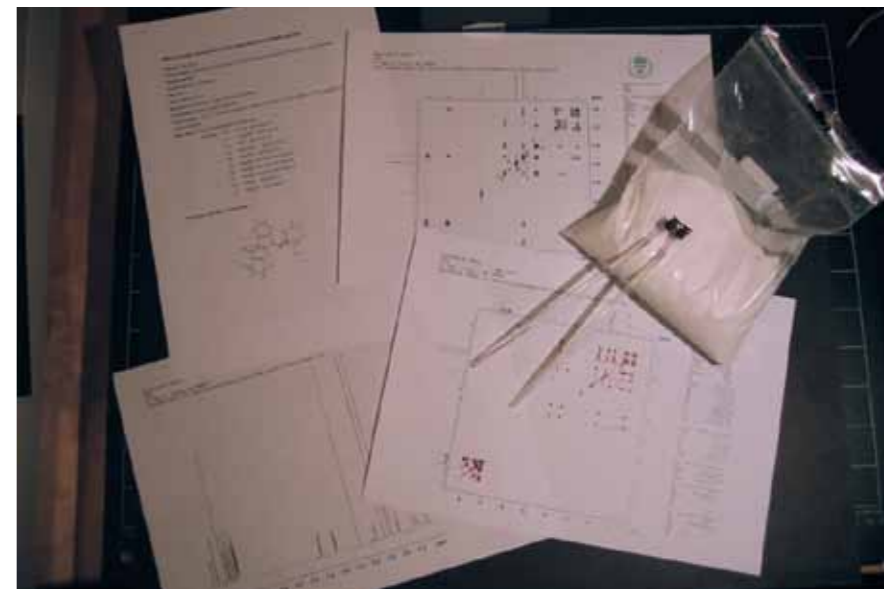
– Att klassificera och lagstifta mot ett ämne är en lång process. Vi försöker snabba på den genom en snabb strukturutredning, säger Simon Dunne som är kemist på SKL.

Därför har SKL nyligen införskaffat ett eget NMR-instrument, en Bruker 400 MHz NMR-spektrometer. Med en oerhörd kraftig elektromagnet – uppbyggd av heliumkylda, supraledande koppar- och niobtrådar, skapar den ett magnetfält på 9,4 tesla. När en substans placeras i magnetfältet riktar de atomkärnor som har kärnsppinn, framför allt väte, in sig längs magnetfältet likt små kompassnålar.

Oftast kan atomkärnorna orientera sig antingen parallellt eller antiparallellt med magnetfältet, vilket ger två olika energinivåer. Och det är övergångarna mellan dessa energinivåer, vilket motsvarar strålning i radiofrekvensområdet, som Simon Dunne är intresserad av.

Beroende på var i molekyl en atomkärna sitter ser den lokala magnetiska omgivningen nämligen lite annorlunda ut, vilket påverkar de ovan nämnda energinivåerna. Därför får exempelvis protoner på olika positioner i molekyl olika resonansenergi och går därmed att särskilja.

Genom att studera resonansfrekvenserna kan kemisterna på SKL alltså avgöra



Efter NMR-spektroskopi och pusselläggning med resultaten kan personalen på SKL komma fram till den kemiska strukturen för det okända, vita pulvret i påsen.

Bild: SKL

vilken position atomkärnorna har i molekyl och även vilka kemiska grupper de är knutna till.

– Vi kan också se vad de har för granar och om de kommunicerar med granarna genom molekylens skelett eller genom rymden. Vi kan bygga upp en så kallad konnektivetsbild, vilket är väldigt kraftfull information, säger Simon Dunne.

EFTER EN RAD experiment där de gjort mätningar till exempel på hur väteatomerna sitter, hur kolatomerna sitter och hur de pratar med varandra är det dags att börja lägga pussel med resultaten och analysera sig fram till hur molekyl är uppbyggd.

– För nya typer av narkotika tar strukturbestämningen ungefär två dagar, för komplicerade dopningsmedel ungefär en vecka, säger Simon Dunne.

Tekniken i sig är inte ny, men ny för SKL. Tidigare anlätades Läke-medelsverket för denna typ av analyser, men med egen kapacitet är tanken att strukturutredningarna ska gå snabbare.

– Det är en ständig jakt. Så fort regeringen lagstiftat emot en substans, så änd-

rar skojarna lite på strukturen och så får vi börja om igen, säger Simon Dunne.

Vissa andra länder tillämpar en mer generisk klassificering, där ett kemiskt grundskelett narkotikaklassas. Även om små ändringar görs i strukturen klassas den nya föreningen fortfarande som narkotika.

FÖRUTOM ATT strukturbestämna narkotika kan NMR-instrumentet användas för att bestämma mängden aktivt material i narkotika som är utblandat till exempel i stärkelse eller socker (vilket är brukligt för att det ska bli mer hanterbart för användaren). Användningsområdena kommer sannolikt att bli fler. Simon Dunne är på gång att presentera det nya NMR-instrumentet för de andra avdelningarna på SKL.

– NMR kan säkert bli ett bra komplement för giftgruppen, och även brand, olja och miljöbrott kan nog ha nytta av instrumentet. Men först måste man ta fram robusta standardmetoder för att resultaten ska vara hållbara juridiskt sett, säger Simon Dunne.

INGELA ROOS

# Hemliga meddelanden, djungeltelegraf och litterära fingeravtryck

Information är central för den vetenskapliga metoden. Det gäller att tålmodigt samla in relevanta fakta, värdera dem och dra det rätta slutsatserna. Ofta liknas det vid ett detektivarbete. Faktum är att det inte bara är en liknelse – detektivarbete är precis vad det är.

