

Maserns återkomst

sidan 4



ISSN 0283-9148

**Mikroskopi
bortom diffrak-
tionsgränsen**

sidan 12–13

**Svensk medalj
i internationella
fysikolympiaden**

sidan 8–9

**Så alstrar
nanotrådar
radiosignaler**

sidan 14–15

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 Institutionen för fysik och astronomi Uppsala universitet Box 516 751 20 Uppsala
Postgiro:	2683-1
E-post:	kansliet@fysikersamfundet.se
Webb:	www.fysikersamfundet.se

Medlemskap
Svenska Fysikersamfundet har för närvarande cirka 900 medlemmar och ett antal stödjande medlemmar (företag och organisationer) och stödjande institutioner. Årsavgiften är f.n. 400 kr för ordinarie medlemmar, 250 kr för pensionärer och doktorander upp till 30 år, respektive 50 kr för grundutbildningsstudenter i fysik. Stödjande medlemskap, vilket ger kraftigt rabatterat pris på annonser i Fysikaktuellt, kostar 4000 kr per år. Läs mer och ansök om medlemskap på www.fysikersamfundet.se.

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

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

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

Omslagsbilden: En maser-kärna bestående av en rosa kristall av pentacen-dopad p-terphenyl omgiven av en genomskinlig ring av safir. Foto: NPL

Tryck: Trydells, Laholm 2012

Aktuellt

- Fysikdagarna 2012 äger rum i Uppsala i och kring Ångströmlaboratoriet 1–3 oktober. Temat är ”Fysiken och människan”. www.fysikersamfundet.se/fysikdagarna.html
- Svenska Fysikersamfundets undervisningssektion håller årsmöte 1 oktober klockan 16:45 på Uppsala universitet. Samma dag ordnas också undervisningssektionens höstmöte med start klockan 10:30. www.fysikersamfundet.se/undvis/
- Svenska Fysikersamfundet håller årsmöte 2 oktober klockan 17:00 i Uppsala. Se inbjudan på sidan 11 eller www.fysikersamfundet.se
- Första upplagan av ”Astronomins dag och natt” går av stapeln 13 oktober. Då vill Svenska astronomiska sällskapet göra astronomi och universum tillgängligt för folk i hela Sverige. astronominsdag.se
- Svenskt kärnfysikermöte och SFAIR-möte 12–14 november i Göteborg. www.fysikersamfundet.se/kf
- Nästa upplaga av Nordiska fysikdagarna kommer att hållas 12–14 juni 2013 i Lund. Arrangemanget är ett samarbete mellan fysikinstitutionerna i Lund och de nordiska fysikersamfundet. www.fysik.lu.se/npd2013

Adjö och tack för mig!



FÖR SNART SEX ÅR sedan erbjöd Fysikersamfundets dåvarande ordförande Anders Kastberg mig att ta över redaktörskapet för Fysikaktuellt. Jag tyckte egentligen inte att jag hann, men kunde ändå inte låta bli att tacka ja. Uppdraget utvecklades så småningom till en 25 procents tjänst som varit en stabil grund i min tillvaro som frilansande vetenskapsjournalist.

Ett fast jobb på en patentbyrå lockar mig nu bort från frilansandet, och jag får svårt att fortsätta med Fysikaktuellt. Det här är mitt sista nummer, sedan tar Susanna Kumlien över. Tack alla ni som på olika sätt hjälpt mig att göra Fysikaktuellt genom åren!

INGELA ROOS

Stödjande medlemmar

- | | |
|--|--|
| ■ ALEGA Skolmateriel AB
www.alega.se | ■ Myfab
www.myfab.se |
| ■ Gamdata Instrument AB
www.gamdata.net | ■ Laser 2000
www.laser2000.se |
| ■ Gleerups Utbildning AB
www.gleerups.se | ■ VWR International AB
www.vwr.com |

Stödjande institutioner

- | | |
|---|---|
| ■ Chalmers tekniska högskola, Institutionen för fundamental fysik | ■ Kungliga tekniska högskolan, Institutionen för teoretisk fysik |
| ■ Chalmers tekniska högskola, Institutionen för teknisk fysik | ■ Linköpings universitet, Institutionen för fysik, kemi och biologi (IFM) |
| ■ Göteborgs universitet, Institutionen för fysik | ■ Linköpings universitet, Institutionen för naturvetenskap och teknik (ITN) |
| ■ Högskolan i Halmstad, IDE-sektionen | ■ Lunds universitet, Fysiska institutionen |
| ■ Karlstads universitet, Avdelningen för fysik och elektroteknik | ■ Mittuniversitetet, Institutionen för naturvetenskap, teknik och matematik |
| ■ Kungliga tekniska högskolan, Institutionen för fysik | ■ Stockholms universitet, Fysikum |
| | ■ Uppsala universitet, Institutionen för fysik och astronomi |

Innehåll

4 FYSIKNYHETER
En praktisk maser, överraskande fysikpris och tryckbar belysning.

5 INFRASTRUKTURÅSIKTER
Läsarkommentarer.

6 HIGGSBOSONEN FUNNEN
Jonas Strandberg förklarar vad upptäckten innebär.

8 FYSIKOLYMPIADEN
Sverige tog medaljen i fysikolympiaden i Estland i somras.

11 ÅRSMÖTE
Inbjudan till Svenska Fysikersamfundets årsmöte.

12 HÖGUPPLÖST MIKROSKOPI
Stefan Hell har tagit ljusmikroskopin till en mindre skala.

14 AVHANDLINGEN
Anders Nordenfelt har räknat ut hur man får grafen och kolnanorör att sända ut radiosignaler.

16 NYBLIVEN DOKTOR
Anders Nordenfelt berättar om sig själv och sin doktorandtid.

17 PRISAD GYMNASIELEV
Armin Tavakoli vann pris för sitt projektarbete om kvantbridge.

18 LAG-VM I FYSIK
Rafflande upplösning i International Young Physicists' Tournament.

19 LÄRARE + FORSKARE
Sommaren har erbjudit en rad aktiviteter där lärare och forskare fick chans att interagera.

20 SVAGA MÄTNINGAR
Bengt EY Svensson förklarar hur mindre kan ge mer.

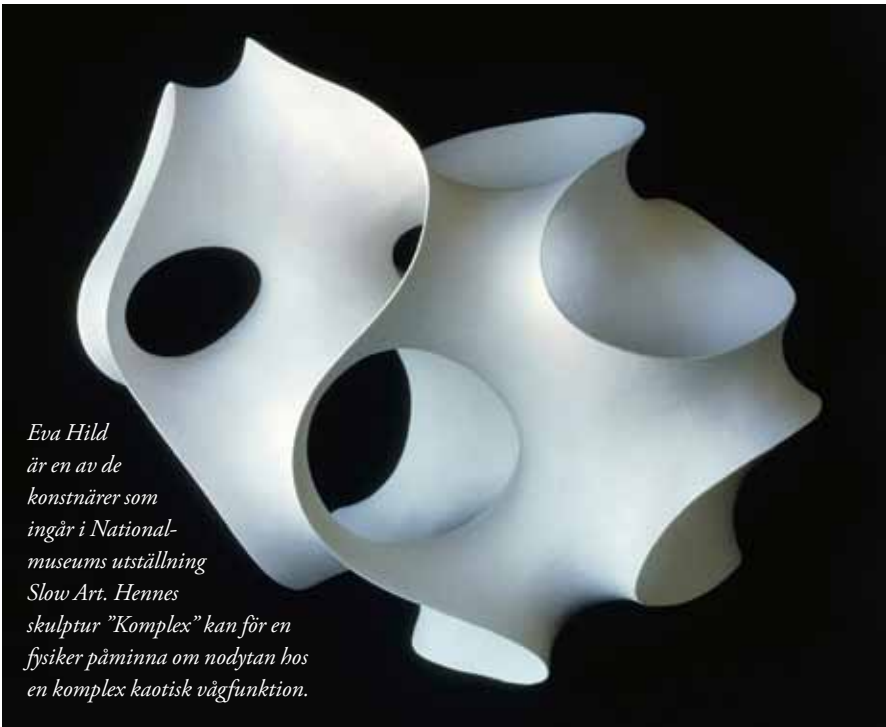
22 KOSMISK STRÅLNING
Per Carlson skriver om kosmisk strålnings hundraåriga historia.

24 TANKEEXPERIMENT
Einstein gav Bohr huvudbry med ett fotonvägningsexperiment.

26 FYSIKERPORTRÄTTET
Tomas Hållgren räknar på försäkringsrisker.

27 FYSIKALISK LEKSAK
Så får man fart på ett rökelsekar.

SIGNERAT



Eva Hild är en av de konstnärer som ingår i Nationalmuseums utställning Slow Art. Hennes skulptur ”Komplex” kan för en fysiker påminna om nodytan hos en komplex kaotisk vågfunktion.

Foto: Eva Hild

Slow physics

”VETENSKAP” OCH ”KONST” är ofta i par. Ett exempel är KTH:s emblem som kom till redan 1827. Med formuleringen ”Vetenskap och konst” följde man då en betydligt äldre tradition. ”Vetenskap och konst” är också idag rätt trendigt med inslag som ”kvantfysik och konst” och olika försök att utforska och tolka fysiken med hjälp av konst. Sådan konst är naturligtvis stimulerande och spännande. Dessutom är den ofta njutbar, därför att fysiken kan vara bildmässigt vacker.

Men nu talar vi uppenbarligen om konst i olika betydelser. I KTH:s emblem menar man närmast ”färdigheter att kunna göra, förfärdiga eller utföra något”. Slöjd och hantverk ligger också nära vetenskapen. Ett liknande exempel är Chalmers tekniska högskola som en gång i tiden startades som Chalmerska Slöjdes Skolan för utbildning i konstkicklighet och yrkesskicklighet, alltså eftersinnande, tidskrävande och noggranna processer.

Tankarna vandrar lätt till Nationalmuseums pågående utställning Slow Art, som presenterar en rörelse inom konst och konsthantverk där teknik, material

och arbetsprocess har en särskild betydelse. Utställningen är lagom stor med föremål som alla är unika och omsorgsfullt gjorda.

Föremålen har utförts långsamt och arbetsprocessen har ofta varit omständlig med fokus på precision och enskilda detaljer. Med tid och ro för upprepade försök och misslyckanden lär sig konstnären/konsthantverkaren ett material, dess egenskaper och därmed möjligheter till nyskapande. Slow Art tar medvetet avstånd från kortsiktig vinning och förespråkar en tillvaro som inte styrs av en ständig kamp mot klockan och kortsiktiga produkter.

Är det något av detta som vi fysiker kan ta till oss? Har vi idag för bråttom? Drivs dagens fysiker av kortsiktig vinning, citeringsmål och ständig jakt på externa anslag? En ”kvartalsforskning” med ständig rapportering om framgång?

Karl-Fredrik Berggren

KARL-FREDRIK BERGGREN
ORDFÖRANDE SFS

Fysikutbildningar under luppen

PÅ REGERINGENS UPPDRAG utvärderar Högskoleverket kvaliteten i alla utbildningar som leder till examen på grundnivå och avancerad nivå. I höst påbörjas utvärderingen av fysikutbildningarna. Utvärderingen ska ligga till grund för omprövning av examenstillstånd samt utgöra grund för extra resurstilldelning. Högskoleverket beräknar att utvärderingen kommer att ta 10–15 månader att genomföra.

Mastodontpris överraskar teoretiska fysiker

I SLUTET AV JULI överraskades nio teoretiska fysiker av ett nyinstiftat fysikpris – *Fundamental Physics Prize*. Var och en av pristagarna föräddades med hela tre miljoner dollar, det vill säga ungefär 20 miljoner kronor. Bakom priset står internetmogulen Yuri Milner som gjort sig en gigantisk förmögenhet på att investera i sociala medier-företag som Twitter och Facebook. Yuri Milner studerade teoretisk fysik i Ryssland på 80-talet och säger sig ha instiftat priset på grund av sin kärlek till ämnet. Pristagarna i denna första omgång (priset ska delas ut årligen) har han själv valt ut.

Till skillnad från andra pris, till exempel Nobelpriset, kan Fundamental Physics Prize delas ut till teoretiker vars idéer ännu inte bekräftats experimentellt. Målet är att belöna banbrytande koncept som driver det teoretiska arbetet framåt.

Bland årets pristagare finns bland andra Andrei Linde, Alan Guth och Nathan Seiberg. Läs mer på *fundamentalphysicsprize.org*.

Mikrovågslaser gör comeback

Krångligt handhavande har lett till en undanskymd tillvaro för masern, laserns föregångare. Men nu har brittiska fysiker byggt en enkel maser som till och med fungerar vid rumstemperatur.

MED ÖVERBLIVNA kemikalier och en begagnad laser har fysiker vid brittiska National Physics Laboratory och Imperial College lyckats bygga en maser som fungerar vid rumstemperatur. Som den nästintill brusfria mikrovågsförstärkare en maser är kan bedriften komma att revolutionera kommunikation och rymdutforskning (maser står för *microwave amplification by stimulated emission of radiation*).

Masern är föregångaren till lasern. De två bygger på samma fysikaliska principer, fast lasern förstärker ljus istället för mikrovågor. Men medan lasern idag återfinns i allt från avståndsmätare till cd-spelare lever masern nästintill obemärkt. Hittills har masrar nämligen krävt kylning till nära absoluta nollpunkten, ofta i kombination med starka magnetfält. De komplicerade omständigheterna för att den ska fungera har gjort att masern används endast i mycket specifika fall, till exempel för att förstärka signalerna från avlägsna rymdfarkoster.

Men genom att bygga en maser som fungerar vid rumstemperatur har nu de brittiska fysikerna visat att masern har potential att bli användbar i betydligt fler sammanhang. Idén, berättar de för Nature News, fick de från en tio år gammal vetenskaplig artikel där japan-ska forskare föreslog att den



Maserns kärna upplyst av gult ljus från pumplasern. Foto: NPL

organiska molekylen pentacen borde kunna fungera som en maser när dess elektroner exciteras av en laser, kanske till och med vid rumstemperatur. Britterna beslöt sig för att testa. De lagade till en kristall dopad med överblivet pentacen som de lånat från ett annat labb. Resultatet blev intensivt rosa kristall (se bilden på omslaget).

Traditionella masrar, som bygger på rubinkristaller, pumpas med mikrovågor. Men genom att istället pumpa pentacen-kristallen med laserljus går det att utnyttja ett fenomen som involverar metastabila tillstånd och på engelska kallas för "intersystem crossing". Då blir det möjligt att uppnå stimulerad emission även utan kryogeniska temperaturer och starka magnetfält.

På eBay köpte de brittiska fysikerna en gammal medicinsk laser att ha som pumplaser och satte sedan upp experimentet. Dock tvivlade de – det hade nästan gått för enkelt – och drog sig därför att testa. Men när de väl satte igång var resultatet otvetydigt redan vid första

försöket – de hade en maser som fungerade vid rumstemperatur.

Genombrottet innebär att det blir oerhört mycket billigare både att tillverka och använda maser. Kruket är att rumsmiljö-masern än så länge bara kan ge ifrån sig pulnade mikrovågor och dessutom endast inom ett smalt frekvensområde. En kontinuerlig maser med större bandbredd skulle göra vara betydligt mer användbar.

Men den nya masertekniken är ännu i sin linda, och det finns mycket utrymme för förbättring. Längre fram, när instrumentet förfinats, tror forskarna att masrar kan komma att användas för att exempelvis göra instrument för medicinsk avbildning känsligare, minska brus i kvantdatorer och för att förbättra radioteleskopen så pass att de skulle kunna uppfatta signaler från varelser på andra planeter.

INGELA ROOS

Originalartikel: Oxborrow M, Breeze JD, Alford NM, *Nature* **488**, 353-356 (2012)

Ljuskomponent tillverkad i tryckpress

Belysning på rulle är nu ett steg närmare verkligheten. Fysiker vid Umeå universitet har lyckats framställa lysande plastfilm i en tryckpress.

