

f Fysikaktuellt

NR 1 • MARS 2010

Konst och fysik i S:t Jacobs kyrka

sidan 6–7

ISSN 0283-9148

**Tekniker för
att studera
enskilda celler**

sidan 10–11

**Kvantfysiken
upp till bevis i
studentlabbet**

sidan 8–9

**Newtons
snurrande
hink**

sidan 16–17

Svenska Fysikersamfundet

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

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

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

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

Adress: Svenska Fysikersamfundet
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 medlemsskapet 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.

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 Karl-Fredrik Berggren. Redaktör och annonskontakt är Ingela Roos (ingela.roos@gmail.com). Övriga redaktionsmedlemmar är Bengt Edvardsson, Jenny Linde, Thors Hans Hansson, Sofia Svedhem och Peter Apell. Reklamation av uteblivna eller felaktiga nummer sker till Fysikersamfundets kansli.

Omslagsbilden: Carmen provar pendelgungan i S:t Jacobs kyrka i Stockholm. Foto: Monica Sand

Tryck: Trydells, Laholm 2010

Aktuellt

- Finalen i Wallenbergs fysikpris (tidigare Skolornas fysiktävling) går av stapeln 26–27 mars i Umeå. Läs mer på www.fysikersamfundet.se/fysiktaavlingen.html.
- Europeiska naturvetenskapsolympiaden (EUSO) för niondeklassare går av stapeln i Göteborg 11–17 april. Lärarmingel 13 april. www.chemsoc.se/sidor/KK/EUSO2010
- Vetenskapsfestivalen i Göteborg med temat ”För ändring!” äger rum 19–29 april. www.vetenskapsfestivalen.se
- Uttagning för högstadie- och gymnasielärare till Science on Stage i Köpenhamn sker bland annat under lärarminglet i Experimentverkstaden på Vetenskapsfestivalen i Göteborg klockan 16, 22 april. Anmäl dig på www.vetenskapsfestivalen.se.
- Den första ”European Energy Conference” arrangeras av bland andra Europeiska fysikersamfundet i Barcelona 20–23 april. www.e2c-2010.org
- ”23rd General Conference of the Condensed Matter Division of the European Physical Society”, Warsaw, 30 augusti till 3 september. <http://cmd23.ipj.gov.pl/>
- Fysikdagarna 2010 äger rum i Karlstad 7–9 oktober. www.kau.se/fysikdagarna-2010

Ny styrelse i Svenska Fysikersamfundet

SEDAN ÅRSSKIFTET har Svenska Fysikersamfundet en ny styrelse. I den ingår följande ledamöter valda av Fysikersamfundets medlemmar:

- Kerstin Ahlström, Komvux, Borås
- Ann-Marie Pendrill, Göteborgs universitet, atomfysik
- Per-Olof Holtz, Linköpings universitet, halvledarfysik
- Maria Hamrin, Umeå universitet, rymdfysik
- Sven Mannervik, Stockholms universitet, atomfysik
- Mattias Weiszflog, Uppsala universitet, kärnfysik
- Ellen Moons, Karlstads universitet, materialfysik
- Joakim Cederkäll, Lunds universitet, kärnfysik
- Lage Hedin, Uppsala universitet, molekylfysik, skattmästare
- Karl-Fredrik Berggren, Linköpings universitet, teoretisk fysik, ordförande (även ordförande i Svenska Nationalkommittén för fysik)

I styrelsen ingår dessutom tre ledamöter utsedda av Kungliga Vetenskapsakademien, KVA (Sven-Olof Holmgren, Nils Mårtensson, och Elisabeth Rachlew), och en ledamot utsedd av Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA (Göran Grimvall). Det första styrelssammanträdet 2010 äger rum i Uppsala den 26 mars.

Stödjande medlemmar

- ALEGA Skolmateriel AB
www.alega.se
- Azpect Photonics AB
www.azpect.com
- BFi OPTILAS
www.bfioptilas.com
- Bokförlaget Natur och Kultur
www.nok.se
- Gamdata Instrument AB
www.gamdata.net
- Gleerups Utbildning AB
www.gleerups.se
- Laser 2000
www.laser2000.se
- Liber AB
www.liber.se
- VWR International AB
www.vwr.com
- Zenit AB Läromedel
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

Innehåll

2 SAMFUNDSINFORMATION
Information om Svenska Fysikersamfundet.

4 NYTT I REDAKTIONEN
Möt de nya människorna i Fysikaktuells redaktion.

5 TIDSINSTÄLLD BOMB
En blivande supernova kan ha upptäckts i stjärnbilden Akterskeppet.

6 FYSIK BLIR TILL KONST
Konstnären och forskaren Monica Sand utgår från fysiken i sina konstinstallationer.

8 KVANTFYSIK
I Stockholm finns Svergies första studentlabb inom kvantinformation

10 AVHANDLINGEN
Emma Eriksson har utvecklat tekniker med optiska pincetter och mikrofluidik för studier av enskilda celler.

12 NYBLIVEN DOKTOR
En intervju med Emma Eriksson.

13 LEKTIONER PÅ ENGELSKA
John Airey har studerat hur fysikundervisningen förändras när lektionerna sker på engelska.

14 MAXLAB FÖR LÄRARE
Synkrotronljuslabbet Maxlab i Lund slår i sommar upp portarna för gymnasielärare.

15 NÖJESPARKSFYSIK
År 2010 bjuder på många chanser till berg-och-dalbanefysik.

16 TANKEEXPERIMENT
Med hjälp av vatten i en snurrande hink ville Newton visa att rummet är absolut.

18 FYSIKERPORTRÄTTET
Henric Rhedin är avdelningschef på Chalmers Industriteknik.

19 FYSIKALISK LEKSAK
Hoppande mynt på en flaskhals.

SIGNERAT

Välkommen till år 2010

TRE ÅR GÅR fort! Från årsskiftet 2009/2010 löper en ny mandatperiod för Svenska Fysikersamfundet (SFS) med ny styrelse och ordförande. På SFS vägnar vill jag därför varmt tacka den förra styrelsen för dess insatser under den gångna perioden. Utan att förminska allas goda insatser vill jag särskilt framhålla Anders Kastbergs energiska ordförandeskap. Bland annat har SFS organisation förstärkts och Fysikaktuellt har, tillsammans med Anders goda medarbetare, utvecklats på ett spännande sätt.

Som många av er redan vet har Anders tillträtt en professur vid ett nytt laboratorium för forskning kring kvantinformation med kalla atomer vid Université de Nice-Sophia Antipolis, Frankrike. Vi gratulerar! Med tanke på den kalla vintern här så är det lätt att sympatisera med hans val på ett personligt plan. Men mer på allvar, han får bättre resurser och forskningsmiljö vid universitetet i Nice och atomerna i labbet är minst lika kalla i Nice som i Umeå. Naturligtvis hade det blivit betungande och opraktiskt för Anders att vara SFS ordförande också under nuvarande mandatperiod och han har därför av sagt sig omval. Synd, men så här är det.

ETT VIKTIGT REMISSVAR gällande Skolverkets ämnesplanförslag för det nya gymnasiet har utarbetats. Anne-Sofie Mårtensson, ordförande i samfundets undervisningssektion och verksam vid högskolan i Borås, har drivit frågan och ansvarat för SFS remissvar. Ett stort tack för det! Jag saxar ur svaret för att peka på frågans allvar:

”I december 2009 presenterades den internationella utvärderingen TIMSS där det framkom att de svenska gymnasieelevernas kunskaper i avancerad matematik och fysik hade markant försämrats jämfört med TIMSS-undersökningen 1995. I det presenterade förslaget till programstruktur i Gy 2011 har trots detta antalet obligatoriska undervisningspoäng i båda ämnena reducerats, för matematikens del på det naturvetenskapliga

programmet, och för fysikens del på den naturvetenskapliga inriktningen på detta program. Dessutom kommer framöver ingen högskola att kunna ställa högre förkunskapskrav än att nybörjarstudenterna ska ha läst gymnasiekurser som ingår i inriktningarna, varför konsekvenserna av Skolverkets nuvarande förslag blir än allvarigare.

Ur ett internationellt perspektiv är förslaget anmärkningsvärt. De svenska högskoleutbildningarna, exempelvis civilingenjörsutbildningarna, skulle bli tvungna att kompensera för bristande förkunskaper genom att ge preparandkurser eller starta på en lägre nivå. Detta stjälar poäng från högre kurser vilket leder till en kvalitetsförsämring av utbildningarna.”

Svenska Fysikersamfundet kommer naturligtvis att följa denna viktiga fråga och var nyligen (vecka 7) med och publicerade en debattartikel i Ny Teknik.

2010 ÄR ETT jubileumsår – det är nämligen 90 år sedan Svenska Fysikersamfundet bildades. Det kan därför vara intressant att göra ett nedslag på 1920 för att se vad som då rörde sig i fysikvärlden. Från den tiden tänker vi kanske främst på den nya revolutionerande kvantfysiken som då rullades upp. Men Nobelpriset 1920 gick åt ett helt annat håll. Schweizaren Charles Edouard Guillaume tilldelades priset för sin upptäckt av de anomala egenskaperna hos vissa nickel-ställegeringar, som invar. Upptäckten har varit av stor betydelse för utvecklingen av precisionsinstrument. Själva fenomenet har dock förblivit ett mysterium. Till mer nyligen! Mer om detta i nästa nummer av Fysikaktuellt som kommer att ha just år 1920 som tema.



KARL-FREDRIK BERGGREN
ORDFÖRANDE

Fysikaktuellt's nya medarbetare

År 2010 blir förändringarnas år i Fysikaktuellt's redaktion. Två nya personer kommer att bli delaktiga i produktionen av tidningen.

EFTER TRE ÅR som medlem i Fysikaktuellt's redaktion har Peter Apell bestämt sig för att börja avveckla sig själv. Han har därför börjat skola in Sofia Svedhem i redaktionen. Hon kommer successivt att ta över efter Peter Apell under året.

Redaktören själv, jag – Ingela Roos, ska strax föda barn nummer två och tar därför föräldradigt från Fysikaktuellt från första mars och året ut. Under den perioden kommer Cecilia Fors att vikariera som redaktör.

Men i övrigt består redaktionen fortfarande av Thors Hans Hansson, Bengt Edvardsson och Jenny Linde.

Läs mer om Sofia Svedhem och Cecilia Fors i deras presentationer här intill.