**MIN FÖRSTA KONTAKT** med vetenskapliga metoder i jakten på brottslingar var Sherlock Holmes – den engelske detektiven som kombinerade skarpsynta iakttagelser på brottsplatsen med knivskarpa och logiska slutledningar. Vanligen avslutade han med ett inte särskilt blygsamt ”enkelt, min käre Watson” till sin vederbörligen imponerade vän och fallupptecknare.



Bilden är från ”Fallet med de dansande figurerna”. Holmes insåg snabbt att dessa streckgubbar inte var barnsligt klotter utan innehöll ett hemligt meddelande. Han antog att varje figur motsvarade en bokstav.

För att identifiera vilken figur som svarade mot vilken bokstav samlade han ihop så många dansande figurer som han kunde få tag på, och utgick sedan från att den vanligaste figuren svarade mot ”e”, eftersom ”e” är den vanligaste bokstaven i engelskan. Sedan antog han att den näst vanligaste figuren svarade mot någon av de vanligaste närmast följande bokstäverna. Med hjälp av dessa antaganden fann han att den dansande sekvensen på bilden betyder ”come here at once”.

## Muhammeds uppenbarelser

Nu var förstås inte Sherlock Holmes den förste som insåg att frekvensanalys av bokstäver kan användas för att lösa chiffer. Den först kände att beskriva metoden var lärdomsgiganten al-Kindi som tillhörde 800-talets blomstrande islamiska

vetenskapskultur. En central frågeställning hos de islamiske lärde vid denna tid var den om i vilken ordning profeten Muhammed hade fått sina uppenbarelser. En så vällovlig målforskning var nog inte svår att få ekonomiskt stöd till.

För att bringa reda i detta utnyttjades såväl ordfrekvensanalyser som bokstavfrekvensanalyser av profetens nedskrivna uppenbarelser. Man använde sig av det faktum att vissa arabiska ord rent etymologiskt är av senare datum än andra. En text med högre frekvens av senare ord är då sannolikt också av färskare datum.

Men som ofta inom forskningen kan oväntade ”spin-off”-effekter vara väl så intressanta. Metoden att lösa chiffer med hjälp av bokstavsfrekvensanalys var en sådan, helt vid sidan om målet för profetforskningen. Den var en viktig biprodukt: att kunna skicka meddelanden kors och tvärs i riket utan att de kunde läsas av fel personer var förstås väsentligt för de stora antika statsbildningarna, liksom för de moderna.

Julius Caesar var en särskilt flitig användare av chiffer. Ett substitutionschiffer som har haft stor betydelse för utvecklingen av kryptografin kallas just ”Caesars chiffer”.

## Kodknäckarna

När man efter seklers användning av chiffer väl insåg att dessa faktiskt kunde knäckas, försökte man naturligt nog uppfinna säkrare sådana. Men samtidigt försökte man hitta smartare metoder för chifferlösning. Den tvekampen fortsät-

ter alltjämt. Vissa gånger har man lutat sig tillbaka i förvisningen att man funnit helt säkra chiffer. Ett berömt sådant är Vigenère-chiffret, som framförallt användes på 1800-talet. Konstruktionen utgörs av en listig kombination av flera Caesar-chiffer ovanpå varandra. På så sätt blev chiffret immunt mot frekvensmetoden.

I och med uppfinningen av telegrafan blev det än viktigare med säkert krypterat meddelanden – själva morsesignalen kunde ju lätt uppsnappas av obehöriga. Den förste som lyckades hitta en metod att komma åt Vigenère-chiffret var universalgeniet Charles Babbage (annars kanske mest känd för uppfinningen av principen för datorn hundra år innan denna blev verklighet).

Ett annat geni, Alan Turing, var under andra världskriget avgörande för västmakternas knäckande av tyskarnas till synes helt omöjliga Enigma-chiffer. I båda dessa fall var det möjligt att till slut knäcka chiffer som ansetts helt säkra – men så krävdes det också två genier. Som Sherlock Holmes uttryckte det till den förbluffade brottslingen i novellen ovan: ”What one man can invent another can discover”.

## Primaltal och kvantdatorer

Nu lever vi i den digitala informationens tidevarv med ett ständigt informationsflöde över internet. Behovet av att obehöriga inte ska kunna komma åt viktig information har därmed ökat, såväl för hederliga personer och organisationer som för kriminella.

Ett fundamentalt problem med in-

formation i chifferform fram till slutet av 1900-talet var att chiffren alltid var symmetriska: både sändaren och mottagaren måste känna till chiffrets nyckel. Innan två personer kunde skicka hemlig information till varandra måste nyckelinformationen redan ha överförts på annat sätt; det fanns en uppenbar risk att nyckeln skulle falla i orätta händer.

I det nu vanliga RSA-chiffret undviks problemet med att överföra en nyckel genom att använda en tämligen irreversibel matematisk operation: det är lätt att multiplicera två primtal, medan det i praktiken är omöjligt att faktorisera ett tillräckligt stort tal inom rimlig tid. Det tar helt enkelt för mycket datorkraft för att kunna göras innan meddelandet blivit inaktuellt. Poängen är att det stora, sammanmultiplikerade talet kan göras bekant för alla. Det är allt som avsändaren behöver veta, men endast den som känner de två primtalen kan läsa meddelandet. Det är så våra kreditkortsnummer skickas över internet.

Det är här kvantdatorn kommer in i bilden. I en vanlig dator lagras informationen binärt i ”antingen/eller”-form. Informationsinnehållet i svaret på en ”antingen/eller”-fråga kallas en ”bit”. 1981 framkastade Richard Feynman, nobelpristagare i fysik, tanken på att en dator som istället lagrade och hanterade informationen i kvanttillstånd skulle vara något helt annat än en vanlig dator. Information lagras då i ”kvantbitar” som inte direkt kan reduceras till svaren på ”antingen/eller”-frågor.