I EN BETYGSKOMMITTÉ vid en disputation i Göteborg började Ludvig Edman från Umeå prata med den danske professorn Frederik Krebs, expert på så kallad rulle-till-rulle-teknik. Det blev startskottet för att i normal rumsmiljö bli först att lyckas tillverka belysningskomponenter i en tryckpress – ett genombrott som uppmärksammades i Nature Communications i augusti.

Komponenterna som Ludvig Edman och hans kollegor lyckats trycka är organiska ljusemitterande elektrokemiska celler, LEC. Det är en systerteknik till

OLED, som länge utmålades som en komponent som billigt skulle kunna tillverkas i tryckpressar. Men ännu har ingen lyckats. Utvecklingen tog en annan riktning och OLED är nu en dyr teknik för små, högpresterande displayer. Där kan inte den långsammare LEC konkurrera.

– Men LEC har bättre förutsättningar för att tillverkas i tryckpress och att bli riktigt billiga, säger Ludvig Edman.

Nyckeln till framgången är dels att hans forskargrupp under många år byggt upp förståelse för hur LEC bör designas, dels det lyckosamma samarbetet med danskarna.

Umeå-forskarna går nu vidare för att förbättra prestandanivån på sina LEC. Målet i slutändan är att utveckla den nya arkitekturbelysningen – belysning som är helt integrerad i omgivningen. På vägen



Tryckpresstillverkad LEC. Foto: Ludvig Edman

kan vi säkert få se lysande paketpapper och textilier.

INGELA ROOS

Originalartikel: A Sandström m fl, *Nature Communications* 3:1002 (2012)
DOI: 10:1038/ncomms2002

Åsikter om infrastruktursatsningarna

I FÖRRA NUMRET av Fysikaktuellt ställdes frågan om satsningarna på dyrbar forskningsinfrastruktur är en växande gökunge. Läsarna inbjöds att komma med synpunkter eftersom det finns många åsikter ute i forskarleden. Åtminstone forskare emellan kan man bekymra sig att projektmedel blir lidande. Det är därför konstigt att enbart två inlägg har kommit in om forskningsinfrastruktur. Det är lika tyst som i Pelles Svanslös klass. Vem är det som är Konrad idag och som får forskarna att stänga mun?

Naturligtvis behövs en kraftfull forskningsinfrastruktur men det behövs också vakande ögon. Kan inte forskarna så kan andra. Riksrevisionen, till exempel, tar i en färsk revisionspromemoria upp otillräcklig styrning och uppföljning av MAX IV-projektet (Dnr 32-2011-0687; 2012-05-23). Kritiken är också i övrigt sträng. Bland annat måste budgetarbetet systematiseras. Enligt Riksrevisionen är det svårt att uppskatta kostnaderna för projektet och redan nu har man kunskap om stora budgetavvikelser. Låter det som

en gökunge och att tre och fyra blir fem eller nåt sänt?

KARL-FREDRIK BERGGREN

LÄSARKOMMENTARER:

Ja, jag är orolig för att de stora infrastruktursatsningarna, främst ESS, blir en gökunge. Neutronbaserad forskning har tidigare varit mycket viktig inom flera vetenskapsfält, men min känsla är att denna tekniks genomslagskraft minskar stadigt (man ser till exempel sällan artiklar baserade på neutronspridning i de tunga vetenskapliga journalerna numera).

Förespråkarna hävdar förstås att ESS kommer att ändra på denna trend, men som jag ser det finns en stor risk att Sverige om tio år står med en gigantisk forskningsresurs som tiden sprungit ifrån. Problemet är då att Sverige dels investerat massor av pengar, men dessutom att många svenska forskare på grund av ESS orienterat sig mot en teknik som kanske inte är konkurrenskraftig internationellt. Men som sagt, detta är bara en känsla

som förhoppningsvis är fullständigt orgrundad.

”ANONYM”

Ledande befattningshavare i forskningsråd och utbildningsdepartementet förefaller sakna översikt och övergripande kontroll över skenande utgifter för all ny och planerad infrastruktur vad avser byggkostnader och drift inte minst i Lund. Se exempelvis Sydsvenskan om de skenande kostnaderna för MAX IV: www.sydsvenskan.se/lund/oro-over-max-iv-s-ekonomi

Utöver nuvarande fördyringar och vibrationsproblem från de intilliggande vägarna, saknas ett par miljarder för alla tänkta strålrör och en framtida frielekttronlaser. Så länge den nuvarande regeringen är beredd att pumpa in mer pengar när det efterfrågas så funkar det kanske, men vad händer med alla halvfärdiga byggprojekt om Euro-krisen sprider sig? Kanske Sverige kommer att få stå för hela notan för ESS också?

”ANVÄNDARE”

Upptäckten av Higgsbosonen – en startpunkt för ny fysik

Den 4:e juli i år riktades världens blickar mot partikelfysiklaboratoriet CERN utanför Geneve. På en presskonferens meddelade man att de två experimenten ATLAS och CMS, oberoende av varandra, upptäckt en ny partikel, konsistent med att vara den sedan länge eftersökta Higgsbosonen.

HISTORIEN OM HIGGSBOSONEN börjar redan på 1960-talet när tre grupper av fysiker försökte lösa några av partikelfysikens stora gåtor. Man hade en väldigt framgångsrik teori för hur universum fungerade som beskrev vilka elementarpartiklar som bygger upp materian och vilka krafter som verkar mellan dessa elementarpartiklar. Man visste också att krafterna i sin tur förmedlas av andra partiklar som också är elementarpartiklar.

Teorin kunde förutse alla experimentella resultat med mycket hög noggrannhet så länge partiklarna var masslösa. Räkade man däremot med massiva partiklar fick man resultat som inte var vetiga. Detta var givetvis ett stort problem, eftersom man visste att elementarpartiklarna verkligen är massiva.

För att komma till bukt med problemet postulerade de tre grupperna, bestående av Robert Brout och François Englert, Peter Higgs, samt Gerald Guralnik, C. Richard Hagen och Tom Kibble, att ett nytt och väldigt speciellt fält måste genomsyra hela universum och att alla elementarpartiklar erhåller massa när de växelverkar med detta fält. Sättet de införde fältet på hade också en annan fundamental effekt på teorin.

Man brukar prata om att det finns fyra fundamentala krafter i universum: den starka kärnkraften som håller ihop kvarkar och atomkärnor, den svaga kärnkraften som ger upphov till radioaktiva sönderfall, den elektromagnetiska kraften samt gravitationen. Gravitationen påverkar elementarpartiklarna så svagt

att det inte går att mäta, men de övriga tre krafterna beskrivs av teorin. Ekvationerna och principerna som gäller för krafterna i standardmodellen liknar varandra mycket och det råder en förhoppning bland fysiker att man ska kunna förena alla de så kallade fundamentala krafterna till en enda urkraft.

Införandet av det nya fältet gav en förklaring till hur två av de fyra fundamentala krafterna i universum, den elektromagnetiska kraften och den svaga kärnkraften, kunde förenas till två sidor av en och samma kraft. Om denna mekanism skulle bekräftas vara sann så skulle det vara ett enormt steg mot det ultimata målet att lyckas beskriva alla krafterna som en enda förenad kraft.

Peter Higgs, som var en av de fysiker som föreslog införandet av det nya fältet, gick ännu en bit längre än de övriga. Han visade att det dessutom fanns en väldigt mätbar konsekvens av att införa det nya fältet. Om fältet existerade, så måste också en ny och ännu oupptäckt elementarpartikel existera som inte liknade någon av de andra partiklarna i standardmodellen. Denna nya partikel, som alltså kunde bevisa att hela mekanismen med att införa ett nytt fält var korrekt, kom att kallas Higgsbosonen och det tillhörande fältet Higgsfältet.

EFTERSOM MAN REDAN på 60-talet kunde förutsäga att Higgsbosonens möjligen existerade, kan man fråga sig varför det gick nästan 50 år utan att man lyckades upptäcka den. Problemet är att det är väldigt få av elementarpartiklarna som är stabila. De flesta elementarpartiklar – de som har tillräckligt hög massa – sönderfaller extremt snabbt till lättare partiklar.

När universum skapades i Big Bang var temperaturen så hög att alla elementarpartiklar existerade tillsammans i en enda soppa men när universum expanderade och kylades ner sönderföll alla instabila partiklar. Higgsbosonen är en av

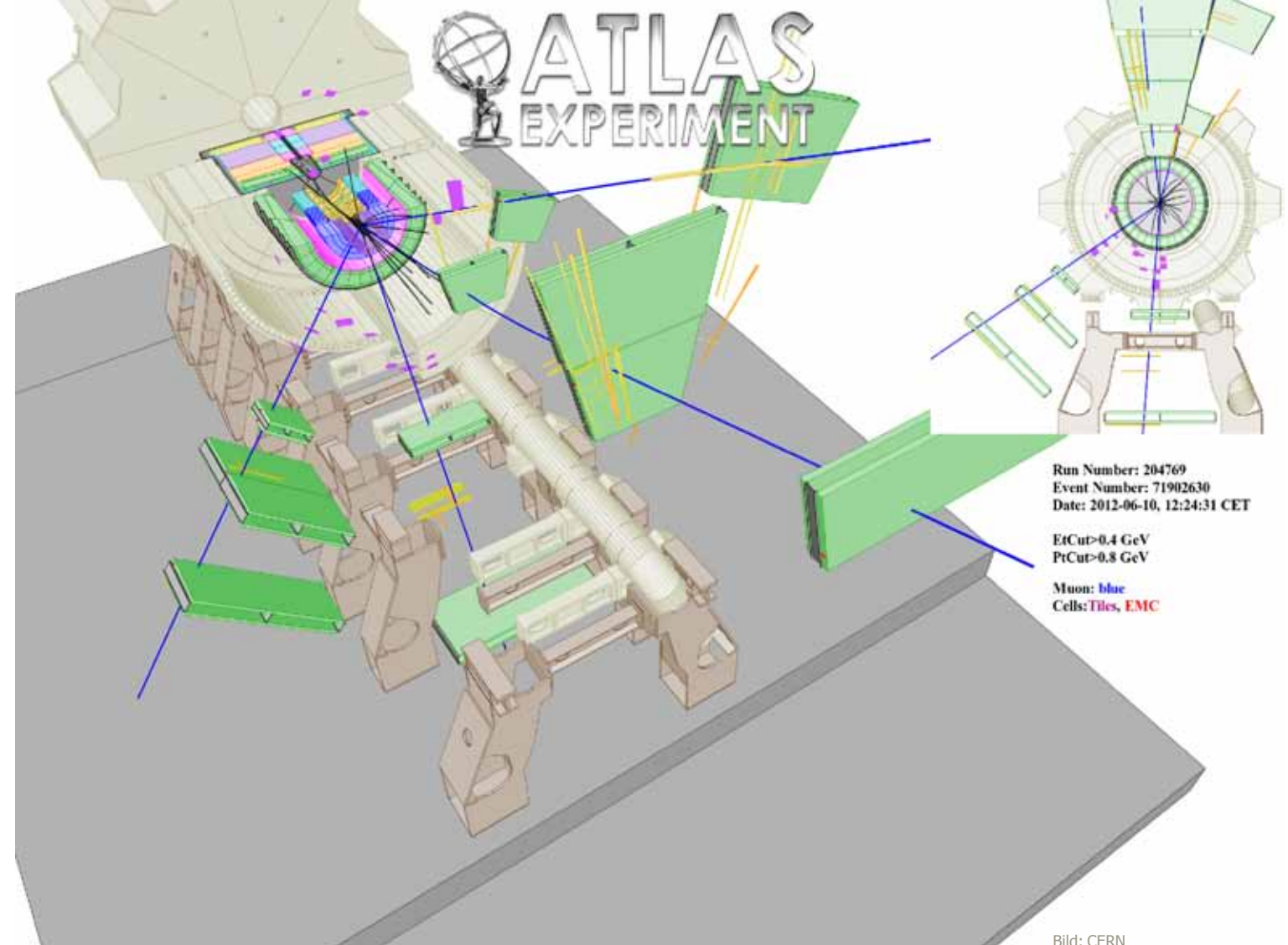
dess extremt instabila partiklar, och de Higgsbosoner som skapades i universums födelse har sedan länge försvunnit.

För att kunna påvisa Higgsbosonens existens måste vi först kunna skapa nya Higgsbosoner. I enlighet med Einsteins berömda ekvation att energin är ekvivalent med massa (gångar ljusets hastighet i kvadrat) kan vi försöka skapa ett tillstånd med väldigt hög energitäthet som sedan kan omvandlas till massan hos en Higgsboson.

Till vår hjälp har vi partikelacceleratorer, där man accelererar två strålar med partiklar som får frontalkrocka med varandra. Energin i kollisionspunkten kan sedan omvandlas till att skapa nya partiklar som flyger ut i alla riktningar. Om man skapar tunga elementarpartiklar, som Higgsbosonen, så sönderfaller de innan de har hunnit färdas någon sträcka alls.

Sönderfallsprodukterna kan också vara instabila, men till slut kommer sönderfallskedjorna att sluta i partiklar som är relativt långlivade. Dessa partiklar försöker vi detektera i gigantiska partikeldetektorer som bestämmer i vilka riktningar slutprodukterna färdas och vilken energi de har. Utifrån dessa slutprodukter kan man sedan försöka sluta sig till vad som producerades i den ursprungliga kollisionen. Var det kanske en Higgsboson som skapades där och sedan sönderföll? Detta detektivarbete kan man kanske säga är analogt med att utifrån vrakdelarna från en flygplanskrasch försöka pussla ut vad som verkligen hände från början där uppe i luften. Och utan att det finns någon svart låda att tillgå.

DEN STORA HADRONKOLLIDERAREN LHC planerades med sökandet efter Higgsbosonen i åtanke, och har kallats vår tids Apolloprojekt. Eftersom tidigare acceleratorer inte kunnat hitta Higgsbosonen ville man nu vara säker på att kunna ge ett slutgiltigt svar på frågan om Higgsbo-



Fyra myoner (visade som blå streck) som flyger ut från kollisionspunkten i ATLAS-detektorn. Även om man aldrig kan vara helt säker, så är detta ett möjligt sönderfall av en Higgsboson som producerats i kollisionen. Sönderfall till fyra myoner är en av de viktigaste sönderfallskedjorna för att hitta Higgsbosonen.

sonen existerade eller inte. Forskare från hela världen gick samman för att med gemensamma medel bygga en enormt kraftfull accelerator med tillhörande gigantiska partikeldetektorer. Energin i kollisionerna är högre än vid någon tidigare accelerator och dessutom kolliderar strålarna oftare än vid någon tidigare accelerator, närmare bestämt 20 miljoner gånger per sekund.

Alla dessa kollisioner registreras vid fyra olika experiment lokaliserade runt acceleratoren och två av dessa experiment, ATLAS och CMS, är speciellt lämpade att leta efter Higgsbosonen. Partikelfysiker vid Lunds, Uppsalas och Stockholms universitet samt KTH medverkar i ATLAS-experimentet. Delar av ATLAS-detektorn är byggd i Sverige och fysiker, unga som gamla, är aktiva i de olika ana-

lyserna som till exempel sökandet efter Higgsbosonen.

Den fjärde juli i år var det alltså dags, ATLAS och CMS hade samlat in tillräckligt med data för att var och en se otvetydiga bevis på att en ny partikel hittats i sökandet efter Higgsbosonen. Dessutom såg man spår av den nya partikeln i alla de olika sönderfallskanalerna som man förväntade sig att Higgsbosonen skulle kunna synas i, och antalet sönderfall var konsistent med vad man förväntade sig från en Higgsboson.

Det råder därför ingen tvekan om att det är just Higgsbosonen som upptäckts. Däremot finns det otroligt mycket som vi ännu inte utforskat när det gäller den här nya partikeln. Stämmer verkligen alla förutsägelser vi har om Higgsbosonen in på den nya partikeln eller inte? Det är frågor

som kommer sysselsätta partikelfysikerna många år framöver och hittar man några avvikelser från teorin så kan det vara ett tecken på att det finns ännu fler nya partiklar för oss att upptäcka vid LHC.

