

# f Fysikaktuellt

NR 4 • DECEMBER 2009



## Fysikexperiment i hundra knyck

sidan 5

ISSN 0283-9148

**Energy 2050  
– energimöte  
i Stockholm**

sidan 6–7

**Tema: astrofysik**  
✱ Kosmologi  
✱ Stjärnbildning

sidan 12–15

**Möte med  
dansk ljus-  
trollkonstnär**

sidan 18–19



# WALLENBERGS FYSIKPRIS 2010

## KVALIFICERINGS- OCH LAGTÄVLING

Datum: 28 januari Plats: Din gymnasieskola

Tävlingen sker individuellt och skolans tre bästa deltagare utgör skolans lag.

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

De 15 bästa deltagarna går vidare till finalen.

Anmäl dig till din fysiklärare!

Läs mer om tävlingen på  
[www.fysikersamfundet.se/  
fysiktavlingen.html](http://www.fysikersamfundet.se/fysiktavlingen.html)

## FINALTÄVLING

Datum: 26–27 mars Plats: Umeå

Finalen innehåller både teoretiska och experimentella moment.

Alla tävlande får penningpriser.

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

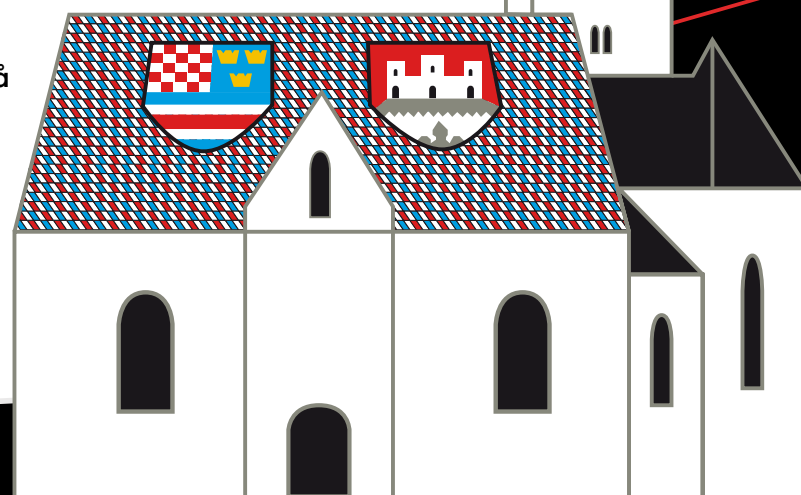
Arrangör: Svenska Fysikersamfundet  
Sponsor: Stiftelsen Marcus och Amalia Wallenbergs Minnesfond

## INTERNATIONELLA FYSIKOLYMPIADEN

Datum: 17–25 juli  
Plats: Zagreb, Kroatien

Nästan 500 ungdomar från ett nittiototal länder tävlar i fysik under två dagar. Resten av veckan är fylld med utflykter, föredrag och avkoppling.

Kanske blir det du som får åka!



## Innehåll

### 4 SAMFUNDSINFORMATION

Information om Svenska Fysikersamfundet.

### 5 FYSIKDAG PÅ GRÖNA LUND

1200 gymnasieelever gjorde experiment i karusellerna.

### 6 ENERGY 2050

Framtidens energimöjligheter diskuterades på KVA:s internationella energimöte i oktober.

### 10 FYSIKNYHETER

Malmöelever femma på fysiklagtävling i Kina, mönstring av organisk elektronik, nya NV-programmet och bästa platsen för teleskop.

### 12 MODERN KOSMOLOGI

Ulf Danielsson ger oss färsk information om den kosmologiska forskningsfronten.

### 14 AVHANDLINGEN

Carina Persson har studerat stjärnbildning via signaler från molekyler i rymden.

### 16 NYBLIVEN DOKTOR

En intervju med Carina Persson.

### 18 LJUSET STANNAR

Thors Hans Hansson möter världsberömda fysikern Lene Vestergaard Hau.

### 20 FORSKNINGSPOLITIK

Synkrotronljusanläggningar under Olof Hallonstens lupp.

### 21 FYSIKERPORTRÄTTET

Mattias Ekström beräknar risker på banken.

### 22 ÄPPELGEOMETRI

Peter Apell inser att det är bäst att äta äpplen på "fel" håll.

### 22 EUROPEISKA TIDSKRIFTER

Europeiska fysiktidskrifter ligger i skuggan av de amerikanska.

### 23 MINNESORD

Göran Jarlskog minns bortgångne fysikern Guy von Dardel.

### 24 TANKEEXPERIMENT

Sören Holst berättar historien om tvillingparadoxen.

### 27 FYSIKALISK LEKSAK

Mormors kaffekopp i ett snöre.

## SIGNERAT

## När ska vi sluta "labba"?

**SMÅ BARN S KOGNITIVA** utveckling är vi underlig. Barn lär sig själva, stimulerade av föräldrar och andra, att kommunicera och tala men också det som varit nödvändigt att behärska om hur den materiella världen fungerar. Både barn och vuxna tycks vara evolutionärt förberedda för detta samspel.

Fördelen med att barn lär sig läsa, skriva och räkna i tidiga år har länge varit välkänd. Det har därför nästan helt fått dominera innehållet i de första skolåren. Tyvärr tycks man över hela världen ha varit lika överens om att naturvetenskapen måste vänta till skolans senare år. På det viset har man delat upp kunskapsområden som barn själva med stor glädje ägnar sig åt samtidigt.

Resultaten är uppenbara. Med få undantag har nu alla vuxna i de flesta organiserade samhällen lärt sig läsa, skriva och räkna i någon form av obligatorisk skola. Även i de mest utvecklade länderna är det dock fortfarande bara en liten bråkdel av varje ny generation som lyckas ta till sig fundamenten i den naturvetenskap vars tillämpningar förändrar samhället i allt snabbare takt.

**ALLT FLER BÖRJAR** inse att det är minst lika viktigt att börja tidigt med grunderna i naturvetenskap som med grunderna för klassisk bildning. Sedan 1994 har vi i Sverige en i grunden förändrad läroplan som betonar både naturvetenskap och experimentellt arbetssätt redan från grundskolans tidigaste år.

Mer än tio års stadigt expanderande verksamhet ([www.nta.kva.se](http://www.nta.kva.se)) visar att det med modern didaktik, omsorgsfullt utarbetat experimentellt material och praktisk träning går att ge lärare stöd för att arbeta effektivt och entusiastiskt mot dessa mål i kursplanerna. Arbetssättet visar sig också ge ovärderlig färdighetsträning för språkutveckling och andra mål i läroplanen. Allt detta skulle gå ännu bättre om lärarna hade fått djupare insikter i naturvetenskapens natur och arbetssätt i sin utbildning.

När skolans ekonomiska (kommu-

terna) och pedagogiska (staten) huvudmän börjar ta till sig dessa insikter mer allmänt kommer högskolan utmanas att ta fram en ny adekvat och anpassad kompetensutveckling i naturvetenskap för en hel generation nu aktiva lärare i skolans tidigare år. Tänk om fysikerna med de nya arbetsformer som nu sprider sig ("Peer Instruction" à la Mazur och Wieman) kunde ta initiativet att tillsammans med andra ämnen utveckla en sådan utbildning!

När ska vi på allvar sluta "labba" i fysik på grundutbildningen i högskolan och i stället utgå från grunderna i hela den experimentella processen och dessutom ta upp både de filosofiska och etiska idéerna i ett (natur)vetenskapligt förhållningsätt? Som det nu är lämnar vi oftast skolan och lärarutbildningarna i sticket på dessa områden.

Jag har svårt att se hur samhället i demokratiska former ska kunna möta framtidens utmaningar utan att befolkningen har en allmänbildning som innehåller både klassisk bildning och en god del naturvetenskap. Ytterst blir allt detta en fråga om demokratins och den mänskliga välfärdens långsiktiga överlevnad.

*Sören Olof Holmgren*

SVEN-OLOF HOLMGREN  
STYRELSELEDAMOT  
I 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: Anders Kastberg, Université de Nice anders.kastberg@unice.fr  
Skattmästare: Lage Hedin, Uppsala universitet lage.hedin@fysik.uu.se  
Sekreterare: Raimund Feifel, Uppsala universitet raimund.feifel@fysik.uu.se

Adress: Svenska Fysikersamfundet  
Fysiska institutionen  
Uppsala universitet  
Box 530  
751 21 Uppsala  
Postgiro: 2683-1  
E-post: kansliet@fysikersamfundet.se  
Webb: www.fysikersamfundet.se

**Medlemskap**  
Svenska Fysikersamfundet har för närvarande cirka 900 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner. År 2009 är årsavgiften 400 kr för ordinarie medlemmar och 250 kr för pensionärer och doktorander upp till 30 år. För grundutbildningsstudenter i fysik är medlemskapet gratis. 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](http://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 fyra gånger per år. Ansvarig utgivare är Lage Hedin. Redaktör och annonskontakt är Ingela Roos (ingela.roos@gmail.com). Övriga redaktionsmedlemmar är Bengt Edvardsson, Jenny Linde, Peter Apell, och Thors Hans Hansson. Reklamation av uteblivna eller felaktiga nummer sker till Fysikersamfundets kansli.

**Omslagsbilden:** Berg-och-dalbanan ”Kvasten” på Gröna Lund. Foto: Lars Gråsjö

**Tryck:** Trydells, Laholm 2009

## Aktuellt

- ”NO-undervisning i grundskolans tidigare år”, öppet seminarium på Stockholms universitet, Campus Konradsberg. 7 december. [www.su.se/kalendariet](http://www.su.se/kalendariet)
- Nobelföreläsningar. Årets Nobelpristagare i fysik, kemi och ekonomi föreläser i Aula Magna på Stockholms universitet 9:00–16:20, 8 december. [www.kva.se](http://www.kva.se)
- ”SKB – nuclear waste storage and denudation”, föreläsning av Mats Olvmo 9 december 14:30–15:30. Geovetarcentrum vid Göteborgs universitet. Mer information på [www.gvc.gu.se/Aktuellt/Kalendarium/](http://www.gvc.gu.se/Aktuellt/Kalendarium/)
- ”Spelet om forskningens internationella infrastrukturer”, föreläsning om ESS av Allan Larsson 9 december 13:15–14:30 på KTH. [www.kth.se/aktuellt/kalender](http://www.kth.se/aktuellt/kalender)
- Linnaeus Colloquium on Engineered Quantum Systems. Markus Oberthaler från Heidelbergs universitet föreläser om ”Josephson effect in BEC atoms” i Kollektorn på Chalmers 10 december 15:15–16:15. Mer info i kalendariet på [www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)
- Kvalificerings- och lagtävlingen i Wallenbergs fysikpris (tidigare Skolornas fysiktävling) går av stapeln torsdagen 28 januari 2010. Tävlingen riktar sig till N- och T-elever i årskurs 2 och 3 i gymnasiet. Frågor? Kontakta Kerstin Ahlström på [fysiktaavlingen@edu.boras.se](mailto:fysiktaavlingen@edu.boras.se). Läs mer på [www.fysikersamfundet.se/fysiktaavlingen.html](http://www.fysikersamfundet.se/fysiktaavlingen.html).
- Med målet att bilda ett ramverk för ett systematiskt samarbete äger det första asiatisk-europeiska fysiktoppmötet rum i Tsukuba (Japan) 24–26 mars 2010 under titeln ”Physics towards Science Innovations”. <http://aseps.kek.jp/>
- Europeiska naturvetenskapsolympiaden för niondeklassare går av stapeln i Göteborg 11–17 april 2010. [www.chemsoc.se/sidor/KKEUSO2010](http://www.chemsoc.se/sidor/KKEUSO2010)
- ”23rd General Conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society”, Warsawa, 30/8-3/9 2010. <http://cmd23.ipj.gov.pl/>
- Fysikdagarna 2010 äger rum i Karlstad 7–9 oktober 2010.

## Tioprocenlig medlemsökning

Det senaste halvåret har Svenska Fysikersamfundet glädjande nog fått mer än åtio nya medlemmar. Det innebär en nästan tioprocenlig medlemsökning. De flesta av de nya medlemmarna är grundutbildningsstudenter. Det är troligtvis ett resultat av den rekryteringskampanj som styrelsen arrangerat bland

nya fysikstudenter vid landets universitet och tekniska högskolor. Sedan en tid tillbaka är medlemskapet i Svenska Fysikersamfundet gratis för grundutbildningsstudenter. Förhoppningen är att de ska vilja stanna kvar i samfundet även när de sedan går ut i yrkeslivet.

### Stödjande medlemmar

- ALEGA Skolmateriel AB [www.alega.se](http://www.alega.se)
- Azpect Photonics AB [www.azpect.com](http://www.azpect.com)
- BfI OPTILAS [www.bfiophtilas.com](http://www.bfiophtilas.com)
- Bokförlaget Natur och Kultur [www.nok.se](http://www.nok.se)
- Gamdata Instrument AB [www.gamdata.net](http://www.gamdata.net)
- Gleerups Utbildning AB [www.gleerups.se](http://www.gleerups.se)
- Laser 2000 [www.laser2000.se](http://www.laser2000.se)
- Liber AB [www.liber.se](http://www.liber.se)
- VWR International AB [www.vwr.com](http://www.vwr.com)
- Zenit AB Läromedel [www.zenitlaromedel.se](http://www.zenitlaromedel.se)

### Stödjande institutioner

- Chalmers tekniska högskola, Institutionen för fundamental fysik
- Chalmers tekniska högskola, Institutionen för teknisk fysik
- Göteborgs universitet, Institutionen för fysik
- Karlstads universitet, Avdelningen för fysik och elektroteknik
- Högskolan i Halmstad, IDE-sektionen
- Kungliga tekniska högskolan, Institutionen för teoretisk fysik
- Lunds universitet, Fysiska institutionen
- Mittuniversitetet, Institutionen för naturvetenskap, teknik och matematik
- Stockholms universitet, Fysikum
- Umeå universitet, Institutionen för fysik



## Med Newton i berg-och-dalbanan

**Elever på Gröna Lund – under skoltid! Har skolan kapitulerat tolt nu? Nej, tvärt om! Den 3 september blev Gröna Lund för några timmar en jättestor laborations-sal för cirka 1200 gymnasieelever. Ämnet för dagen: dynamik.**

FÖR NÄSTAN 400 år sedan skrev Galilei *Dialog om de två världssystemen*, där han diskussionsvägen med hjälp av tankeexperiment försökte göra upp med den aristoteliska synen på fysik – i synnerhet dynamik.