Riktig fart tog denna idé när matematikern Peter Shor 1994 visade att en kvantdator skulle kunna faktorisera stora tal mycket snabbare än en vanlig dator. Om någon lyckades konstruera en fungerande kvantdator, så skulle RSA-chiffret inte vara särskilt säkert längre. Nu har det visat sig mycket svårt att konstruera en fungerande kvantdator, och den öppna akademiska forskningen har lång väg kvar.

Men det finns ju många andra in-tressenter. Tänk om professor Moriarty, mästerskurken och Sherlock Holmes ärkefiende, redan har uppfunnit en kvantdator!

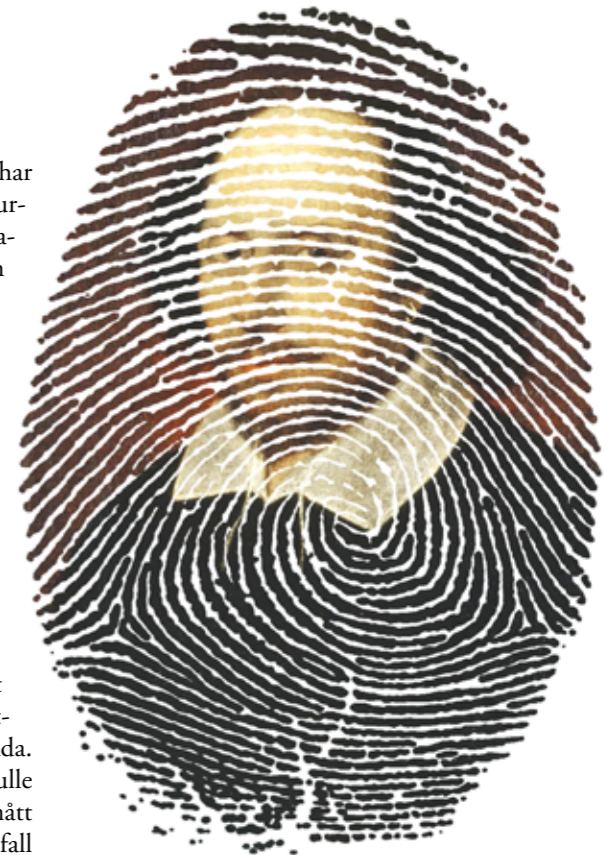
## Djungeltelegrafan

Människans begär efter information har ofta lett till mer suspekta och övernaturliga informationskällor som klärvoajans, kristallkullsläsning, astrologi och kaffesump. Även den svenska polisen har ibland i desperation använt sig av sådana, med motiveringen att det ju i alla fall inte kan skada utredningen. Det finns också fall där till synes magiska och övernaturliga informationsvägar i efterhand fått helt godtagbara förklaringar.

Ett sådant fall är djungeltelegrafan. En upptäcktsresande på väg till en liten by i mörkaste Centralafrika på 1800-talet kunde vid framkomsten till sin förvåning ibland konstatera att hans ankomst var väntad och välkomstceremonierna sedan länge väl förberedda. Men hur visste byborna att han skulle komma? Att informationen skulle ha nått fram via budbärare kunde i många fall uteslutas. Några telegrafledning fanns inte och även om sådana hade funnits hade det inte hjälpt eftersom telegrafering förutsätter att det talade språket har en symbolrepresentation. De afrikanska språken saknade skriftspråk vid denna tid och informationen kunde därför bara överföras akustiskt genom rop och tal eller skickas i en budbärarens minne.

En trumma kan höras ca en mil och kan därför användas för att sända på förhand överenskomna akustiska signaler. Men till detaljerade panikmeddelande, som att svärmor i morgon överraskande anländer till stationen i Tranås 12.35, duger inte sådana signaler. Trumman förmedlar bara trumslag och fungerar inte som en talande megafon. Det var först under första halvan av 1900-talet som John Carrington uppdagade hur det fungerade.

Till skillnad från indoeuropeiska språk är afrikanska språk mycket tonala, liksom kinesiskans Mandarin. Det betyder att många ord representeras av samma ljud vars olika betydelser skiljs åt av stavelsernas tonläge. Tonläge kan man förmedla via trummor. Det visar sig att tonlägesinformation för mycket tonala språk är tillräcklig för att man ska kunna tolka meddelanden under förutsättning att



© Mats Malmberg

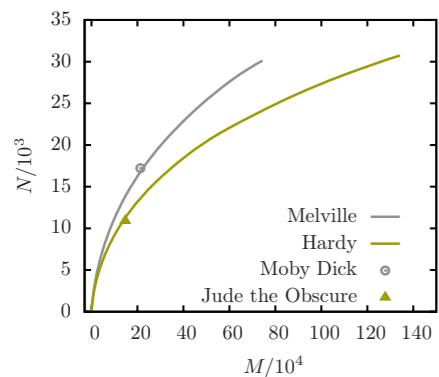
trumslagaren fyller på förtydligande bestämningar: ”månen som tittar ner på jorden” istället för bara ”månen”. Detta förklarade också en tidig iakttagelse, nämligen att de flesta som kunde språket också kunde tolka ett trummeddelande, men bara ett fåtal kunde hantera trumman på rätt sätt.

När John Carrington 1949 publicerade sina resultat var konsten att tala med trummor redan på utdöende. Sherlock Holmes påpekade ofta dystert att när han slutligen avslöjade alla sina logiska steg som lett fram till förklaringen av ett till synes obegripligt problem, så uppfattade omvärlden det hela som självklart och trivialt.