Dessutom kommer upptäckten av Higgsbosonen leda till ett paradigmskifte i den teoretiska fysiken. Mängder med teorier om hur universum skulle kunna fungera kan nu sällas bort och våra mätningar av Higgsbosonen kommer att vara startpunkten för framtidens teorier. Så den stora upptäckten vid CERN sätter punkt för ett 50 år långt sökande efter Higgsbosonen och markerar startpunkten för framtidens fysik som än så länge är okänd. Det är en spännande tid vi har framför oss.

JONAS STRANDBERG, KTH

Svensk medalj i fysikolympiaden

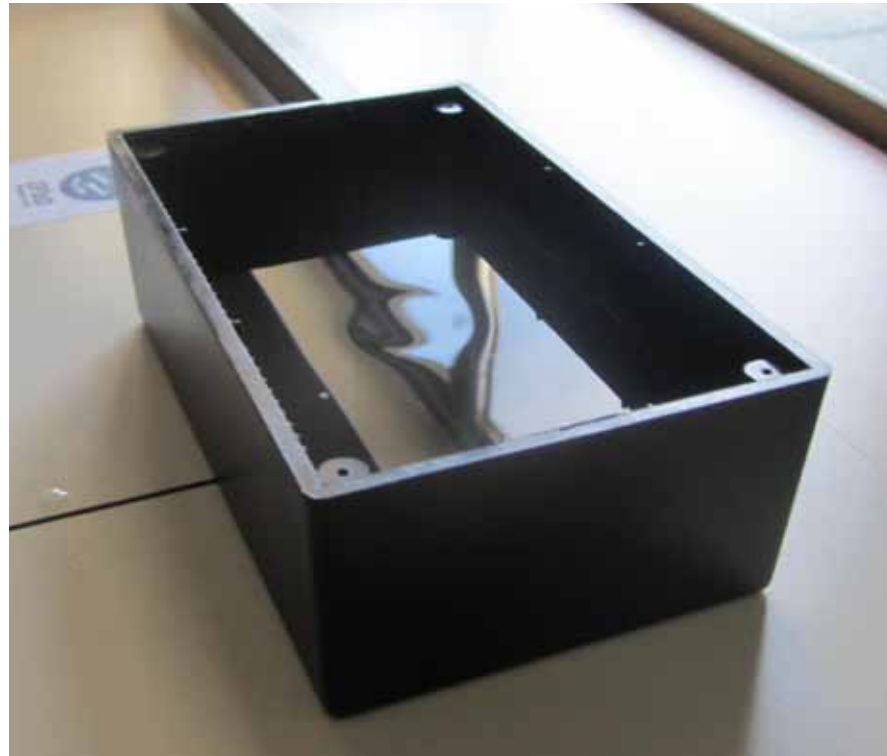
Johan Runeson från Kate-dralskolan i Växjö bärgade en bronsmedalj vid årets fysikolympiad. Det var den första svenska medaljen sedan år 2000. Grattis Johan!

TARTU VAR PLATSEN för 2012 års fysikolympiad, med 370 tävlande från 81 olika nationer. Estland bjöd på ett utmärkt arrangemang. För att undvika fusk hölls som vanligt ledare och tävlande åtskilda, denna gång genom att de tävlande bodde i Tartu och ledarna i Tallinn. Likaså beslagtogs de tävlandes mobiltelefoner under tävlingsdagarna.

Estland är platt med mycket skog och, vid vårt besök, många vattenfyllda åkrar. Vi fick också vår beskärda del av vatten från ovan, och invigningspartyt i ett friluftsmuseum blev en regnvåt historia. I Tallinn noterade vi att villatomterna är fyllda med träd, vilket visade sig bero på att man behöver ha tillstånd för att såga ner träd på sin egen tomt.

Vi besökte också den drygt 100 meter stora meteoritkratern på Ösel, där meningarna går isär om tidpunkten för nedslaget. Senaste budet ligger på 3000–4000 år sedan, men före 1930-talet ansågs kratern ha vulkaniskt ursprung.

Vid gamla observatoriet i Tartu finns en mätpunkt bevarad från den tysk-ryske astronomen Wilhem von Struves meridi-anmätning. Den är, tillsammans med 33 andra av totalt 265, upptagen på Unescos världsarvslista. Detta enorma projekt pågick i omgångar åren 1816–1855 för att ge bättre kunskap om jordens form och storlek. Man försökte följa meridianen $25^\circ \pm 2^\circ$ ost genom att triangulera sig från Staro-Nekrasovka vid Svarta havet till Fuglenes vid Norra ishavet. Därvid kunde man utnyttja några av de mät-punkter som använts av Pierre Louis Moreau de Maupertuis och Anders Celsius i Tornedalen 1736–1737, när de försökte avgöra om Newton hade rätt om polernas



Första experimentella uppgiften. En magnet på botten av skålen har skapat en liten grop i vattenytan.

avplattning i en av två franskfinsierade gradmätningsexpeditioner.

Vi passade också på att kontrollera att universitetet i Tartu, som svenskarna byggde 1632, stod kvar. Borgmästaren i Tartu prisade Gustav II Adolf för detta initiativ vid en ceremoni på torget, när Tartu deklarerades som 2012 års fysik-huvudstad.

En kväll höll Nobelpristagaren Harold Kroto föredrag om C60-molekylen, men han lade mer tyngdpunkt på vikten av att tänka själv och att arbeta hårt, samt på upptäckters inverkan på vårt samhälle. Han rekommenderade därvid Hogbens bok *Science for a Citizen*.

DE TRE TEORIUPPGIFTERNA i fysikolympiaden var i år ovanligt svåra, vilket ledde till sänkta medaljgränser. I den första uppgiften krävdes dels skisser, dels beräkningar från tre olika områden: kaströrelse där bland annat den minsta hastigheten för att kasta en boll upp på toppen av en sfä-

risk byggnad efterfrågades, luftströmning som handlade om villkoren för kondensstrimmor i kanten på flygplansvingar, samt magnetiska fält i och runt ett supraledande tunt rör, där kraften på rörets två halvor i längsled och slutligen kraften mellan två parallella rör begärdes.

I den andra uppgiften skulle villkoren för vattendroppar från ett smalt rör beräknas och därefter skulle de tävlande ta reda på vilken spänning som var möjlig att uppnå om två stycken rör monterades som i en Kelvingenerator. Den tredje uppgiften berörde dynamiken när en stjärna bildas, och bland annat skulle tider och temperaturer beräknas för när stjärnan nått olika kontraktionsstadier.

Den första experimentella uppgiften handlade om diamagnetism. I en lika enkel som genial uppställning låg en NdBFe-magnet på botten av en vattenfylld skål. Med blotta ögat syntes att vattenytan ovanför magneten hade en liten grop, ty vatten är diamagnetiskt. Gropen



Svenska laget efter prisceremonin. Simon Johansson, Andréas Sundström, Johan Runeson, Carl Smed och Viktor Djurberg.

analyserades genom att studera reflexen från en laserstråle som stegvis fördes över gropen. Därigenom kunde ett värde på vatt-nets permeabilitet erhållas. Tyvärr var uppställningen mycket vibrationskänslig.

I den andra uppgiften ingick en så kallad svart låda. I den satt en maffig kondensator (2 F) i serie med en okänd komponent (tunneldiod), båda parallellt med en inkopplingsbar spole. Utöver en konstantströmgenerator fanns en upphottad digitalmultimeter, som utöver ström och spänning, gav dessas tidsderivator samt innehöll en minneskrets för datalagring. Tack vare tidsderivatorna kunde man studera uppladdningsförlopp. Ström-spänningskaraktäristiken för den svarta lådan begärdes både med och utan spolen inkopplad.

HUR GICK DET i tävlingen? Den asiatiska dominansen består, men i år kom totalsegraren från Ungern. Kina lyckades få revansch och blev främsta nation knappt före rivalen Taiwan. Båda nationerna knep maximala fem guldmedaljer. Asien belade 13 av de 15 första platserna. Det speglar ett intresse för naturvetenskap och teknik som vi saknar i Sverige. Ett sådant

Ska Sverige konkurrera med kunskap måste även skolsystemet vara konkurrenskraftigt.

intresse finns däremot i Estland, även på högsta nivå precis som i de asiatiska länderna, och utbildningsministern var mycket riktigt på plats. Olympiaden uppmärksammades förstas också i estnisk press. Den äldsta och största tidningen Postimees hade flera reportage.

Bland de nordiska länderna lyckades återigen Finland bäst med ett silver, ett brons och tre hedersomnämmanden. Impone-rande bra lyckades det isländska laget med bara ett hedersom-nämmande mindre, deras bästa insats någonsin. Bra jobbat, Is-

land. Sverige fick som nämnts en bronsmedalj, den första sedan år 2000. Estland tog hem ett guld och hela fyra silver.

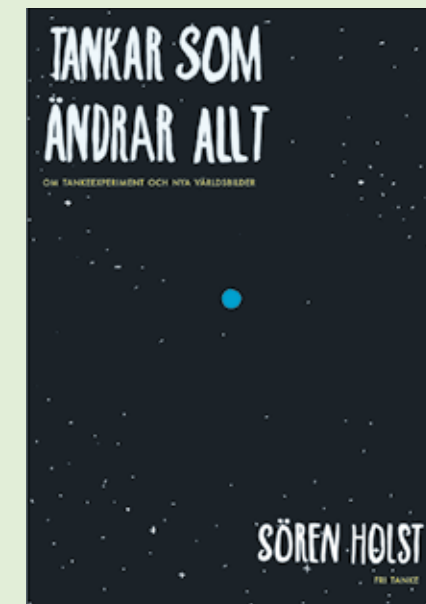
Våra förberedelser hade i år utökats med en träningshelg, ut-över inlämningsuppgifter, en dag teori och en dag experiment. Tack vare stödet från Marcus och Amalia Wallenbergs Minnes-fond avser vi att nästa år öka på förberedelserna ytterligare, men det förtjänar än en gång att framhållas att ska Sverige konkurrera med kunskap måste även skolsystemet vara konkurrenskraftigt. Av någon märklig anledning är det svenska kursomfånget i fysik mindre än det internationella, något som inte går att kompen-sera fullt ut med några dagars extraträning.

**MAX KESSELBERG & BO SÖDERBERG, LAGLEDARE
ANNE-SOFIE MÅRTENSSON,
ORDFÖRANDE I UNDERVISNINGSEKTIONEN**

Läs mer:

Ytterligare info finns på www.ipho2012.ee/problems/ och över-sättningen till svenska av tävlingsuppgifterna finns på samfundets hemsida.

Fysikolympiaden 2013 arrangeras av Danmark 6–15 juli, i anslut-ning till att värdnationen uppmärksammar 100-årsjubileet av Bohrs modell för väteatomen. Se www.ipho2013.dk.



Tankar som ändrar allt
Om tankeexperiment och nya världsbilder
Sören Holst

Rymdfärder med hastigheter nära ljusets. Skenande tågagnar som inte går att stoppa med mindre än att människoliv offras.

Tankelekar av det här slaget är vanliga inom vetenskap och filosofi. Ofta kretsar de kring fantastiska och verklighets-främmande situationer. Ändå säger de oss något om just verkligheten.

Tankeexperiment kan utmana vår världsbild i grunden. De kan förändra allt.
ISBN: 978-91-86061-51-7



Ett universum ur ingenting
Lawrence M. Krauss
ISBN: 978-91-86061-54-8



Verklighetens magi
Richard Dawkins
ISBN: 978-91-86061-24-1

Fysikdagarna stöds av Uppsala Universitet, Världsklass Uppsala och Kungl. Vetenskapsakademien genom dess nobelinstitut för fysik och äger rum måndagen den 1 oktober - onsdagen den 3 oktober 2012 i Uppsala. Temat är Fysiken och Människan.

Fysikdagarna samlar lärare, forskare, studenter och lärare från hela Sverige.

Fysikdagarna inleds med Fysikersamfundets sektionmöten måndagen den 1 oktober, samt ett event på Uppsala Konsert och Kongress på kvällen. Huvudprogrammet för allmänheten startar med en officiell invigning tisdagen den 2 oktober.

PROGRAM FYSIKDAGARNA (med reservation för ändringar) **Måndagen den 1 oktober 2012**

Fysikersamfundets sektionmöten från kl. 13.

19.00 Event med kvällsföreläsning för allmänheten på Uppsala Konsert och Kongress

Tisdag 2 oktober 2012 (MIC-aulan Polacksbacken)

Från 8.00 Registrering utanför MIC-aulan.

9.00 – 9.10 Officiell invigning av Fysikdagarna.

Fysikersamfundets ordförande Karl-Fredrik Berggren och vicerektor Ulf Danielsson

9.10-9.45 En teori för allting. Ulf Danielsson

9.45 Kaffe.

10.10 Nanotekniken förändrar världen, möjligheter och risker. Maria Strömme

10.50 Fysik i kemins tjänst. Kristina Edström

11.30 Joule, människan bakom energienheten. Otto Sibum (på engelska)

12.10 Lunch.

13.15 Grafen: från forskning till industri. Mikael Syväjärvi

13.50 Fysikaliska leksaker. Per-Olof Nilsson

15.05 Kaffe.

15.25 A new twist of light and radio waves. Fabrizio Tamburini

16.10 Fysiken och människan. Bengt Gustafsson

17.00 Svenska Fysikersamfundets årsmöte.

19.30 Middag med underhållning.

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

8:35 Roliga experiment för lärare. Barbara Brenna och Staffan Yngve

9:00 Upcoming research at ESS. Adrian Rennie

9.40 Fysik i valfrihetens tid - En pedagogisk utmaning. Staffan Andersson

10.20 Kaffe.

10.40 Strängar, partiklar och dualitet. Lisa Freyhult

11.20 Hur man får nobelpriset i fysik. Lars Bergström

12.00 Avslutning, sammanfattning, återkoppling från deltagarna.

MER INFORMATION OM PROGRAM, LOGI OCH ANMÄLAN på

<http://www.fysikersamfundet.se/fysikdagarna.html>

Samfundets kontaktperson: Staffan.Yngve@physics.uu.se

Tel: 070-2978016

För kontakt rörande utställningar: fysikdagarna2012@akademikonferens.se

Tel 018-671003

INBJUDAN TILL ÅRSMÖTE 2012 **i samband med Fysikdagarna i Uppsala**

Medlemmar och stödjande medlemmar i Svenska Fysikersamfundet inbjuds enligt samfundets stadgar till årsmötesförhandlingar

Tid: tisdagen 2 oktober 2012 klockan 17:00

Plats: MIC-aulan, Polacksbacken, Uppsala

Dagordning:

1. Årsmötesförhandlingarnas öppnande
2. Dagordningens godkännande
3. Utseende av ordförande för förhandlingarna
4. Utseende av sekreterare för förhandlingarna
5. Årsmötets stadgeenliga utlysande
6. Utseende av justeringspersoner
7. 2011 års förvaltnings- och revisionsberättelse
8. Frågan om ansvarsfrihet för styrelsen
9. Budget för 2012
10. Fastställande av årsavgifter för 2013
11. (Nordiska) Fysikdagarna/årsmöte 2013/2014
12. Val av ny styrelse (information)
12. Eventuella övriga frågor
13. Årsmötesförhandlingarnas avslutande

Uppsala och Linköping 15 augusti 2012

Karl-Fredrik Berggren och Raimund Feifel

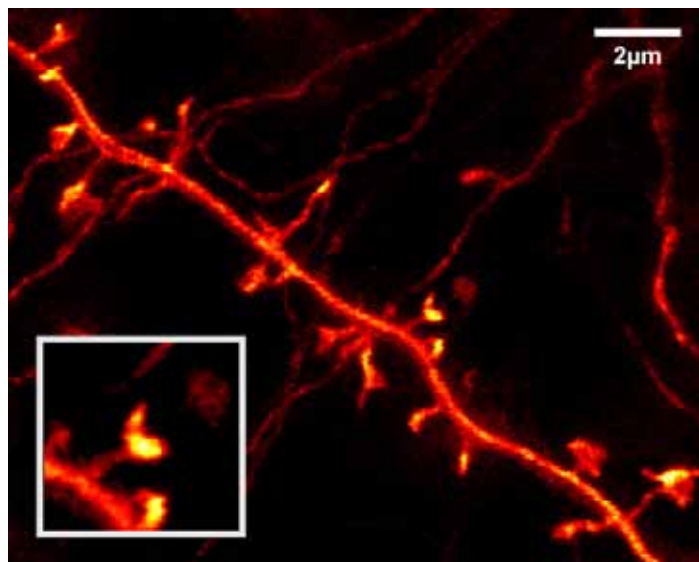


Bild: Max Planck-institutet för biofysikalisk kemi

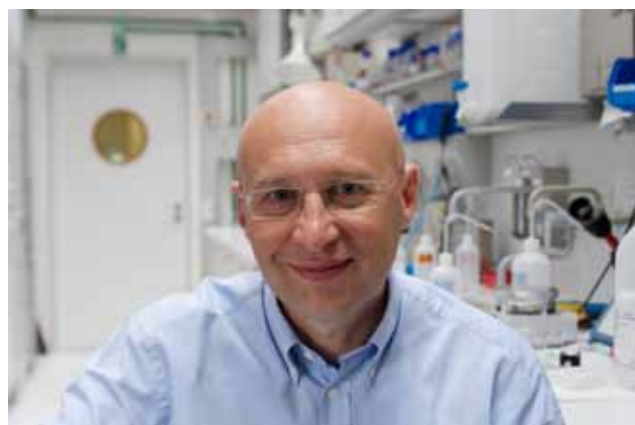


Foto: Bernd Schüller

Stefan Hell (ovan) och hans kollegor har tagit den mest detaljrika bilden någonsin av en levande hjärna – en del av en nervcell i en mushjärna avbildad genom ett STED-mikroskop (till vänster). Genom de små utskotten utväxlar nervcellen information med närliggande nervceller.