Våra elever kämpar fortfarande med samma problem: att omtolka känslan och intuitionen till det enhetliga och logiska system som Newtons mekanik utgör – med blandat resultat. Ett försök att finna en lösning på dessa problem är att låta eleverna experimentera med sig själva och jämföra upplevelsen med vad fysiken säger. Den röda vagnen på det lutande planet byts ut mot elever i berg-och-dalbanan. Att man kan förena nytta med nöje gör ju inte saken sämre.

För tre år sedan åkte vi tre lärare från Danderyds Gymnasium ner till Göteborg för att under professor Ann-Marie Pendrills och Conny Modigs ledning förkovra oss i nöjesparksfysik. Ann-Marie har i nära femton års tid tagit fysikstudenter, och senare även skolelever till Liseberg av samma skäl som ovan.

Redan samma höst genomförde vi ett första besök på Gröna Lund med 80

elever. I år ville Stockholms Utbildningsförvaltning satsa på fysiken i skolan, och nappade på idén om nöjesparksfysik. Vi från Danderyds Gymnasium bidrog med idéer och de erfarenheter vi skaffat oss genom tre besök i mindre skala då cirka 100 elever gjorde mätningar i två attraktioner.

DEN HÄR GÅNGEN hade vi möjlighet att göra mätningar i följande attraktioner: Fritt Fall och Katapulten (1D), Flygande Mattan, Kättingflygaren och den nya Insane (2D) samt Jetline och Kvasten (3D). Innan det var dags att lämna eleverna i mekanikens våld, förbereddes de på hemmaplan med övningar: dels i att hantera mätutrustningen, dels i att studera och tolka resultatet av ”torrövningar” i laborationssalen. Hjärtat i detta sammanhang, måtenheten, stavas WDSS (Wireless Device Sensor System). Det är en programmerbar liten dosa med accelerometrar (för x-, y- och z-riktningarna) samt höjdmätare. Beroende på inställningarna, kan man mäta mellan tio och tjugo åk, utan att behöva en dator.

Datamängderna blir omfångsrika och komplexa. För att ge eleverna konkreta mål att starta med fick de några uppgifter att lösa. En handlade om att uppskatta kostnaderna för Gröna Lund att genomföra ett åk. En annan var att i förväg lämna in ett förslag på hur accelerationsförloppet borde se ut för de en-dimensionella attraktionerna. Detta utgjorde utgångspunkt för diskussioner om

skillnader och likheter med de uppmätta resultaten i den efterföljande rapporten. I övrigt skulle eleverna försöka hålla huvudet kallt och notera mag- och huvudkänslan i olika lägen av åken. Samtliga åkdata var inte tänkta att behandlas aktivt i rapporten, utan har sparats till när relevanta avsnitt tas upp i B-kursen, speciellt centralrörelse.

Väl hemma fanns det resultat som överraskade. ”Va! Var vi nere under mar-ken!? Hur mäter höjdmätaren, Lars?” – ”Det är en barometer.” – ”Uhu! Ja, trycket ökar nog när man åker in i tunneln.” (Jetline). Eleverna var mycket positiva till mätningarna, men tyckte att tiden varit för begränsad.

Med 1200 elever, de flesta väldigt åksugna, krävdes ett detaljerat program och styrschema. Detta utformades för-tjänstfullt av Ulf Berggren, Beatnic Förlag. Hälften av eleverna fick börja med åkattraktionerna, medan de andra följde programpunkter med bland annat gruppaktiviteter och information om fortsatta studier i naturvetenskap.

Ett stort tack även till Anna Hess och Conny Modig, Zenit Läromedel, för stöd i form av både ”råd och dåd”.

Det blev en lyckad dag, som vi hoppas återkommande kunna genomföra.

LARS GRÅSJÖ  
DANDERYDS GYMNASIUM

Läs mer om fysik på Liseberg:  
<http://physics.gu.se/LISEBERG/>

# Energimöte utforskade

Under fyra år har Kungliga Vetenskapsakademien djup-analyserat olika energislag. Som avslutning på arbetet samlade de internationella toppforskare till ett möte i Stockholm i oktober. Slut-satserna sammanfattades i ett meddelande till FN:s stora klimatmöte i Köpenhamn.

I **DEN SAMLADE** skaran i Aula Magna i Stockholm fanns forskare – varav två Nobelpristagare – från hela världen, politiker, journalister och företagsrepresentanter. Som kronan på verket tågade kung Carl IX Gustaf in och slog sig ner på första raden. Nu var det dags för Gunnar Öquist, ständigt sekreterare i Kungliga Vetenskapsakademien, att öppna det internationella mötet *Energy 2050*.

För fyra år sedan inrättade Kungliga Vetenskapsakademien ett energiutskott med uppgift att undersöka den globala tillgången och användningen av energi i ett femtioårsperspektiv. Under ledning av Sven Kullander, professor emeritus i hög-energifysik, har utskottet djupstuderat olika energifrågor och energislag. Fokus har legat på hur vi snabbt ska kunna ställa om till ett samhälle fritt från fossila bränslen. När de hade vaskat fram de viktigaste och mest intressanta frågeställningarna bjöd de in framstående forskare till ett symposium. Det är alltså här vi befinner oss nu.

Den grundläggande orsaken till mötet är den globala uppvärmningen. Världen är numera medveten om det klimathot våra utsläpp av växthusgaser orsakar. Ändå släpper människan ut tusen ton koldioxid varje sekund och halten i atmosfären bara fortsätter att öka.

– Den ökande mängden växthusgaser gör att jordens medeltemperatur troligtvis kommer att ha ökat med 1,5 till 3,5



Kungliga Vetenskapsakademiens ständigt sekreterare Gunnar Öquist öppnar konferensen *Energy 2050*.

grader vid århundradets slut. Vi kommer också att se förändringar som stigande havsnivåer, minskat istäcke i Arktis och förändrade nederbördsmonster, berättar professor Lennart Bengtsson i sitt föredrag om klimatforskningens status.

I dagsläget är vi uppe i 388 miljoneder koldioxid i atmosfären. Redan den nivån innebär en viss risk för farliga klimatförändringar. För att vara på den säkra sidan borde vi ligga ännu lägre. Då räcker det inte bara att minska framtida utsläpp, vi måste även ta bort en del koldioxid ur atmosfären.

**DET ÄR PRECIS** vad professor Klaus Lackner från University of Columbia i New York arbetar mot. Han är ursprungligen partikelfysiker, men sysslar numera med att utveckla en apparat som renar luften på koldioxid.

Apparatens viktigaste del är ett antal stora paneler av ett speciellt material – en jonbytare. När vinden blåser genom panelerna fastnar ungefär en tredjedel av luftens koldioxid-molekyler i materialet. Efter ett tag blir panelerna mättade. Genom att utsätta dem för 45-gradig vattenånga släpper de snabbt ifrån sig koldioxiden som komprimeras och leds bort. När panelerna har torkat är de redo att fånga in koldioxid på nytt.

Det är förvisso mer effektivt att fånga in koldioxid direkt vid utsläppskällan där koncentrationen är hög. Det förekommer redan, till exempel har Vattenfall börjat rena röken i skorstenen på sina stora kol-kraftverk.

– Men hälften av dagens koldioxidutsläpp kommer från små, spridda källor. Det skulle vara orimligt och i vissa fall omöjligt att förse alla med en separat koldioxidinfångare, säger Klaus Lackner.

Koldioxidutsläpp från till exempel bilar, flygplan och villaoljepannor sprider sig snabbt i atmosfären. Koldioxiden kan alltså fångas in på ett helt annat ställe än där den släpptes ut. Ytterligare en fördel med luftinfångning är att det går att komma åt den koldioxid vi redan släppt ut.

Koldioxidinfångaren befinner sig ännu på laboratoriestadiet. Konceptet är testat, men det återstår en del ingenjörsarbete innan de har en helautomatisk apparat. Den ska rymmas i en vanlig fraktkontainer och kunna fånga ett ton koldioxid varje dygn. Det är bara en bråkdel av våra nuvarande utsläpp. För att verkligen göra någon skillnad skulle det behövas minst tio miljoner apparater.

– Det är ingen omöjlighet. Jämför med att det produceras över sjuttio miljoner bilar varje år, säger Klaus Lackner.

# framtidens möjligheter

**BRITTISKA VETENSKAPSAKADEMIEN** gjorde nyligen en omfattande studie om så kallad "geoengineering" – olika metoder att manipulera jordens klimat för att motverka den globala uppvärmningen.

– För ett par år sedan sågs geoengineering som en otänkbar sista utväg. Men nu ser vi att det blir allt svårare att undvika farliga klimatförändringar enbart genom minskade utsläpp, säger professor Peter Cox som suttit med i expertgruppen bakom studien.

Studien bedömer koldioxidinfångning från luften som en av de säkraste geoengineering-metoderna. Men också ganska dyr.

– Det kan vara en kortsiktig lösning innan vi fått koldioxidutsläppen under kontroll. Även efteråt skulle vi kunna använda luftinfångning för att få ner koldioxidhalten till riktigt låga nivåer, säger Peter Cox.

Den koldioxid som i dagsläget fångas in från kraftverk lagras mestadels i underjorden. Kemisten och Nobelpristagaren George Olah föreslår att man istället ska återvinna koldioxiden. Han förespråkar en bränsleekonomi baserad på metanol och har arbetat fram en process där han på kemisk väg omvandlar koldioxid till bränslet dimetyleter (DME). Men den kräver förhållandevis mycket el och kan bli aktuell i större skala först när världen utvecklat fler och billigare förnyelsebara energikällor.

**NOBELPRISTAGAREN I FYSIK** och tidigare generaldirektör för Cern, Carlo Rubbia, konstaterar att det bara finns två källor som kan garantera människans energiförsörjning på ett uthålligt sätt: solen eller en ny sorts kärnenergi.

Vad gäller solenergi värderar Kungliga Vetenskapsakademien konceptet "koncentrerad solkraft" högt. Det handlar om att med speglar koncentrera solljus till tunna rör med vatten. Vattnet värms upp och genererar elektricitet i vanliga ångturbiner.

– Det är konventionell kraftverkstek-

nologi där energikällan är ersatt av koncentrerade solstrålar, säger Robert Pitz-Pal, professor i solteknologi i Tyskland.

För att kunna producera el även då solen inte lyser är solkraftverken utrustade med teknik för värmelagring. Spanien ligger långt framme och har redan flera fungerande solkraftverk av den här typen. Utvecklingsarbetet handlar nu främst om att pressa kostnaderna.

Koncentrerad solkraft funkar bäst på solintensiva platser som södra Europa, norra Afrika och Mellanöstern. Ett en kvadratkilometer stort solkraftverk i Sahara skulle kunna producera 200–300 gigawattimmar el per år, och därmed undvika utsläpp av 200 000 ton koldioxid. Med utveckling och utbyggnad av kraftledning för högsäpnd likström (HVDC) finns chansen att även vi som bor i norra Europa i framtiden kan få ta del av miljövänlig el från koncentrerad solkraft.

**SJÄLV ARBETAR CARLO RUBBIA** på att utveckla konceptet kring en kärnreaktor som går på naturligt förekommande torium istället för på uran-235. Det har många fördelar: det finns gott om torium i jordskorpan, kärnreaktionerna ger inget långlivat radioaktivt avfall och bränslet kan inte användas för att bygga kärnvapen.

Torium måste emellertid beskötas med neutroner för att kärnreaktionen ska kunna ske. Därför behöver kärnreaktorn kompletteras med en neutronproducerande accelerator. Det innebär förstås en extra kostnad, men även att härdsmltor är omöjliga. Det återstår dock en del utvecklingsarbete innan toriumkraftverket kan bli verklighet – varken reaktortypen eller acceleratorn finns färdiga på hyllan idag.

En annan typ av kärnkraft under utveckling är fusion (se Fysikaktuellt nr 4 2008). Fungerande fusionskraft har länge varit en dröm som sagts ligga fyrtio år in i framtiden. Men med det pågående jätteprojektet Iter och även mindre projekt som stellaratorn Wendelstein 7-X i tyska Greifswald menar Friedrich Wagner från

## MEDDELANDE TILL KLIMAT-MÖTET I KÖPENHAMN

Energy 2050:s rekommendationer för den framtida globala energiproduktionen sammanfattas i fem punkter:

- Radikala förändringar av det globala energisystemet måste ske inom en snar framtid.
- Livscykelanalyser och ekologisk ekonomi är nödvändiga för framtidens politiska beslut.
- Jordbruket ska i första hand producera livsmedel för att undvika global avskogning och bevara den biologiska mångfalden.
- Elektricitet måste bli den viktigaste energibäraren i framtiden.
- Investeringar i energiforskning och energikutveckling är avgörande för att kunna bryta de fossila bränslenas dominans och ersätta dem med ett uthålligt, förnyelsebart energisystem.

Max Planck-institutet för plasmafysik att fusionskraft år 2050 nu är högst realistiskt.

**KONFERENSEN INNEHÖLL ÄVEN** ett avsnitt om transporter. Transporter är den tredje största boven vad gäller koldioxidutsläpp, och därav står person- och skåpbilar för nästan 70 procent.

– För att ha en miljövänlig fordonsflotta till 2050 måste vi börja ta steg mot nya teknologier redan idag, säger Julia King, som gjort en utredning om biltrafiken för brittiska staten.

Hon ser elbilar som framtidens melodi och menar att samhället måste ge folk fler mö-  
rötter för att köra elbilar.

Batterierna är för tillfället en stor stoppkloss för elbilar. Jean-Marie Tarascon upplyste konferensdeltagarna om den senaste utvecklingen på batterifronten.

Energy 2050 bjöd även på föredrag om livscykelanalyser och resursbedömningar, samt en paneldiskussion om energieffektivitet.