## Litterära fingeravtryck

Själv blev jag lite involverad i det forensiska området via upptäckten av ett litterärt fingeravtryck, som gjordes för några år sedan. Det hela baserade sig på en enkel ordfrekvensanalys. Vi räknade ut hur många specifika ord,  $N$ , som en författare i snitt använder sig av för att skriva en text av en längd på totalt  $M$  ord och fann till vår förvåning att kurvan  $N(M)$  karaktäriserar en författare.

Diagrammet på nästa sida visar de karaktäristiska kurvorna för de två för-



Antalet specifika ord  $N$  som funktion av det totala antalet ord  $M$  i författarna Herman Melvilles och Thomas Hardys litterära verk. Varje författare visade sig ha en egen, karakteristisk kurva med vilken verk av okänt ursprung kan jämföras.

fattarna Herman Melville och Thomas Hardy. I denna analys har vi utslutit två böcker, nämligen "Moby Dick" och "Jude the Obscure" och låtsats att det är obekant vem av de två som skrev dessa böcker. Men som bilden visar är det lätt

att identifiera författarna genom att bestämma  $N$  och  $M$  för respektive bok: Melville skrev "Moby Dick" och Hardy "Jude the Obscure" säger fingeravtrycket. Det stämmer ju också med det faktiska förhållandet.

Det här väckte ett visst intresse och vi fick en förfrågan från en engelsk Shakespeareorganisation. Framförallt gällde det den klassiska frågan om vem som skrev vad av Shakespeare och den samtida Marlowe. Det visade sig omöjligt att säkert utröna, för Marlowes produktion var inte tillräckligt stor för att ordstatistiken skulle bli tillräckligt bra. Inte heller Shakespeare skrev tillräckligt många ord för att  $N(M)$ -kurvan ska bli ordentligt skarp.

#### From it to bit

Har vad jag skriver om här något med fysik att göra? Om man definierar fysik med vad en fysiker sysslar med, så inbegriper detta mycket mer än vad vi traditionellt uppfattar som ren fysik. Inte så

konstigt, eftersom kunskapsfronten hela tiden flyttar sig. Den berömde fysikern Archibald Wheeler lanserade år 1989 uttrycket "from it to bit" för att flagga för ett perspektivskifte i riktning från vad saker och ting är till vilken information de representerar. Eller med hans egna ord: "...it is not unreasonable to imagine that information sits at the core of physics".

Ett område där detta perspektivskifte är särskilt tydligt gäller levande organismer. Här försöker man nu förstå hur den stora mängd information, som behövs för att upprätthålla liv, lagras och flyter genom organismen. Många fysiker är verksamma inom detta område, eftersom fysikerns verktygslåda och modelltänkande är väl lämpade för uppgiften. Information och informationsöverföring är en aspekt av vad livet handlar om, precis som detta kåseri – "Enkelt, min käre Watson".

PETTER MINNHAGEN

## Med ballong till rymden

### Hopp från ballonger på flera mils höjd inbjuder till fysiksamtal.

I MARS HOPPADE österrikaren Felix Baumgartner från 22 kilometers höjd. Detta var ett steg på vägen att slå det tidigare höjrekordet: Joe Kittinger hopp 1960 från en heliumballong på mer än tre mils höjd – en del av USAs rymdprogram. Att man kan komma så högt med en heliumballong, och sedan falla mot

jorden, medan temperaturen varierar och luftmotståndet hela tiden ökar, inbjuder till samtal om många olika fysikområden. Eftersom Baumgartners kommer att fortsätta att hoppa från högre höjder för att försöka att slå rekordet kommer dessa frågor att vara aktuella en tid framåt.

Jag har många gånger använt Joe Kittinger som exempel, och börjar med att visa några rader från The Guardian Weekly. Jag ber studenterna läsa, fundera över vilka frågor som väcks när de läser texten och diskutera med sina grannar vad de vill veta mer om. Det brukar leda till många intressanta och relevanta frågor, till exempel: Hur kan ballongen lyfta om det inte finns någon luft? Hur kan den stå stilla efter att han har hoppat? Hur stor är tyngdaccelerationen? Hur hög är ljudhastigheten? När börjar atmosfären? Hur högt kan man åka i en heliumballong? Vem tog fotot när han hoppade – och hur kom det till marken?

Som lärare måste man välja vilka trådar man vill följa; Newtons lagar, Archimedes princip för gaser, hur lufttrycket



varierar med höjden, hur fort Kittinger faktiskt föll och vad som påverkar ljudhastigheten. Studenterna kan förundras över att lyftkraften för helium, enligt den allmänna gaslagen, är oberoende av höjden, så länge ballongen kan expandera fritt. Att se bilder på ballongen på marken inbjuder till diskussioner om hur trycket inuti ballongen avtar långsammare med höjden än lufttrycket utanför.

Baumgartners planerade rekordförsök kan göra honom till den första människan som går igenom ljudvallen med bara en rymddräkt som skydd. Kittinger verkar aldrig ha passerat ljudvallen.

ANN-MARIE PENDRILL



# fysikdagarna 2012

Fysikdagarna äger rum måndagen den 1 oktober - onsdagen den 3 oktober 2012 i Uppsala. Temat är Fysiken och Människan.

Fysikdagarna samlar lärare, forskare, studenter och lärare från hela Sverige. Ta del av intressanta föredrag, aktiviteter och diskussioner om aktuella ämnen och aktuella frågor inom fysikutbildning och forskning.

Fysikdagarna inleds med Fysikersamfundets sektionsmöten måndagen den 1 oktober. Huvudprogrammet för allmänheten startar med en officiell invigning tisdagen den 2 oktober.

Konferensavgift 400 kr exkl moms, 250:- exkl moms för studenter  
I avgiften ingår dokumentation, kaffe samt lättlunch  
Middag med underhållning tisdag kväll, 300:-.exkl moms  
Sista anmälningsdag torsdagen den 29 augusti (efteranmälan tillägg 250:-).