INGELA ROOS

– Jag jobbar som forskarassistent på institutionen för tillämpad fysik på Chalmers. Jag är verksam inom gruppen för biologisk fysik och mitt forskningsområde rör biosensortekniker och funktionalisering av olika typer av ytor.

Ett centralt tema för mig är nanopartiklars interaktioner med olika typer av biomimetiska ytor, alltså konstgjorda ytor som "härmar" naturliga material. Genom att tillämpa ytbaserade mättekniker på frågeställningar kring hur nanopartiklar kan designas för att nå till vissa vävnader eller celler i kroppen bidrar vi till utvecklingen inom nanomedicin.

I Fysikaktuellt's redaktion kommer min huvudsakliga uppgift att vara att bevaka biofysik och medicinska tillämpningar av fysiken. Jag ser mycket fram emot detta uppdrag!

Ledigt tid tillbringar jag helst med familjen, oftast på olika platser längs västkusten.



Sofia Svedhem, redaktionsmedlem
sofia.svedhem@chalmers.se

– Jag är journalist utbildad vid Göteborgs universitet, men innan dess läste jag två år biologi och kemi, också vid GU. Jag har även klämt in en termin engelska där någonstans.

Nu är jag frilansjournalist som för det mesta skriver, men jag har tidigare jobbat mycket på Sveriges Radio, särskilt på P4 i Göteborg. Där har jag varit allt ifrån reporter till programledare och producent. Jag vikarierar även som radiolärare på journalistutbildningen på Göteborgs universitet ibland.

Det ska bli en rolig utmaning att ta hand om Fysikaktuellt ett tag och få en fot tillbaka i den naturvetenskapliga världen. Det är skönt att jag har en kunnig redaktion att luta mig mot.

På fritiden lagar jag gärna mat, eller är ute i naturen med min man och hund. När jag riktigt vill slappna av läser jag eller stickar, gärna framför något tramsigt tv-program.



Cecilia Fors, vikarierande redaktör
cecilia.fors@k12.se

Tidsinställd superbomb upptäckt?

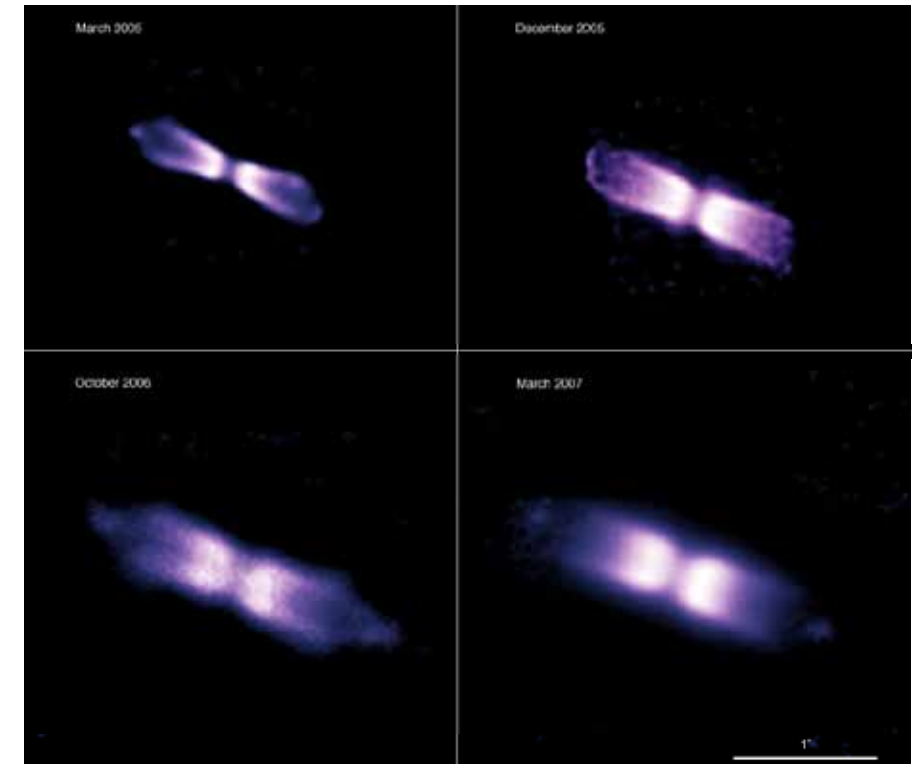
En nova som upptäcktes år 2000 kan visa sig vara ett förstadium till en supernova av typ Ia. Supernovatyper är den viktigaste avståndsindikatorn i universum och tros ha skapat det mesta av järnet på jorden.

EN MYCKET OVANLIG nova – alltså en plötsligt uppplammande stjärna – upptäcktes i november 2000 i den sydliga stjärnbilden Akterskeppet (Puppis). Trots att så kallade heliumnovor länge diskuterats är detta första gången som en nova hittats som inte visar några spår av väte i sitt spektrum.

Novan har hållits under regelbunden uppsikt sedan upptäckten och nyligen har en forskningsartikel publicerats som föreslår att utbrottet förebådar en blivande supernova av typ Ia i Vintergatan. Observationerna tycks stödja en av de två teorierna om vad dessa supernovor kan vara: vita dvärgstjärnor som kannibaliserar på sitt dubbelstjärnesyskon och som till sist exploderar när de uppnår Chandrasekhar massan om 1,44 solmassor. Den konkurrerande teorin går ut på att två vita dvärgar smälter samman och på så vis uppnår den kritiska massan.

Supernovor av typ Ia är detonierande vita dvärgar som skingras helt vid utbrottet. De har en mycket viktig roll i kosmologin som standardljuskällor, och det är med avstånd bestämda med hjälp av dessa som den "mörka energin" upptäcktes i slutet av 1990-talet. Typ I karakteriseras av att de till skillnad från den andra huvudtypen, typ II, inte visar väte i sina spektra. Detonationen av den vita dvärgen och den explosiva nukleosyntes som därmed sker gör att typ Ia tros bygga upp det mesta av grundämnena kring järn i det periodiska systemet.

DET HÄR STJÄRNSYSTEMET, som kallas V445 Puppis, föreslås bestå av en vit dvärgstjärna och en heliumstjärna i tät dans kring sitt gemensamma masscentrum. Novautbrottet berodde på att he-



Bilderna av nebulosan som skapades i novautbrottet observerade under två år visar hur den expanderar i två motsatta riktningar. Knutarna längst ut i loberna rör sig med omkring 30 miljoner km/h och en skiva av stoft som skapades i utbrottet skymmer ännu dubbelstjärnan i centrum.

lium från heliumstjärnan ansamlats på den vita dvärgens yta och uppnått så hög temperatur, cirka 100 miljoner Kelvin, att heliumlagret detonierat och fusionerats till kol och syre.

Explosionsenergin kastade av en stor del av det ansamlade materialet från den vita dvärgen. Hur mycket material som kastats av kan dock inte avgöras. Om mängden är mindre än det som hade ansamlats innan explosionen växer den vita dvärgen i massa och kommer till slut att uppnå Chandrasekhar massan och explodera, men tidpunkten för den eventuella supernovan kan inte beräknas.

Än så länge skymmer det avkastade materialet dubbelstjärnan från närmare studier. Forskargruppen, ledd av Patrick Woudt vid universitetet i Kapstaden, räknar dock med att sikten kommer att klarna och att man då kan studera dubbelstjärnan i detalj. Avståndet dit är om-

kring 25 000 ljusår, lika långt som till Vintergatans centrum.

Observationerna av novan är sedan år 2005 utförda med Europeiska sydobservatoriets Very Large Telescope med hjälp av så kallad adaptiv optik. De visar en symmetriskt expanderande nebulosa där de högsta expansionshastigheterna är omkring 30 miljoner km/h. Den adaptiva optiken korregerar i realtid bilden för störningar från turbulens i jordatmosfären och gör att man kan få lika skarpa bilder från jordytan som från satelliter.

BENGT EDVARDSSON

Originalartikel:
Woudt PA m.fl. 2009, Astrophysical Journal 706, 738.

Allmänt tillgänglig via:
<http://arxiv.org/abs/0910.1069>



**FYSIKDAGARNA
2010 I KARLSTAD**

**KARLSTADS UNIVERSITET
8-9 OKTOBER 2010**

Fysikersamfundets sektionsmöten äger rum torsdag 7 oktober. Programmet för konferensen kommer i maj-numret av Fysikaktuellt och finns på fysikdagarnas webbsida.

MER INFORMATION OCH ANMÄLAN
KAU.SE/FYSIKDAGARNA-2010

Konstnären som tar fysiken till kyrkan



Foto: Sten Hellman

Monica Sand

Yrke: Konstnär, pedagog, konstnärlig forskare

Utbildning: Högskolan för design och konsthantverk i Göteborg, mellanstadie-

läro- och utbildningsvetenskap, filosofie doktor i arkitektur vid KTH med avhandlingen "Konsten att gunga – experiment som aktiverar mellanrum" (2008)

Hemsida: <http://monicasand.ownit.nu/>

Gungans periodtid är cirka sex sekunder. Jag sluter ögonen och efter några perioder smälter gungans rytm samman med ljuden som sköljer genom valven i S:t Jacobs kyrka till en märklig upplevelse. Det känns som att sväva rytmiskt genom en rymd fylld av toner från långt borta, eller som att vaggas av en mäktig våg.

DEN TOLV METER höga gungan är en central del av projektet *Pendelexperiment* – *rytm, rymd, röst* som konstnären och forskaren Monica Sand har iscensatt i S:t Jacobs kyrka i centrala Stockholm som en del av sina utforskningar av rummet. Idag är det en timmes ljudfabrikation – alla besökare är välkomna att gunga och att skapa sina egna ljud som efter att ha transformerats i ljudkonstnären Ricardo Atienza elektronik sänds tillbaka ut i kyrkorummet. En grupp konstfackstudenter går omkring i kyrkan, gör ljud, provar gungan, sitter tysta i bänkarna.

– Jag vill utforska rum genom att störa dem – sätta dem i gungning. Genom att iscensätta något startar jag en process. Konsten strävar precis som vetenskapen efter kunskap, men med andra medel, säger Monica Sand.

Hur mänskliga kroppar och mänskliga aktiviteter tar olika rum i besittning är ett centralt tema i Monica Sands arbete. Det kan röra sig om "mellanrum", glömda eller dolda rum, som ingenmanslandet under en motorväg eller ett skrymsle i de otaliga gångar och kulvertar som utgör en

modern storstads mörka underrede.