INGELA ROOS

Läs mer på [www.energy2050.se](http://www.energy2050.se)



# Funktionella mönster av organisk elektronik

**Organisk elektronik lovar spännande applikationer som ihoprullbara bildskärmar, billiga solceller och flexibel elektronik som enkelt kan integreras med och ge "liv" åt idag passiva ytor som papper och plast. En viktig fördel med organiska material är att det är billigt att tillverka tunna filmer, men funktionell elektronik kräver dessutom att filmen kan mönstras. Här berättar jag hur vi utvecklat en mönstringsmetod som möjliggör en rättfram tillverkning av funktionella elektroniska kretsar.**

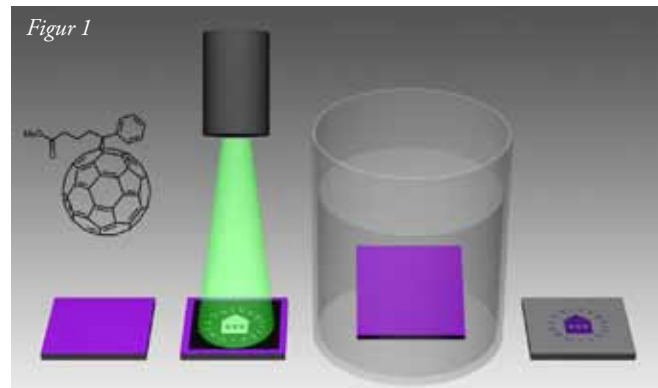
**NYA TYPER AV** organiska halvledarmaterial erbjuder ett antal attraktiva – och i vissa fall unika – möjligheter. Kompetenta kemister kan idag designa och syntetisera material med en önskad uppsättning egenskaper i form av absorptionsområde (färg), förmåga att leda ström, fluorescenskapacitet, biokompatibilitet, etc. Från ett applikationsperspektiv är dock den kanske viktigaste fördelen med organiska halvledare i jämförelse med vanliga icke-organiska halvledare att organiska material kan lösas upp i olika lösningsmedel. Det gör att lätta och flexibla filmer kan tillverkas över stora ytor med effektiva metoder som känns igen från tryckindustrin.

För många tillämpningar inom till exempel elektronik krävs det därefter att ett relativt högupplöst mönster kan skapas i filmen. Realiseringen av detta kritiska mönstringssteg är dock inte trivialt, eftersom organiska halvledare till exempel inte klarar av att utsättas för de kemikalier som används vid konventionell litografimönstring av icke-organiska halvledare.

Under de senaste åren har vi utvecklat en påtagligt "snäll" och skalbar mönstringsmetod som är applicerbar på en viktig undergrupp av organiska halvledare med formen av en kolfotboll – så kallade fullerener. Fullerener används idag frekvent i till exempel solceller och transistorer, och den mest förekommande är [6,6]-phenyl C<sub>61</sub>-butyric acid methyl ester (PCBM, molekylstrukturen är presenterad i övre vänstra hörnet av figur 1).

**NÄR VI BÖRJADE** projektet var också vår ambition att utveckla förbättrade solceller, och en central del i vårt koncept innefattade att exponera fulleren-molekylerna för kraftigt laserljus så att de skulle koppla ihop kemiskt och forma kedjor i en process som kallas fotopolymerisering. En trivial observation – i kombination med att vi vid samma tidpunkt lyckades visa att fotopolymeriserade fullerener är excellenta elektroniska material – fick oss att ändra fokus. Min doktorand rapporterade nämligen en dag att medan det var väldigt lätt att, som väntat, lösa upp och tvätta bort icke-exponerade fullerener från substraten, så satt de fotopolymeriserade fullerenerna som sten. Voilå, vi insåg snabbt att vi snubblat på en mönstringsmöjlighet!

Figur 1 presenterar nyckelstegen i vår mönstringsteknik. En tunn (lila) PCBM-film målas ut från lösning på ett substrat och torkas. En (svart) skuggmask läggs sedan på direkt på filmen,



Figur 1

och de icke-täckta delarna "exponeras" av (grönt) laserljus. Den exponerade filmen "framkallas" sedan genom att snabbt stoppas ned i ett lösningsmedelsbad, varefter ett mönster framträder som motsvarar de områden där laserljuset träffat och där PCBM följaktligen fotopolymeriserats.

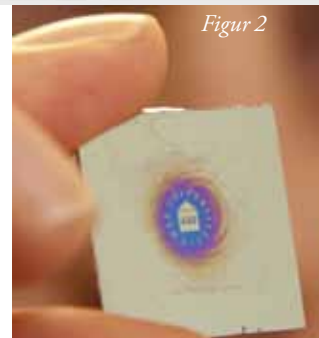
Figur 2 visar ett fotografi av en PCBM-film som mönstrats i enlighet med Umeå universitets logo. För elektronikapplikationer är det av yttersta vikt att det kvarvarande mönstrade materialet verkligen är elektroniskt aktivt, och att mönstringsmetoden erbjuder god precision och är skalbar. Vi har demonstrerat detta genom att tillverka rader av väl fungerande transistorer baserade på mikrometer-stort mönstrat PCBM-materiel. Dessa attraktiva egenskaper öppnar dörren för ett antal möjliga storskaliga tillämpningar, som exempelvis en enkel programmering av unika serienummer hos RFID-taggar.

Vi har vidare nyligen designat en besläktad variant till mönstringstekniken som lovar en mycket effektiv tillverkning av så kallade CMOS-kretsar. Funktionaliteten hos dessa organiska CMOS-kretsar har hittills demonstrerats genom tillverkning av väl fungerande digitala inverterarsteg, men vi hoppas att inom en nära framtid också kunna realisera mer avancerad CMOS-elektronik som ringoscillatorer och logiska grindar. Sedan återstår naturligtvis för oss att slutföra det vi faktiskt hade i åtanke när vi började detta projekt för fyra år sedan, nämligen att utveckla en förbättrad organisk solcell.

LUDVIG EDMAN  
UMEÅ UNIVERSITET

#### Läs mer om mönstringsmetoden:

- Physical Review B, 2007, 75, 075203
- Journal of the American Chemical Society, 2009, 131, 4006-4011



Figur 2

# Val mellan fysik och naturvetenskap på gymnasiet

**Skolverket föreslår att gymnasieeleverna på naturvetenskapligt program ska välja mellan inriktningarna "matematik och fysik" respektive "naturvetenskap". – Det kan signalera att det finns en motsättning mellan fysik/matematik och naturvetenskap, vilket ju är helt fel, menar Martin Cederwall, ansvarig för teknisk fysikutbildningen på Chalmers.**

**SKOLVERKET HAR FÅTT** i uppdrag av regeringen att ta fram förslag på inriktningar i den nya gymnasieskola som är planerad att starta höstterminen 2011. I ett första förslag har Skolverket delat in det naturvetenskapliga programmet i tre inriktningar: *matematik och fysik*, *naturvetenskap* och *samhällsbyggnad*.

Martin Cederwall är ansvarig för Chalmers civilingenjörsutbildning i teknisk fysik, och en av dem som Skolverket anlitat som avnärmarrepresentanter. Han

är, liksom många av sina kollegor och andra referenspersoner, kritisk till förslaget:

– Det viktigaste argumentet är att det inte bör ske en sådan hög specialisering redan på denna nivå. Vi bör istället visa eleverna att en bred, djup och gedigen utbildning inom matematik och naturvetenskap är nyttig inom alla naturvetenskapliga, tekniska och matematiska utbildningar man kan tänkas fortsätta med.

**I UPPDRAGET TILL** Skolverket har regeringen angett att det naturvetenskapliga programmet ska ge behörighet till varje högskoleutbildning som det förbereder för genom minst en av sina inriktningar. Regeringen har uppmärksammat Teknikdelegationens påpekande att dagens gymnasieskola ställer alltför höga krav på eleverna att kunna välja rätt. Till exempel hade bara drygt en tredjedel av alla svenska N- och T-elever som gick ut gymnasiet våren 2008 gjort de tillval som krävs för att söka vidare till civilingenjörsstudier.

Men ingen av de inriktningar som Skolverket föreslagit på det naturvetenskapliga programmet skulle ge behörighet till apotekar-, läkar-, optiker-, tandläkar-, veterinär- eller vissa lärarutbildningar idag. Matematik- och fysikinriktningen saknar tillräckligt med biologi och kemi, medan den naturvetenskapliga inriktningen saknar tillräckligt med fysik. Högskolorna skulle alltså tvingas att släppa på en del av sina förkunskapskrav och starta utbildningen på en lägre nivå om Skolverkets förslag går igenom.

Den 15 februari ska Skolverket lägga fram ett slutligt förslag på programinriktningar till regeringen.

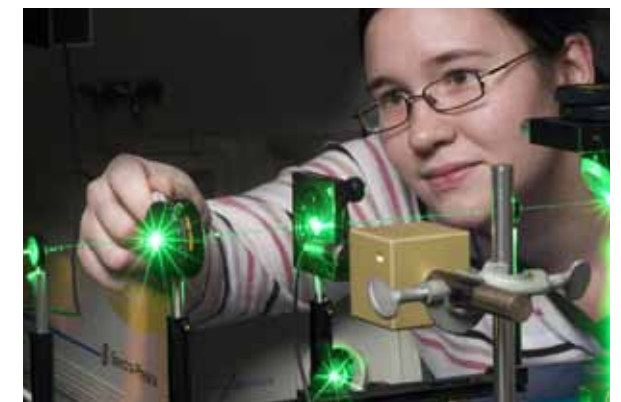
– Vi har en bra dialog med Skolverket, de verkar intresserade av att lyssna. Om många instämmer i dessa synpunkter skall det nog lösa sig, säger Martin Cederwall.

ANNE-SOFIE MÄRTENSSON



Discover your opportunities, study a **Master's programme** in **Physical Sciences** at Chalmers

- Applied Physics
- Complex Adaptive Systems
- Fundamental Physics
- Nanoscale Science and Technology
- Nuclear Engineering



**CHALMERS**  
www.chalmers.se/fc





Det svenska laget på International Young Physicists' Tournament i Kina. Från vänster: Michelle Turesson, Blanka Kesek, Frida Grundmark, Jakob Lavröd och Yahia Al-jebari.

# Malmöelever duellerade i Kina

– Ni bara måste höra mina elever som varit i Kina på fysiktävling. De är fantastiska ungdomar, framhöll Nicola Sarac, rektor för Borgarskolan i Malmö.

Det tycker väl alla rektorer, tänkte jag, men han hade rätt. Hela lyssnarskaran trollbands av deras berättelse om hur de upplevde fysiken och hur spännande och speciell tävlingen varit.

**JAG FICK EN** pratstund med Blanka Kesek, en av ungdomarna i det svenska laget som tävlade i International Young Physicists' Tournament i TianJin i Kina i somras.

## Vilka var ni som reste till Kina?

– Vi var fem elever och tre lärare. Från Malmö Borgarskola åkte Frida Gundmark, Jakob Lavröd, Yahia Al-jebari och jag samt Kim Freimann och Per Brantmark som medföljande lärare. Från S:t Petri-skolan var det Michelle Turesson och läraren Mattias Andersson. Av oss

elever går Michelle och Jakob natur, medan vi andra läser IB. Jag och Frida går i tvåan, resten går i trean.

Som du märker var vi ett lag med kvinnlig majoritet. Det var väldigt ovanligt, möjligen hade Frankrike också det. Överlag var där ganska få tjejer. I finalen där totalt femton personer tävlade var det bara en tjej, berättar Blanka Kesek.

## Hur går tävlingen till?

–Tävlingen går ut på att lagen får 17 problem som man har ett helt år på sig

att fundera på. Alla problemen är av den sorten att hypoteser måste ställas, experiment behöver göras, och teorier utarbetas. Väl på tävlingen är det viktigaste att lagen kan argumentera för sin lösning.

”Det viktigaste är att lagen kan argumentera för sin lösning.”

Man tävlar i omgångar, i varje omgång är det tre lag. Det ena laget presenterar sin lösning, det andra opponerar och det tredje laget sammanfattar vad de två andra lagen sagt och kommer med kritik på deras framställningar. Lagen vet inte vilka uppgifter de ska få redovisa. Vi hade delat upp huvudansvaret för uppgifterna inom laget och det var nervöst i början.

## Hur gick det för er?

– Vi kom sexa av totalt 27 länder, vilket är Sveriges bästa placering någonsin. Vi är mycket stolta över vår prestation. Vi var inte långt från en finalplats, vilket ingen hade förväntat sig av det svenska laget. När vi hörde vissa andra länder presentera sina idéer och såg vilka resurser de hade att tillgå så tänkte vi att vi aldrig kommer klara oss så bra, men det gjorde vi!

## Er rektor är med all rätt väldigt stolt över er. Vad är det som gör fysik så roligt?

– Fysik är kul, dels för att då tävlingen är kul, men mest för att det är logiskt. Det är härligt att kunna förklara världen runt omkring oss. Jag måste dock erkänna att det var lite tråkigt att återgå till skolfysiken efter att ha varit med i tävlingen; det ligger på en annan nivå. Det känns så artificiellt i skolfysiken där varje uppgift innehåller någon förenkling typ som att ”ignorera värme som går förlorat till omgivningen” eller ”försumma luftmotståndet”. I tävlingen var vi tvungna att göra tvärtom och verkligen ha alla parametrar som påverkar i åtanke.

## Jag antar att du kommer vilja fortsätta med fysik?

– Jo, jag tar studenten i vår, efter det är det lite osäkert. Jag har sökt till Cambridge för engineering och skulle bli väldigt glad om jag kom in. Annars går jag i Lund nästa år, antagligen någon matte-, fysik- eller datautbildning, eller kombinerat. Men jag planerar inte att fullfölja min universitetsutbildning i Lund. Det blir någonstans utomlands, antagligen England eller Skottland.

**DET KOMMER SÄKERT** att gå bra för Blanka och hennes lagkamrater. De verkar ha kommit mycket långt i sina fysikfunderingar. Och de måste ha lärt sig massor från alla experiment, misslyckade såväl som lyckade, som de provat. Jag är imponerad både av dem och av deras lärare som förstås är mycket engagerade och har investerat mycket tid, en god investering.

JENNY LINDE

Läs mer om tävlingen på [www.iypt.org](http://www.iypt.org).

# Bästa platsen på jorden

**På Sydpolen ligger världens bästa ställe för att bygga ett astronomiskt observatorium för optiskt och infrarött ljus. Det rapporterar en australiensisk forskargrupp.**

**NÄR MAN BYGGER** ett modernt astronomiskt observatorium vill man att platsen ska vara optimal på flera olika sätt. Det betyder ofta att man måste kompromissa mellan olika aspekter och den första aspekten som ryker brukar vara tillgängligheten. Därför är moderna observatorier ofta placerade långt från ära och redlighet. En ny undersökning av var man kan göra de bästa observationerna från jordytan pekar ut en bergskam på Sydpolen som oöverträffad.

Ett antal olika vetenskapliga önskemål finns, vilka dock är av olika vikt för olika typer av observationer:

- Det ska vara mörkt, vilket betyder stort avstånd till tätbebyggda områden och minimalt med norrsken och airglow, alltså linjeemission från atomer och molekyler orsakade av kemiska eller joniserande processer.
- Det ska vara stjärnklart, alltså mycket liten molnighet.
- Det ska vara lugnt så att teleskopen inte skakar i vinden och så att luftens gränsskikt med markturbulens blir så tunt som möjligt.
- Det ska vara minimal turbulens också ovanför gränsskiktet. Markturbulens respektive turbulens ovanför gränsskiktet ger upphov till rörelseoskarpa bilder (så kallade seeingeffekter) med olika karakteristika. Turbulens knycklar nämligen till strålningen för stjärnljuset.
- Luften ska vara torr. Vattenånga absorberar nämligen infrarött ljus och strålning i mikrovågsområdet.
- Det ska vara kallt. Infrarödstrålning från teleskopet själv och luften ovanför observatoriet höjer bakgrundsnoise i observationerna.