### PRELIMINÄRT PROGRAM FYSIKDAGARNA Måndagen den 1 oktober 2012

Fysikersamfundets sektionsmöten från kl. 13.  
19.00 Populär kvällsföreläsning för allmänheten.

### Tisdag 2 oktober 2012 (MIC-aulan Polacksbacken)

Från 8.00 Registrering utanför MIC-aulan.  
9.00 – 9.10 Officiell invigning av Fysikdagarna. Fysikersamfundets ordförande Karl-Fredrik Berggren och vice rektor Ulf Danielsson  
9.10-9.45 En teori för allting. Ulf Danielsson  
9.45 Kaffe.  
10.10 Nanotekniken förändrar världen, möjligheter och risker. Maria Strömme  
10.50 Fysik i kemins tjänst. Kristina Edström  
11.30 Joule, människan bakom energienheten. Otto Sibum (på engelska)  
12.10 Lunch.  
13.15 Grafen: från forskning till industri. Mikael Syväjärvi  
13.50 Fysikaliska leksaker. Per-Olof Nilsson  
15.05 Kaffe.  
15.25 A new twist of light and radio waves. Fabricio Tamburini  
16.10 Fysiken och människan. Bengt Gustafsson  
17.00 Svenska Fysikersamfundets årsmöte.  
19.30 Middag med underhållning.

### Onsdag 3 oktober 2012 (Plenarprogram, MIC-aulan, 8.30 - 13.00)

8:35 Roliga experiment för lärare. Barbara Brenna och Staffan Yngve  
9:00 Upcoming research at ESS. Adrian Rennie  
9.40 Fysik i valfrihetens tid - En pedagogisk utmaning. Staffan Andersson  
10.20 Kaffe.  
10.40 Strängar, partiklar och dualitet. Lisa Freyhult  
11.20 Hur man får nobelpriset i fysik. Lars Bergström  
12.00 Avslutning, sammanfattning, återkoppling från deltagarna.

**MER INFORMATION OM PROGRAM, LOGI OCH ANMÄLAN på**  
<http://www.fysikersamfundet.se/fysikdagarna.html>

Samfundets kontaktperson: Staffan.Yngve@physics.uu.se  
Tel: 070-2978016

För kontakt rörande utställningar: fysikdagarna2012@akademikonferens.se  
Tel 018-671003

# Den gäckande eternas gåta

Något som finns överallt, även där det råder perfekt vakuum. En sorts grundsubstans för själva rummet. Så föreställde sig fysiker etern under det sena 1800-talet. Men det fanns de som tvivlade.

**FYSIKER HADE LÄNGE** spekulerat om en eter, men i och med Maxwells teori för elektromagnetismen föreföll begreppet oundgängligt. Hur skulle man förstå till exempel det karaktäristiska mönstret som järnfilspån bildar omkring en magnet, om inte som uttryck för ett förändrat tillstånd hos etern orsakat av magneten?

Framför allt tycktes Maxwells revolutionerande beskrivning av ljuset som en våg av elektriska och magnetiska fält förutsätta något slags medium. Här kom etern väl till pass. Ljusvågornas utbredningshastighet  $c$  fick då också en naturlig tolkning som en fart i förhållande till denna.

Men dessa förklaringar väckte nya frågor. Är etern trögflytande? Kan den utöva tryck? Hur sker växelverkan med annan materia? Vid 1800-talets slut fanns ett flertal mekaniska modeller för etern. Det verkade dock omöjligt att finna experimentellt stöd för någon av dem. Rummets grundsubstans föreföll lika undflyende som nödvändig för fysikerna.

Det fanns dock skäl att tvivla på att etern över huvud taget existerade.

Jorden susar fram i sin bana kring solen med ungefär 30 000 meter per sekund. Om det fanns en eter borde jorden röra sig minst lika snabbt i förhållande till denna. Vår planet färdas dessutom åt olika håll olika tider på året. Så om etern verkligen existerade och vore relevant för fysiken kunde man förvänta sig ett tydligt riktning beroende hos de jordiska fenomenen, ett som dessutom skulle variera med årstiden. Men något sådant har aldrig observerats. Detta talar starkt mot att det skulle finnas någon eter. Samtidigt utgör det ett kraftfullt belägg för den så kallade relativitetsprincipen: att alla fenomen

men uppträder på samma sätt i alla (icke-accelererade) referenssystem.

Så gick den unge Albert Einsteins tankar. 1905 publicerar han den artikel som skulle komma att kullkasta den då rådande bilden av rum och tid. Han inleder med ett enkelt tankeexperiment i syfte att peka på en besynnerlig egenhet hos Maxwells teori.

**VÄLKÄNT ÄR ATT** en magnet som förs nära en ledare kan ge upphov till ström. Betrakta för enkelhets skull det fall då en stavmagnet förs genom en spole (se figuren, där spolen utgörs av en enda ögla i en sladd). Den ström som då uppstår i spolen kan påvisas med hjälp av en lampa: den blinkar till två gånger, när magneten är på väg in genom spolen och när den är på väg ut.

Fenomenet är lätt att förklara med hjälp av Faradays induktionslag. När magneten förs in genom spolen förändras magnetfältet genom den. Denna förändring ger upphov till ett elektriskt fält längs spolens tråd varvid ström uppstår. Att magneten sedan passerar ut ur spolen innebär åter en förändring av magnetfältet genom den. I första fallet blev detta magnetfält starkare, nu försvagas det. Förändringen måste även denna gång åtföljas av ett elektriskt fält längs ledaren, och därmed en ström.