I S:t Jacobs kyrka rör det sig istället om att omtolka, eller kanske återinta, ett rum som redan har en väl definierad karaktär och funktion – ett sakralt rum menat för gudsdyrkan och meditation. Men fastän gungan, som symbol för barndom och lek, kan ses som ett skarpt brott mot det sakrala, så representerar pendelrörelsen också tidens obönhörliga gång. Och att rytm, vaggningar och dans är en väg till gud vet både dervischer, shamaner och predikanter.

OM DETTA VORE allt skulle det, åtminstone för mig, kunna framstå som en ganska enkel variation på temat – rum, rytm, rörelse, ljud, meditation. Vad som fördjupar och transformerar Monica Sands arbete är spänningen gentemot naturvetenskapen, i det här fallet fysiken.

Denna spänning yttrar sig på flera plan. Direkt, som då författaren Helena Granström under en senare del av programmet läser egna texter om Galileo och Foucault. Indirekt då vi alla som besökare kan experimentera med ljud eller då mellanstadielever får gunga, sjunga och gå i takt för att lära sig om de grundläggande fysikaliska principerna bakom pendellängd och tid, akustik och harmonisk rörelse.

I denna pedagogik finns också ett starkt element av revolt gentemot det sätt den sanna tron traditionellt förmedlats från altare och predikstol. Men också gentemot hur naturvetenskap presenterats som universell kunskap oberoende av den mänskliga kroppen och rummet.

– Det är klart att för hundra år sedan hade det överhuvudtaget inte varit möjligt att göra något sådant här i en kyrka, säger Monica Sand.

Jag kan inte undgå att tänka att om sekulariseringen fortsätter så kanske det inte är möjligt om hundra år heller, eftersom den sakrala laddningen i kyrkorummet då kan ha gått helt förlorad.

INSTALLATIONERNA OCH programmen i S:t Jacobs kyrka är långtifrån det första verk av Monica Sand som på ett intimt sätt relaterar till fysik. Ett annat tema i hennes konst är hur man synliggör det osyn-

liga. Hur "ser" man gravitation? Eller en elementarpartikel? Även här är rummet centralt, det måste konstrueras innan ett fenomen kan framträda, i laboratoriet eller i en utställning.

Pendelprojektet har växt fram som en del av studiet av gravitation och tyngdlöshet, och arbetet med att konkretisera den skenbara motsättning som ligger i att ofantligt stora apparater krävs för att "se" de allra minsta partiklarna, har resulterat i ett flertal stora objekt. Ett exempel är skulpturen *Ljusorgel* som står permanent utställd på Chalmers tekniska högskola. Denna orgel, som består av sexton olika höga glaströr spelar en ständigt pågående ljussymfoni som komponeras av de kosmiska myoner som fångas i skulpturens scintillatordektorer. Även hennes skulptur *Myonregn* registrerar myoner i realtid. Den står sedan 2009 i entrén till Universeum i Göteborg.

ETT LABORATORIUM ÄR ett rum skapat med avsikt att observera speciella fenomen. Men själva konstruktionen av detta rum, och det sätt på vilket forskare och tekniker arbetar och rör sig i det, är i sig ett fenomen som intresserat Monica Sand. Speciellt har hon studerat elementarpartikelfysiklaboratoriet Cern. Under sin tid vid Cern fick hon inte bara idéer till skulpturer som Ljusorgeln, utan observerade också hur forskare från hela världen samlas i olika konstellationer för att, som hon uttrycker det, "agera fysik".

Hon berättar hur fascinerande hon fann Cern. Experimenten är personliga – de har namn och karaktär – medan fysikerna är utbytbara delar. Och de olika byggnaderna som fysikerna befolkar är numrerade i tidsordning utan anknytning till någon rumslig ordning eller gattanamn.

"Agera fysik" är också titeln på ett avsnitt i den doktorsavhandling som Monica Sand försvarade vid KTH:s skola för arkitektur förra året. Den handlar just om hur "kropp, tid och rum organiseras i en naturvetenskaplig kunskapsproduktion". För förutom att vara konstnär och pedagog, så är Monica Sand också konstnärlig forskare och innehar för närvarande en av Vetenskapsrådet finansierad postdoktor-



Foto: Monica Sand

Monica Sands skulptur *Myonregn* registrerar kosmiska myoner i realtid. Den finns att beskåda i Universeums entré i Göteborg.

tjänst vid Konstfack i Stockholm.

Hon menar att den akademisering av den konstnärliga utbildningen som formaliserats genom Bolognaprocessen är en naturlig utveckling. Men hon tycker också att den är problematisk eftersom den innebär en urvattning av skillnader och fokuserar mer på kvantitet istället för kvalitet.

Men vad skiljer en konstnärlig forskare från en vanlig konstvetare?

– Inom konstvetenskap och humaniora använder man konsten som ett objekt att formulera kunskap utifrån. Jag tycker att det är viktigt att konstnärerna själva leder den akademiska kunskapsutvecklingen inifrån konstens område, säger Monica Sand.

Hon vill inte tvinga in den konstnärliga praktiken i en snäv akademisk ram, men tycker att utövande konstnärer ska få en reell möjlighet att experimentera med – och problematisera – ramarna och villkoren för sin egen konstnärliga verksamhet och den kunskap den ger upphov till.

THORS HANS HANSSON



Den abstrakta kvantmekaniken går många gånger stick i stäv med vårt vardagsförnuft. De flesta fysikstuderenter får försöka erövra den enbart genom att vränga formler på papper. Men i undervisningslabbet vid Stockholms universitet får studenterna själva bevisa att världen lyder under kvantmekanikens lagar.

Kvantmekaniken visar sig i studentlabbet

IDAG BETVIVLAR KNAPPAST någon kvantmekanikens riktighet. Teorin om hur naturen beter sig på atomär och subatomär nivå ger förutsägelser som med hög precision stämmer med experiment. Kvantmekanikens tillämpningar har haft stor betydelse för samhällets teknikutveckling, exempelvis inom laser, kärnkraft och halvledarteknik.

Men när bland andra Heisenberg, Schrödinger och Dirac formulerade kvantmekanikens grunder på 1920-talet var många skeptiska. Kvantmekaniken är nämligen filosofiskt svår. Den skiljer sig från den klassiska fysiken genom abstrakta fenomen som vi kan ha svårt att förena med vårt vardagsförnuft.

Framför allt handlar det svåra om sannolikhet. Kvantmekaniken förutsäger endast sannolikheterna för vilket tillstånd en partikel befinner sig i, till exempel att en foton med fyrtio procents sannolikhet är horisontellt polariserad och med sextio procents sannolikhet är vertikalt polariserad. Först när någon faktiskt gör en mätning av fotonens polarisation antar den ett av värdena.

Einstein fann kvantmekanikens sannolikhetsnatur oacceptabel. Han ska ha sagt att "Gud spelar inte tärning" och menade att kvantmekaniken måste vara felaktig eller åtminstone inkomplett. Tillsammans med sina medarbetare Podolsky och Rosen publicerade han år 1935 ett tankeexperiment, den så kallade Einstein-

Podolsky-Rosen-paradoxen (EPR-paradoxen), grundad på kvantmekanik. Den visade hur två partiklar kan snärjas samman, så att de på något sätt är sammanlänkade även efter att de skiljts åt. Trots att avståndet emellan dem är stort påverkar en mätning av den ena partikeln omedelbart den andra, paradoxalt nog utan att någon kraft eller signal verkar mellan dem.

Einstein tyckte att denna "spöklika avståndsverkan" var absurd. Han och hans medarbetare menade att det istället måste finnas dolda variabler hos partiklarna. Redan när de snärjda partiklarna skiljs åt står det inskrivet i deras dolda variabler vilket värde var och en av dem ska anta vid en mätning.

DOCK FANNS DET inget sätt att experimentellt testa hypotesen om de dolda variablerna. Men på 1960-talet konstruerade den brittiske fysikern John Stuart Bell en matematisk olikhet, den så kallade Bells olikhet. Han kunde visa att samma typ av mätning på snärjda partiklar under vissa omständigheter skulle ge olika resultat beroende på om lokala, dolda variabler existerar eller ej. Om dolda variabler finns, då kommer mätresultaten att uppfylla Bells olikhet. Om olikheten däremot bryts så är kvantmekanikens sannolikhetsnatur ett faktum.

Flera forskargrupper gav sig i kast med att experimentellt försöka utföra mätningarna och i mitten av 1980-ta-

let lyckades Alain Aspects grupp i Paris producera säkra resultat. Det var ingen tvekan om att Bells olikhet bröts. Deras experiment, tillsammans med flera efterföljande, bekräftar entydigt kvantmekanikens giltighet.

SEDAN FÖRRA LÄSÅRET kan även fysikstudenter vid Stockholms universitet praktiskt försäkra sig om att kvantmekanikens icke-intuitiva grundvalar stämmer. Här har Mohamed Bourennane, forskare i kvantinformation, byggt upp Sveriges första utbildningslabb där studenterna genom att göra mätningar på snärjda fotoner kan se Bells olikhet brytas.

– Jag tror att vårt labb är det andra i Europa av den här typen. Intresset är stort, KTH och högskolan i Gävle vill komma hit med sina studenter och i Linköping har de nyss bestämt sig för att bygga upp ett likadant, säger Mohamed Bourennane.

Alla grundutbildningsstudenter i Stockholm får se en demonstration av laborationen. Inom de valfria kurserna kvantoptik och experimentell kvantfysik kan studenterna själva få utföra experimentet.

Undertecknad avslutade fysikstudierna för ett antal år sedan, men fick ändå den exklusiva möjligheten att testa laborationen. Läs "labbrapporten" här intill.

INGELA ROOS

Labbrapport: Bells olikhet

OBS! Detta är en förenklad redogörelse.

TROTS ATT LABORATIONEN om Bells olikhet i mina öron låter som ett avancerat forskningsexperiment ryms hela uppställningen på ett ungefär två kvadratmeter stort bord.

– Snärjelse låter exotiskt, men vi kan faktiskt skapa det ganska enkelt här i labbet, förklarar handledaren Johan Ahrens som är doktorand i Mohamed Bourennanes forskningsgrupp.

Han låter en violett diodlaser lysa genom en icke-linjär kristall. Kristallen omvandlar en del av de violetta fotonerna till två fotoner med halva energin vardera, alltså dubbla våglängden. Den ena nya fotonen är horisontellt polariserad och den andra vertikalt. Förutom energin måste även rörelsemängden bevaras. Det innebär att de två fotonerna endast kan skickas ut i vissa riktningar från kristallen, närmare bestämt på varsin kon.