Bortom diffraktionsgränsen

Diffraktionsgränsen sätter inte längre stopp för upplösningen. Stefans Hell har tagit ljusmikroskopin ner till nanoskalan och öppnat dörren för studier av levande celler på molekylnivå.

EN VIT, LITEN MUS ligger bedövad med huvudet under ett mikroskop. Genom ett hål i skallbenet tittar forskarna rakt in på mushjärnan. Med sitt speciella mikroskop kan de tydligt se de små strukturer, så kallade dendritiska utskott, som sköter kommunikationen mellan nervcellerna. Så fina detaljer har ingen tidigare lyckats urskilja i en levande hjärna.

Bakom experimentet, som rapporterades i tidskriften Science i februari, står fysikern Stefan Hell och hans kollegor vid Max Planck-institutet för biofysikalisk kemi i Göttingen, Tyskland. Deras metod kan vara dörröppnaren till att dechiffrera hjärnans mest grundläggande processer, till exempel hur minnen skapas.

Framgången bygger främst på deras mikroskop som ger upp till tio gånger högre upplösning än vanliga ljusmikroskop. Det avslöjar till och med detaljer bortom gränsen för vad man under mer än ett århundrade trodde var möjligt.

Ljusets vågegenskaper gör det näm-

ligen omöjligt att fokusera en ljusstråle till en punkt mindre än halva ljusets våglängd. Och det var länge en vedertagen sanning att halva ljusets våglängd därför satte gränsen, den så kallade diffraktionsgränsen, för hur små detaljer det går att se i ett mikroskop. För synligt ljus handlar det om ungefär en femtedels mikrometer.

Patentlösningen för att skaffa sig högre upplösning har varit att använda kortare våglängder, till exempel röntgenljus eller elektroner (som ju kvantmekaniskt sett också är vågor). Men både röntgen- och elektronmikroskop är betydligt mer komplicerade att använda än ljusmikroskop. Dessutom skadar de levande material, vilket i många sammanhang gör dem omöjliga att använda inom de biologiska vetenskaperna, särskilt vid studier av levande celler.

– Men modern biovetenskap kräver just det – att kunna se olika biomoleky-lers specifika roll i en miljö av levande celler, säger Stefan Hell.

Under sin tid som doktorand i Heidelberg i slutet av 1980-talet blev Stefan Hell mer eller mindre besatt av idén om att försöka förbättra ljusmikroskopets upplösning, bortom diffraktionsgränsen.

– Jag blev övertygad om att det måste finnas ett sätt att göra det på, kanske ge-

nom att utnyttja någon egenskap i själva preparatet.

Men vad hade han ingen aning om. På fritiden började han plöja läroböcker inom fysikens olika områden för att få idéer. Och genom en biologistudent på handledarens mikroskopföretag blev han bekant med fluorescensmikroskopi. Det går ut på att med hjälp av färgämnen göra delar av provet, till exempel en viss sorts molekyler, självlysande vid belysning med laserljus. Metoden är mycket känslig, men den begränsade upplösningen gör att det inte går att särskilja de små, närliggande detaljerna.

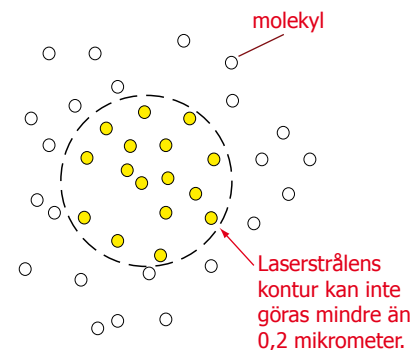
Några år senare, en lördagförmiddag hösten 1993, fann Stefan Hell till slut vad han sökte i en lärobok om kvantoptik – stimulerad emission. Han insåg att han med laserljus av en viss våglängd kunde förhindra en del av de exciterade molekylerna att sända ut ljus vid fluorescensmikroskopi.

Genom att använda en ringformad laserstråle skulle han kunna släcka de självlysande molekylerna överallt utom i en punkt långt mindre än den tidigare bästa upplösningen. Därmed hade han sin princip för förbättrad upplösning. Metoden kallade han för ”stimulated emission depletion” (STED).

Så funkar STED-mikroskopi

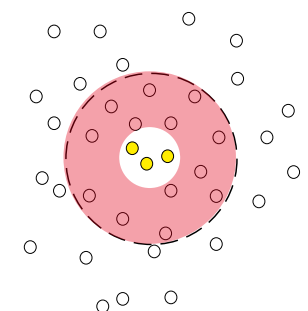
1. Självlysande molekyler

En laser får molekylerna att fluorescera. Därmed blir molekylerna lättare att upptäcka, dock går det inte att särskilja dem från varandra.



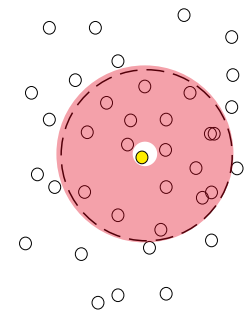
2. Släckande laser

En andra, ringformad laserstråle släcker fluorescensen. Endast hålet i mitten förstärker molekylerna att lysa.



3. Ännu högre upplösning

Ökar man intensiteten i den andra laserstrålen blir hålet i mitten mindre. Upplösningen blir därmed ännu högre.



HAN PUBLICERADE SIN idé i en vetenskaplig tidskrift och presenterade den på flertalet konferenser. Trots det var intresset var mycket svalt – vid den här tiden var nämligen närfältsmikroskopi högst populärt. Ingen nappade på att försöka bygga ett STED-mikroskop.

– Och själv hade jag inte tillräckliga medel att göra det, säger Stefan Hell.

Hans postdok-tjänst vid Åbo universitet i Finland gick ut. Det var en tuff tid och han fick hanka sig fram.

– Jag var på vippen att hoppa av den akademiska forskningen. I efterhand gör det mig lite rädd, finns det många människor med viktiga vetenskapliga idéer som vi tappar?

Men till slut fick han lyckligtvis en anställning vid Max Planck-institutet i Göttingen. Och 1999 kunde han äntligen experimentellt visa att STED-konceptet funkar. Och därefter har han fått allt mer gehör från omvärlden och belönats med en lång rad priser, bland annat Göteborgs Lise Meitnerpris.

– Det är ingen tvekan om att det är ett genombrott, säger Nils Åslund, professor emeritus vid KTH och pionjär inom laser-mikroskopi.

Inom biologin och medicin innebär STED att forskarna nu kan se saker ända

ner på molekylnivå, utan att skada provet.

– Man kan till exempel se HIV-virus och få bättre förståelse för de molekylära tillstånd som leder till en infektion, eller dynamiskt kartlägga hjärnans neuroner. Även inom materialvetenskaperna finns det många användningsområden, berättar Stefan Hell.

Till exempel går det att spektroskopiskt undersöka punktdefekter, så kallade kväve-vakanser, i diamant på en skala långt mindre än diffraktionsgränsen.

Stefan Hell insåg ganska tidigt att hans koncept sträcker sig längre än till stimulerad emission – det handlar om att hitta något slags på- och av-tillstånd i preparatet, till exempel ett långlivat kvantmekaniskt tillstånd.

– Det kan leda till ett genombrott inom nanoteknologi. Med av- och påtekniken kan man nämligen bygga upp nanostrukturer i 3D utan att använda masker, förklarar Stefan Hell.

En som numera använder STED-mikroskop i sin forskning är Jerker Widengren, professor i experimentell biomolekylär fysik vid KTH. För hans forskargrupp har verktyget bland annat inneburit att de, i samarbete med andra forskargrupper, kunnat utveckla en metod att tidigt upptäcka bröst- och prostata-

tacancer i prover tagna med finnål.

– Rent generellt betyder det mycket för de biologiska och medicinska vetenskaperna att kunna få högre upplösning vid molekylär avbildning i celler, säger Jerker Widengren.

Utvecklingen av en ny typ av laser har dessutom gjort STED-mikroskopet betydligt enklare att handha. Det har nu all möjlighet att bli var forskares verktyg.

Stefan Hell och hans kollegor har kommit ner till en upplösning på bara 40 nanometer vid studier av levande celler.

– Men jag tror inte att det är slutet. Det finns ingen fix gräns för upplösningen i STED-mikroskopi, förutom molekylernas egen storlek. Upplösningen beror bara på vår förmåga att stänga av och sätta på molekylernas fluorescens.

Deras senaste stora framsteg är ett självlysande protein som går att släcka och tända. Nu ska de genetiskt programmera möss att producera proteinet.

– Det tar ungefär ett år att få fram de genmodifierade mössen. Sen kan vi titta in i en levande mushjärna med ännu bättre detaljrikedom än idag och kanske se hur minnen skapas eller lära oss mer om hjärnsjukdomar, säger Stefan Hell.

INGELA ROOS

Självsvängande kol skapar radiosignaler

Kommer framtidens datorer och mobiltelefoner innehålla kolnanorör och grafen som viktiga elektroniska komponenter? Svaret beror förmodligen på om de antingen kan öka hastigheten eller minska storleken och energikonsumtionen hos apparaterna. I min forskning har jag med matematisk analys hittat metoder med vilka man kan få nanotrådar att producera signaler i radiofrekvensområdet.

IDAG ÄR EN STOR del av forskningen inom nanofysiken fokuserad kring två kolbaserade material, närmare bestämt kolnanorör och grafen. Grafen består av ett atomtjockt lager kol där atomerna organiserar sig likt noderna i ett hönsnät. Kolnanorör beskrivs ofta som ett grafenlager som rullats ihop till en tub. Även om denna beskrivning är behändig för att klassificera olika typer av kolnanorör är den aningen missvisande med avseende på hur de faktiskt produceras. I själva verket isolerades kolnanorör långt innan man lyckades producera ett stabilt rent grafenskikt.

Det senare möjliggjordes genom banbrytande experiment år 2004 av Andre Geim och Konstantin Novoselov. För det belönades de med Nobelpriset i fysik år 2010. Teoretiska förutsägelser vad gäller de elektroniska transportegenskaperna hos grafen hade dock gjorts många årtionden innan.

Den enastående stabiliteten hos kolbindningarna gör att man kan kombinera låg massa med extremt höga spännkrafter. Dessa två faktorer leder till mekaniska resonansfrekvenser i radiofrekvensområdet, det vill säga med uppemot eller överstigande en miljard svängningar per sekund. Detta har lett till mycket forskning kring hur kolnanorör eller grafen kan ställas in för att fånga upp radiosignaler med en viss given frekvens.

Enheter vars syfte är att just kombinera elektronik och mekanik på nanoskalan går ofta under beteckningen "NEMS" vilket är en förkortning för nano-elektromekaniska system. Även om kommersiella tillämpningar inom detta område förmodligen ligger en bit in i framtiden

utgör dessa material i sig själva ett slags lekbollar för fysikalisk grundforskning. Detta inte minst genom sin dimensionalitet; grafen är det närmaste vi kan komma ett tvådimensionellt material medan kolnanoröret med sin ytterst korta radie i förhållande till sin längd kan sägas utgöra ett slags endimensionellt material. Båda materialen ryms inom begreppet nanotrådar.

FÖRUTOM RESONANS MED inkommande radiovågor studerar även ett antal forskargrupper hur nanotrådar genom självsvängningar skulle kunna producera radiosignaler. Med självsvängning menas att de drivs av en konstant elektronisk signal men i sin tur omvandlar denna till en svängning.

Ett besläktat problem rör hur man skulle kunna "kyla ner" de spontana termiska svängningarna hos till exempel ett kolnanorör så långt att det endast rör sig med den nollpunktsenergi som förutsägs av kvantmekaniken. Det är framförallt inom de två senare tillämpningarna som vår forskning kommer in.

Självsvängningar förekommer lite varstans i naturen. Ofta uppkommer de genom någon form av instabilitet hos det fysikaliska systemet ifråga. För att illustrera begreppen stabil respektive instabil jämviktspunkt kan man göra en liknelse med en kula placerad i respektive ovanpå en rund skål.

Om man lägger kulan på botten av skålen och ger den en liten knuff kommer den rulla fram och tillbaka för att till slut ligga still på botten igen. Systemet har med andra ord hittat tillbaka till sin

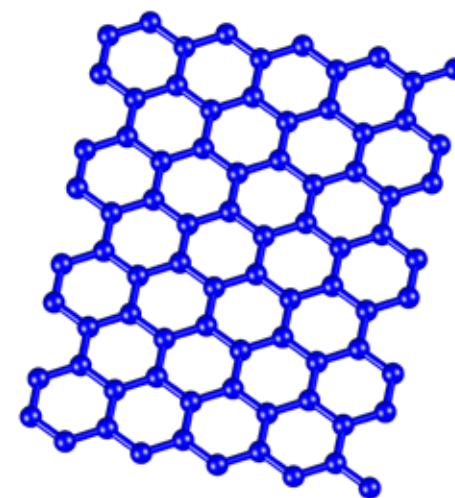
ursprungliga jämviktspunkt och betecknas som stabilt eftersom det tål små störningar. Om vi istället vänder skålen upp och ner och lägger kulan på toppen kommer systemet inte längre att återföra kulan tillbaka till sitt ursprungsläge vid en liten störning. Det senare systemet betecknas därför som instabilt.

Den metod vi föreslår för att göra ett kolnanorör eller grafenskikt instabilt för självsvängningar är på ett matematiskt plan analog med denna liknelse. Genom att utsätta nanotråden för en elektrisk ström och ett magnetfält i kombination med en relativt enkel elektronisk krets förvandlas systemets stabila jämviktspunkt till en instabil sådan när styrkan på magnetfältet överstiger en viss nivå. När detta sker övergår systemet istället till att självsvänga och därmed avge en oscillerande ström med samma frekvens som den mekaniska svängningen.

Det är dock viktigt att ha rätt riktning på magnetfältet. Skiftar man detta 180 grader får man istället för självsvängningar den motsatta effekten, nämligen ökad dämpning. Det senare är dock intressant i sig självt eftersom det skulle kunna användas för kylning.