Så långt är det bara en beskrivning av ett enkelt och välkänt experiment. Men Einstein uppmanar oss att även betrakta fenomenet ur ett annat referenssystem, nämligen ett som följer med magneten. Här är det alltså magneten som befinner sig i vila medan spolen kommer farande med jämn fart och under några ögonblick omsluter den. Betraktat på detta sätt finns inte längre något magnetfält som

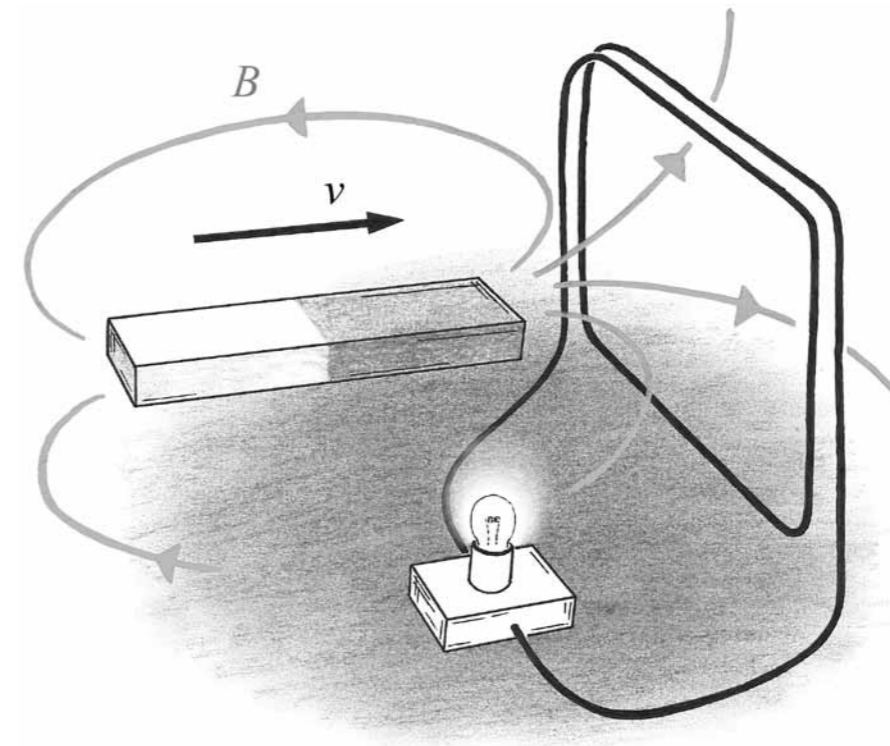
förändras; magneten befinner sig i vila och dess omgivande fält är statiskt. Ändå blinkar lampan till två gånger – den bryr sig förstås inte om vårt val av referenssystem. Men hur förklaras lampans blinkningar av Maxwells teori i detta fall?

Jo, när spolen rör sig över magneten rör sig förstås även de fria laddningarna i spolens koppartråd genom magnetfältet. Det innebär att de påverkas av en magnetisk kraft – Lorentzkraften – och det är denna som nu sätter fart på laddningarna genom tråden och får lampan att blinka. (Kom ihåg att för att en laddning ska påverkas av ett magnetfält måste den ha en hastighetskomponent i rät vinkel mot fältet. Så är fallet endast när spolen är på väg in över magneten samt när den är på väg ut. Därmed blinkar lampan till två gånger även som en följd av beskrivningen i magnetens referenssystem.)

Det märkliga är att lampans blinkningar förklaras på så olika sätt i de båda referenssystemen. Enligt den första beskrivningen, den där spolen är i vila, gör magnetens rörelse att det uppstår ett elektriskt fält som sätter spolens laddningar i rörelse; enligt den andra är det i stället magnetens eget magnetfält som ger upphov till strömmen. Två olika förklaringar av exakt samma fenomen.

**EINSTEIN DRAR TVÅ** lärdomar av detta. För det första: Elektriska och magnetiska fält kan inte sägas vara objektivt existerande storheter var för sig; huruvida de ingår i beskrivningen av en given situation beror på betraktarens rörelse. I tankeexperimentet uppstår det elektriska fältet endast i det ena referenssystemet, nämligen det där spolen är i vila. I det andra systemet är det magnetens eget fält som sätter fart på laddningarna i spolens tråd. Att försöka beskriva dessa fält som faktiska tillstånd hos en eter är därför dömt att misslyckas.

För det andra: Maxwells teori ger sken av att bryta mot relativitetsprincipen, eftersom dess sätt att förklara ett och samma fenomen så drastiskt skiljer sig åt



När en stavmagnet förs genom en spole bestående av en enda ögla i en sladd uppstår en ström i spolen. Strömmen kan påvisas med hjälp av en lampa: den blinkar till två gånger, när magneten är på väg in genom spolen och när den är på väg ut. Fenomenet förklaras på två helt olika sätt beroende på om man väljer sladdens eller stavmagnetens referensram.

mellan olika system. Av detta ska man dock inte låta sig luras: de observerbara effekterna är desamma oberoende av referenssystem. Lampan blinkar på samma sätt, oberoende av de skilda förklaringar den pådyvlas. Maxwells teori ger alltså inget stöd för uppfattningen att relativitetsprincipen måste överges.

I tankeexperimentet gör Einstein således upp med kollegernas fördomar. Han illustrerar att elektromagnetiska fenomen är förenliga med relativitetsprincipen, att faktiska observationer är oberoende av referenssystem och att en eter därmed ter sig överflödig.

Men gäller detta verkligen Maxwells teori som helhet? Uppfyller den relativitetsprincipens starka diktat under alla omständigheter?

En aspekt av elektromagnetismen ter sig särskilt svår att förena med relativitetsprincipen: förutsägelsen att ljuset fortplantar sig med farten  $c$  genom vakuum.