Vi väljer att bara fånga upp de fotoner som skickas ut på de två skärningslinjerna mellan konerna. Här vet vi nämligen inte vilken polarisation var och en av de två fotonerna har, bara att en av dem är horisontellt polariserad och den andra är vertikalt. Fotonerna är därför snärjda.

Vi fångar upp de snärjda fotonerna i varsin optisk fiber. Med hjälp av speciella vinklade komponenter preparerar Johan Ahrens fotonparen i ett av de maximalt snärjda så kallade Bell-tillstånden. De finns i två varianter:

1. Båda fotonerna har samma polarisation, antingen horisontell eller vertikal. Sannolikheten för vardera utfall vid en mätning är 50 procent.

2. Fotonerna har olika polarisation. Vid en mätning är det lika stor sannolikhet att få resultatet att foton 1 är horisontellt polariserad och foton 2 vertikalt polariserad som tvärtom.

Dessutom kan man antingen ha plus- eller minustecken mellan de olika alternativen i varje variant. Det ger totalt fyra olika Bell-tillstånd. Nu är det min uppgift att genom mätningar lista ut vilket av dem labbhandledaren skapat.

Till min hjälp har jag två stråldelare

som låter horisontellt polariserade fotoner passera rakt igenom, medan vertikalt polariserade fotoner bryts av åt sidan. Vid varje utgång står en detektor kapabel att registrera enskilda fotoner, se figuren. Med dem kan jag mäta hur många fotoner i varje optisk fiber som är horisontellt respektive vertikalt polariserade.

De fyra detektorerna är kopplade till en koincidensenhet. Därifrån kan jag få information om vilka detektorer som samtidigt har detekterat varsin foton, alltså två i ett snärjt fotonpar.

Det visar sig att detektorerna som registrerar horisontellt polariserade fotoner i mycket hög utsträckning ger utslag samtidigt. Lika hög koincidens får jag för de två detektorerna som registrerar vertikala fotoner. Däremot ger en horisontell detektor i princip aldrig utslag samtidigt som en vertikal. Jag kan därför dra slutsatsen att båda fotonerna i varje par har samma polarisation. Labbhandledaren hade alltså preparerat de snärjda fotonerna i den första varianten av Bell-tillstånd. Men jag vet fortfarande inte om tecknet är plus eller minus.

Genom att stoppa in halvvågspaltor framför stråldelarna roterar jag fotonernas polarisation för att även mäta dem i den diagonala basen (+/-). Därefter kan jag konstatera att det rör sig om ett plus, och jag vet alltså vilket Bell-tillstånd de snärjda fotonerna befinner sig i.

HITTILLS HAR VI haft mätuppställningen inställd så att vi fått hundra procentig koincidens mellan vissa par av detektorer och ingen koincidens alls mellan andra detektorpar. Vi har då kunnat avgöra fotonparens kvantmekaniska tillstånd, men har ännu inte motbevisat Einsteins tes att fotonparen kanske redan vid källan "vet"



Labbhandledaren Johan Ahrens preparerar de snärjda fotonernas kvanttillstånd.

om de är horisontellt eller vertikalt polariserade.

Bells förslag var att rotera fotonernas polarisation innan mätningen så att vi får koincidens mellan fler detektorpar. Sannolikheten för samtidiga utslag i de olika detektorparen blir då olika beroende på om dolda variabler existerar eller ej. Han visade speciellt att en väntevärdesfunktion av fyra särskilda observabler alltid ligger mellan -2 och 2 ifall Einsteins tes stämmer. Om däremot fotonernas polarisationstillstånd avgörs först vid själva mätningen så kan samma väntevärdesfunktion nå upp till $2\sqrt{2} \approx 2,8$.

Fotonernas polarisation går att rotera genom att vrida på halvvågspaltorna framför stråldelarna. Normalt brukar studenterna få prova sig fram med olika vinklar på halvvågspaltorna, för att slutligen göra en noggrann mätning vid de fyra vinkel-kombinationer som visar sig maximera väntevärdesfunktionen. Efter som jag hade ett tåg att passa var Johan Ahrens vänlig nog att avslöja de rätta vinklarna för mig.

Efter mätningar av koincidenser vid de fyra vinkelkombinationerna kunde vi räkna ut ett väntevärde på 2,475 med en standardavvikelse på endast 0,035. Vi bröt alltså Bells olikhet med god marginal och jag kunde ta tåget tillbaka förvissad om att världen styrs av kvantmekanikens tärningskast.

INGELA ROOS

Fysiken hjälper biologin förstå hur celler fungerar

En stor utmaning för den biologiska och medicinska vetenskapen är att förstå hur den mänskliga kroppen fungerar. Kan forskare i fysik bidra med nya metoder som underlättar detta arbete? I min forskning har jag utvecklat metoder för att ändra miljön runt enskilda celler och samtidigt följa förlopp inuti cellerna.

NÄR HUGO-PROJEKTET avslutades i början av 2000-talet hade man lyckats kartlägga hela den mänskliga arvsmassan. Den resulterande kartan över människans gener sa dock inte mycket om genernas funktion, utan utgjorde snarare en lista på de proteiner som kroppen kan producera. Ett viktigt första steg mot att förstå hur generna påverkar den mänskliga biologin, är att förstå vad alla dessa proteiner har för funktion inuti cellerna.

Med andra ord vill man förstå vad varje protein har för uppgift, när det är aktivt i cellen och framförallt hur det interagerar med andra proteiner så att cellen kan fungera korrekt. Sådana proteininteraktioner ingår i de kemiska förlopp som styr hur cellerna reagerar. Dessa så kallade signalvägar utgör viktiga pusselbitar för att förstå hur celler, och i förlängningen hela den mänskliga kroppen, fungerar.

En särskild sorts signalvägar är de som aktiveras av förändringar i cellens omgivning. När förhållandena runt om cellen ändras, till exempel vid brist på näringsämnen, måste cellen anpassa sig till de nya villkoren för att kunna fortsätta må bra och överleva. Detta sker genom att aktivera eller stänga av de berörda signalvägarna. Genom att på ett kontrollerat sätt ändra miljön runt cellerna och samtidigt studera cellernas reaktion, kan man skaffa sig bättre kunskap om hur en viss signalväg fungerar.

Även om målet ofta är att förstå hur människan fungerar, så är det vare sig etiskt korrekt eller praktiskt att bedriva all forskning på människor. Därför görs mycket forskning på ett antal olika modellorganismer, som med sina olika komplexitetsnivåer kan ge svar på olika frågor. Till exempel kan man förstå många signalvägar bättre genom att studera encel-

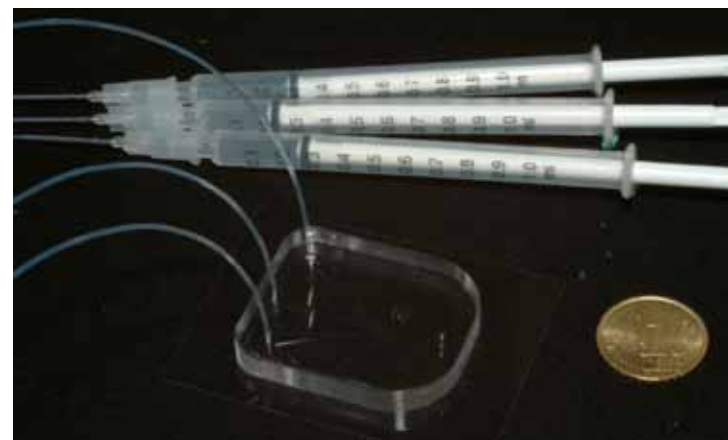
liga organismer, som lätt kan odlas i laboratoriet.

Traditionellt görs cellbiologiska studier på kulturer bestående av miljontals celler. Sådana studier kan dock bara ge svar på hur cellerna reagerar i genomsnitt då exempelvis en kemisk substans tillsätts, och man missar individuella variationer mellan cellernas sätt att reagera. De individuella variationerna kan vara avgörande för hur kulturen som helhet beter sig. Man har till exempel visat att det är sådana individuella variationer som gör det möjligt för vissa bakterier att överleva en antibiotika-behandling och sedan föröka sig på nytt. För att förstå den typen av effekter är det nödvändigt att studera cellerna på enskild cellnivå.

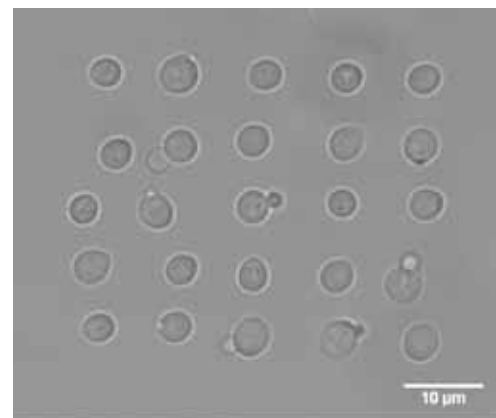
I MIN FORSKNING har jag utvecklat tekniker för att kunna reglera cellernas omgivande kemiska miljö på ett kontrollerat sätt och samtidigt kunna följa hur cellerna reagerar på enskild cellnivå. Bland annat har jag använt mig av det gröna fluorescerande proteinet, GFP, som gör det möjligt att följa kemiska förlopp inuti enskilda celler. Upptäckten av GFP belönades för övrigt med Nobelpriset i kemi 2008.

Genom att koppla GFP till det protein man är intresserad av så kan man i ett fluorescensmikroskop följa hur proteinet vandrar och växelverkar med andra proteiner i cellen. Förutom fluorescensmikroskopi, så har jag framförallt utnyttjat två olika tekniker i min forskning: optisk pincett och mikrofluidik.

Med en optisk pincett kan mikrometerstora objekt, till exempel celler, fångas och förflyttas med hjälp av laserljus. Den optiska pincetten kan med fördel monteras i ett mikroskop. Därmed kan man inte bara titta på cellerna i mikroskopet,



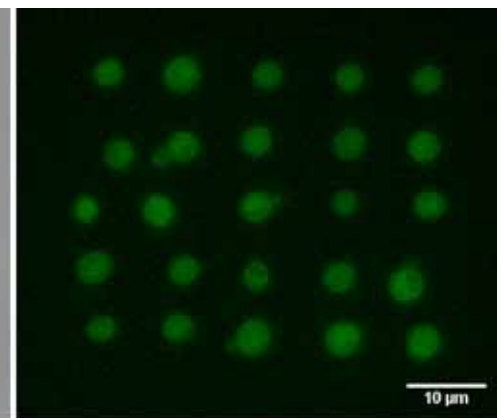
Ett mikrofluidiksystem som via slangar anslutits till tre sprutor för att flöda celler samt de medier man vill utsätta cellerna för genom kanalsystemet.