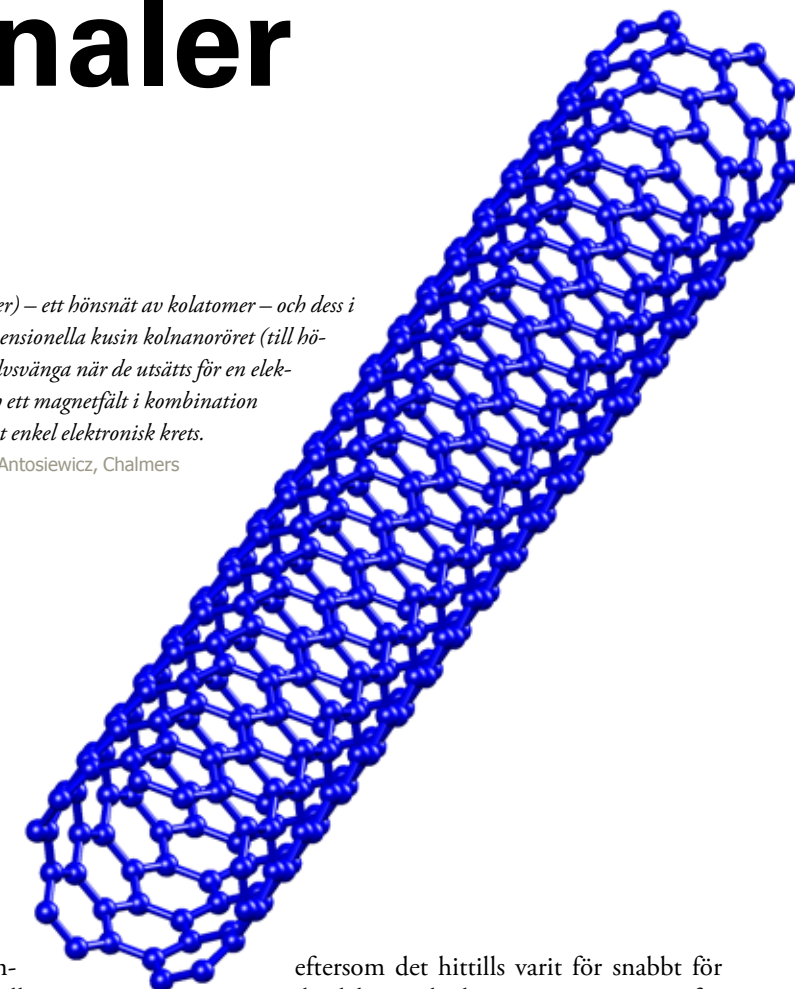
SYSTEMETS SVÄNGNINGAR leder också till andra effekter. I de flesta fall ökar den effektiva resistansen vilket antingen leder till en ökad spänning över nanotråden eller minskad ström genom densamma. Detta beror inte på att materialets egenskaper förändras utan på en rent dynamisk effekt av den sammansatta elektromekaniska rörelsen.

Dessutom visar det sig att avvikelser



Grafen (vänster) – ett hönsnät av kolatomer – och dess i princip endimensionella kusin kolnanoröret (till höger) börjar självsvänga när de utsätts för en elektrisk ström och ett magnetfält i kombination med en relativt enkel elektronisk krets.

Bilder: Tomasz Antosiewicz, Chalmers



i effektiv resistans är proportionell mot kvadraten på amplituden hos den mekaniska svängningen. Detta fenomen, att självsvängningar leder till en minskad ström (i generell bemärkelse), finns rapporterat på flera ställen i litteraturen och spänner över så vitt skilda grenar som elektronik, hydrodynamik, biologi och fysiologi.

Det mest spännande resultatet i mitt eget tycke är dock möjligheten att selektivt excitera någon av nanotrådens högre resonansfrekvenser. Alla mekaniska strängar har förutom sin grundton också övertoner. Det är den relativa styrkan hos dessa övertoner som till exempel formar våra olika vokalljud och som ger musikinstrumenten deras särpräglade klang.

Vi har kommit på att man genom att justera storleken på vissa av de elektroniska komponenterna möjliggör excitering av frekvenser ovanför en viss nivå medan de lägre frekvenserna hålls relativt tysta eller till och med dämpas. Efter-

som det i princip finns oändligt många övertoner med obegränsat hög frekvens öppnar detta upp möjligheter att höja frekvensen utan att för den skull behöva förkorta nanotråden eller öka dess spännkraft. Inget av detta kommer dock gratis. De högre frekvenserna kräver mycket mer kraft för att exciteras och är dessutom mindre känsliga för magnetfältet.

Mycket forskning idag går ut på att försöka konstruera oscillatorer inom terahertz-området, det vill säga med en frekvens på en biljon svängningar per sekund. Det finns en uppsjö av tillämpningar där man tror att terahertz-strålning kan komma till användning i framtiden, bland annat inom medicinsk avbildning där det finns behov av strålning som är mer skonsam mot vävnader än till exempel röntgenstrålning. Detta frekvensområde har dock visat sig vara notoriskt svårt att komma åt med små portabla enheter

eftersom det hittills varit för snabbt för de elektroniska komponenterna men för långsamt för de optiska. För att komma upp i så hög frekvens med min metod skulle det krävas nanotrådar som förlorar extremt lite energi till omgivningen per svängning, så utmaningen kvarstår.

ANDERS NORDENFELT

Anders Nordenfelt har doktorerat i fysik vid Göteborgs universitet. Han försvarade sin avhandling den 4 maj 2012 med Yuri Galperin från universitetet i Oslo som opponent.

Läs mer:

Hela Anders Nordenfelts avhandling "Self Oscillations and Cooling of Carbon Based NEMS Devices" finns att ladda ner på <http://gupea.ub.gu.se/handle/2077/28579>.

En personlig intervju med Anders Nordenfelt finns på nästa uppslag.

Matematikern som blev fysiker

Hur fastnade du för att forska om grafen och kolnanorör?

– Det enkla svaret är att det var vad de forskade om på avdelningen som antog mig som doktorand här i Göteborg. Jag sökte mig hit för att här finns en öppning för matematiker att komma in och forska inom fysik. Sen råkade själva fysikämnet vara kolnanorör och grafen. Så småningom upptäckte jag att forskningsfältet är rikt. Det går att studera materialens uppförande även ur ett mer matematiskt perspektiv, i mitt fall framförallt med hjälp av teorin för dynamiska system.

Jag var sugen på att doktorera i fysik eftersom teoretisk fysik ligger på en bra abstraktionsnivå för mig. Ren matematik tenderar att bli för abstrakt.

Hur har det varit att doktorera?

– Det har varit karaktärsdanande. Det är en tillvaro där man själv måste formulera sina arbetsuppgifter och presentera sin forskning både i vetenskapliga tidskrifter och i populärvetenskapliga sammanhang.

Vad har varit roligast?

– Den aktiva forskningen, i synnerhet när man snubblar över bra resultat. Ibland letar man efter en sak, och så hittar man något annat.

Vilken var den största utmaningen?

– Att hitta intressanta problemställningar. Det är en svår bit.

Vad är du speciellt stolt över?

– Att jag lyckades driva igenom ett forskningsprojekt helt på egen hand – formulerade frågeställning, gjorde forskningen, och publicerade artikeln som ensam författare.

Vad ska du göra nu när du är klar?

– Jag ska till Madrid och göra en postdok i teoretisk biofysik. Det ligger närmare min tidigare forskning än vad man tror, metoderna som jag använt här är påfallande lika de som de använder inom sitt fält.



Anders Nordenfelt
Ålder: 30 år
Bakgrund: Växte upp i Linköping, tog en magisterexamen i matematik med fysik som sidoämne i Lund
Intressen: Spela piano, klassisk musik
Familj: Singel
Forskning: Grafen och kolnanorör

Vad har du för framtidsdrömmar?

– Det mest ärliga svaret är nog att jag numera tar saker som de kommer.

INGELA ROOS

Vinnande projekt om kvantbridge

Med ett sammanflätat par av fotoner går det att öka sina vinstchanser i kortspelet bridge. Det har gymnasisten Armin Tavakoli visat. Projektarbetet gav honom ett andrapris i den internationella tävlingen Intel ISEF.



Armin Tavakoli, 18 år, vann ett andrapris i den internationella tävlingen Intel International Science and Engineering Fair.

INTEL ISEF, ELLER “Intel International Science and Engineering Fair”, är världens största naturvetenskapliga tävling för ungdomar, med miljoner deltagare från upp emot 70 olika länder. Efter en uttagning inom respektive land (som i Sverige arrangeras av Förbundet Unga Forskare) skickas de bästa bidragen vidare till den internationella sluttävlingen. I år var det över 1500 tävlingsbidrag som gick till final. Priser delas ut inom flera olika kategorier.

Armin Tavakoli, som just läst sista året vid Kungsholmens gymnasium i Stockholm, vann den svenska deltävlingen. Han gick vidare till final och vann där ett andrapris i kategorin “Physics and Astronomy” med sitt projektarbete om kvantmekanisk snärjelse (eller sammanflätning som det också kallas på svenska).

Vad handlar ditt arbete om?

– Det handlar om hur man i princip kan öka sina chanser att vinna i spelet bridge med hjälp av kvantfysik. Bridge handlar ju om att kunna kommunicera med sin medspelare, att via de kort man lägger förmedla information även om vad man har på handen. Men säg nu att de två spelarna i ett lag innan spelets början har försett sig med varsin foton i ett snärjt fotonpar. Genom att spelarna gör mätningar på sina respektive fotoner enligt ett visst schema, och låter utfallen avgöra vilka kort de ska lägga, visar det sig att de kan öka sina chanser att vinna.

Men skulle man inte kunna invända att detta är att bryta mot spelets regler?

– Nej. Enligt reglerna får man inte byta information på annat sätt än med de kort som spelas, och som alltså alla spelare kan se. Men att dela på ett snärjt fotonpar, är

inte att dela information. Det man utnyttjar är den kvantmekaniska korrelationen mellan de båda fotonerna, men denna korrelation i sig kan inte utnyttjas för informationsöverföring. Så det är helt enligt regelverket.

Ditt arbete är vad jag förstår både teoretiskt och experimentellt?

– Ja, den största delen i arbetet är faktiskt experimentell. Det som tagit mest tid är att påvisa att vi faktiskt kan använda det snärjda fotonparet på det sätt som teorin säger. Det har jag gjort i Mohamed Bourennanes kvantoptiklabb på fysikinstitutionen vid Stockholms universitet. Jag började arbeta med detta för ganska precis ett år sedan, förra sommaren, då jag kom i kontakt med Mohamed. Det var också han som tipsade mig om ämnet för arbetet, efter ett förslag från en polsk fysiker, Marcin Pawlowski.

Hur länge har du haft ditt intresse för fysik?

– Det har varit glasklart sen åtton att det är detta jag vill hålla på med.

Vad är det som lockar?

– När jag under högstadiet läste böcker

av författare som Hawking och Greene tyckte jag att den moderna fysiken, som relativitetsteori och kvantfysik, var lite som science fiction i verkligheten. Och så är det så snyggt formulerat. Kanske är det en kliché, men tänk att man kan säga så mycket om så mycket! På ett sätt vore det mer naturligt om det inte fanns några enkla naturlagar, om allt vore laglöst.

Sedan fascinerar jag också av kopplingen till matematiken. Egentligen står matematiken helt självständig, den är ju oberoende av hur världen faktiskt är. Fascinerande då hur fysiken ändå kan tillämpa den och få fram så viktiga och intressanta saker. Det man upptäcker strider dessutom ofta mot vår intuition. Därmed går det också mot det uråldriga idealet att man ska lita på sina sinnen. Nej, man ska lita på matematiken, på objektiv logik!

Vad har du för framtidsplaner?

– Till hösten ska jag börja på fysikutbildningen vid Stockholms universitet. Jag har redan läst in 60 hp matte, så jag hoppas kunna gå lite snabbare fram.

SÖREN HOLST

Workshop:

Creating interest in the new large research facilities in the Øresund region

Monday, October 29th 2012 at Vattenhallen Science Center, Lund

Two major research facilities, ESS and MAX-IV, are being built in the Øresund region.

We invite anyone interested in science dissemination to a brainstorming workshop on initiatives to raise public awareness of the possibilities presented by becoming a materials science region.

Program and speakers will be announced, but mark your calendar now!

We will present some recent initiatives, and discuss what more can be done, e.g.:

- High school teaching material
- Exhibitions
- Possibility of visiting the facilities
- Web-based dissemination packages
- **<insert your idea here>**

For more information, contact Stine Stenfatt West, stine.west@nano.ku.dk

Spännande upplösning av fysik-VM

Årets upplaga av unga fysikers världstävling, IYPT, hölls i tyska Bad Saulgau och bjöd på rafflande dramatik. Följ avslutningen av ett års fysikäventyr.

NÄR VI MÖTER det svenska laget ser det bokstavligen talat mörkt ut, eftersom klockan är efter tre på natten. Genom en cocktail av oförutsedda händelser, ogynnsamma förutsättningar och bara allmän otur, ligger det svenska laget på 21:a plats av 28 inför den sista tävlingsrundan. Frågan är om man kommer att orka resa sig, både placeringsmässigt men likväll ur sängen efter att ha febrilt slipat på sina presentationer hela natten. När morgonen gryr uppbådar gruppen sina sista krafter styrkta av lagkaptenens ord om att det alltid är mörkast innan gryningen.

Sverige börjar med att agera opponent på det indonesiska lagets lösning av problemet "Drawing pins", där man ska studera hur två häftstift placerade på en vattenyta kan attrahera varandra. Här får opponenten Marcus mycket att göra, eftersom den presenterade lösningen helt saknar experiment, och dessutom visar mycket underlig fysik (man bortser exempelvis helt från gravitationens roll). Genom att diskutera grundläggande koncept som kraftsituationen på häftstiften, vattenytans form kring dem och materialets inverkan, kan han inhämta flera gillande nickar från juryn.

I den andra omgången är det svenska lagets tur att visa upp en av sina lösningar. Spänningen i rummet är olidlig när det vitryska laget gör sig redo att utmana, ska den svenska oturen äntligen vända? Det visar sig att Sverige får presentera problemet "Woodpecker toy", där man ska undersöka rörelsen hos en leksakshackspett nedför en pinne.

Det blir Fredriks uppgift att presentera och försvara lagets lösning och han demonstrerar bland annat hur rörelsen hos fågeln är periodisk med en rad olika faser, och jämför detta med existerande rön från litteraturen, men presenterar



Det svenska laget bestående av Jakob Lavröd (lagledare), Mustafa Al-Nasrawi, Maria Anghel (med maskoten Rydberg), Fredrik Sjövall, Petter Wehlin (lagkapten), Marcus Pahlsson och Felicia Ullstad (lagledare). Med på tävlingen var också lärarna Mattias Andersson och Kim Freimann. Alla lagmedlemmarna går på IB-programmet på Borgarskolan i Malmö.

Foto: IYPT

även nyskapande resultat genom att studera inte bara som traditionellt fågelns rörelse, utan även själva pinnens. Han får tufft motstånd från den vitryske opponenten, då de diskuterar allt från egenskaperna hos fjädern hackspetten är fäst på till hur fågeln kolliderar med pinnen. Den noggranna analysen går dock hem hos domarna som ger presentationen högst poäng av alla problem det svenska laget visat.

Avslutningsvis sammanfattar Sverige den vitryska lösningen av problemet "Lantern", där man ska konstruera en varmluftballong driven av endast ett enda värmeljus. Detta är ytterst svårt på grund av den lilla effekten, men det hade lösts genom att lämna värmekällan kvar på marken. Den presenterade lösningen saknar emellertid helt någon form av aerodynamisk infallsvinkel, vilket Petter belyser för domarna som presentationens största svaghet.

Tävlingen var därmed över, och det svenska laget hoppades förväntansfullt ha kunnat vänt den nedåtgående trenden. Det visar sig att man inte bara stigit en

eller två placeringar, utan nått ända upp till 15:e plats, med bara en enda poäng av 166 från 14:e plats och medalj. En värdig upphämtning och avslutning för ett otursdrabbat lag.