Betrakta till exempel en ljuspuls som sänds iväg invid ett järnvägsspår, parallellt med banvallen. Enligt Maxwells teori far pulsen fram längs spåret med farten  $c$ . (Vi föreställer oss att all luft har avlägsnats så att färdens gång genom vakuum.) Ett tåg

kommer nu körande på spåret med farten  $v$ . Om en tågresenär försöker mäta vilken fart ljuspulsen har i förhållande till tåget bör resultatet bli mindre än  $c$ , nämligen  $c - v$ . Varför?

Jo, under en viss tid  $t$  färdas ljuset en sträcka  $c \cdot t$  längs banvallen. Detta är vad det betyder att dess fart är  $c$ . Under samma tid  $t$  färdas tåget en sträcka  $v \cdot t$  i samma riktning. Det innebär att den sträcka som pulsen färdas i förhållande till tåget är  $c \cdot t - v \cdot t = (c - v) \cdot t$ . Tågresenären som mäter upp denna färdsträcka under tiden  $t$  menar således att ljusets fart är just  $c - v$ .

**SLUTSATSEN VERKAR** oundviklig. Ändå står resultatet i strid med relativitetsprincipen: påståendet att ljusets hastighet är  $c$  i vakuum måste omfatta alla referenssystem, inte enbart banvallens. Annars skulle Maxwells teori bara gälla i banvallens system. Relativitetsprincipen och påståendet om ljushastigheten synes därmed oförenliga. Etern förefaller nödvändig.

Einstein är inte beredd att ge upp vare sig relativitetsprincipen eller Maxwells resultat beträffande ljushastigheten. I stället börjar han att ifrågasätta resonemanget

som leder till slutsatsen att ljuspulsens fart enligt tågresenären bör vara  $c - v$ . Är detta verkligen så oskyldigt som det ser ut? Har man inte i själva verket förutsatt en hel del om mätningar i rummet och tiden, nämligen om de som krävs för att fastställa farten hos en ljuspuls? Resonemanget förutsätter exempelvis att den tid som observatören ombord på tåget mäter upp för ljuspulsens färd mellan två punkter är densamma som enligt observatören vid banvallen. Men hur kan vi veta detta? Vad menar vi över huvud taget med att klockorna ombord på tåget visar "samma tid" som de vid banvallen? Hur jämförs dessa tider?

Detta ifrågasättande av innebörden av tidmätningar beskrev Einstein senare som det avgörande steget i relativitetsteoriens tillkomst. Det leder honom att börja nysta i ett virrvarr av aldrig tidigare ifrågasatta försanthållanden. När han så småningom är färdig uppenbarar sig en ny bild av rum och tid – en som ingen före Einstein hade kunnat föreställa sig ens i sin vildaste fantasi.

SÖREN HOLST  
STOCKHOLMS UNIVERSITET

I Fysikaktuelltts porträttserie möter vi den här gången en utvecklingsingenjör på förpackningsföretaget Tetra Pak.

## Förbättrar förpackningsmaterialen

### Du jobbar på Tetra Pak – vad gör du?

– Jag är utvecklingsingenjör och jobbar med nyutveckling av material till de formsprutade plasttoppar med tillhörande skruvkork som finns på vissa förpackningar.

Vi kollar vilka nya material och tekniker som finns hos våra leverantörer, men även inom universitetet och på konferenser. Vi är ute efter att få bättre egenskaper på plasten och förpackningen. Det är en balansgång mellan att av kostnads- och miljökärl använda så billigt och lite material som möjligt och att skydda produkten så bra som möjligt. Förpackningen behöver barriärer mot solljus, luft och aromer från andra varor som står i kylan.

### Vad har du för bakgrund?

– Jag läste kemiteknik på Chalmers, sen hamnade jag i Karlstad hos Ellen Moons på materialfysik. Där doktorerade jag på halvledande polymerer för solceller. Det ligger väldigt långt ifrån de material som finns i mjölkpaket – det är alldeles för dyr teknik för att användas i engångsförpackningar för bulkprodukter som mjölk och juice.

### Hur hamnade du på Tetra Pak?

– Precis innan jag disputerade hade Tetra Pak en annons ute där de sökte en gärna disputerad person med kunskaper i både kemi och fysik för polymerutveckling. Det stämde bra med min profil och en vecka efter att jag disputerat fick jag jobbet. Jag började med allmän polymerutveckling, även för förpackningslaminat, och efter olika projekt och omorganisationer jobbar jag nu med formsprutade material.

### Hur ser en typisk arbetsdag ut?

– Det är väldigt varierat. Jag har mycket möten och många projektarbeten. Man jobbar i ett eller ett par projekt där man ansvarar för projektupplägget – vad som ska göras och testas. Man ska se till att prover kommer in till labbet, göra analyser och planera hur vi ska gå framåt. Vi försöker också hinna med att få tid över för mer långsiktiga projekt och att bygga grundläggande kunskaper, till exempel kring vilken nivå av barriär vi behöver. Jag handleder en del exjobbare också.

### Har du någon nytta av din fysikutbildning i ditt nuvarande jobb?

– Ja, det tycker jag. Framför allt av min polymerutbildning men även av fysik i allmänhet när det gäller testmetoder, mekanik, optik och lite allt möjligt. Från doktorandtiden har jag nytta av problemlösningsmetodiken och testupplägg, alltså hur man bygger upp sin egen testplan och analyserar data. Och lite statistik har jag också användning för.

### Vad gillar du mest med ditt jobb?

– Alltihop, mixen av det hela. Det är utmanande arbetsuppgifter, att försöka optimera något som folk redan jobbat med i femtio år. Gruppen som jag jobbar i är ett tvärvetenskapligt team med både maskinkonstruktörer, kemister och fysiker. Det är intressant att få ta del av alla bitarna och förstå hur material och maskin fungerar ihop. Man lär sig något nytt varje dag.