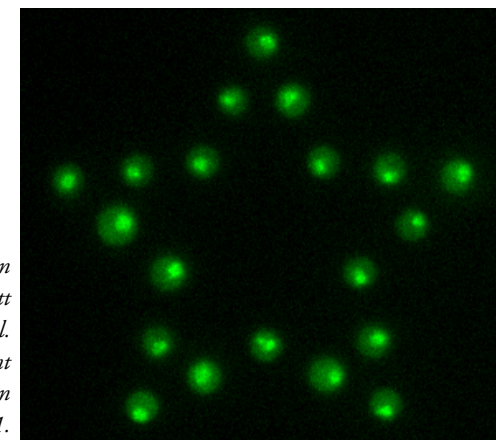
Jästceller placerade på botten av ett mikrokanalsystem med hjälp av en optisk pincett (vänstra bilden). Jästcellerna har fått grönt fluorescerande protein (GFP) fäst på ett av sina protein (Hog1). Vid normala förhållanden är Hog1 utspritt i hela cellen, se fluorescensbilden i mitten. Men då salthalten i omgivningen höjs går Hog1 in i cellkärnan för att starta processer som ska försvara cellerna mot förändringen (högra bilden).

utan även flytta dem precis som man vill. Förutom att använda en enkel optisk pincett, så har jag i min forskning också jobbat med en vidareutveckling av optiska pincetter, så kallade holografiska optiska pincetter. Det är en teknik som gör det möjligt att fånga och flytta många celler samtidigt. Den baserar sig på en så kallad SLM (spatial light modulator). SLM:en kan liknas vid en liten LCD-skärm som kan modulera fasen hos ljuset, och precis som ett fäsgitter exempelvis splittra upp laserstrålen till många optiska fällor.

FÖR ATT KUNNA ändra miljön kring de celler som jag vill studera, så har jag använt mig av så kallade mikrofluidiksystem, små kanalsystem tillverkade i ett silikonmateri-



Jästceller fångade med en holografisk optisk pincett och utsatta för sorbitol. Jästcellerna har grönt fluorescerande protein fäst vid proteinet Hog1.



al. Kanalerna i systemet kan liknas vid små vattenledningar, men kanalerna är ner till tio gånger mindre än ett hårstrå. Den mest framträdande egenskapen hos flödena i dessa kanaler är att de är laminära, det vill säga helt utan närvaro av turbulens.

Det laminära flödet gör att partiklar följer förutbestämda flödeslinjer. Det enda sättet för två vätskor att blanda sig är därför via diffusion, som har med den Brownska rörelsen hos molekylerna eller partiklarna att göra. Denna motvilja mot att blanda sig har jag utnyttjat för att kunna skapa två olika miljöer väldigt nära varandra.

I min forskning har jag visat att man genom att kombinera optisk pincett och mikrofluidik kan byta miljön runt enskilda celler under noggrant bestämda

tidsperioder. Miljöbytet är snabbt, i storleksordningen av en sekund, vilket gör att man med stor tidsnoggrannhet kan studera förloppet då cellerna reagerar på och hanterar miljöbytet.

MED SYSTEMEN SOM vi designat är det också möjligt att ta bort ett ämne från cellernas omgivning. Detta är svårt att göra med traditionella biologiska metoder som utgår från en stor kultur av celler. Att ta bort ett ämne från cellens omgivning kan till exempel vara intressant om man vill studera hur cellerna reagerar om närings-tillförseln försvinner (svält). Det är också viktigt att i studierna av signalvägar dynamiskt kunna ändra miljön runt cellen, eftersom cellerna normalt befinner sig i

en dynamisk miljö. Reversibiliteten i vårt system gör det också möjligt att studera hur historiken påverkar cellens beteende, genom att upprepade gånger tillsätta och ta bort ett ämne i cellernas omgivning.

Jag har framförallt testat systemet på bakjäst (*Saccharomyces cerevisiae*), som är en vanlig modellorganism för en eukaryotisk cell. Genom att studera jäst, som är lätt att odla och dessutom relativt lätt att modifiera så att den uttrycker GFP ihop med det protein man vill studera, kan man få mer insikt i basala processer i cellen, så som celledelning och osmoreglering, det vill säga mekanismen för att hålla vattenbalansen med omgivningen.

En stor del av min forskning har syftat till att ta fram experimentell data för att förstå den signalväg som sköter just osmoregleringen bättre. Genom att sätta till och ta bort exempelvis salt har jag kunnat mäta både hur cellens storlek förändras då saltkoncentrationen i omgivningen ändras, samt följa hur olika GFP-märkta protein förflyttas inom cellen medan cellen försöker anpassa sig till den nya miljön.

Denna detaljerade information om cellernas beteende, som i förlängningen kan leda till en bättre förståelse för hur olika processer regleras inne i cellen, skulle inte ha varit möjlig att få fram med traditionella biologiska tekniker. Min forskning är bara ett exempel på hur fysiken kan bidra till förståelsen av biologiska system, och jag är säker på att vi kommer att få se mycket mer sådan tvärvetenskaplig forskning framöver.

EMMA ERIKSSON

Emma Eriksson har doktorerat i biofysik vid Göteborgs universitet. Hon försvarade sin avhandling "Towards quantitative single cell analysis using optical tweezers and microfluidics" den 29 april 2009 med Monika Ritsch-Marte från Medizinische Universität Innsbruck som opponent.

Hela avhandlingen finns att ladda ner på <http://hdl.handle.net/2077/19485>

Tankeexperiment

i fysiken

Fysikhistorien är full av tankeexperiment. Galileo använder dem i sin kritik av Aristoteles läror. Einstein leker med tanken på att färdas jämte en ljuspuls. Schrödinger föreställer sig en katt som är död och levande på samma gång. Men kan man verkligen lära sig något om hur naturen fungerar bara genom att föreställa sig saker?

Fysikums sommarkurs *Tankeexperiment i fysiken* (7,5 hp) går kvällstid vecka 23 – 28.

För mer information se
www.fysik.su.se/~holst/tankeexperiment



Stockholms
universitet

”Jag läste alla kurser med ’bio’ i namnet”

Varför började du doktorera i biofysik?

– Jag hade egentligen inte tänkt doktorera, men prioriterade att få jobba inom de ämnesområden jag gillade. Redan på teknisk fysik-utbildningen läste jag alla kurser jag kom över som hade ”bio” i namnet. Jag var även intresserad av fotonik.

Hur var det att jobba i ett tvärvetenskapligt projekt?

– Det är jättespännande med korsningen mellan olika discipliner. Men det var svårare än jag trott att kommunicera över gränserna. Vi fysiker ska förstå biologerna och deras termer, och de ska förstå oss. Det är inte helt lätt.

Hur var tiden som doktorand?

– Det finns många fördelar med att doktorera, framför allt att det är så fritt. Man kan bestämma över sin egen tid och vilka detaljer man vill gräva ner sig i. Men det var lite ensamt också, ofta är man bara en person som grottar ner sig i ett specifikt problem.

Finns det något du är speciellt stolt över?

– Att jag har lyckats bidra med något genom min forskning. Gruppen har vuxit inom det område som jag började med.

Emma Eriksson

Ålder: 29 år

Bakgrund: Uppväxt i Grimsås utanför Tranemo. Läste teknisk fysik på Chalmers.

Intressen: Träna spinning och badminton, laga mat och att dansa

Forskning: Tekniker för att studera enskilda celler, framför allt optiska pincetter och mikrofluidik, se föregående uppslag.



Du disputerade i april, vad gör du nu?

– Sedan i september är jag anställd som forskare på SP Sveriges tekniska forskningsinstitut i Borås. Jag jobbar i en nybildad grupp som sysslar med medicinsk teknik, vilket jag tycker är jättespännande.

Vad har du för framtidsdrömmar?

– För närvarande är det att komma in i mitt nya jobb på SP och bli drivande i de egna projekten.

INGELA ROOS

Engelskan förändrar undervisningen

Engelskan blir allt vanligare som undervisningsspråk på svenska högskolor. Trots att de svenska studenterna inte säger sig uppleva någon skillnad betar de sig olika beroende på om läraren pratar svenska eller engelska. John Airey har undersökt hur språket påverkar fysikinläringen.

DET FINNS MÅNGA fördelar med att hålla fysikkurser på högskolenivå på engelska. Utbudet av engelska läroböcker är större, studenter från andra länder kan ta del av undervisningen och utländska föreläsare kan hålla i kursen. Dessutom får de svenska studenterna träna sig på engelska vilket är en stor fördel om de tänker jobba utomlands eller ge sig på en akademisk forskarkarriär.

– Men vi vet inte hur byte av undervisningsspråk faktiskt påverkar inläringen. Som det är nu byter man till engelska bara av pragmatiska skäl, inte på grund av vad man vill uppnå med undervisningen. Språkbytet är ofta väldigt oreflekterat, säger John Airey.

Han har i en rad fallstudier undersökt hur fysikundervisningen förändras när undervisningsspråket ändras från svenska till engelska. Bland annat upptäckte han att studenterna både ställer färre frågor och svarar på färre frågor på engelska.

– Interaktionen mellan lärare och studenter minskar, och det är inte bra. När någon vågar ställa en fråga uppstår ett förklaringsstillfälle som alla studenter i rummet kan ha hjälp av, säger John Airey.

Dessutom kan engelskan få studenter som antecknar att tappa tråden. Ska de skriva på engelska eller svenska? Hur

stavar man svåra ord på engelska? Ofta fokuserar studenterna mer på själva antecknandet än på fysiken som läraren försöker förmedla.

Själva säger studenterna att det inte är någon skillnad på svenska och engelska lektioner.

– Men när jag frågade dem hur de rent praktiskt gör på lektionerna så visade det sig att de faktiskt betar sig väldigt anorlunda när undervisningen är på engelska. De anpassar sig till språkbytet, säger John Airey.