Läsaren väntar sig nu kanske att det svenska laget, efter mer än två månaders oavbrutet arbete och begränsade möjligheter till sömn, skulle lägga tävlingen bakom sig, men man väljer istället att nästan omedelbart kasta sig över problemen för 2013. Tvärtemot att vara en avslutning, blev den sista rundan istället en start mot nästa års tävling som hålls i Taiwan. Fysikäventyret kan därmed börja igen.

JAKOB LAVRÖD, LAGLEDARE

IYPT

IYPT, International Young Physicists' Tournament, är en lagtävling där fem gymnasieungdomar bildar ett lag. Under ett år löser de 17 öppna fysikproblem för att sedan presentera samt försvara sina lösningar mot lag från andra länder.

Mer information om IYPT finns på www2.fysik.org/iypt/ och på iypt.org.

Lärare + forskare = ?

Under sommaren 2012 har Nationellt resurscentrum för fysik (NRCF) varit involverat i flera aktiviteter där lärare fått tillfälle att interagera med forskare. Aktiviteterna har haft både olika innehållsfokus och olika format för växelverkan, som kan ge inspiration till framtida aktiviteter.

KLEIN-DAGAR

I början av sommaren samlades 10 universitetslärare och 20 gymnasielärare på Institut Mittag-Leffler i Djursholm för två och ett halvt dygns intensivt arbete om matematik i undervisningen. Varje halvdag inleddes med ett föredrag om något område som sedan diskuterades i fyra tvärgrupper, med uppgift att ta fram skisser på lektionsplanering med anknytning till temat. Under den sista förmiddagen valde deltagarna något av områdena för att i grupp arbeta vidare med något av lektionsförslagen, som sedan kommer att testas i klassrum av någon av lärarna. Dagarna var en del av det internationella Klein-projektet: www.kleinproject.org.

Vi som hade förmånen att få vara med fick många tillfällen till inspirerande diskussioner med forskare och lärare med olika inriktningar och olika sätt att se på matematiken och dess roll. Formatet med en blandning av föreläsningar, gruppdiskussioner och sammanfattningar i avspänd miljö är absolut värt att ta efter.

IYPT

Malmö Borgarskola har sedan några år anordnat träningsläger för det svenska laget som ska delta i den internationella tävlingen International Young Physicists' Tournament. Till sin hjälp har laget lärare från skolan, några tidigare deltagare och ett par pensionerade forskare från Lund. I år inbjöds universitetsfysiker och några lärare och elever från andra skolor att under ett par dagar observera förberedelserna, med stöd från Skolverket. Dagarna kan ses som en del av uppbyggnaden av en Fysikbro mellan lärare på gymnasium och universitet. Utvecklingen av projektet kan följas på www2.fysik.org/iypt.

MAXLABDAGAR

En stor grupp av nordiska gymnasielärare

från Sverige, Danmark och Finland fick under ett par dagar möjlighet att uppleva en stor forskningsanläggning och även själva genomföra och analysera experiment. Maxlabs forskningsdirektör, Professor Jesper Andersen, gav en kort historik om Maxlab och presenterade projektet Max IV i sin helhet från idé till anläggning samt framtida möjligheter med Max IV. Dagarna präglades också av föredrag om forskningen vid Maxlab, men även om hur elever fått möjlighet att genomföra experiment på CLS Canadian Light Source samt hur lärarna kan genomföra experiment med sina elever på Maxlab.

WCPE

NRCF deltog i juli i World Conference on Physics Education samt Physics Education Networks Meeting i Istanbul. Många sessioner handlade om simuleringar och IKT i skolan. Konferensen var en utmärkt plattform för möte mellan forskare i fysikutbildning och verksamma lärare och skolaktörer. Det diskuterades även former för EU-samverkan för erfarenhet utbyte angående nätverkande och mer effektiva fysikutbildningsnätverk. Läs mer på www.wcpe2012.org.

TEACHING QUANTUM PHYSICS

Atomfysikkonferensen European Group of Atomic Systems (EGAS) har av tradition ett symposium som en parallellsession om något tema under konferensens sista dagar. Under årets EGAS, som ägde rum i Göteborg, handlade detta symposium om undervisning i kvantfysik.

Gymnasielärare fick delta i symposiet till ett mycket subventionerat pris, och 25 lärare utnyttjade denna möjlighet. Ett antal lokala universitetslärare deltog också, liksom flera av konferensens atomfysiker. Förutom föreläsningar – både om under-

visning och om aktuell frontlinjeforskning – och labbesök fanns många möjligheter till växelverkan med forskare vid exempelvis postersessioner och måltider.

En internationell forskarkonferens är en möjlighet att studera forskare i ett mer naturligt "habitat" än en konferens riktad i första hand till lärare. Frågor och kommentarer efter konferensföredrag blir förståhandsobservation av hur forskare kan växelverka, till exempel "Ett fantastiskt experiment – gratulerar! Men jag håller absolut inte med om din tolkning".

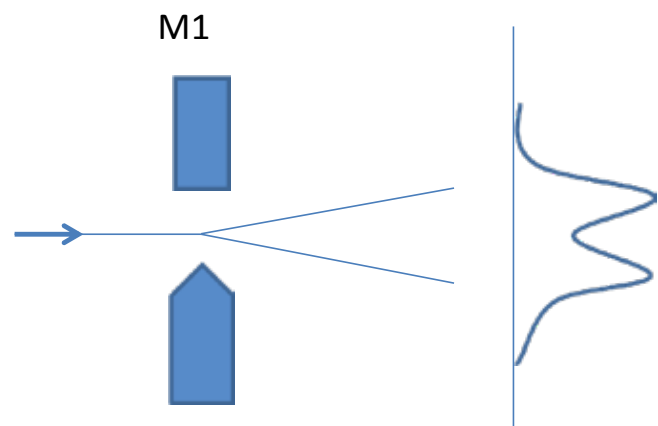
Många av de deltagande lärarna hade väntat sig att få höra om Higgsbosonen, men fick i stället möjlighet till informella diskussioner av hur den uppfattades av forskare inom andra områden av fysiken. Atomfysik har också många egna spektakulära upptäckter som möjliggjorts med ny teknik, till exempel att kunna observera vägfunktionens tidsutveckling eller skuggan av en atom.

Det avslutande föredraget, där Jeffrey Hangst talade om antiväte och spektroskop (har det samma spektrum som väte och hur noga kan vi mäta det?), gjorde också många anspelningar på Higgs och LHC, storskalighet, småskalighet och precision, konkurrens mellan grupper och projekt, och om stråltid och uppmärksamhet.

LÄRARE + FORSKARE = SANT!

NRCF finns gärna med och ordnar lärarspår i anslutning till konferenser inom andra fysikområden. Vi tror att man bör planera ett sådant spår genom att välja ut några lämpliga plenarföredrag, ta fram förebereidelsematerial till dem och lyfta fram några viktiga punkter att känna till innan man lyssnar på föredraget, och kanske sedan följa upp med diskussioner i grupp om hur man skulle kunna använda något av det i undervisningen. Kontakta oss gärna om ni planerar en konferens där det kan passa!

ANN-MARIE PENDRILL & LASSANA OUATTARA
NATIONELLT RESURSCENTRUM FÖR FYSIK



Figur 1. Principskiss över Stern-Gerlach-försöket. En stråle av partiklar med spinn = $\frac{1}{2}$ kommer från vänster in mot en lämplig magnet, M1, där strålen splittras upp beroende på om spinnet är upp eller ned. Fördelningen av partiklarna på skärmen till höger visar denna uppdelning.

Experiment skall vara så utslagsgivande som möjligt. Kvantmekaniken visar att man ibland kan uppnå detta inte med starkare påverkan utan med svagare.

Mer för mindre – om svaga

KVANTMEKANIKEN, den grundläggande teorin för allt skeende i mikrokosmos, upphör aldrig att förvåna. Den visar hela tiden på nya sidor av atomernas värld. Det område, som jag vill belysa i denna artikel, är användningen av svaga mätningar för förstärkning av vissa små utslag. Svaga mätningar, just genom att de är svaga och därför påverkar de föremål som skall mätas så lite som möjligt, ger också möjlighet till att experimentellt komma åt sådant som man tidigare inte trodde var mätbart. Det kan gälla partikelbanorna i det så kallade dubbelspaltexperimentet eller direkt bestämning av vågfunktionen för en partikel.

Låt mig börja med att beskriva vad metoden går ut på genom att redogöra för det så kallade Stern-Gerlach-experimentet. Det är ett experiment för att påvisa partiklars spinn. I detta klassiska atomfysikaliska försök skickas en stråle av partiklar med spinn = $\frac{1}{2}$ (ursprungligen silveratomer) genom ett inhomogent magnetfält för att därefter registreras på en skärm (se figur 1). Med lämplig utformning av magnetfältet får man då en uppspaltning av den inkommande strålen efter spinnet hos partiklarna: partiklar

med spinn upp går uppåt (de beskrivs av en vågfunktion som har sitt största värde ovanför mitten), de som har spinn ned går nedåt (störst vågfunktion nedanför mitten). Uppspaltningen mellan de två träffområden på skärmen är ett direkt mått på magnetfältets styrka.

Låt oss nu komplicera experimentet genom att lägga till en ytterligare magnet, M2, mellan den ursprungliga, M1, och skärmen (figur 2). Låt oss vidare anta att M2 ger en uppspaltning av strålen i en annan riktning än den ursprungliga. För en given sådan M2-riktning väljer man sedan bara ut de partiklar som har sitt spinn i den positiva (eller i den negativa) riktningen för M2. Man säger att man gör ett ”efterval”.

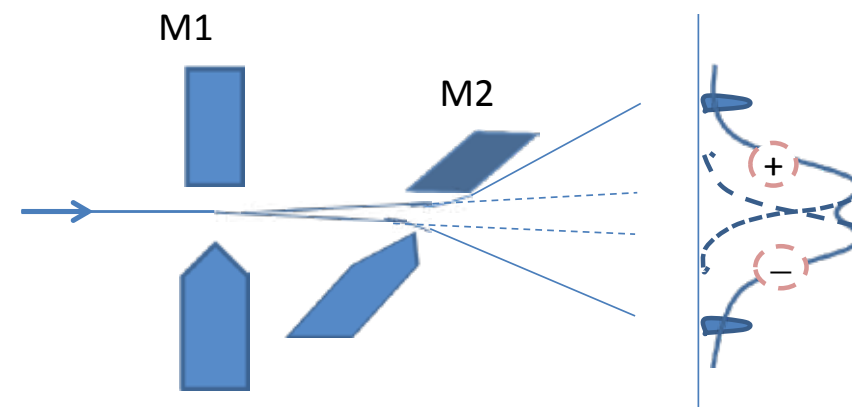
Nu kommer det intressanta. Genom att försvaga magnetfältet i magneten M1 kommer topparna i uppställningen utan magneten M2 att mer och mer smälta samman; upplösningen blir allt sämre. Men med M2 på plats, och genom att välja dess riktning på lämpligt sätt, samt genom att bara registrera de eftervalda partiklarna på skärmen, kan man faktiskt få upplösningen mellan partiklar upp och partiklar ned att bli i princip hur stor som

helst: avståndet mellan de två ställen på skärmen, som träffas av den övre respektive den nedre eftervalda strålen, kan bli godtyckligt stort. Den svaga påverkan, den ”svaga mätningen” i den första magneten, M1, i kombination med ”eftervalet” i den andra, M2, kan ge en mycket stor förstärkningseffekt, i själva verket allt större ju svagare magnetfältet i M1 är.

Svaga mätningar ger också möjlighet att experimentellt komma åt sådant som man tidigare inte trodde var mätbart.

VARFÖR KAN DET bli så? Och finns det ingen ”baksida”, någon negativ aspekt, på experimentet?

Att det kan bli som beskrivits är en kvantmekanisk interferenseffekt: genom eftervalet kan de två vågfunktioner, som svarar mot att elektronerna går uppåt respektive nedåt efter magneten M1, fås



Figur 2. Med ytterligare en magnet, M2, och med en allt svagare magnet M1, kommer visserligen de ursprungliga två topparna att nästan smälta samman. Men genom lämplig riktning av M2, och genom att bara välja ut de partiklar som har spinnet upp (respektive ned) i förhållande till M2, kan man få de ursprungliga vågfunktionerna att vara i motfas (markerat med + respektive - i figuren) och nästan släcka ut varandra. Kvar blir bara två nya små toppar på stort avstånd från varandra, som kan bli mycket större än avståndet mellan topparna i figur 1. Detta kan ses som en förstärkningseffekt.

mätningar i kvantmekaniken

att (i det närmaste) släcka ut varandra. Utsläckningen blir allt bättre ju mera lika varandra de båda vågfunktionerna är, alltså ju svagare magneten M1 är och därför ju mindre avståndet mellan topparna utan efterval är. Kvar efter denna nästan utsläckning blir, visar det sig, bara två små rester i den eftervalda totala vågfunktionen, men rester som ligger långt från varandra. Det är dessa små rester som nu ger sannolikhetsfördelningen för de partiklar som man iakttar på skärmen.

Baksidan av myntet är att sannolikheten för att över huvud få några eftervalda partiklar på skärmen blir allt mindre. Så för att göra experimentet med rimlig statistik måste man ha tålamod och kunna tolerera att de allra flesta partiklar som skjuts in genom den första magneten väljs bort och inte kommer till användning.

I de experiment som verkligen gjorts och som utnyttjar denna svag-mätning + eftervalseffekt är partiklarna fotoner och deras polarisation är spinnet. Och magneterna ersätts av optiska komponenter för att manipulera polarisationen. Man har då kunnat åstadkomma kraftiga förstärkningar, upp mot en faktor tiotusen. På detta sätt har man till exempel

kunnat iakttä vinkeländringar om något hundratals femtoradianer och lägesändringar om något tiotal femtometer.

Svag mätning har också andra tillämpningar. Dessa har att göra med att svaga mätningar påverkar mätobjektet väldigt lite. En normal, ”stark” mätning stör mätobjektet kraftigt; man talar om att ”vågfunktionen kollapsar”, att man (i allmänhet) helt förändrar det kvantmekaniska tillstånd som undersökningsobjektet befann sig i före mätningen. Men en svag mätning lämnar försöksobjektets vågfunktion i det närmaste opåverkad, så att man kan göra nya mätningar på föremålet under i stort sett oförändrade villkor. Till exempel kan man med denna metod undersöka partikelbanorna i ett dubbelspaltexperiment: den vanliga användningen att en mätning ”förstör” interferensen gäller inte för svaga mätningar. Likaså kan man genom en listig manöver direkt bestämma vågfunktionen $\psi(x)$ för en partikel utan att, som man tidigare trodde, vara tvungen att gå omvägen över mätningen av sannolikheten $|\psi(x)|^2$. Man kan faktiskt också bestämma fasen i den mån denna är relevant.

Det har faktiskt uppstått ett om än

begränsat forskningsfält inom kvantmekaniken med syftet att förstå svaga mätningar och att finna tillämpningsområden för dem. Till exempel har begreppet använts för förklara vissa kvantmekaniska ”paradoxer”. Men då har man, som jag ser det, hårddragit begreppet lite väl långt. I litteraturen nedan finns mera ingående redogörelser för allt detta.

BENGT EY SVENSSON
LUNDS UNIVERSITET

Läs mer

Det grundläggande arbetet, från vilket jag också hämtat beskrivningen av Stern-Gerlach-experimentet, är Y. Aharonov, D.Z. Albert and L. Vaidman, *How the Result of a Measurement of a Component of the Spin of a Spin- $\frac{1}{2}$ Particle can Turn Out to be 100*, Phys Rev Lett 60, 1351 (1988). En aktuell översikt med ytterligare referenser finns i min artikel *New wine in old bottles: Quantum measurement – direct, indirect, weak – with some applications*, arXiv (quant-ph) 1202.5148.