**BERGSKAMMEN** PÅ Sydpolen kallas för Ridge A (81,5° S, 73,5° E), ligger 4053 meter över havet och har en vintermedeltemperatur på -70° C. Den föreslås av en forskargrupp ledd av Will Saunders vid University of New South Wales vara den optimala platsen för Pilot-teleskopet som ska arbeta i optiskt och infrarött ljus.

## Sydpolen är oöverträffad vad gäller lufttorrhet

Saunders och kollegorna har jämfört fem platser på Antarktis utifrån publicerade data, atmosfärsmodeller och satellitmätningar. Eftersom Antarktis ligger i sydskenzonen är ingen av platserna utmärkt vad gäller norrsken och airglow. Dessa är dock allvarligast vid korta visuella våglängder och mindre viktiga i det infraröda området. Däremot är Sydpolen oöverträffad vad gäller lufttorrhet, vid Ridge A är vintermedelvärdet över platsen knappt 0,12 mm vatten om det skulle kondenseras.

Författarna sammanfattar studien med en checklista där Ridge A intar toppplacering i fyra av sex kategorier. Platsen Dome C är något bättre vad gäller vintermolnighet (ingen plats har mer än 20 procent molnighet) och Dome F har ett något tunnare skikt med markturbulens. Markturbulensen måste kompenseras för med så kallad adaptiv optik, där en datorstyrd ”gummispegel” i teleskopets strålgång planar ut den korrugerade vågfronten med en frekvens av över 1 kHz.

BENGT EDVARDSSON

## Originalartikel:

Saunders W et al. 2009, ”Where is the best site on Earth? Domes A, B, C and F, and Ridges A and B”, Publications of the Astronomical Society of the Pacific 121, 976

Allmänt tillgänglig via preprintserver: <http://arxiv.org/abs/0905.0695>

## Pilots hemsida:

<http://www.aao.gov.au/pilot/>



# Modern kosmologisk forskning

Den moderna kosmologin har en mycket stark anknytning till forskningsfronten i partikelfysik. Den mörka materian eftersöks både i underjordiska acceleratorer och med astronomiska instrument. Gammastrålning från extremt avlägsna explosioner kan till och med ge ledtrådar till den mörka energin.

**FUNDAMENTAL FYSIK** ÄR inte en angelägenhet bara för underjordiska tunnlar. Det har också blivit allt viktigare att använda sig av kosmos för att ge sig i kast med fysikens stora gåtor. Nu är detta ingen ny idé. Redan för mer än ett halvsekel sedan gjordes flera viktiga upptäckter genom att studera den kosmiska strålningen.

Ett av de mest spännande rymdbaserade observatorierna är Fermi som observerar himlen i gammastrålningsområdet. Satelliten sköts upp av Nasa den 11 juni 2008 och man hoppas att den skall vara i funktion under minst fem, kanske tio, år.

Dess uppgift är att undersöka extrema fenomen i universum som involverar energiskalar av en helt annan storleksordning än de som är relevanta i vår närhet. Det handlar om gåtfulla gammastrålningsexplosioner, svarta hål, pulsarer och det fortfarande delvis okända upphovet till den kosmiska strålningen. Dessutom kommer Fermi att förutsättningslöst kartlägga himlen och leta efter det ingen kunnat förutse.

## Mörk materia

Men det handlar också om frågor som har direkt att göra med fundamental fysik. En av dessa rör den mörka materien. Man har sedan länge känt till att det finns mer materia än den som syns, men man har bara gissningar om vad det kan vara. Kanske den kan bestå av supersymmetriska partiklar? De supersymmetriska partiklarna utgör en mycket rimlig och naturlig utvidgning av partikelfysikens standardmodell och är något man kommer att leta efter med hjälp av den nya acceleratoren Large Hadron Collider (LHC) vid Cern när den väl kommer igång. Starten har ju försenats efter den olyckliga incident som inträffade förra hösten. Supersymmetriska partiklar som förklaring till den

mörka materien kan sägas vara det mest genomarbetade av de förslag som lagts fram, och också det som de flesta forskare inom området vill argumentera för.

Om den mörka materien verkligen består av supersymmetriska partiklar kan man förvänta sig att det då och då inträffar kollisioner mellan dem vilket i sin tur leder till att de omvandlas till mer ordinarie partiklar av olika slag. Om resultatet är neutriner kan man hoppas på att neutrinoteleskopet IceCube kan vara till hjälp. Det letar efter ljusblixtar i isen vid sydpolen som sänts ut av muoner som skapats av just neutriner från rymden. Sådana neutriner skulle kunna skickas ut från kolliderande supersymmetriska partiklar som ansamlats i till exempel solen. IceCube byggs successivt ut och beräknas vara färdigt under 2011. Än så länge har man dock inte sett några signaler från mörk materia. En annan möjlighet vore att leta efter gammastrålning från annihilerande mörk materia vilket blir möjligt med hjälp av Fermi. Men det finns också en tredje möjlighet.

Nyligen har man upptäckt gammastrålning som tyder på existensen av ett moln av högenergetiska elektroner kring Vintergatans centrum. Gammastrålningen uppkommer genom att stjärnljus sprids mot elektronerna (så kallad invers Comptonspridning). Tidigare har man sett en liknande effekt i mikrovågsområdet och man tror att det som Fermi nu ser kan ha samma ursprung. Elektronerna har för hög energi för att ha något med supernovor att göra och en intressant möjlighet vore att de är en biprodukt av annihilerande mörk materia.

Satelliten Pamela har tidigare sett tecken på att det finns ett överskott av elektroner och positroner med hög energi i solsystemets närhet. Pamela sändes upp

den 15 juni 2006 med hjälp av en rysk raket och har till uppgift att studera sammansättningen av den kosmiska strålningen.

Det blir mycket intressant att kombinera resultaten från Fermi och andra rymdorienterade observatorier med mätningar med LHC vid Cern. Att upptäcka Higgspartikeln är en av LHC:s viktigaste uppgifter, men det vore kanske ännu mer spännande om man med hjälp av LHC kunde skapa mörk materia. En sådan koppling mellan den himmelska och jordiska fysiken vore något alldeles storslaget.

## Kvantlödder

Ett annat spännande område där Fermi kan bidra med nya viktiga upptäckter rör så exotisk fysik som kvantgravitation. Rent allmänt förväntar man sig att rumtiden på riktigt korta skalor förlorar sin kontinuitet och ersätts av något slags bubblande kvantlödder. Fast ingen har egentligen någon riktig aning om hur detta skall beskrivas. Inte ens inom strängteorin har man kommit tillräckligt långt för att kunna dra några säkra slutsatser.

Men man kan ändå spekulera kring möjligheten att detta skulle kunna förändra det sätt på vilket ljuset utbreder sig. Kanske ljushastigheten blir energiberoende? Det finns också vissa alternativa teorier till strängteorin som gör sådana, oklart hur väl underbyggda, påståenden.

Genom att observera strålning av hög energi och olika energi som sänds ut vid samma tillfälle, och notera när strålningen kommer fram, borde man kunna uppmäta sådana eventuella skillnader i ljusfarten. Avlägsna gammastrålningsexplosioner ger utmärkta möjligheter till just detta. Fermi har gjort noggranna

## AKTUELLA FORSKNINGSPROJEKT MED KOSMOLOGIINTRESSE



Bild: NASA/General Dynamics

### FERMI

<http://fermi.gsfc.nasa.gov/>

Svenskt deltagande: Högskolan i Kalmar, KTH, Stockholms universitet



Bild: PAMELA MISSION

### PAMELA

<http://pamela.roma2.infn.it>

Svenskt deltagande: KTH

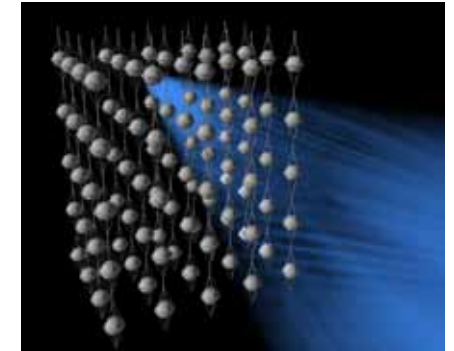


Bild: NSF

### ICECUBE

<http://icecube.wisc.edu/>

Svenskt deltagande: Stockholms universitet, Uppsala universitet



Bild: CERN

### LARGE HADRON COLLIDER

<http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

Svenskt deltagande: KTH, Lunds universitet, Stockholms universitet, Uppsala universitet



Bild: ESO

### VERY LARGE TELESCOPE, HUBBLE SPACE TELESCOPE

<http://www.eso.org/>

Används vid Stockholms universitet för forskning kring mörk energi.

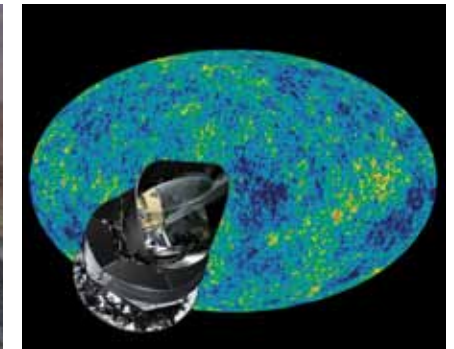


Bild: ESA/NASA

### PLANCK

<http://www.rssd.esa.int/index.php?project=Planck>

Inget svenskt deltagande

mätningar och funnit vissa indikationer på en effekt, men resultaten är inte entydiga. Även ett negativt resultat är ändå mycket viktigt eftersom det kan användas för att avfärda många modeller.

## Vad mer?

Om den mörka materien är gåtfull, är detta ändå inget jämfört med den mörka energin (eller den kosmologiska konstanten som den också kallas). Den utgör runt 70 procent av universums energiinnehåll men man har väsentligen ingen aning om vad det kan vara. Upptäckten gjordes genom att mäta rödförskjutningen hos galaxer på olika avstånd, och

därmed med vilka hastigheter galaxerna avlägsnar sig. För att göra detta utnyttjade man supernovor som avståndsindikatorer. Underligt nog visade det sig att universums expansion accelererar vilket man tolkar som närvaron av en mörk energi eller kosmologisk konstant. Men är den verkligen konstant? Här krävs det nya och bättre mätningar. Upptäckten av variationer i den mörka energins täthet under universums historia skulle vara en mycket viktig ledtråd. En mörk energi med sådana egenskaper brukar ofta kallas för kvintessens.

Och sedan har vi förstås Planck. Den sändes upp den 14 maj 2009 och svävar

runt den andra Lagrangepunkten 1,5 miljoner kilometer från jorden. Den är i full färd med att tålmodigt mäta den kosmiska bakgrundsstrålningen men resultaten blir inte tillgängliga förrän mot slutet av år 2012. Kommer den att bekräfta inflationsteorin? Kommer den att kunna ge ledtrådar till fundamental fysik som strängteori eller något annat?

Det har sällan varit så spännande som nu att syssla med fundamental fysik.

ULF DANIELSSON  
INSTITUTIONEN FÖR FYSIK OCH ASTRONOMI  
UPPSALA UNIVERSITET

# Molekyler i rymden berättar hur stjärnor föds

**Stjärnor föds i mörka moln av damm och gas, ogenomträngliga för synligt ljus. Men signaler från molekyler i molnen slipper igenom. Carina Persson tog hjälp av Odinsatelliten för att undersöka stjärnbildande områden.**

**DEN 4 OKTOBER 2009**, kl 08:57 gjorde Odinsatelliten precis sitt 46 962:e varv kring jorden. Varje varv har tagit 90 minuter. Odin är en fantastisk liten satellit. Med en 1,1 meter stor spegel och flera instrument har Odin letat efter vatten och molekyllärt syre, både i rymden och i jordens atmosfär, i snart nio år. Sedan 2007 utförs dock nästan uteslutande observationer av jordens atmosfär. Vi astronomer har istället nyligen börjat använda Europeiska rymdstyrelsens uppföljare till Odin – rymdteleskopet Herschel.

Båda satelliterna observerar stora gasmoln mellan stjärnorna – det interstellära mediet. Dessa moln har extremt låg täthet. I de allra tätaste områdena är tätheten fortfarande inte högre än i våra bästa vakuum på jorden.

I dessa moln bildas stjärnor. De tätaste och mest iskalla klumparna av molnen kollapsar under sin egen tyngd i miljoner år. Till slut tänds en ny stjärna. Denna process är svår att observera eftersom den är begravd djupt inne i det täta och mörka molnet.

Det är istället molekyler som har fungerat som ovärderliga mätsonder av denna process. Vår kunskap om stjärnbildning och det interstellära mediet har ökat dramatiskt sedan den första molekylen i radioområdet detekterades 1963. Idag har över 160 molekyler säkert detekterats i rymden. Men molekylerna är även viktiga för stjärnorna själva. Utan dem så skulle det faktiskt vara omöjligt för dagens stjärnor att kunna bildas.

När ett stort gasmoln kollapsar stiger nämligen temperaturen. Det skapar ett tryck som stoppar kollapsen i ett alldeles för tidigt skede. Men om det finns molekyler i molnet så kan de omvandla värme till strålning så att temperaturen hålls nere och stjärnbildningen kan fortsätta.

**SYRE ÄR DET** tredje mest förekommande grundämnet i universum och ingår i många molekyler. Två av dessa molekyler har dessutom förutspåtts vara mycket viktiga kylagenter i stjärnbildningens tidiga stadier: vatten ( $\text{H}_2\text{O}$ ) och molekyllärt syre ( $\text{O}_2$ ). Syrekemin påverkar alltså det interstellära mediet och stjärnbildning och är därför viktig att studera. Vattenmolekylen är även mycket känslig för skillnader i täthet och temperatur och spårar därför stjärnbildande områden mycket bra.

Kemimodeller har förutspått att en mycket stor del av syret i det interstellära mediet borde finnas i form av molekyllärt syre och vatten. I många år var detta dock bara teorier eftersom få observationer var gjorda. Information saknades även om i vilka sorts områden dessa molekyler fanns: utbredd och tunn gas, tät och kompakt gas, kalla eller varma källor? En annan viktig relaterad fråga rörde deras tillstånd: existerar de som gas eller som is på ytan av de solida små stoftkorn som finns i gasen?