Många slutar att anteckna. Kanske gör de små noteringar i kanten av boken eller lektionsunderlaget om det finns något sådant. Andra slutar att lyssna och skriver mekaniskt.

– Då får de jobba igenom anteckningarna efteråt för att förstå innehållet, men det tar så klart mycket tid, säger John Airey.

Fler studenter läser på i boken i förväg när föreläsningen är på engelska. På lektionen kan de sedan koncentrera sig på att lyssna och reda ut det som eventuellt var oklart i det de redan läst. De kommer också i högre utsträckning fram och ställer frågor till läraren efter föreläsningen.

STUDENTERNA ÄNDRAR alltså strategi beroende på språket. Trots att lärandet på engelska verkar besvärligare för studenterna, så är det enligt John Airey inget alternativ att återgå enbart till svenska.

– Engelskan innebär så många andra fördelar, den är redan här och kommer att stanna. Den intressanta frågan är snarare hur man ska göra undervisningen på engelska så bra som möjligt.

John Airey tycker dock att svenska



John Airey är född och utbildad till fysiklärare i England. I Sverige har han omskolat sig till lärare i fackspråk och är lektor vid Linnéuniversitetet. Just nu studerar han hur lärare upplever språkbyte i en postdok vid Stockholms universitet.

fysikstudenter fortfarande behöver ha en del av sin utbildning på svenska. Dels kommer en hel del av dem faktiskt att jobba på svenska, exempelvis som fysiklärare, och behöver kunna termerna på svenska. Dels handlar det om demokrati.

– Användningen av fysiken är ofta politisk och fysiker behöver kunna delta i samhällsdebatten. Om vi utarmar det svenska språket, då utarmar vi också möjligheten för debatt om forskning i det svenska samhället, säger John Airey.

Han efterlyser mer reflektion kring undervisningsspråket och anser att språkliga mål borde skrivas in i kursplanerna.

– Vad vill kollegiet att studenterna ska kunna på vilka språk? En fysiklärare kan man även se som en språklärare – det är vi som lär studenterna att läsa, prata och skriva fysik.

INGELA ROOS

Läs mer:

John Airey: ”Science, Language, and Literacy: Case Studies of Learning in Swedish University Physics”, doktorsavhandling, Uppsala universitet (2009)

Maxlab slår upp portarna för lärare

Varje år kommer närmare 800 svenska och utländska forskare till Maxlab i Lund för att använda dess eftertraktade ljuskälla – synkrotronljuset – i sin forskning. I juni får svenska gymnasielärare möjlighet att själva utföra experiment med synkrotronljus.

HADE DET INTE varit för synkrotroner hade knappast Ada Yonath, Thomas Steitz och Venkat Ramakrishnan kammat hem Nobelpriset i kemi förra året. En synkrotron accelererar elektroner upp till nära ljusets hastighet och kröker sedan deras banor med hjälp av starka magnetfält. Krökningen av banorna gör att elektronerna skickar ut en del av sin energi i form av ett mycket starkt ljus. Sådant ljus kallas för synkrotronljus och var avgörande för att de tre Nobelpristagarna skulle lyckas kartlägga ribosomen – cellens maskineri för proteintillverkning – ner på atomnivå.

Nobelpristagarnas metod kallas för kristallografi och bygger på röntgenstrålning. Men synkrotronen levererar ljus inom ett brett våglängdsområde, från radiovågor till hård röntgenstrålning. Med hjälp av en våglängdsväljare kan forskarna skilja ut exakt den våglängd de behöver i sitt experiment. Infrarött ljus kan användas för att undersöka absorptionen i vissa molekyler och nanoforskare utnyttjar ljuset inom mjukröntgenområdet för att studera nya halvledarmaterial.

I Sverige har synkrotronljusforskningen sitt Mekka i Lund i form av det nationella laboratoriet Maxlab. Hit kommer forskare – både fysiker, kemister och biologer – från hela världen för att använda synkrotronljuset i sina experiment. Bland annat har ljuset från Maxlab hjälpt forskare att hitta orsaken till varför Vasa-skeppet bryts ned.

I JUNI FÅR gymnasielärare från hela landet möjligheten att själva utföra experimente-



– Elektronerna i den här lagringsringen far runt med nära ljusets hastighet, berättar Åke Andersson som är forskare i acceleratorfysik. Här visar han runt lärare i experimenthallen på Maxlab.

ra med hjälp av synkrotronljus på Maxlab, antingen genom att delta i pågående experiment eller genom att göra egna mindre experiment. Experimenten är en del av en tredagarskurs för lärare som Maxlab arrangerar i samarbete med Nationellt resurscentrum för fysik. Kursen innehåller även en introduktion till synkrotronljus och synkrotronljusforskning och flertalet forskare verksamma vid Maxlab kommer att berätta om sina projekt.

Kursen får även besök av den kanadensiska läraren Debra Belsey. Hon kommer att dela med sig av sina erfarenheter från liknande kunskapsprojekt på kanadensiska synkrotronen Canadian Light Source, där hon även utfört experiment tillsammans med sina elever.

I framtiden ska Maxlab kunna ta emot dubbelt så många forskare som idag. Snart går nämligen startskottet för bygget av en ny anläggning – Max IV. Den kommer att bli den mest avancerade synkrotronljuskällan av sitt slag i världen.

ANNIKA NYBERG OCH INGELA ROOS

Lärarkursen på Maxlab går av stapeln 14–16 juni 2010 och riktar sig till gymnasielärare i fysik och kemi. Sista anmälningssdag är 15 mars.

Läs mer på www.fysik.org.

NATIONELLT RESURSCENTRUM FÖR FYSIK

■ Nationellt resurscentrum för fysik (NRCF) inrättades år 1995 av regeringen med syfte att öka ungdomars och barns intresse för naturvetenskap i allmänhet och fysik i synnerhet.

■ Nationellt resurscentrum för fysik erbjuder framför allt fortbildning för lärare på alla stadier, även distanskurser.

■ På hemsidan www.fysik.org finns bland annat information om fortbildningskurserna, tips om enkla experiment, en frågelåda där lärare och elever kan få svar på sina frågor om fysik och porträtt av fyrtioåttio kända respektive "vanliga" fysiker.

■ Nationellt resurscentrum för fysik har sitt säte vid Lunds universitet. Där jobbar tio personer som kombinerar arbetet vid NRCF med lärartjänster, allt från universitetslärare till förskollärare.

■ Föreståndare sedan sommaren 2009 är professor Ann-Marie Pendrill som intervjuades om sitt nya jobb i Fysikaktuell nr 3/2009.

■ Nationellt resurscentrum för fysiks verksamhet finansieras genom utbildningsdepartementet och skolverket, med stöd från Lunds universitet och Lunds tekniska högskola.



Kättingflygaren

Foto: Gröna Lund

Fysik på nöjesparker

FÖRRA NUMRET av Fysikaktuellt berättade om hur gymnasister studerade fysik på Gröna Lund. Nu är det dags att planera för 2010 års aktiviteter om karusell- och berg- och dalbanefysik.

I SAMARBETE MELLAN Nationellt resurscentrum för fysik, Vetenskapens hus och Gröna Lund planeras en lärardag 20 maj som förberedelse för en fysikdag 9 september, eller för egna besök. Under lärardagarna går vi, efter en inledande presentation, runt i parken, provar några olika undersökningar i och intill attraktionerna och analyserar och diskuterar accelerometerdata.

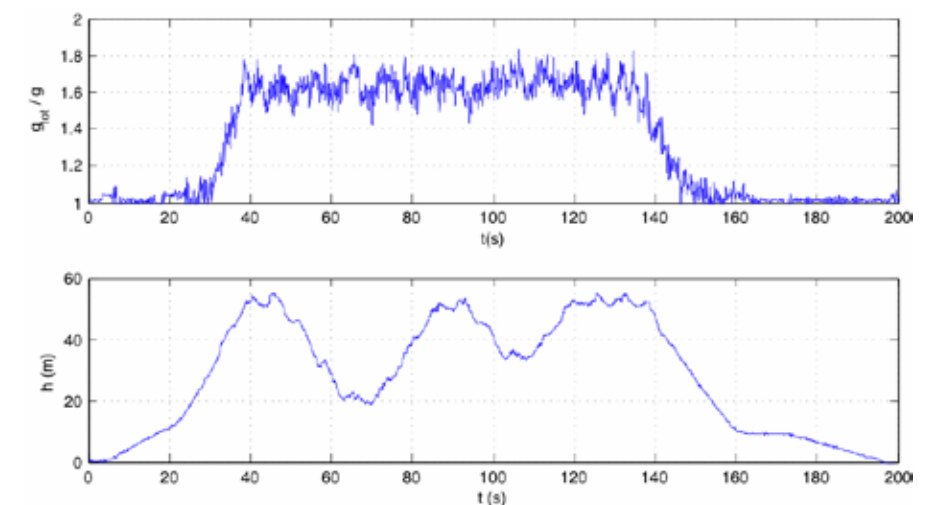
För klasser i södra Sverige ordnas en lärardag 27 april på Tivoli i Köpenhamn, i anslutning till deras dagar för mellanstadieklasse om "Sanser i Tivoli", dit även svenska klasser är välkomna. Tivoli ordnar dagar för äldre elever i augusti-september. Läs mer på www.fysik.org. Till hösten planerar Nationellt resurscentrum för fysik också att ge en distanskurs (5 hp) om hur man kan använda nöjesparker i fysikundervisningen.

Även under nöjesparkernas ordinarie öppettid kan man genomföra många undersökningar och observationer. När parkerna är stängda kan man studera attraktionernas fysik teoretiskt. Titta till

exempel på bilden till höger av Himmelskibet på Tivoli, som är en högre och större version av Kättingflygaren på Gröna Lund (ovan) och Slängungan på Liseberg. Vilka krafter påverkar den som åker i Himmelskibet? Hur påverkas kedjans vinkel av om gungan är tom?

Grafen nedan visar data för en tur i Himmelskibet. Den övre grafen visar accelerationen ($|a-g|/|g|$) under turen och den nedre visar höjden. Utnyttja dessa data eller fotot för att beräkna hur lång tid ett varv tar om du vet att stjärnans diameter är 14 meter och kedjorna är 8 meter.