Den 7 augusti 1912, tidig morgon: den 1700 m³ vätgasfyllda ballongen lyfte från Aussig, cirka 80 kilometer från Prag med den 29-årige österrikaren Victor Hess. Med sig hade Hess flera elektroscop, instrument som gjorde det möjligt att mäta jonisationen i luften. Flygningen var Hess tionde, och den här dagen nådde han för första gången en höjd av cirka fem kilometer.

Till sin stora förvåning fann han att jonisationen ökade med höjden i stället för att avta som var förväntat. När han landade 50 kilometer öster om Berlin efter den sex timmar långa flygningen hade han med sig en banbrytande upptäckt, data som kom att öppna nya forskningsområden. Och rendera honom Nobelpriset i fysik 1936! Men vad fick denne fysikdoktor att göra alla dessa flygningar?



Victor Hess i korgen till den vätgasfyllda ballongen 1912.

Hundra år av kosmisk strålning

UNDER 1900-TALETS FÖRSTA decennium pågick i Europa och Nordamerika en intensiv forskning om en mystisk penetrerande strålning som överallt laddade ur även bly-skyddade elektroscop. Den kallades därför penetrerande och förstas också mystisk.

Misstankarna riktades snart mot radioaktiv strålning som upptäckts mot slutet av 1800-talet. Man visste att olika slags strålning kunde jonisera luft. Jordskorpan innehåller radioaktiva ämnen och därför borde urladdningen av elektroscopen avta med höjden! Dessutom hade man mätt hur strålningen från radium avtar med avståndet i luft och funnit att den halveras på ungefär 100 meter.

Ett av de första försöken att mäta om jonisationen verkligen avtar med höjden gjordes 1910 av Theodor Wulf, forskare och jesuitpräst, verksam i Holland. Han fascinerades av den mystiska strålningen

och utvecklade mer känsliga elektroscop där de gängse guldbladen ersattes med kiseltrådar. Vid påsktid 1910 besökte han Paris och tog med sig elektroscop. Mätningar högst upp i Eiffeltornet på 300 meters höjd visade visserligen på en något minskande jonisation, men långt ifrån vad man förväntat sig. Det spekulerades mycket i orsaken till detta, och ett förslag var att kanske själva järnstrukturen bidrog? Men mysteriet med den penetrerande strålningen förblev olöst.

Hess, som hade avlagt doktorsexamen i Graz 1906, bestämde sig för att noggrant undersöka den penetrerande strålningen. Han var 1910 verksam vid det nyinrättade radiuminstitutet i Wien, och kunde där utveckla elektroscop, bland annat så att ändringar i det yttre lufttrycket inte påverkade mätningarna. Vid radiuminstitutet fanns starka radioaktiva källor och han undersökte noga absorp-

tionen i luft med resultat som bekräftade tidigare mätningar.

Ballongflygningarna påbörjades. Men det var först vid den tionde flygningen den 7 augusti 1912 som Hess kunde nå fem kilometers höjd och observera hur jonisationen vid den höjden var tre gånger högre än på marken. Redan i mitten av september 1912, en månad efter flygningen, rapporterade Hess sina resultat vid en konferens i Münster. Där redogjorde han för sina flygningar och drog följande slutsats:

”Resultaten av mätningarna kan bäst förklaras genom att en starkt penetrerande strålning faller in mot atmosfären utifrån och ändå ger jonisation vid markytan”

Hess resultat mottogs naturligtvis med viss skepsis och borde – liksom alla stora upptäckter – bekräftas av andra. Detta skedde 1913/14 av Werner Kolhörster, som först hade tvivlat på Hess

resultat och märkligt nog nådde nio kilometers höjd samma dag som första världskriget bröt ut. Att den penetrerande strålningen kom utifrån blev ganska allmänt accepterat, i synnerhet i Europa. Forskningen om den penetrerande strålningen avstannade dock under kriget 1914–18 och återupptogs på 1920-talet.

I USA LEDDE Robert Millikan vid Caltech, Nobelpristagare 1923, forskningen om den penetrerande strålningen. Till en början ansåg Millikan att strålningen inte kom utifrån, men efter ett flertal experiment accepterade han 1926 Hess resultat. Millikan spekulerade felaktigt i att den penetrerande strålningen orsakades av mot atmosfären infallande elektromagnetisk strålning. Därför föreslog han namnet *cosmic rays*, kosmisk strålning, ett namn som lever kvar även om det mest rör sig om infallande protoner!

Det skulle dröja många år innan full kunskap nåddes om den kosmiska strålningens natur. Med hjälp av det jordmagnetiska fältet, som avböjer laddade partiklar, kunde man på slutet av 1920-talet bestämma att strålningen utgjordes av laddade partiklar och senare 1933 att det märkligt nog var positiva partiklar. Men vilken partikel? Det fanns två möjliga, protonen och den av svenskättlingen Carl Anderson år 1932 upptäckta positronen.

Mitt under andra världskriget undersöktes i ett ballongexperiment på 20 kilometers höjd de kosmiska partiklarnas förmåga att tränga igenom en blyskiva. Man kunde visa att den kosmiska strålningen till största delen bestod av protoner.

Senare experiment har visat att i den kosmiska strålningen finns också atomkärnor. Idag vet man att sammansättningen är ungefär 87 procent protoner, 11 procent heliumkärnor (alfapartiklar) och några få procent tyngre kärnor. Dessutom finns mindre mängder (mindre än 0,1 procent) av elektroner, fotoner, antiprotoner och positroner. Till detta ska läggas ett flöde av neutriner, partiklar som utan problem kan passera hela jorden utan att reagera.

FINNS ANTIVÄRLDAR? I sitt Nobelföredrag 1933 menade Paul Dirac, som tidigare

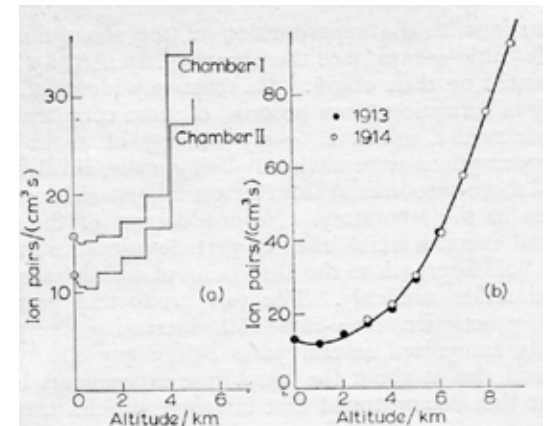
hade förutspått positronens existens, att det kanske finns antivärldar där materia är uppbyggd av protonens och elektronens antipartiklar. Med planeter och stjärnor av antimateria, skulle spår av detta möjligen kunna upptäckas i den kosmiska strålningen.

I den interstellära rymden kan högenergetiska protoner i reaktioner med väte bilda antipartiklar i form av antiprotoner och positroner. Hittills har cirka tio tusen antiprotoner påvisats, men förekomsten stämmer bra med den beräknade produktionen i rymden. Däremot är sannolikheten att bilda tyngre kärnor av antimateria i rymden helt försumbar! Förgäves har man letat efter förekomsten av till exempel antihelium. Idag tror man att ett symmetrirott i den tidiga utvecklingen av universum gjorde att materia helt dominerar.

Den kosmiska strålningen öppnade ett nytt forskningsfält: partikelfysiken. Dimkammaren, upfunnen av Charles Wilson, (Nobelpris 1927), gjorde det möjligt att se spår av enskilda laddade partiklar. Med ett magnetfält kunde partiklarnas rörelsemängd bestämmas ur krökningen och med kännedom om massan också partikelenergin. Anderson upptäckte så positronen 1932, vilket gav honom ett Nobelpris 1936, delat med Hess.

Anderson fortsatte att studera kosmiska partiklar och kunde 1936 påvisa en ny partikel, myonen. Till en början trodde man att myonen, med en massa motsvarande ungefär 200 elektronmassor, var den partikel som kunde förklara den starka kraften mellan protoner och neutroner i kärnor. Men myonens egenskaper var inte de rätta: den hade för lång livstid och reagerade för lite.

PÅ 1940-TALET UPPTÄCKTES många nya partiklar med kärnemulsioner. Den infallande kosmiska strålningen reagerar i atmosfären – eller direkt i en emulsion – och då kan nya partiklar bildas som kan studeras i emulsionen. Kärnkraftens förmedlarpartikel, π -mesonen, kunde 1947 påvisas av Cecil Powell (Nobelpris 1950)



Till vänster (a) Hess resultat från den 7 augusti 1912. Antalet producerade jonpar i de två elektroscopen per sekund och cm³ visas som funktion av höjden. Till höger (b) Kolhörsters resultat från 1913/14.

i emulsioner som placerats på en höjd av över 5 kilometer. Senare upptäcktes ett flertal laddade och neutrala partiklar. På 1950-talet fortsatte partikelfysiken vid acceleratorerna.

De hundra åren med forskning om den kosmiska strålningen har givit många nya resultat. Aktuella frågor är: Var produceras de energirikaste kosmiska partiklarna med energier över tio miljarder högre än vad Anderson studerade? Kan kosmisk strålning ge spår av universums mörka materia? Med rymdteknik kan instrument placeras i satelliter eller till och med på den internationella rymdstationen. Mätningar blir fria från den atmosfäriska bakgrunden som ofta besvärar ballongexperiment.

Ett sekel efter Hess upptäckt av den ökande jonisation har en ökande andel av positroner i den kosmiska strålningen observerats med två satelliter, Fermi och Pamela. Beräkningar hade visat att andelen positroner jämfört med andelen elektroner borde avta med energin, men i stället ökar det över 20 GeV! Möjligen kan det vara en signal av universums mörka materia eller någon ny källa av positroner. Framtiden får visa.

PER CARLSON, KTH

Läs mer i "A Century of Cosmic Rays", Physics Today februari 2012.



Einstein och Bohr år 1930 – året då de diskuterade fotonvägningsexperimentet.

Einsteins paradoxala fotonvägning

En av de första och mest ihärdiga kritikerna av kvantfysiken var Albert Einstein. Under åren kring 1930 förde han livliga diskussioner med Niels Bohr och konstruerade flera tankeexperiment i försök att kullkasta teorin.

ÄTMINSTONE ETT AV tankeexperimenten orsakade Bohr ordentligt huvudbry, i alla fall om man får tro kollegan Léon Rosenfeld:

”It was quite a shock for Bohr to be faced with this problem; he did not see the solution at once. During the whole evening he was extremely unhappy, going from one to the other and trying to persuade them that it couldn’t be true, that it would be the end of physics if Einstein were right; but he couldn’t produce any refutation... The next morning came Bohr’s triumph and the salvation of physics...”

Vad var det Einstein hade kommit på som oroade Bohr så?

Betrakta en låda upphängd i en fjäder. I lådans ena sida finns ett litet hål som, med hjälp av en inbyggd mekanism, kan öppnas under ett kort ögonblick. När så sker slipper en foton ut ur lådan. Einstein föreslår en metod att fastställa energin hos denna foton. När den far iväg minskar nämligen lådans energiinnehåll och därmed, enligt den speciella relativitetsteorin, även dess massa. Efter att fotonen lämnat lådan hänger den därför något högre än tidigare. Genom att mäta denna höjdförändring får man således reda på den energimängd som fotonen fört bort.

Även tidpunkten vid vilken fotonen slipper ut bör kunna fastställas exakt: öppningsmekanismen kan helt enkelt förprogrammeras att aktiveras vid en viss tidpunkt, och tidsintervallet under vilket hålet är öppet – slutartiden – kan göras godtyckligt kort. En alltför kort slutartid

kan visserligen innebära att ingen foton hinner ut. Men enligt kvantfysiken är detta en fråga om sannolikhet. Om ingen foton lämnar lådan i första försöket kan vi alltid upprepa experimentet tills en foton gör det. Då vet vi flyktögonblicket för just den fotonen. Och dess energi kan som sagt bestämmas ur lådans höjdändring.

Problemet är att detta strider mot en av kvantfysikens många osäkerhetsrelationer, nämligen den som handlar om tid och energi. Den föreskriver bland annat att energin hos en foton inte kan vara välbestämd på samma gång som den tid vid vilken fotonen passerar en viss punkt (i detta fall lådans öppning). Så Bohr var bekymrad. Mycket bekymrad.

Redan morgonen därpå hade han dock funnit en lösning.

BOHR TYCKTE SIG se räddningen i en av Einsteins egna teorier, den allmänna relativitetsteorin, och gravitationens inverkan på tiden: en klocka på hög höjd tickar snabbare än en likadan klocka på låg höjd. I tankeexperimentet vägs lådan med hjälp av en fjädervåg: lådans massa fastställs genom att man läser av på vilken höjd den befinner sig. Men inuti lådan finns en klocka – den som bestämmer när fotonen ska släppas ut. Hur snabbt klockan tickar beror på lådans exakta höjd. Så en osäkerhet i lådans höjd innebär med nödvändighet även en osäkerhet i den tidpunkt då fotonen släpps ut. Einstein antog att höjdmätningen – som

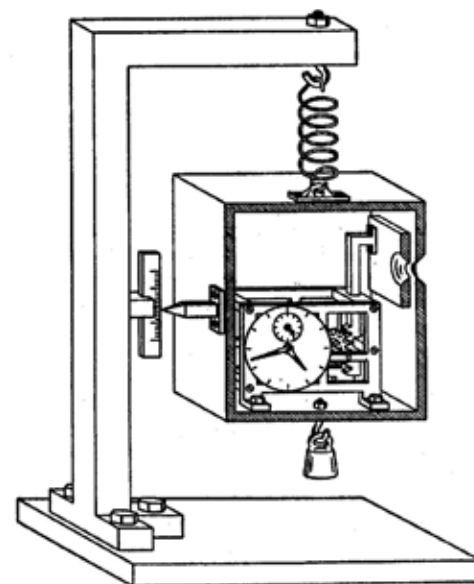
måste utföras både före och efter att fotonen lämnar lådan – kunde få ta obegränsad tid. Men Bohr noterar att ju längre tid denna mätning tar desto värre blir effekten av tidens höjdberoende – en osäkerhet i tickhastighet ackumuleras alltefter som tiden går.

Genom att uttrycka dessa insikter kvantitativt lyckas Bohr visa att tid-energirelationen är uppfylld även för Einsteins hypotetiska fotonvåg.¹

Det är symptomatiskt för Bohr att han fokuserar på själva mätningen och dess utförande. Det finns en mer grundläggande invändning mot scenariot, en som är mer tillfredställande på åtminstone två sätt: dels genom att den tar fasta på systemet självt snarare än på mätningen, dels för att den undviker att dra in den allmänna relativitetsteorin i resonemanget.

LÅT MIG FÖRST påminna om en aspekt av osäkerheten i tid och energi. Ett system som har välbestämd energi är ett stationärt system, det vill säga ett system i vilket ingenting händer (litet ΔE innebär stort ΔT , alltså lång “livtid”). Ett system som däremot förändras snabbt kan inte ha välbestämd energi (snabb förändring motsvarar litet ΔT vilket innebär stort ΔE).

Einstein antar att lådan som helhet har en väldefinierad energi både före och efter att fotonen lämnat den. Att lådans energi är väldefinierad innebär att öppningsmekanismens också är det. Men att denna mekanism har en bestämd energi



Bohrs klassiska illustration av fotonvägningen.

innebär enligt osäkerhetsrelationen att den är oförmögen till snabba förändringar: den kan i så fall inte öppna och sluta hålet under hur kort tid som helst. Om lådans energi var helt entydig skulle den befinna sig i ett stationärt tillstånd: den skulle inte kunna undergå någon förändring alls, och öppningsmekanismen skulle aldrig utlösas.

Därmed undgår Einsteins fotonlåda att bryta mot Heisenbergs relation, och det alldeles oavsett vilka mätningar den utsätts för. Antingen kan vi konstruera lådan så att den släpper ut en foton vid ett mycket väldefinierat ögonblick. Men i så fall kommer den foton som skapas med nödvändighet att ha en obestämd energi – för lådans egen energi måste i detta fall vara obestämd. Eller så kan vi tillverka en låda som skapar en foton med mycket väldefinierad energi. Men slutarmekanismen hos en sådan låda kommer att behöva en viss tid på sig, och ögonblicket när fotonen faktiskt släpps ut kan inte vara välbestämt.