Tyvärr är det svårt, nästan omöjligt, att observera vatten och molekyllärt syre med markbaserade teleskop eftersom jordens atmosfär effektivt absorberar strålningen. Lösningen blir att sända upp satelliter. En av dessa är Odinsatelliten, som är specialdesignad för att observera vatten och molekyllärt syre vid våglängderna 0,5 respektive 2,5 millimeter.

**I MIN AVHANDLING** har jag använt data från Odinsatelliten för att undersöka stjärnbildande områden med fokus på vattenmolekylen. Ett av mina största projekt var en spektrallinjeavsökning mot Orionnebulosan – den första som någonsin utförts från rymden.

I ett sådant arbete observeras ett mycket brett våglängdsband för att undersöka vilka molekyler som finns i detta



Odinsatelliten sköts upp 2001 och är ett samarbete mellan Sverige, Frankrike, Kanada och Finland.

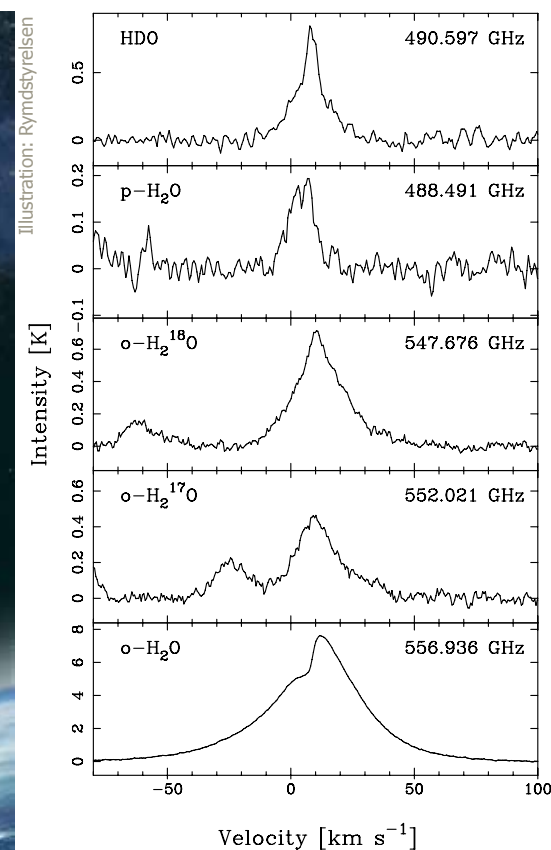
område. Det är ett välbeprövat sätt att få mycket välkalibrerade data och ger också möjlighet att hitta helt nya molekyler.

Under 1100 timmar observerades Orionnebulosan och 344 möjliga signaler detekterades mellan 0,61–0,62 och 0,52–0,55 millimeter. Databearbetningen var omfattande och tog lång tid, liksom identifieringen av alla signaler. Efter flera års arbete var 280 linjer identifierade från 38 olika former av molekyler. Bland annat såg vi en mycket stark signal från vatten. Dessutom underlättades analysen av denna linje betydligt genom att vi även detekterade de mera sällsynta vattenmolekylerna  $\text{HDO}$ ,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  och för första gången i rymden,  $\text{H}_2^{17}\text{O}$ . Arbetet publicerades i två stora artiklar i *Astronomy & Astrophysics* under 2007.

En av fördelarna med en spektrallinje-

avsökning är att man oftast kan observera många linjer från ett flertal molekyler med samma teleskop och instrument. Detta är till stor hjälp vid analysen av data eftersom de olika molekylerna kan ge kompletterande information av området. Förutom vattenmolekylerna observerade vi till exempel inte mindre än fyra  $\text{CO}$ -molekyler:  $^{12}\text{C}^{16}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}^{16}\text{O}$ ,  $^{12}\text{C}^{17}\text{O}$  och  $^{12}\text{C}^{18}\text{O}$ . Dessa är viktiga när man ska bestämma vattenhalten i gasen.

Våra resultat har bidragit till att visa att syret till stor del är bundet på ytan av stoftkorn genom effektiv bildning av vattenis. I gasfas bildas vatten mycket långsamt och ineffektivt vid låga temperaturer. När temperaturen stiger så sublimerar dock vattnet från stoftkornens is och dessutom kan kemiska reaktioner snabbt omvandla allt tillgängligt syre till



Fem olika signaler från vatten observerades i Orionnebulosan under vår spektrallinjeavsökning med Odinsatelliten.

vattenånga i gasen. Höga temperaturer finns ofta i anslutning till stjärnbildande områden.

**I ETT ANNAT** av mina projekt är vi på jakt efter mer kunskap om hur de allra första stjärnorna i universum bildades.

Några hundra tusen år efter Big Bang blev universum mörkt och de kosmiska mörka åren började. Under denna tid bestod hela universum av en tunn och oerhört jämn gas med mycket små förtätningar här och var. Dessa förtätningar

växte under hundratals miljoner år innan de första stjärnorna tändes och spred ljus i den mörka rymden.

De första stjärnorna var enormt mycket större än stjärnorna idag. Orsaken var att i tidiga universum fanns bara väte, deuterium, helium, helium-3 och litium, som producerades strax efter Big Bang. Alla andra grundämnen har stjärnorna bildat långt senare i sina heta kärnor. Resultatet blev att det fanns oerhört lite molekyler som kunde kyla de stjärnbildande områdena, till exempel  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2^+$ , HD,  $\text{HD}^+$ ,  $\text{HeH}^+$ , LiH, och  $\text{LiH}^+$ .

Ingen har någonsin observerat något från denna mörka tid. Många frågor återstår därför om utvecklingen av universums struktur, de första stjärnorna och galaxerna.

Med Odin har vi därför genomfört spektrallinjeavsökningar mot flera positioner utan känd strålning för att leta efter signaler från de kosmiska mörka åren. Sökandet är oerhört svårt eftersom man i princip inte vet vilka molekyler man letar efter, var på himlen man ska titta, eller på vilka våglängder man ska observera. De primordiala "gasmolnen" är dessutom i okänt evolutionärt tillstånd, vilket betyder att det är omöjligt att förutsäga styrkan eller signalernas bredd och form.

Ingen detektion har ännu gjorts, men vi fortsätter sökningarna med Onsala rymdobservatoriums 20-meters teleskop liksom med rymdteleskopet Herschel under 2010. En signal från denna tid skulle innebära att någon för första gången fått en direkt signal från det tidiga universum.

**CARINA PERSSON**

Läs en intervju med Carina Persson på nästa sida

Carina Persson har doktorerat i astronomi vid Chalmers tekniska högskola. Hon försvarade sin avhandling den 16 januari 2009 med Emmanuel Caux från Centre d'Etude Spatiale des Rayonnements i Frankrike som opponent.

#### Läs mer:

Hela Carina Perssons avhandling "Molecular observations at high and low redshifts with the Odin satellite" finns på [www.chalmers.se/rss/oso-sv/kontakt/personal/persson-carina](http://www.chalmers.se/rss/oso-sv/kontakt/personal/persson-carina).



# Hon förverkligade sin barndomsdröm

Varför gillar du astronomi?

– Jag drömde om att bli astronom redan när jag var liten, men jag trodde inte att det var något för mig eftersom fysik kändes helt obegripligt i grundskolan. Därför gick jag istället ekonomisk linje på gymnasiet och jobbade sedan med kultur, film och lokal-tv.

Jag flyttade upp till Sandviken när jag träffade mina barns pappa och medan jag var barnledig började jag längta efter att plugga igen. I Sandviken fanns inte mycket att välja på mer än lärarutbildning i matte och NO. Då behövde jag gå naturvetenskapligt basår först. Där upptäckte jag hur kul det är med fysik och att jag visst klarar av det. Fastän jag födde mitt fjärde barn mitt under basåret gick det jättebra.

Sedan separerade min man och jag, och då bestämde jag mig för att förverkliga min dröm att bli astronom. Jag flyttade med mina fyra barn och började plugga på fysik- och matematikprogrammet vid Uppsala universitet.

Hur kom du på tanken att doktorera?

– Ska man bli astronom måste man doktorera, och jag ville verkligen forska. Det var bara att söka de doktorandtjänster i astronomi som fanns. Precis när jag var klar med min grundutbildning kom det ut en tjänst vid Onsala rymdobservatorium som jag sökte och fick.

Din avhandling handlar om stjärnbildning. Hur fastnade du för det ämnet?

– Doktorandtjänsten var finansierad med pengar från Rymdstyrelsen och var definierad till att baseras på data från Odin-satelliten. Odin har speciellt tittat på signaler från molekylärt syre och vatten från det interstellära mediet, vilket är relevant vid stjärnbildning.

Hur var tiden som doktorand?

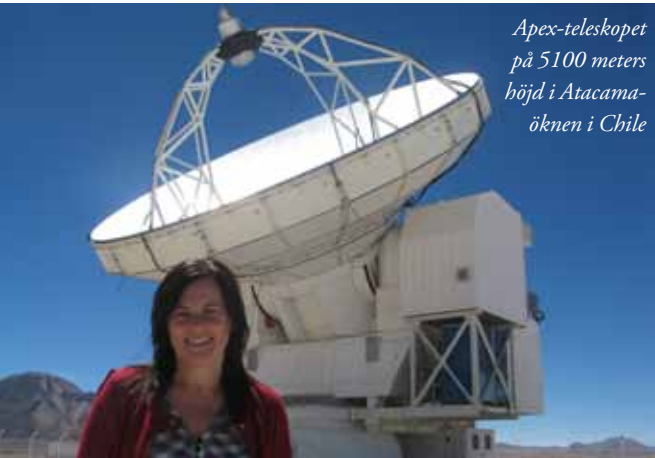
– Jätterolig och jättejobbig. Det som var nytt var att jag ofta inte hade någon att fråga – jag var den som skulle veta mest. Det är lite läskigt, men också det som gör det spännande att forska om sådant som ingen annan vet.

Är där något du är speciellt stolt över?

– Att jag klarade av det på utsatt tid fastän jag var själv nästan hela tiden med mina barn.

Du disputerade i januari, vad gör du idag?

– Jag jobbar kvar på Onsalaobservatoriet. Jag är anställd främst för att ta hand om utåtriktad verksamhet som att ansvara för vår utställning om astronomi, ta emot studiebesök och åka runt på olika evenemang och tala om astronomi. Jag är också inblandad i Vetenskapsfestivalen i Göteborg. I somras fick jag hänga med den svenska delegationen till Florida när Fuglesang sköts upp i rymden. Där pratade jag om svensk rymdforskning



*Apex-teleskopet på 5100 meters höjd i Atacama-öknen i Chile*

**Carina Persson**  
**Ålder:** 45 år  
**Forskning:** Observationer av molekyler i det interstellära mediet med hjälp av Odin-satelliten, se föregående uppslag.

**Familj:** Fyra barn på 19, 17, 14 respektive 12 år samt sambo och ett nioårigt bonusbarn.  
**Bor:** I Vallda som ligger nära Onsala rymdobservatorium, cirka fyra mil söder om Göteborg.

för inbjudna gäster.

På Onsalaobservatoriet är jag även supportastronom vid teleskopet. Det innebär att jag hjälper de som kommer hit för att göra observationer med hur de ska hantera teleskopet. Sen försöker jag naturligtvis hinna forska lite också.

Hur har dina barn ställt sig till ditt beslut att bli astronom?

– De tycker att det är kul att jag får göra riktigt spännande saker som att observera med våra teleskop och åka jorden runt för att träffa forskarkollegor. Men självklart förväntar sig barnen presenter efter varje resa. Ibland har de till och med skickat inköpslistor. Jag är glad över att ha kunnat visa mina barn att man kan förverkliga sina drömmar om man bara sätter upp mål och orkar kämpa för dem.

Vad har du för framtidsdrömmar?

– Jag vill försätta att forska, och skulle gärna ha mer tid att forska än idag. Så jag hoppas på mer forskningspengar. Någon gång skulle jag vilja forska utomlands, men det blir inte inom de närmaste åren. Mina barn vägrar nämligen att flytta mer.

Vad har du för intressen utöver astronomi?

– Jag vet inte längre, jag hinner bara med astronomin, barnen och huset. Min sambo och jag flyttade ihop i ett hus för två år sedan och nu ägnar vi nästan all ledig tid åt att snickra på det.

INGELA ROOS

# Fysik för gymnasiet



## ”Nu fattar jag! – Heureka!”

Man blir så lycklig när man förstår! Arkimedes lär ha rusat ut på gatan i bara badlakanet, tjoande Heureka!, när han förstod att det gick att mäta en oregelbunden kropps volym.

**För kurs A resp B finns:**  
Lärobok, Ledtrådar och lösningar, Övningar och problem, Lärarhandledning samt webbstöd (abonnemangstjänst)  
**Författare:** Rune Alphonse, Lars Bergström, Per Gunnvald, Erik Johansson, Inger Kristiansen, Roy Nilsson

Gymnasieeleven uppträder vanligen mera behärskat, men blir säkert lika tillfreds innerst inne när de fysikaliska sambanden faller på plats. Med läromedlet Heureka!, fysik kurs A och B, går fysiken att förstå. Den genomtänkta strukturen gör att saker faller på plats, en efter en och övningsuppgifterna stöttar förståelsen. Nya begrepp införs där de behövs, och framställningen

bygger då vidare på en stabil grund. De mest krävande kursmomenten ligger i kursens senare del. Med Tänk till!-uppgifter utmanas eleverna och lockas till diskussion, och Kontroll-uppgifterna ger kvittens på att man förstått. Nyttiga övningsuppgifter finns både i läroböckerna och i övningar och problem.

# Hon trollar med ljuset

I Lene Vestergaard Haus labb möts två av de mest spännande frontlinjerna i modern fysik – studiet av Bose-Einstein kondensat och kvantinformation, det vill säga lagring och manipulation av kvanttillstånd.

**”TROLLERI MED LJUS”** var titeln på det fascinerande föredrag som Lene Vestergaard Hau gav i Stockholm i höst. Och titeln var ingen överdrift. Hon förklarade hur man genom att skicka laserljus genom ett Bose-Einsteinkondensat av kalla atomer, kunde minska ljusets hastighet tills det står helt stilla (se faktarutor). Men det rör sig inte om någon enkel absorption. Istället blir informationen om ljusets kvanttillstånd infruset i den starkt korrelerade gasen som sitter instängd i en magnetisk fälla.