ANN-MARIE PENDRILL



Himmelskibet

Foto: Tivoli

AKTUELLA KURSER PÅ NATIONELLT RESURSCENTRUM FÖR FYSIK

Just nu har vi en lärarlyftskurs "Inspirerande NO-undervisning" för lärare i årskurs 6–9. Kursen rymmer två delkurser: "Universum och livet – världsbilder i skolans NO-undervisning" och "Allmänbildning i fysik – vardagen som inspiration i NO-undervisningen". Denna kurs kommer att starta igen i höst.

Till hösten planerar vi även att starta en helt ny fortbildningskurs för gymnasielärare, "Kontroversiella samhällsfrågor i fysikundervisningen" på 5 hp. Till den kursen kommer vi bland annat att bjuda in olika föreläsare som kan sätta in fysiken i sammanhang, till exempel diskutera intressekonflikter, hur

gränsvärden för strålning sätts och hur fysik behandlas i media. Vi kommer också att ta upp och ge exempel på hur man kan arbeta med samhällsfrågor i fysikundervisningen.

Besök www.fysik.org för uppdaterad information.

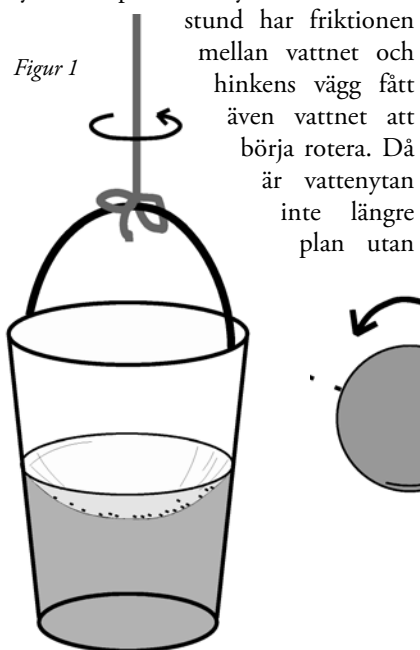
Newtons hink och det

Isaac Newton använde vattnets rörelse i en snurrande hink som belägg för sin uppfattning att rummet är absolut. Men Ernst Mach och Albert Einstein drar helt andra slutsatser av samma tankeexperiment.

I **VERKET PRINCIPIA** som utkommer 1687 lägger Isaac Newton grunden till mekaniken. Han argumenterar här utförligt för att rummet är absolut: "Det absoluta rummet, till sin natur utan relation till varje yttre, förblir alltid likadant och orörligt." Visserligen är det bara objektens relativa positioner som kan observeras och fastställas, men det absoluta rummet finns ändå där i bakgrunden, som en orörlig och evig scen för de fysikaliska skeendena.

Som argument för sitt absoluta rum formulerar Newton ett tankeexperiment. Han föreställer sig hur en hink upphängd i ett långt snöre roteras kring sin vertikala axel till dess att snöret är hårt virat. Därefter fylls hinken till ungefär hälften med vatten. Med en lätt skjuts sätts hinken i rotation så att snöret börjar att viras upp och håller den snurrande ett tag.

Newton uppmanar oss att nu ge akt på vattenytans form. Till en början, när hinken just har börjat rotera, är vattenytan lika plan som nyss. Men efter en



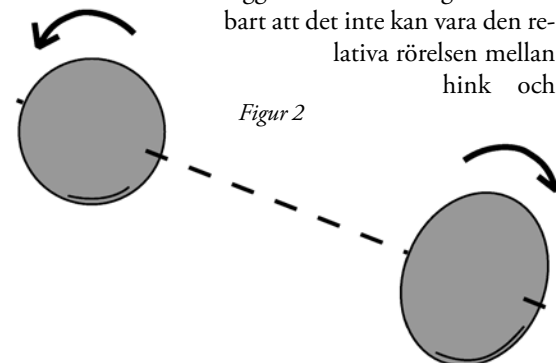
Figur 1

skålformad; vattenytan har "krupit upp" längs hinkens väggar, och är mycket högre där än i hinkens mitt, se figur 1.

Hur ska man förklara detta fenomen? Newton konstaterar att det inte kan vara den relativa rörelsen mellan vatten och hink som är avgörande, eftersom effekten är som störst när vattnet helt och hållet roterar med hinken, alltså när det inte finns någon relativ rörelse dem emellan. I stället är det enligt Newton vattnets "sanna och absoluta cirkulära rörelse" som är orsaken till den kupiga vattenytan. Han tolkar experimentet som ett belägg för det orörliga och absoluta rummet.

UNGEFÄR TVÅHUNDRA ÅR senare, i slutet av 1800-talet, tar den österrikiske fysikern och vetenskapsfilosofen Ernst Mach upp Newtons resonemang till granskning. Mach beundrade Newtons bidrag till fysiken, men var samtidigt kritisk till idén om ett absolut rum. Allt vi kan observera är kroppars inbördes positioner och hur dessa förändras sig; vi har inte tillgång till något "externt" rum att jämföra med. Mach insisterar således på att fysiken måste vara strikt relationell: den kan bara uttala sig om relationer mellan objekt, inte om hur de är i sig själva.

Mach medger att vattenytan i Newtons roterande hink buktar trots att vattnet befinner sig i vila i förhållande till hinkens väggar. Men detta säger oss enbart att det inte kan vara den relativa rörelsen mellan hink och



Figur 2

vatten som orsakar de centrifugalkrafter som får vattenytan att krypa upp längs hinkens väggar.

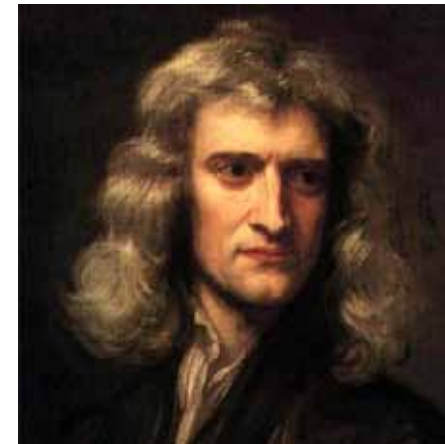
I en retorisk vändning uppmanar Mach oss att fixera hinken och i stället rotera universums alla stjärnor omkring den – kan vi då vara säkra på att inte vattenytan åter skulle bli skålformad? Med andra ord: hur vet vi att centrifugalkrafterna inte orsakas av den relativa rörelsen mellan vattnet i hinken och all universums materia? Och vad vet vi om hur vattnet skulle bete sig om hinkens väggar vore massiva och av flera mils tjocklek? Vem vågar påstå att vattenytan i en sådan roterande jättehink inte skulle vara i det närmaste plan?

Mach insisterar alltså på att vår beskrivning av verkligheten endast bör ta fasta på relativa förhållanden mellan objekt, eftersom det endast är sådana som är tillgängliga för mätningar och observationer. Denna syn leder Mach till en tolkning av hinkexperimentet som är i det närmaste motsatt Newtons. Där Newton ser belägg för ett absolut rum, ser Mach en illustration av hur centrifugalkrafter, liksom andra tröghetskrafter, bör förstås som uttryck för den relativa rörelsen mellan ett objekt och resten av materian i universum – en idé som i olika varianter brukar gå under namnet Machs princip.

MACH SJÄLV GJORDE inget försök att formulera någon relationell fysik. Men en som lät sig inspireras av hans tankar var Albert Einstein. I en epokgörande artikel från 1916 formulerar Einstein sin egen version av Newtons hinkexperiment.

Einstein föreställer sig två himlakroppar som befinner sig långt ute i rymden, långt från andra stjärnor och planeter. De befinner sig också så långt från varandra att vi kan bortse från gravitationskraften som verkar mellan dem. Avståndet mellan himlakropparna är konstant, men de roterar i förhållande till varandra omkring den linje som förbinder dem, se figur 2.

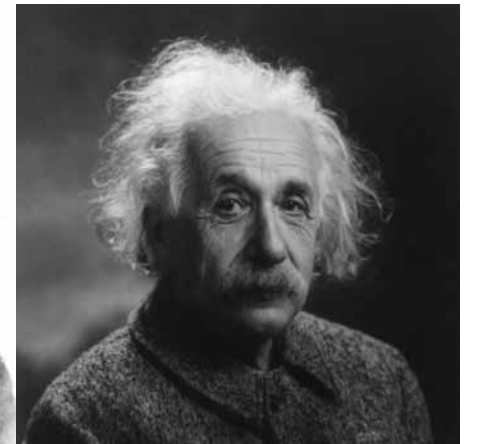
absoluta rummet



Isaac Newton



Ernst Mach



Albert Einstein

En observatör på den ena kroppen uppfattar alltså en rotation hos den andra kroppen, och omvänt. Antag nu att man genomför noggranna mätningar av de båda kropparnas form, och kommer fram till att den ena är en perfekt sfär medan den andra har formen av en ellipsoid: den är svagt tillplattad vid polerna och buktar ut något vid ekvatorn. Detta trots att situationen i övrigt förefaller helt symmetrisk.

Vad, frågar sig Einstein, skulle utgöra en tillfredsställande förklaring av en sådan observation? Newton – liksom de flesta av oss – skulle svara att skälet till kropparnas olika form är att den ena kroppen roterar medan den andra befinner sig i vila: den som roterar får en tillplattad form på grund av centrifugalkrafter som får dess materia att sträva bort från rotationsaxeln. Detta duger dock inte enligt Einstein. Man kan inte förklara skillnaden i form mellan kropparna med något som inte är direkt observerbart, i detta fall ett abstrakt roterande tillstånd.

Någon kanske invänder att rotation respektive frånvaro av rotation visst är observerbar. Jo visst, men den tar sig bara uttryck i fenomen såsom utbuktande sfärer eller buktiga vattenytor – alltså just de fenomen som skulle förklaras. Så vad vinner man med en sådan förklaring? Ingenting, insisterar Einstein. Som skäl för

ett observerbart fenomen kan man aldrig ange ett icke-observerbart förhållande, eller ett som enbart tar sig uttryck i det som skulle förklaras.

EINSTEIN ANSLUTER SIG här till Machs syn: han menar att en godtagbar förklaring måste utgå från universums övriga materia. Observatören på den sfäriska kroppen finner att natthimlens stjärnor står stilla på himlavalvet. Han drar slutsatsen att deras inverkan på den egna planeten måste vara helt symmetrisk – därför är hans planet en sfär.

Observatören på den andra planeten finner däremot att stjärnorna kretsar runt längs cirklar över natthimlen. Deras inverkan på hennes hemplanet är därmed asymmetrisk – därför har den formen av en ellipsoid. En acceptabel teori måste förklara denna påverkan från de omgivande stjärnorna.