### Finns där något som är mindre kul?

– Det skulle väl vara stress och press. När man jobbar i en industri med den här typen av produkter har man alltid en



### Cecilia Björström Svanström

**Ålder:** 35 år

**Arbete:** Utvecklingsingenjör på Tetra Pak

**Utbildning:** Civilingenjörsexamen i kemiteknik och doktorsexamen i materialfysik

**Bor:** I Lund

**Familj:** Man

**På fritiden:** Intresserad av matlagning och löpning i form av millopp och halvmaraton, dock har det blivit lite mindre löpning det senaste året.

strävan att hitta så billiga lösningar som möjligt så snabbt som möjligt. Det ger en viss begränsning för vad man kan göra och inte göra. Men annars trivs jag väldigt bra.

### Vad gör du om tio år?

– Antingen är jag kvar här eller så jobbar jag någon annanstans inom industrin och leder en grupp av materialspecialister eller -experter inom forskning- och utvecklingsprojekt.

INGELA ROOS



Bild 1

## Snabbt ryck och porslinet står kvar

Det finns i litteraturen en uppsjö av experiment där man snabbt rycker bort underlaget för ett föremål och föremålet därvid i stort sett står still. Förklaringen sägs bero på "föremålets tröghet", vilket jag tycker inte är så bra förklaring.

ETT KLASSIKT EXEMPEL på ovanstående experiment är att dra bort duken under en servis, se bild 1, där artikelförfattaren genomför numret. Man bör dra duken rakt nedåt (inte horisontellt) för att få ett lyckat resultat. Om man inte drar tillräckligt snabbt följer föremålen med du-

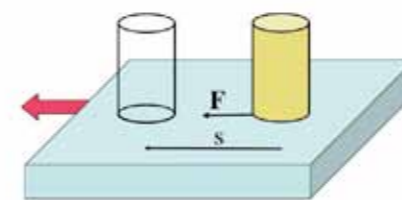


Bild 2

ken, vilket direkt indikerar att tröghetsargumentet inte räcker som förklaring.

När man rycker bort underlaget tillräckligt fort börjar föremålen glida och vi får en friktionskraft  $F = \mu m_{\text{tung}} g$ , där  $\mu$  är friktionskoefficienten för glidning,  $m_{\text{tung}}$  den tunga massan och  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  är tyngdaccelerationen. Denna kraft kommer att accelerera föremålet relativt bordet så det efter en tid  $t$  får hastigheten  $v = Ft / m_{\text{trög}}$ , där  $m_{\text{trög}}$  är den tröga massan. Ekvivalensprincipen säger att  $m_{\text{trög}} = m_{\text{tung}} = m$  och vi erhåller (efter integration) att föremålet rör sig sträckan  $s = \frac{1}{2} \mu g t^2$ , se bild 2.

Om vi antar att alla föremål har samma friktionskoefficient  $\mu$  mot underlaget finner vi att *alla föremål rör sig*

*samma sträcka s oberoende av deras form och massa.* Vi ser också att om  $\mu = 1$  har vi samma formel som för fritt fall i vakuum, det vill säga föremålen accelererar med jordaccelerationen  $g$ . Ett luftmotstånd vid fritt fall kan kvalitativt simuleras med  $\mu < 1$ .

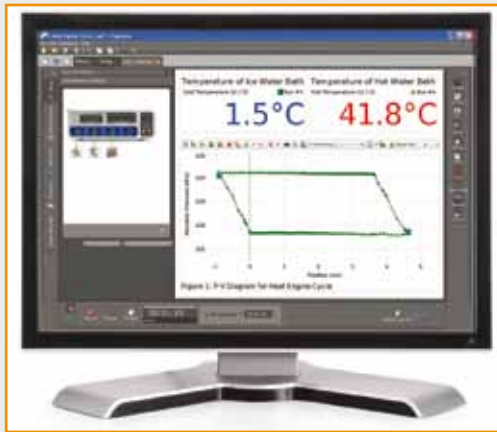
I mitt försök uppskattar jag att  $t = 0.1$  sek och  $\mu = 0.5$ , vilket ger  $s = 2.5 \text{ cm}$  i god kvalitativ överensstämmelse med experimentet. Försöket visar oss alltså att föremålen ligger nästan stilla relativt bordet på grund av den korta tid de utsätts för accelerationen  $a = \mu g$ .

PER-OLOF NILSSON  
CHALMERS

## VÄRNYHETER FRÅN PASCO

### PASCO CAPSTONE SKOLLICENS

PASCO Capstone är nästa generations programvara för datalogging, presentation och analys av mätdata!  
PASCO Capstone är kompatibel med alla PASCOs USB-gränssnitt (ScienceWorkshop, PASport och SPARK)!



UI-5400 Capstone skollicens  
5 418 kr exkl moms

ERBJUDANDE till användare av DataStudio  
skollicens (gäller endast under 2012):

UI-5400 Capstone skollicens  
2 990 kr exkl moms

UI-5000 Universal Interface 850  
11 658 kr exkl moms

### 850 UNIVERSAL INTERFACE



- ◆ 10 MHz sampling/oscilloskop
- ◆ 2 st signalgeneratorer:
  - 100 kHz (15 V, 1 A)
  - 500 kHz (10 V, 50 mA)

850 Universal Interface är världens snabbaste datalogger/interface för undervisning inom de naturvetenskapliga ämnena. Samtliga PASCOs sensorer från 1995 till idag kan användas direkt!  
850 Universal Interface kräver PASCO Capstone programvara.

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