– Ljuset gör ett holografiskt avtryck i kondensatet. Detta lilla hologram kan vi sen plocka ut ur kondensatet. I princip kan jag i mitt labb i Cambridge stoppa in ett sådant materiehologram i en liten flaska och ta med det hit till Stockholm. Här kan vi skicka in det i ett kondensat tillverkat i något labb här. Genom att skicka en laserpuls genom kondensatet kan vi återskapa ljuspulsen som släcktes ut i Cambridge här i Stockholm, berättar Lene Vestergaard Hau.

Och även om jag som fysiker i princip kan förstå vad det är som händer, står jag i förundran inför alla de fantastiska trick atomer och fotoner kan utföra när Lene Vestergaard Hau och hennes kollegor svänger sina trollstavar.

**DAGEN EFTER FÖREDRAGET** träffar Maria Hermanns, som snart skall disputera i teoretisk fysik, och jag Lene Vestergaard Hau för ett samtal. Det är uppenbart att hon inte följde de upptrampade stigarna på sin färd från skolan i Vejle på Jylland till professuren på Harvarduniversitetet i USA. Istället för att stanna kvar i Dan-



Lene Vestergaard Hau fick sitt internationella genombrott 1999 då hon och hennes forskargrupp lyckades bromsa ljuset till cykelhastighet. Ett par år senare lyckades de stanna ljuset helt.

mark och fortsätta de teoretiska studier av hur högenergetiska elektroner uppför sig i kristaller som hon gjort för sin doktorsavhandling, ordnade hon ett stipendium från Carlsbergstiftelsen och åkte till USA. Efter ett par år som postdoktor vid Harvard fick hon en tjänst som forskare vid Rowlandinstitutet.

– Rowland fungerade som ett mini-Bell Lab. För mig passade det perfekt – man hade inga andra plikter än att forska, men man var tvungen att söka om resurser för varje enskilt projekt, säger Lene Vestergaard Hau.

Och 1996, bara ett år efter den ursprungliga upptäckten, fick hon tillräck-

## BOSE-EINSTEINKONDENSAT

■ Om man kyller en gas av bosoner (partiklar med heltaligt spinn) till mycket låga temperaturer så kommer en stor del av dessa sällskapliga partiklar att befinna sig i samma kvanttillstånd – ett så kallat Bose-Einsteinkondensat, uppkallat efter Satyendra Bose och Albert Einstein vilka först förutsade dess existens.

■ Kondensatet har ovanliga egenskaper – det är supraflytande vilket är en makroskopisk kvanteeffekt – det vill säga ett storskaligt fenomen av den märkliga typ som vanligtvis bara kan observeras på atomär nivå.

■ Ett genombrott på området skedde 1995 då Eric Cornell och Carl E. Wieman vid universitetet i Colorado lyckades skapa ett Bose-Einstein kondensat genom att kyla ner rubidiumatomer till 20 miljard-dels grader från absoluta nollpunkten. För denna bedrift fick de dela 2001 års Nobelpris med Wolfgang Ketterle vid MIT som samtidigt lyckats kondensera en gas av natriumatomer.

■ Under de femton år som gått sen den ursprungliga upptäckten, har studiet av atomära Bose-Einsteinkondensat utvecklats till en stor och viktig del av den moderna kvantfysiken.

ligt med resurser för att försöka skapa sitt Bose-Einsteinkondensat.

– Jag sökte också pengar från National Science Foundation, men där blev det nej med en snorkig kommentar om att en teoretiker inte skulle tro att hon skulle kunna åstadkomma ett kondensat. Men efter 15 månader hade vi det och året efter hade vi ljus som gick så sakta att det gick att köra förbi med en cykel.

Gruppen som lyckades med bedriften var mycket liten, och det är hennes nuvarande grupp på Harvard också – bara åtta personer inklusive studenter.

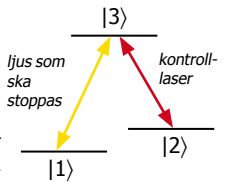
**NÄR LENE VESTERGAARD HAU** väljer nya studenter och postdoktorer letar hon efter folk med ”eld i magen”.

– Det är viktigt att de brinner. Jag har ingen användning för trygghetsnarkomaner. I vårt labb finns det inget tåg du kan hoppa på som tar dig från A till B. Hos oss är vägen krokig och du måste själv lära

## MÖRKA TILLSTÅND OCH INFRUSET LJUS

■ Energienivåerna i en atom är kvantiserade. Laserljus kan inducera övergångar mellan de olika nivåerna.

■ För att förstå hur man kan sakta ner ljus i en kall gas av atomer koncentrerar vi oss på tre nivåer i en av atomerna – se bilden. Det ljus som skall stoppas har en frekvens som är precis avpassad för att kunna excitera atomen från tillstånd  $|1\rangle$  till tillstånd  $|3\rangle$ . Samtidigt belyser man gasen med en kontrollaser vars frekvens är anpassad till övergången  $|2\rangle \leftrightarrow |3\rangle$ . Kvantmekaniskt kan nu atomen finnas sig i superposition av typen  $|D\rangle = \alpha|1\rangle + \beta|2\rangle$ , där konstanterna  $\alpha$  och  $\beta$  är sådana att sannolikhetsamplituden för absorption av en foton från den första lasern precis tar ut den för absorption från den andra. När atomen befinner sig i tillståndet  $|D\rangle$  kan den varken absorbera eller sända ut strålning –  $|D\rangle$  sägs vara ett **mörkt tillstånd**.



■ När nu ljuspulsen kommer in i gasen så påverkar den atomerna så att de exciteras till det mörka tillståndet, med följd att gasen blir nästan helt genomskinlig för den frekvens som precis matchar övergången  $|1\rangle \leftrightarrow |3\rangle$ . Då ändras också brytningsindex mycket snabbt just vid denna frekvens.

■ Från vågrörelseläran vet vi att gruppshastigheten för en ljuspuls beror på förändringen i brytningsindex, och det är det som är förklaringen till det långsamma ljuset. Genom att helt slå av kontrollasern när pulsen är helt inne i kondensatet (det sker en enorm kompression, en en kilometer lång puls får plats i ett 20 mikrometer långt kondensat) kan man helt stoppa ljuset.

■ Den här effekten finns även i gaser som inte bildar ett Bose-Einsteinkondensat, men det är bara i ett kondensat man kan ”frysa in” ljuset på ett sådant sätt att det verkligen skapar en holografisk materiekopia som kan extraheras, lagras, flyttas och manipuleras.

■ Den ursprungliga ljuspulsen kan sen återskapas genom att man för in hologramet i ett Bose-Einsteinkondensat och slår på kontrollasern igen. I en vanlig gas skulle atomernas rörelse förstöra kvantinformationen och det ursprungliga ljuset kan inte rekonstrueras.

dig hur man hittar fram. Jag behandlar inte doktoranderna som skolelever, utan förväntar mig att de skall ta ansvar. Men i gengäld får alla känna att de personligen gett viktiga bidrag till våra arbeten.

Men hon tillägger att det är viktigt att vi som forskare inte helt förlorar barnasinnets lekfullhet för att kunna vara kreativ och tänka i nya banor.

Hon uppmanar Maria Hermanns att lära känna och helst besöka den grupp hon ska arbeta i som postdoktor för att få en känsla för hur den fungerar.

– Kom ihåg att fysik är inte bara fysik utan också kemi – personkemi. Och tänk brett och nytt, fortsatt för all del inte att skriva din doktorsavhandling om och om igen!

**Här i Sverige menar många att vägen till ”ledande forskning” och ”excellenta forskningsmiljöer” går via stora sats-**

**ningar på stora grupper och centrumbildningar. Men din grupp är ju väldigt liten, och ni verkar ju klara er bra?**

– Jag är inte med i något centrum, och det är jag stolt över. En bra forskningsgrupp skall vara liten och flexibel så att den kan fånga upp nya och intressanta idéer. Kanske en del av drivkraften bakom allt tal om stora satsningar är att det är lättare att dela ut pengar i stora potter än att bedöma ansökningar från enskilda forskare. Jag tycker att de flesta bidrag bör vara individuella. Dessutom riskerar de stora centrumen att tränga ut ”entreprenörerna”. Det är också synd att grundforskning bara bedrivs på universiteten. Att Bell Labs stängdes var väldigt, väldigt synd. Visst, universiteten behövs förstås, men universiteten är vad de är och grundforskning måste kunna bedrivas också på andra ställen och under andra villkor, säger Lene Vestergaard Hau.

THORS HANS HANSSON



# ”Småforskning på stora maskiner är framtiden”

Sverige har nyligen fått sin första doktor i forskningspolitik. Olof Hallonsten har studerat synkrotronljuskällor – ett ämne som ligger många fysiker varmt om hjärtat. Fysikaktuellt träffade honom för en pratstund.

ÄMNET FORSKNINGSPOLITIK såg dagens ljus i början av 1960-talet. Under andra världskriget hade nämligen statsmän märkt att grundforskning kunde vara oerhört användbar. Vetenskapsmän hade spelat en stor roll i kriget, bland annat genom att knäcka Enigma-koden och att utveckla radar och atombomben. Från att i början av 1900-talet inte ha blandat sig i forskning alls – varken med pengar eller inflytande – så började länder världen över att inse vilken nytta de kunde ha av vetenskapen såväl i krig som i fred. Kring 1950 började många stater dela ut forskningspengar genom nybildade naturvetenskapliga forskningsråd, och forskningen blev därmed en statlig angelägenhet.

– Det finns en allmän uppfattning att naturvetenskaplig forskning är objektiv och neutral, men den är egentligen oerhört politisk och genombyråkratiserad. Den är beroende av samhället genom att den konkurrerar om både pengar och existensberättigande, säger Olof Hallonsten som i april disputerade med avhandlingen *Small science on big machines* vid forskningspolitiska institutet vid Lunds universitet.

Själv är han speciellt fascinerad av stora forskningsanläggningar, både på grund av mytologin kring dem (till exempel Dan Browns *Änglar och demoner* om Cern) och på grund av deras roll som kulturella monument.

– De är som vår tids pyramider, där civilisationens spjutspets ska visas. Stater lägger ner enorma summor pengar och mycket prestige i dem.

På hemmaplan i Lund började Olof Hallonsten med att studera synkrotronljusanläggningen Max-lab. Där fastnade han för kontrasterna mellan litet och stort. På anläggningar som Cern handlar det om gigantiska projekt vid en gigantisk anläggning. Max-lab är också stort, men forskningen utförs däremot i små, vitt skilda projekt av olika forskare.

I sitt avhandlingsarbete har han studerat tre olika synkrotronljusanläggningar: Max-lab i Lund, Stanford Synchrotron Radiation Lightsource i USA och European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) i Grenoble i Frankrike.

– Jag tror att småskalig forskning på stora maskiner är framtiden. Under de senaste trettio åren har det skett en allt större sofistisering och kollektivering inom forskningen, säger han.

Forskare behöver allt mer avancerade instrument för sina ex-



Olof Hallonsten är Sveriges förste doktor i ämnet forskningspolitik.

periment och då är det mest lönsamt med stora anläggningar som kan användas av många.

– Men det finns en uppfattning att forskarna svärmar kring nya tekniker och det är inte sant, säger Olof Hallonsten.

Han menar att det krävs vetenskapliga entreprenörer på anläggningarna för att få folk att börja använda dem. Organisationen och servicen måste anpassas så att den passar forskare från olika dicipliner. Till exempel tog det tio till femton år innan ESRF i Frankrike lyckades bli lättillgänglig för andra forskare än fysiker. Idag används synkrotronljus av både biologer och kemister, och ligger bland annat till grund för årets Nobelpris i kemi.

Utöver sitt avhandlingsarbete har Olof Hallonsten hunnit med att blogga om de politiska turerna kring Lunds kommande stora forskningsanläggningar, European Spallation Source (ESS) och Max-IV.

– Det är lite tråkigt att Sverige inte kan göra en kraftfullare satsning på dem. Det blir inga nya, friska pengar utan all finansiering ska ske inom befintliga ramar, säger Olof Hallonsten.

Till ESS är han rent av tveksam. Sverige har nämligen i dagsläget ingen framstående neutronforskning. Ny kompetens ska alltså byggas upp utan öronmärkta pengar.

– Jag tror att svensk forskning till en början kommer att lida av det. Det kommer att ta decennier innan man har byggt upp tillräcklig neutronkompetens och kan se forskningsmässiga vinster, säger Olof Hallonsten.

INGELA ROOS

Vad gör fysiker som inte forskar eller undervisar inom den akademiska världen? Här kommer ytterligare ett porträtt av en fysiker i näringslivet.

# Riskfyllt jobb på banken

Vad handlar ditt arbete om?

– Jag jobbar i en grupp på Ålandsbanken som sysslar med förvaltning och allokering av kapital. Allokering handlar om hur man fördelar kapitalet mellan olika tillgångar. Vårt fokus ligger på risken – vi vill bygga effektiva portföljer genom att kontrollera risken att förlora pengarna. Genom att fördela tillgångarna inom olika områden med låg korrelation minskar man sannolikheten att allt går dåligt samtidigt, och då minskar man totalrisken i sitt sparande.

Vi gör kvantitativa analyser, det vill säga matematiska och systematiska analyser av ekonomiska hårddata.

Hur kommer fysik in i bilden?

– Anledningen till att många fysiker jobbar inom finansbransen beror på att vi är matematiskt skolade och duktiga på att programmera och modellera. Vi kan göra modeller av de ekonomiska marknaderna – vi hittar tänkbara samband och så skapar vi en modell av dem och testar den. Ibland verkar modellen stämma och ibland får vi förkasta den.

Varför valde du att läsa fysik?

– Jag valde teknisk fysik för att jag var väldigt intresserad av matematik och ville ha en utbildning som var bra inom tillämpad matematik. Matematikum i Uppsala erbjöd ett finanspaket som jag läste. Jag tyckte att det var en bra tillämpning av matematiken och en tydlig väg till ett jobb.

Hur ser en vanlig dag på jobbet ut?

– Jag läser ganska mycket analyser av marknaderna, det finns jättemycket forskning och utveckling kring vad som sker inom finansvärlden. Sen håller vi koll på hur marknaderna går eftersom vi har portföljer som vi sköter aktivt. Personligen är jag mest fokuserad på hur rän-

**Namn:**  
Mattias Ekström

**Arbete:**  
Kvantanalytiker på Ålandsbanken

**Utbildning:**  
Civilingenjör i teknisk fysik

**Ålder:** 30 år

**Familj:** Nej

**Gillar:**  
Sport, speciellt att spela innebandy och att titta på fotboll. Är även intresserad av konst.

temarknaden ser ut. Prisförändringarna på räntor och aktier beror mycket på global statistik som kommer under dagen. Antingen kan det bli läge att sälja av, eller så vill man öka på en viss post. Det kan vara så att jag valt att investera en liten summa pengar på någonting som jag tror kommer att ske framöver. Kommer det indikationer som stärker min hypotes, då väljer jag att öka den posten.