Einstein använder resonemanget för att bereda väg för sin gravitationsteori, den allmänna relativitetsteorin. Denna teori blev en stor framgång, och kanske Einsteins viktigaste bidrag till fysiken. Men faktum är att den färdiga teorin knappast kan sägas uppfylla Machs önskan om en relationell fysik, åtminstone inte på det sätt som Mach och Einstein ursprungligen tänkt sig.

I Einsteins teori är det exempelvis

möjligt att betrakta en ensam roterande kropp i ett i övrigt tomt universum. En sådan kropp kommer att buktar ut, och det är enligt teorin väldefinierat hur snabbt den roterar trots att det inte finns något annat att jämföra rörelsen med. Visserligen finns intet spår av ett absolut rum i den allmänna relativitetsteorin, men begreppen acceleration och rotation är lika absoluta där som i Newtons mekanik.

NEWTONS Roterande hink och Einsteins motsvarande resonemang med sfärer visar hur väsentligen samma tankeexperiment kan leda till diametralt olika slutsatser. För Newton utgör tankeexperimentet ett belägg för det absoluta rummet; för Mach och Einstein illustrerar det behovet av en strikt relationell fysik. Ingen av slutsatserna är, enligt vad vi vet idag, korrekt.

Ändå måste detta tankeexperiment sägas tillhöra de mest fruktbara genom fysikhistorien. För Newton gav idén om det absoluta rummet en stabil teoretisk grund, nödvändig för att han skulle kunna utveckla sin mekanik och därmed också lägga grunden för fysiken. För Einstein utgjorde Machs idéer, uppbackade av samma tankeexperiment, en viktig inspirationskälla i skapandet av den allmänna relativitetsteorin.

SÖREN HOLST

Vad gör fysiker som inte forskar eller undervisar inom den akademiska världen? Under 2010 fortsätter vi med porträtt av fysiker i näringslivet.

Han tar forskningen till industrin

Vad handlar ditt arbete om?
– Jag är avdelningschef på Chalmers Industriteknik, en stiftelse som arbetar med forskningsnära utveckling för industriella kunder. Jag har 33 medarbetare där majoriteten har disputerat i teknik eller naturvetenskap men vi har även tillgång till bredare kompetens inom ekonomi, marknadsföring, ledarskap och kommunikation.
Som chef arbetar jag med utvecklingsprojekt, personalledning, försäljning, rekrytering och affärsutveckling. Min specialitet förutom fysik är innovationsutveckling. Jag är därför aktiv i ett antal nationella och internationella nätverk kring frågor om nyttiggörande av forskning.

Hur kommer fysik in i bilden?
– Den kommer in på ett naturligt sätt i våra utvecklingsprojekt som kan röra allt från korrosion och mikrovågor till sensorutveckling och nanoteknologi. I innovationsfrågor gör man ofta rimlighetsbedömningar. Med min bakgrund i fysik och matematik kan jag göra det inom ett stort antal fält. Fysiken ger dessutom den bredd som gör att man känner sig hemma i terminologin inom de flesta andra områden liksom att bedöma nyhetsvärde och patenterbarhet i nya uppfinningar och att bedöma olika tekniklösningars styrkor och svagheter.

Varför valde du att läsa fysik?
– Nyfikenhet, tävlingsinstinkt och en god införsäljning från studievägleddaren vid utbildningen i Göteborg. Fysik var inte mitt bästa ämne på gymnasiet även om jag inte var ointresserad. Däremot var jag inte intresserad av matematik. Väl på universitetet upptäckte jag hur rolig matematik kan vara vilket fick mig att välja teoretisk fysik. Dessutom ansåg jag då att det var det svåraste ämnet vilket självklart lockade ef-



Namn: Henric Rhedin
Familj: Gift, två barn
Utbildning: Grundutbildning i fysik och doktorsexamen i teoretisk fysik från Göteborgs universitet (1995)
Arbete: Avdelningschef på Chalmers Industriteknik
Personlighet: Tävlingsinriktad förändringsmänniska som älskar en utmaning

tersom jag uppskattar utmaningar.
Om man gräver tillräckligt djupt i en fråga relaterad till natur och teknik så kommer man förr eller senare fram till en fysikfråga. Detta att kunna komma till botten med saker och ting lockade mig till fysiken.

Hur ser en dag ut på jobbet?
– Jag reser mycket i jobbet, annars är jag på kontoret i Göteborg. Oavsett var jag befinner mig så består dagen av möten, möten och ännu fler mer möten.
En standarddag på kontoret börjar klockan sex med att beta av nattens mejlskörd. Innan klockan åtta eller nio då dagens första möte börjar, hinner man även med att skriva rapporter, arbeta med någon specifik fråga, göra någon beräkning, skriva ett PM, attestera fakturor, löneutbetalningar eller liknande. På dagarna är det kundmöten, avdelningsmöten, arbetsmöten, planeringsmöten och telefonmöten. Pauserna använder jag till att besvara inkommande mejl och telefon-

samtal. Efter fem kan jag avsluta dagen med att åtgärda de saker som inte hunnits med. Genom uppkoppling i hemmet lägger jag även några timmar på kvällar och helger på arbetet.

Vad är roligast respektive mindre kul?
– Det jag uppskattar mest är blandningen av arbetsuppgifter – att arbeta med utvecklingen av teknik, organisation och medarbetare. Det är oerhört stimulerande att lära sig nya saker hela tiden och att träffa nya och spännande personer. Jag finner stor glädje i att vara med och bidra till förändring och förbättring av de områden som jag arbetar med. Mindre roligt är uppföljning av det som redan är avklarat, som ekonomisk uppföljning. Jag är en person som hela tiden ser framåt och har sällan tid eller behov att engagera mig i redan avklarade saker. Min absolut tråkigaste arbetsuppgift är att avskeda personal. Det behöver jag sällan göra, men det är lika tråkigt varje gång.

PETER APELL

Flaskan får myntet att hoppa

Jag såg en gång en person som slog upp en kall öl i ett glas, doppade kapsylen i ölen och la den upp-och-ned-vänd på flasköppningen. Efter en stund började kapsylen hoppa! Ett typiskt "köksexperiment" för Fysikaktuelltts serie om fysikaliska leksaker. Vad berodde effekten på?

DÅ EN KAPSYL lätt deformeras vid öppnandet gör vi ett mer kontrollerat experiment. Tag en 50-öring (eventuellt en tiokrona), vät den och lägg den på en lämplig flasköppning så att den tätas effektivt. Värm flaskan genom att hålla händerna kring den, se bilden. Snart lyfts myntet upp i ena kanten och för att sedan ramla ner. Detta upprepas periodiskt.
En 50-öring väger 3,70 gram och har en diameter på 18,75 millimeter. Man kan från detta lätt räkna ut att en tryckändring på $\Delta p = 134$ Pa behövs för att lyfta myntet.
I allmänna gaslagen $pV = nRT$, är p tryck, V volym, T absolut temperatur samt n och R konstanter. Eftersom V är konstant innan myntet lyfts kan vi skriva $p_f / T_f = p_e / T_e$ där e syftar på "efter" och f på "före" hoppet.
Vi skriver $p_e = p_f + \Delta p$ där lyfttrycket $p_f \approx 100$ kPa (atmosfärstryck) och $\Delta p = 134$ Pa enligt ovan. Vi finner

då att en temperaturhöjning på bara $\Delta T = T_e - T_f = 0,4$ K behövs för att lyfta myntet.
Värmestrålningen från handen tycks inte kunna åstadkomma ett mynthopp. Det är i stället värmeledningen genom glaset som åstadkommer temperaturhöjningen. Jag kontrollerade detta med enkel mätning. Temperaturen på händerna och flaskan var vid tillfället 31°C respektive 19°C. Jag observerade att temperaturen på insidan av glaset ökade ungefär 7 grader på en halv minut. Sedan skall glasväggen värma luften, vilket jag dock inte har något mått på, men hoppeffekten tycks kvalitativt förklarad.

PER-OLOF NILSSON



LHC kör på halv kräm

INNAN JUL HANN partikelacceleratorn Large Hadron Collider vid Cern med att slå världsrekord i kollisionens energi. Sedan var det dags för vinteruppehåll. I mitten av februari körde acceleratorn igång igen. Nu är det dags för ytterligare ökning av energin – upp till 7 TeV. LHC är förvisso designad att klara det dubbla.
– Men efter incidenten 2008 upptäckte vi att anslutningarna mellan magneterna måste göras mer solida innan vi kan ta upp den till 14 TeV, berättar Torsten Åkesson som fram till nyligen var Cerns styrelseordförande.
Därför kommer nu LHC att köra vid halva energin under två år. Det är ändå tre gånger högre än den amerikanska Tevatronen och Cerns fysiker har chansen att upptäcka ny fysik. Till exempel den lättaste av de hypotetiska supersymmetriska partiklarna – den starkaste kandidaten till mörk materia.

INGELA ROOS

Lagtävlingen avgjord

DEN 28 JANUARI tävlade nästan 400 gymnasieelever i Svenska Fysikersamfundets fysiktävling Wallenbergs fysikpris. Årets tävling var lättare än förra året så vi kan glädjas åt att medelpoängen i tävlingen har stigit från drygt 5 poäng till drygt 9 poäng. Vi hoppas att fler elever känner sig nöjda med sitt deltagande så att de som nu går andra året vill vara med och tävla nästa år igen.
Vi gratulerar Hvitfeldtska gymnasiet i Göteborg till seger i lagtävlingen. De tre lagmedlemmarna vinner 5 000 kr var och skolans fysikinstitution får 10 000 kr att använda till något lämpligt.
Den 26–27 mars går den individuella finalen av stapeln i Umeå. Dit kallas de femton elever som fick bäst poäng i första omgången. Resultatlistorna finns på www.fysikersamfundet.se/fysiktavlingen.html.

KERSTIN AHLSTRÖM

LASER

Gamdata Instrument kan nu erbjuda lasrar och tillbehör i form av effektmätare och skyddsglasögon.

Våra leverantörer är Coherent, Quantel, Sacher Lasertechnik och Laservision.

För mer information kontakta
Patrick Brandelind
018-480 58 04
patrick.brandelind@gamdata.se



UTBILDNING

Studera kraft i olika delar av en konstruktion med PASCOs brostrukturer och lastceller.

För mer information kontakta
Greger Blomqvist
018-480 58 21
greger.blomqvist@gamdata.se