EINSTEIN SJÄLV SKREV aldrig ner den version av scenariot som han lär ha konfronterat Bohr med under en fysikkonferens år 1930. Deras diskussion nedteknades först tjugo år senare av Bohr. Man har ifrågasatt om hans återgivning verkligen speglar Einsteins egentliga syften med re-

sonemanget. Kanske var Bohr så entusiastisk över lösningen på den paradox han själv tyckte sig se i den hypotetiska fotonvägningen – en paradox som förmodligen orsakade honom en sömnlös natt – att hans minnesbild av Einsteins faktiska argumentation förvrängdes?

Faktum är att Einstein, bara något år senare, använder samma scenario för att dra andra slutsatser än de Bohr beskriver. Einstein verkar då ha accepterat att osäkerhetsrelationen för tid och energi faktiskt begränsar den information vi kan ha om ett system: vi kan aldrig få reda på både i vilket ögonblick som fotonen lämnar lådan och hur mycket energi den då för med sig. Om vi nöjer oss med att ta reda på en av foton-egenskaperna ska det dock inte vara några problem; kvantfysiken låter oss alltid bestämma en av två komplementära storheter exakt. I princip ska vi också kunna vänta med att bestämma vilken av fotonens egenskaper som vi vill mäta tills efter att den lämnat lådan.

Detta utnyttjar Einstein och argumenterar nu så här. Efter att fotonen farit iväg gör vi vårt val: antingen väger vi lådan och får reda på fotonens energi, eller så öppnar vi den och läser av klockan därinne för att få reda på den exakta tidpunkten för fotonens avfärd. Men när vi väl fattar beslutet om vad vi ska mäta kanske fotonen redan är miljontals mil bort, och dess tillstånd kan då knappast påverkas av vår mätning.

Ändå säger kvantfysiken att fotonen, om vi väljer att väga lådan, måste ha en energi som exakt motsvarar lådans viktminskning. Kvantfysiken säger också att om det i stället är tidpunkten för fotonens avfärd som vi väljer att fastställa, så måste fotonen ha egenskaper som är förenliga med resultatet av den mätningen: fotonen måste då exempelvis nå fram till ett visst mål vid en bestämd tidpunkt. Om vi alltså antar att fotonens tillstånd inte påverkas av vår mätning långt bort, måste fotonen, redan när den lämnar lådan, vara beredd att uppfylla båda egenskaperna. Med andra ord: fotonen själv måste besitta båda egenskaperna energi och flyktid, i strid med Heisenbergs relation.

Slutsatsen synes vara att kvantfysi-

TANKEEXPERIMENTET

kens osäkerheter bör förstås blott som begränsningar av våra möjligheter att ta reda på tillståndet hos partiklar – inte som uttalanden om deras inneboende egenskaper. Enligt Einstein handlar osäkerhetsrelationen om vår kunskap, inte om hur tillvaron egentligen är beskaffad. I den här tappningen är scenariot med fotonvägningen en föregångare till EPR-paradoxen (se tankeexperimentet i Fysikaktuellt nr 2, 2011).

DET FINNS EN tydlig utvecklingslinje i Einsteins livslånga kritik mot kvantfysiken. Till en början försökte han konstruera tankeexperiment i syfte att visa att kvantfysiken är logiskt ohållbar, att den måste leda till motsägelser om den kombineras med andra kända principer inom fysiken, som till exempel konserveringslagar. Men från omkring 1930 övergår hans argumentation mer och mer till att fokusera på kvantfysikens fullständighet.

Einstein verkar då betrakta kvantfysiken som en väsentligen korrekt teori; han accepterar att osäkerhetsrelationerna faktiskt ger absoluta gränser på vad som är mätbart. Men han ser kvantfysikens verklighetsbeskrivning som blott preliminär: det måste finnas en underliggande verklighet beskriven av en mer fundamental teori. I denna mer grundläggande beskrivning menar Einstein att de komplementära storheterna faktiskt har bestämda värden. Och kvantfysikens inbyggda slumpmässighet betraktar han som resultatet av i grunden deterministiska, men ännu okända, lagar.

Einsteins ihärdiga kritik av kvantfysiken kom att spela en central roll, inte bara för utvecklingen av kvantfysiken själv, utan för fysikens världsbild i stort. Men inte på det sätt som han själv hade hoppats. Kvantfysiken står alltjämt stadigt; men den verklighetsuppfattning som var Einsteins utgångspunkt framstår inte längre som hållbar.

SÖREN HOLST
STOCKHOLMS UNIVERSITET

¹ En utförlig redogörelse av Bohrs lösning finns i kapitel 2 i boken “Quantum Paradoxes” av Aharonov och Rohrlich.

För snart fem år sedan skrev Tomas Hällgren om sin avhandling i teoretisk fysik i Fysikaktuellt. Nuförtiden jobbar han som aktuarie i ett försäkringsbolag.

Räknar på försäkringsrisker

Berätta om ditt jobb – vad gör du?

– Jag jobbar som aktuarie, även kallat försäkringsmatematiker, på ett försäkringsbolag i Stockholm. En aktuarie jobbar med att beräkna försäkringsrisker – ja, egentligen alla typer av kvantifierbara risker som ett försäkringsbolag står inför.

Mer konkret kan det handla om att bestämma försäkringspremien för en viss försäkring. Det gör man med hjälp av sannolikhetsteori. Man beräknar det förväntade värdet, alltså sannolikheten att en skada inträffar multiplicerat med kostnaden för skadan. Det är ena sidan, men man jobbar också tillsammans med ekonomiavdelningen för att beräkna hur stora reserver bolaget måste lägga undan för att ha råd att betala ut ersättningar.

Som aktuarie konstruerar man också modeller. Man tittar på statistiska underlag och konstruerar modeller över till exempel dödlighet, hur ofta och länge man är sjuk eller risken att ett hus ska brinna ner. Generellt gäller det att hitta en bra balans mellan mycket data och relevant data. Statistiska centralbyrån har mycket data, men det är inte alltid den är relevant för försäkringsbeståndet.

Hur hamnade du på försäkringsbolaget?

– Jag doktorerade i teoretisk fysik på KTH. Sen stod man inför ett vägval – att antingen stanna kvar inom akademien eller söka sig någon annan stans. Jag valde att lämna den akademiska världen. Men efter att ha doktorerat inom teoretisk fysik är det ganska oklart vad man ska jobba med. Jag fick brev från arbetsgivare inom den finansiella sektorn med inbjudan att komma på intervju för jobb som kvantitativ analytiker (läs mer om det yrket i Fysikaktuellt nr 4/2009). Jag nappade och jobbade som det i ett par år. Det var en lite slumpartad start, men sedan växte jag in i det. Yrket innehåller mycket eko-

nomi som jag inte läst tidigare, så det gällde att vara ödmjuk och att vidareutbilda sig på den fronten.

Gradvis fick jag sedan upp ögonen för försäkringsbranschen. Här finns samma koppling mellan ekonomi och ren matematik som inom den finansiella sektorn. För två år sedan valde jag att gå över till försäkringsbranschen.

Hur ser en typisk arbetsdag ut?

– Det är lite olika. Ofta har jag något affärsmöte, antingen mellan olika avdelningar eller inom aktuariegruppen. Sedan gör jag allt från att ta fram nya underlag och göra interna och externa rapporteringar till rena prissättningar av försäkringspremierna. Det är ganska omväxlande.

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

– Jo, de matematiska verktygen är väldigt generella. Som doktorand jobbade jag mycket med att utveckla olika modeller. Det gör jag även nu – försäkringsmatematik är en form av empirisk vetenskap. Jag jobbar med data, gör modeller och utvärderar modellerna. Det är ganska analogt med vad man gör i fysiken. Fast i fysiken handlar det om beständiga naturlagar, inom försäkringsbranschen ändras saker över tiden. Ännu mer anorlunda var det inom kvantitativ finans. Där handlar det mycket om strategi och att förutsäga hur människor tänker och agerar.

Saknar du fysiken?

– Ja, delvis. Det var spännande att jobba med frågor kring universum. Men försäkringsbranschen är en bra kompromiss för mig – arbetsuppgifterna är intressanta samtidigt som anställningen är trygg.



Tomas Hällgren

Ålder: 33 år

Arbete: Aktuarie på försäkringsbolaget Cardif Nordic

Utbildning: Magisterexamen i fysik, doktorsexamen i teoretisk fysik vid KTH samt kurser i försäkringsmatematik vid Stockholms universitet

Bor: I Nacka, Stockholm

Familj: Sambo och en dotter på 1,5 år
På fritiden: Läser, spelar gitarr och piano och umgås med familjen.

Vad gillar du mest med ditt jobb?

– Att det verkligen finns utrymme för att använda väldigt avancerad matte. Det är rolig matematik, och det känns nytt och spännande.

Finns där något som är mindre kul?

– Det kan ju vara stressigt ibland naturligtvis, speciellt under rapporteringssäsongen. Och ibland kan det bli lite enformigt om man gör många rapporter av samma slag.

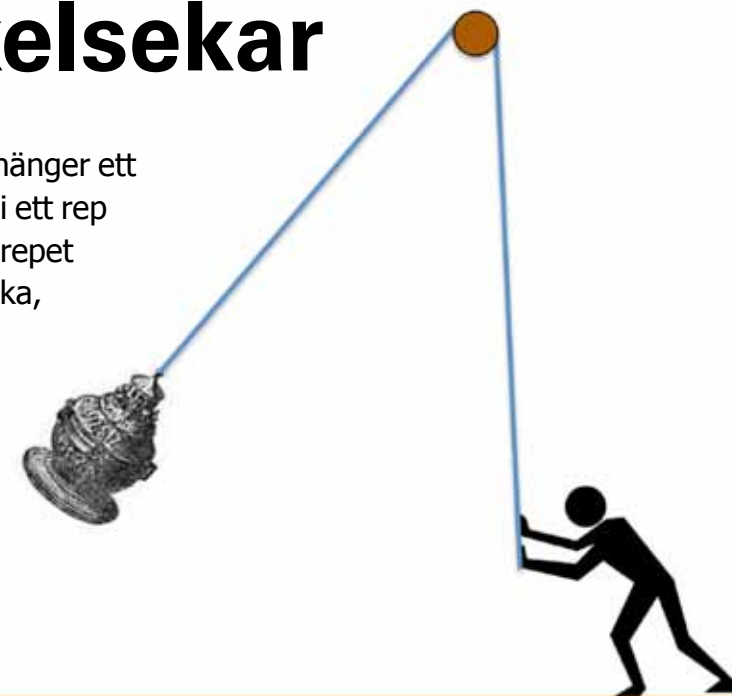
Vad gör du om tio år?

– Jag tror att jag jobbar som aktuarie någonstans, men man vet förstås aldrig.

INGELA ROOS

Svängande rökelsekar

I katedralen i Santiago de Compostela i Spanien hänger ett stort rökelsekar, 80 kg tungt och 1,6 meter högt, i ett rep genom en talja. Åtta så kallade tiraboleiros drar i repet periodiskt och får karet att svänga fram och tillbaka, se bilden till höger. Hur går detta egentligen till?



FÖRST GER DE karet (Botafumeiro) en liten knuff så att det svänger som en pendel. Då det passerar bottenläget drar de hastigt i repet så att karet höjs en sträcka d vid punkten B , se bild 1. Den tillförda energin får karet att svänga ut till en större maxvinkel $\theta + \Delta\theta$. Vid denna vinkel (punkten C) släpps repet tillbaka sträckan d . Proceduren upprepas typiskt 17 gånger och karet befinner sig då 21 meter över golvet med 82° utslag!

En analog anordning är en barn-gunga. Højningen d i bottenläget åstadkoms då genom att barnet sträcker ut sina ben och därmed höjer sin tyngdpunkt. Vid maxutslaget vinklar barnet ner benen igen. Observera att i detta fall sker ingen växelverkan med omgivningen. Det är i stället barnet som tillför energin till gungan.

Uppenbarligen är den energi som tillförs karet (gungan) i punkten B större än den energi som återfås i punkten C . Vid B är arbetet $W_B = (F_t + F_c)d$, där F_t är karets

tyngd och F_c centripetalkraften. Vid C är arbetet $W_C = F_t d$, eftersom $F_c = 0$. Vi har också ett mindre lodrätt avstånd dt vid C än vid B .

Om man antar att vinkelökningen $\Delta\theta$ vid varje sväng är liten finner man att $\Delta\theta$ ökar med θ enligt bild 2. Kurvan visar vad varje barn vet, nämligen att det är lättare att ”pumpa upp” gungan när oscillationsvinkeln θ är stor. För små θ är $\Delta\theta$ 15 % av θ (streckad linje), vilket vid starten bara är några grader.

På experimentverkstaden Fysikaliska

leksaker på Chalmers kan Du komma och experimentera med ett ”rökelsekar”. Det finns också flera intressanta YouTube-filmer på den svängande Botafumeiron. En mycket trevlig simulering hittar Du på www.sciences.univ-nantes.fr/sites/genevieve_tulloue/Meca/Oscillateurs/botafumeiro.html.

Denna kan kanske ligga till grund för en laboration i skolan.

PER-OLOF NILSSON
CHALMERS

Bild 1

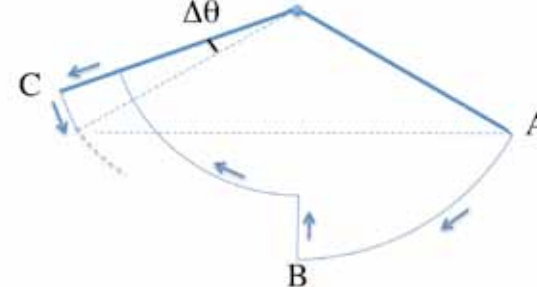
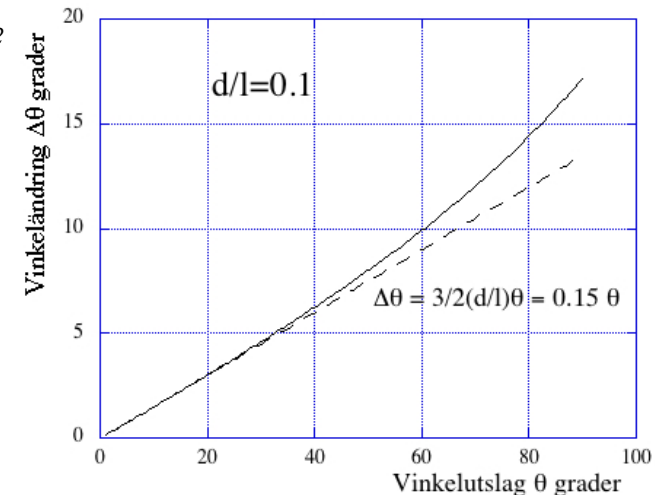


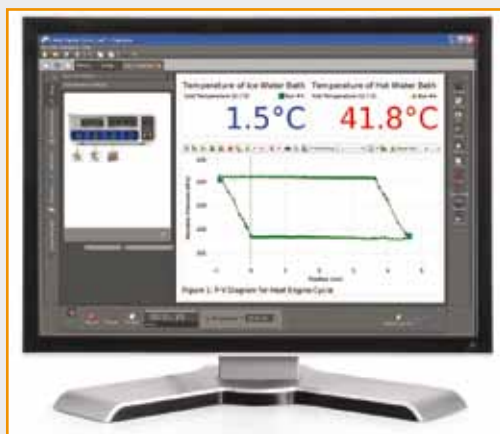
Bild 2



ÅRETS FYSIKHÄNDELSE

PASCO CAPSTONE SKOLLICENS

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



UI-5400 Capstone skollicens
 5 418 kr exkl moms

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

UI-5400 Capstone skollicens
 2 990 kr exkl moms

UI-5000 Universal Interface 850
 11 658 kr exkl moms

850 UNIVERSAL INTERFACE



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

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

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