Vad är roligast med ditt arbete?

– Det är att jag får tillämpa den här matematiken som jag tyckte var så rolig redan när jag började studera. Jag använder den praktiskt i vardagen. Det är också ett jobb där man är tvungen att följa med i samhällsdebatten vilket är perfekt om man är intresserad av politik och ekonomi. Och det är jag absolut.

Finns det något som är mindre kul?

– När det går dåligt. Resultatet kan ju mätas i kronor och ören, så det blir väldigt tydligt hur det går. Ibland kan man göra rätt och så blir det ändå fel på grund

av yttre omständigheter.

Hur har finanskrisen påverkat dig?

– Dels har jag fått byta arbetsgivare. Förut jobbade jag på isländska Kaupthing Bank men den gick omkull och köptes upp av Ålandsbanken. Dels har krisen gjort jobbet mer intressant. Det som var sant före krisen, till exempel hur man kan låna pengar, är inte sant idag. Det här är en dynamisk bransch.

En del ger finansfysiker en del av skulden till krisen. Håller du med om det?

– Ja, absolut. Fast på ett sätt kan krisen också bero på att det inte finns tillräckligt många finansfysiker. Vi fysiker vet att våra modeller är ett försök att beskriva verkligheten, men de är inga sanningar. En av orsakerna till krisen var en övertro på modellerna. Antingen kan man säga att de var för dåliga, eller så kan man fundera på om det behövs lite mer sunt förnuft när man använder dem.

INGELA ROOS

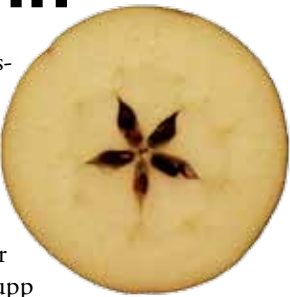
# Mannen som räddade geometrin

**Så här när vi närmar oss jultider så är naturligtvis en god bok och ett gott Cox Pomona-äpple en fin kombination. Julläsningen jag tänker mig handlar om äpplens uttryck för femfaldig symmetri.**

**HAMLETS “O GOD,** I could be bounded in a nutshell, and count myself a king of infinite space – were it not that I have bad dreams” har inspirerat till titeln på Siobhan Roberts bok *King of Infinite Space* om Donald Coxeter – ansedd som förra seklets störste när det gäller klassisk geometri. Hans arbeten har haft betydelse i kemi, fysik, programmering och medicin liksom inspirerat till Buckminster Fullers geodetiska kupoler och Maurits Cornelis Eschers konst, speciellt när det gäller hur man kan fylla ut ett plan med geometriska figurer utan överlappningar eller mellanrum (tessellation; av latinets tessella: (kvadratisk) mosaikbit).

För oss fysiker är tessellation intimt förknippat med kvasikrystaller först funna i aluminium/magnesiumlegeringar som är en ordnad men aperoidisk tessellation i rummet. Men redan D’Arcy Thompson i sin klassiker *On growth and form* påpekade existensen av dessa strukturer i form av dodekaedrar i levande väsen men deras frånvaro i mineralvärlden. En dodekaeder är en polyeder som begränsas av tolv femhörningar. Den är en av de fem så kallade platonska kropparna. Begreppet kvasikrystaller har stor relevans i den levande världen för att kunna begränsa storleken på objekt eller att bygga skal. Använder man byggblock med femfaldig symmetri i självsammansättande system förhindrar man att hela rummet fylls ut av tredimensionella byggklossar med translationssymmetri. Virus anses vara ett exempel på detta. Coxeters kanske största insats anses vara att han så gott som helt ensam råd-

dade den klassiska geometrin från att bli helt utkonkurrerad av den algebraiska ansatsen. Jag tillhör den udda grupp människor som äter äpplen på ”fel” ledd men inser nu efter att ha läst boken om Coxeter att det är ett sätt att fullständigt utnyttja den femfaldiga symmetrin genom att det fastnar färre grejer i tändarna den vägen. Tvärsnittet genom äpplen har en femfaldig symmetri. Skär ett äpple på fel ledd, något som Coxeter ofta demonstrerade, så får du fram en stjärna med fem kärnor som går tillbaka på de fem kronblad som finns i äppelblomman. Så åt dina juläpplen på fel ledd – bli en cox-eater.



PETER APELL

# Europeiska kontra amerikanska tidskrifter

**Amerikanska tidskrifter är mest populära, men den redaktionella proceduren funkar bättre i de europeiska. Det anser Anders Kastberg, ordförande i Svenska Fysikersamfundet.**

**INOM ÄMNET FYSIK** är de vetenskapliga tidskrifterna Physical Review störst och mest prestigefulla att publicera i. Alla ägs de av det amerikanska fysikersamfundet APS. Anders Kastberg ser det som ett problem för europeisk forskning. – Det finns risk för monopol, att de kan komma att diktera villkoren för europeisk forskning. Det stora problemet i Europa är att vi har ett så fragmenterat landskap. Här finns många små tidskrifter som konkurrerar sinsemellan. 1986 startade därför en samling europeiska aktörer tidskriften EPL (tidigare Europhysics Letters) som motvikt till Physical Review Letters (PRL). – Ribban för hur bra ett arbete behöver vara för att komma in i EPL är lika hög som för PRL, men i praktiken skickas de bästa arbetena till PRL eftersom folk

tycker att den ger högre meritvärde, säger Anders Kastberg. Tidskrifter värderas ofta med hjälp av Journal Impact Factor – en faktor som ska säga ungefär hur ofta en genomsnittlig artikel citeras. Och PRL har en mer än tre gånger så hög faktor som EPL. – Men Journal Impact Factor är ett helt ovetenskapligt mått som har ett ytterst begränsat värde. Faktum är att urvalspceduren är noggrannare och bättre i EPL än i PRL, menar Anders Kastberg. Trots att det redan finns så många tidskrifter startade tyska och brittiska fysikersamfundet tillsammans New Journal of Physics för tio år sedan som ett experiment. Det är en open access-tidskrift, alltså gratis för alla att läsa men det kostar å andra sidan för forskarna att publicera.

INGELA ROOS

## FYSIKERSAMFUNDETS ENGAGEMANG I TIDSKRIFTER

- **EPL (Europhysics Letters)** Skapades som en europeisk motvikt till Physical Review Letters. Svenska Fysikersamfundet (SFS) är en av många delägare.
- **European Physics Journal** Består av flera olika tidningar för olika ämnesområden. SFS har inget ägarintresse, men är medlem och har en representant i styrkommittén.
- **New Journal of Physics** Startades som ett försök att testa open access-konceptet. SFS är medlem vilket innebär att medlemmar i SFS får lite rabatt vid publicering.
- **Physica Scripta** Bildades efter en sammanslagning av ett antal nordiska tidskrifter. Ägs av Kungliga Vetenskapsakademien. SFS har en representant i styrelsen.

# Guy von Dardel

Guy von Dardel, professor emeritus vid Lunds universitet, avled i sitt hem i Genève den 28 augusti 2009, två dagar efter sin 90-årsdag.

**GUY VON DARDEL** föddes i Stockholm och utbildade sig vid KTH, där han blev teknologie doktor 1954 på avhandlingen *The interaction of neutrons with matter studied with a pulsed neutron source*. Under studietiden hade han anställningar vid Saab, Forsvarets forskningsanstalt och AB Atomenergi. Guy anställdes vid Cern när organisationen bildades 1954. Han blev engagerad inom instrumentering avseende elektronik, Cerenkovräknare, och optisk utläsning av gnistkammare. 1963 utförde han en uppmärksam mätning av livstiden av den neutrala pi-mesonen. Guy deltog i en rad Cern-experiment utrustade med gnistkammare (sökande efter W-bosonen, mätning av elastisk spridning av neutriner och test av tidsinversionsvariansen i sönderfallet av lambda-partikeln). 1963 blev Guy kallad till en professur i Lund som han tillträdde 1965. Han skulle leda verksamheten vid elektronsynkrotronen Lusy (Lund University electron synchrotron) som höll på att färdigställas. Denna accelerator tillkom i slutet av 50-talet när flera sådana maskiner konstruerades runtom i världen. På grund av begränsade resurser tog det relativt lång tid innan Lusy fick stråle. De påtänkta partikelfysikexperimenten blev inaktuella och verksamheten inriktades i stället mot kärnfysiken. Uppbyggnaden leddes av en liten grupp skickliga ingenjörer och forskare som senare kom att bilda kärnan i synkrotronstrålningsanläggningen Max-lab. Guys ambition blev snart att inrikta forskningen inom Lundagruppen mot de internationella faciliteterna Cern och Desy. Tillsammans med Knud Hansen i Köpenhamn och Endre Liljethun i Bergen tog han initiativ till skapandet av ett samarbete vid den nya proton-protonkollideraren Intersecting Storage Rings (ISR) på Cern, nämligen ”Scandinavian ISR Collaboration” som gav en stabil finansiering av verksamheten under flera år. Samarbetet inleddes med ett mycket framsynt förslag till en detektor med stor täckning, tyvärr inte antaget av den kommitté som valde ut experimenten, ett misstag som antagligen betydde att Cern missade upptäckten av charm-kvarken. ISR fick sin första stråle 1971, och under en tioårsperiod genomförde den skandinaviska gruppen en rad experiment inriktade på studier av den starka kraften, kvantkromodynamik, och hur kvarkarna manifesteras i skurar av korrelerade partiklar, så kallade jets. Under åren 1975–77 var Guy ordförande i den europeiska kommittén för framtida accelerators, där planeringen av Cerns Large Electron-Positron Collider (LEP) startades med målet att kollidera 100 GeV-strålar av elektroner och positroner. Han tillbringade på 1980-talet en tid i Stanford där han tillsammans med Nobelpristagaren Burton Richter deltog i mätningen av tau-leptonens livstid. Guy samarbetade även med James Cronin i en ny och tio gånger noggrannare mätning av den neutrala pi-mesonens livstid. Och inför uppstarten av LEP deltog Guy i



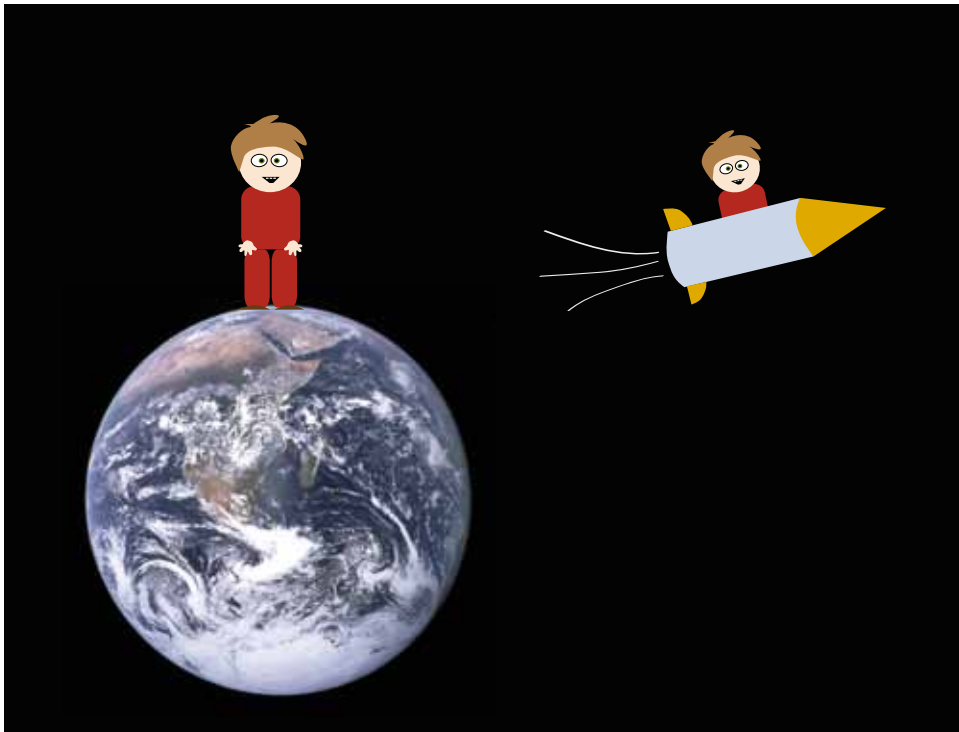
Nobelpristagaren Sam Tings L3-experiment. Sammanfattningsvis kan sägas att Guy von Dardels verksamhet präglades av ett stort intresse för instrumentering och de möjligheter detta gav för nya experiment. Han engagerade medarbetare i Lund i byggandet av ett TV-system för optisk utläsning av gnistkammare, en ultraljudsdriven jet-spruta för att leta efter fria kvarkar i vätskor, tillverkning av aerogel, ett hastighetsfilter för partiklar. Mycket av styrkan inom Lundagruppen fram till 90-talet var arbetet inom instrumenteringen, uppbackad av mekaniska och elektroniska basresurser. Denna klassiska fysikprofil är numera sällsynt då dataspecialisterna tagit över alltmer. Under lång tid var Guy starkt engagerad i att finna klarhet i halvbrodern Raoul Wallenbergs öde. Guy von Dardel var medlem av flera lärda sällskap. Han var en snabbtänkt idespruta, en stimulans för många medarbetare samt mån om deras trivsel. Ofta tog han med sina yngre kollegor på utflykter vid Jura-bergen eller i Alperna.

GÖRAN JARLSKOG  
PROFESSOR I ELEMENTARPARTIKELFYSIK I LUND  
(GUY VON DARDELS EFTERTRÄDARE)



# Tvillingparadoxen – en

Den berömda tvillingparadoxen är ämnet för det här numrets tankeexperiment. I mitten av 1900-talet användes paradoxen i försök att kullkasta relativitetsteorin. Det händer knappast idag, men missuppfattningar kring den är fortfarande vanliga.



**SCENARIOT ÄR VÄL** känt: Castor bestämmer sig för att göra en lång rymdfärd, medan hans tvillingbror Pollux stannar kvar på jorden. Först färdas Castor rakt bort från jorden med konstant fart. Efter några år vänder han rymdskeppet och styr hemåt. Efter ytterligare några års resa med konstant fart är han hemma igen.

Hans bror Pollux hemma på jorden har läst relativitetsteori och vet att en klocka i rörelse tickar långsammare än en likadan klocka i vila. Eftersom Castor under sin resa hela tiden har rört sig i förhållande till Pollux – först bortåt och sedan tillbaka – måste det således ha förflutit en kortare tid för honom än för Pollux själv. Pollux förväntar sig alltså att hans bror vid återkomsten ska vara yngre än han själv.

Men även Castor har studerat relativitetsteori. Han vet att han – likaväl som Pollux – kan betrakta sig själv som stillastående, åtminstone så länge han färdas med konstant hastighet, vilket han ju gör

under praktiskt taget hela resan. Så enligt Castor är det klockorna hemma på jorden som är i rörelse, först bortåt och sedan mot honom. Castor drar slutsatsen att det är jordens klockor som går långsammare, och anser därmed att det är Pollux som kommer att åldras minst.

När bröderna återses förväntar sig således båda att möta en yngre bror – scenariot verkar leda till en paradox.

**LÅT OSS SE** lite på historiken bakom detta berömda tankeexperiment – hur det uppstod och i vilka syften det har använts.

Redan i artikeln från 1905, där Einstein först lägger fram den speciella relativitetsteorin, noterar han att en klocka som skickas iväg på en tur och retur-resa i rymden kommer att registrera en mindre tidsåtgång för hela resan än klockor som förblivit på jorden. Han gör ingen stor poäng av saken, utan konstaterar bara att detta är en direkt följd av en ny effekt han funnit: tidsdilatationen.

Några år senare, 1911, är han lite mer utförlig. Han påpekar nu att vad som gäller för klockan under rymdfärden måste gälla för alla system, oavsett konstitution:

*Were we, for example, to place a living organism in a box and make it perform the same to-and-fro motion as the clock discussed above, it would be possible to have this organism return to its original starting point after an arbitrarily long flight having undergone an arbitrarily small change, while identically constituted organisms that remained at rest at the point of origin have long since given way to new generations.*

Einstein konstaterar också att om den resande "organismen" färdas med en fart nära ljusets, så kommer hela resan, enligt den själv, inte vara längre än ett ögonblick. Tidsdilatationseffekten kan nämligen i princip bli hur stor som helst om farten är tillräckligt nära ljushastigheten.

# kort historik

**DEN SOM GAV** scenariot sin nu välkända form med tvillingarna var den franske fysikern Paul Langevin. I en artikel år 1911 noterar han det paradoxala i situationen: Hur kan en tvilling som utför en rymdresa åldras mindre än sin bror när situationen synes vara symmetrisk? I kraft av relativitetsprincipen borde vi väl lika gärna kunna betrakta scenariot utifrån resenärens perspektiv?

Langevin förklarar att situationens symmetri är skenbar. Den tvilling som reser måste någon gång under färden byta hastighetsriktning för att kunna återvända. Men att förändra sin hastighet innebär ett byte av referenssystem. Den rymdfarande tvillingen måste alltså för att beskriva situationen använda minst två olika sådana system – ett för bortfärden från jorden och ett för återresan. För att beskriva situationen ur den jordbundne tvillingens perspektiv räcker det däremot med ett enda referenssystem. Så situationen är inte alls symmetrisk. Relativitetsprincipen föreskriver visserligen att den som färdas med konstant hastighet lika gärna kan betrakta sig som stillastående, men inte att varje typ av rörelse är likvärdig med varje annan; det är skillnad mellan att ändra sin hastighet och att inte göra det.

Varken Einstein eller Langevin betraktar således scenariot som någon egentlig paradox. För dem är det snarare en kuriös tillämpning av teorin. För andra var slutsatsen mer svårsmält. Den franske filosofen Henri Bergson, till exempel, kunde inte acceptera att olika lång tid skulle kunna förflyta beroende på hur man rör sig.

Enligt Bergson var tidsdilatationseffekten snarast att betrakta som ett slags synvilla, orsakad av olika observatörers skilda perspektiv. Som sådan kunde den omöjligt leda till några mätbara effekter. Så snart tvillingarna återförenades skulle deras perspektiv åter sammanfalla och de måste då vara eniga om vilken tid som förflutit. Bergson godtog inte Langevins

resonemang om asymmetrin i situationen, utan menade att tvillingarna måste åldras lika mycket.

**TVILLINGPARADOXEN HAR** även använts i direkt kritik av relativitetsteorin. Herbert Dingle, till exempel, argumenterade under 50- och 60-talen tämligen aggressivt mot teorin, bland annat i tidsskriften Nature. På tal om den då sedan länge vedertagna uppfattningen om tvillingarna skriver han med illa dolt ursinne:

*I know of no other example in the history of science in which such fantastic propositions have been put forward as sober scientific truth.*

Dingle vägrar acceptera slutsatsen att tvillingarna efter resan skulle vara olika gamla.

Idag används tvillingparadoxen sålän i försök att kullkasta relativitetsteorin, men missuppfattningar kring den är vanliga. För att ta ett exempel: I *Tom Tits faktamix* påstås att tiden visserligen går långsammare för den som rör sig, men att denna effekt, i ett tvilling-scenario, skulle kompenseras under resans accelerationsfaser så att tvillingarna trots allt är lika gamla när de återses!

Men den allra vanligaste missuppfattningen – som man även kan hitta i läroböcker – är att paradoxen inte skulle kunna lösas fullständigt inom ramen för den speciella relativitetsteorin. Denna teori, påstås det, kan nämligen inte hantera accelererad rörelse. Det är visserligen sant att icke-accelererad rörelse intar en särställning inom teorin (på så vis att det enbart är rörelse med konstant hastighet som är relativ). Men ur detta följer inte att accelererad rörelse inte skulle kunna hanteras. Det kan den.

Inom den speciella relativitetsteorin är det möjligt att beräkna hur lång tid som förflyter för varje observatör, oavsett om och hur dennes hastighet varierar. I scenariot med tvillingarna ger en sådan

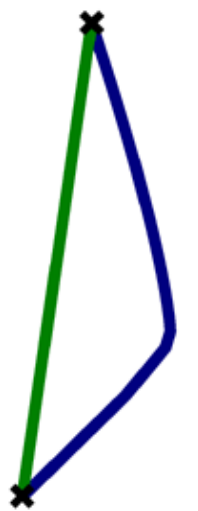
beräkning vid handen att Castor – han som reser – åldras mindre än Pollux.

**MEN, KAN MAN** fråga sig, hur ska man begripa att tvillingarna åldras olika mycket bara för att en av dem genomgår en accelerationsfas – en fas som dessutom i princip kan göras godtyckligt kort? Det ligger nära till hands att tro att det är under denna accelerationsfas allt händer – att det är just under accelerationen som tiden går annorlunda. En sådan tolkning är dock felaktig. Det händer ingenting speciellt med Castors tid just när han accelererar. Så hur ska man då förstå betydelsen av accelerationen?

Följande analogi kan hjälpa. Figuren till höger föreställer två punkter och två olika kurvor som förbinder dem. Den som promenerar från den ena punkten till den andra längs den gröna kurvan går bara rakt fram; den som följer den blå kurvan måste svänga ungefär halvvägs. Är dessa kurvor lika långa? – Nej, den blå är längre. Vad är det som gör den blå kurvan längre? – Den är inte rak; den innehåller en böj. Aha, om det är böjen som gör skillnaden så måste det betyda att den blå kurvan är längre i böjen! – Nej, kurvan är längre för att den har en böj, men den är inte längre just i böjen.

Det förhåller sig på motsvarande sätt med tvillingarna. Tiden som förflyter för Castor under hans resa är mindre än motsvarande tid för Pollux. Detta beror på att han accelererar, men det betyder inte att tiden går annorlunda just när han accelererar.

SÖREN HOLST



# Matematik för alla:

- variation
- kommunikation
- trygghet!

Matematik 4000 bygger på ett väl beprövat och inarbetat läromedel som nu har gjorts än mer flexibelt, inte minst tack vare de nya Aktiviteterna: Upptäck, Undersök, Diskutera och Laborera.

Blå bok är främst avsedd för NV/TE och Grön bok för SP/ES samt komvux. Röd bok är speciellt framtagen för yrkesprogrammen, alternativt de elever som inte ska fortsätta med kurs C.

Eftersom läromedlet är flexibelt går det bra att låta sammansättningen av den aktuella elevgruppen styra valet av bok.

Parallella böcker i Kurs C - Blå och Grön – ger utökade valmöjligheter eftersom de kan användas i en och samma klass.

Till Matematik 4000 utvecklas också specialanpassade digitala verktyg för interaktiv skrivtavla, IST. Se demo på [www.framtidenslarande.se](http://www.framtidenslarande.se)

## MATEMATIK 4000 INNEHÅLLER:

Kurs A Röd, Kurs B Röd  
Kurs A Grön, Kurs B Grön, Kurs C Grön  
Kurs A Röd & Grön Lärohandledning  
Kurs A Blå, Kurs B Blå, Kurs A&B Blå  
Kurs C Blå, Kurs D Blå, Kurs C&D Blå  
samt Kurs E Blå.

Natur & Kultur  
Telefon 08-453 85 00, Fax 08-453 85 20  
[order@nok.se](mailto:order@nok.se) [www.nok.se](http://www.nok.se)



## Mormors kaffekopp

Detta mekanikexperiment är så överraskande och icke-intuitivt att det med framgång kan användas som underhållning för en publik. Jag har faktiskt spårat tricket till en tidskrift för trollkonstnärer från år 1926.



**FÖR ATT UTFÖRA** experimentet behöver du:

- En kaffekopp (massa  $M$ )
- Ett snöre (längd  $r$ )
- En liten vikt, till exempel en mutter (massa  $m$ )
- En trästav – den får inte vara alltför glatt, då en viss friktion behövs för fenomenet. Trästaven kan ersättas av ditt finger.

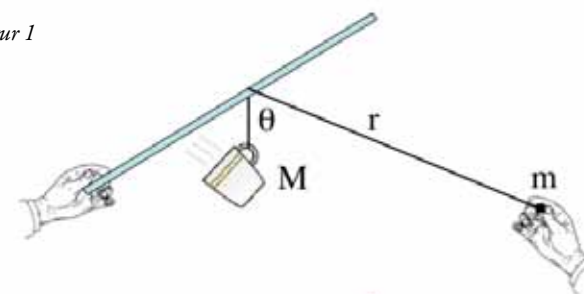
Parametrarna är inte kritiska. Som vägledning kan jag dock nämna att min kopp väger 20 gram, vikten (en mutter) väger 4 gram och snöret har en längd av 1,3 meter.

Gör så här:

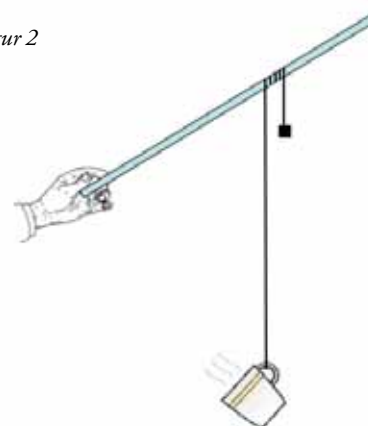
1. Bind fast snörets ena ände i kaffekoppen och den andra änden i den lilla vikten.
2. Håll i den lilla vikten och låt snöret hänga över fingret eller en trästav, se figur 1.
3. Släpp nu vikten.

Vikten snurrar allt fortare runt staven och efter kanske fem varv

Figur 1



Figur 2



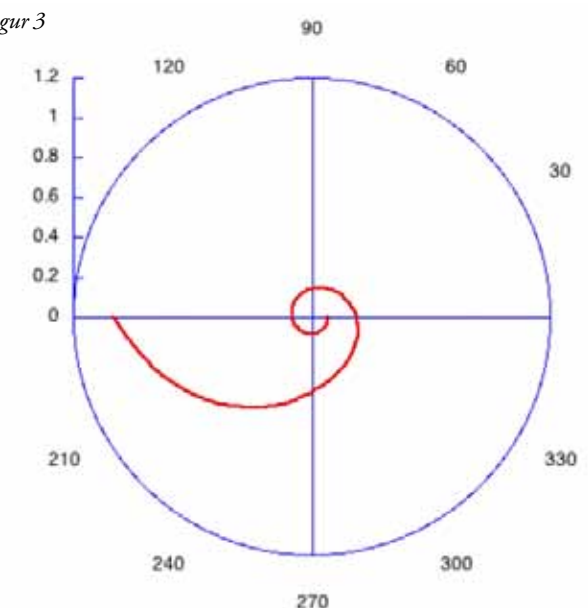
upphör rörelsen. Koppen blir till allas förvåning hängande ovanför golvet, se figur 2. Friktionen på snöret växer ju exponentiellt som funktion av antalet varv, så koppen sitter ordentligt fast. Variera gärna parametrarna  $M$ ,  $m$  och  $r$  och studera effekten av detta.

Uppenbarligen omvandlas systemets lägesenergi till viss del till den lilla viktens rotationsenergi. Konservering av rörelsemängdsmomentet,  $L = mrv$ , är också uppenbar. När snörlängden  $r$  minskar ökar rotationshastigheten  $v$  motsvarande.

Försöket är en utvidgning av "Atwoods maskin", som ofta används i mekanikundervisningen. Då är vinkeln  $\theta = 0^\circ$ , vilket resulterar i ett en-dimensionellt problem, som lätt löses med Newtons andra ekvation. I vårt fall är dock  $\theta \approx 90^\circ$  vilket komplicerar situationen avsevärt. Problemet löses lättast genom användning av Lagrange-Hamilton metoden, vilket resulterar i två kopplade, olinjära differentialekvationer för  $r$  respektive  $\theta$ . Ekvationssystemet har ingen analytisk lösning utan måste lösas numeriskt, vilket idag dock är enkelt med existerande programpaket. I figur 3 ser vi resultatet för  $M/m = 50$ .

PER-OLOF NILSSON

Figur 3



Läs mer om differentialekvationerna i  
A. R. Marlow, Am. J. Phys. 59, 951 (1991)



# **Lasers & Photonics**

## **Lasers Systems & Accessories**

**CO2 - DPSS - YAG/YLF- Ultrafast - Fiber laser**

Coherent, Quantel, SPI Lasers, APE Berlin



## **Flow and Particle Diagnostics, Atom Force Microscopy/SPM**

**PIV - LVD/PDPA - V3V**

Agilent, TSI



## **Optics, Optical Components & Assemblies**

**Lenses - Mirrors - Filters - Windows - Mounts**

CVI - Melles, Chroma, LINOS, Aerotech, Luminit



## **Spectral Analysis, Imaging, Photometry**

**Spectrographs - Monochromators - CCD/CMOS  
- InGaAs arrays**

Princeton Instruments, Ocean Optics, QImaging,  
Molecular Devices, Photometrics, Ophir

